

EDSON FERREIRA DA SILVA

**GESTÃO AMBIENTAL DOS POSTOS REVENDEDORES DE  
COMBUSTÍVEIS NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: UMA  
AVALIAÇÃO CRÍTICA NA VISÃO OCUPACIONAL E AMBIENTAL  
DA PRESENÇA DO BENZENO NA GASOLINA AUTOMOTIVA.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Gestão de Ambiental

Orientador: Prof. Fernando B. Mainier, D. Sc.

Niterói, R.J.  
2004

EDSON FERREIRA DA SILVA

**GESTÃO AMBIENTAL DOS POSTOS REVENDEDORES DE COMBUSTÍVEIS NO  
ESTADO DO RIO DE JANEIRO: UMA AVALIAÇÃO CRÍTICA NA VISÃO  
OCUPACIONAL E AMBIENTAL DA PRESENÇA DO BENZENO NA GASOLINA  
AUTOMOTIVA.**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Sistemas de Gestão da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Gestão Ambiental.

Aprovada em 27 de Outubro de 2004.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Fernando B. Mainier, D. Sc. – Orientador  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Gilson Brito Alves Lima, D. Sc.  
Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Fábio Merçon, D. Sc.  
Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Dedico este trabalho

Aos meus pais, que fizeram de seus dias, dias de seus filhos.

A minha esposa, pelos ótimos momentos que vivemos juntos e pelos que virão.

As minhas, filhas razão da minha existência.

## AGRADECIMENTOS

Desejo a princípio agradecer a Deus por sempre iluminar os meus caminhos e pela proteção nos momentos difíceis.

Ao professor Gilson Brito Alves Lima, D. Sc. da Universidade Federal Fluminense e o professor Fabio Merçon, D. Sc. Universidade do Estado do Rio de Janeiro que participaram da Comissão examinadora.

Agradeço ao meu Orientador, Prof. Fernando B. Mainier, D. Sc., pela dedicação, profissionalismo, amizade e parceria para a realização do trabalho.

Agradeço ao LATEC/UFF, pela oportunidade que me foi concedida na busca pelo conhecimento e melhoria contínua pessoal e profissional.

Às professoras Márcia Christina Amorim Moreira Leite, D. Sc., Mônica Regina Marques Palermo de Aguiar, D. Sc., e ao Professor Carlos Russo, PhD., da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, pelas cartas de apresentações e palavras de apoio.

Aos técnicos químicos do laboratório da Transpetro Terminais Terrestre de Oleodutos Norte Nordeste e Sudeste das Operações do Sudeste (TTOL N NE SE – OPSE).

Aos amigos Dr. Ricardo Rodrigues da Cunha, Paulo Sérgio de Moraes, Hernani Brito da Costa, João Luiz da Conceição Baltar e Evandro Carlos Soares quero agradecer pelo trabalho que desenvolvemos no Grupo de trabalhadores do Benzeno e pelo apoio técnico.

Ao Luiz Paulo Mendonça Ratto, Gerente de Segurança, Meio Ambiente e Saúde da Transpetro/DT/SMS/SE pela oportunidade de acesso ao título.

Ao Gerente Vilmar de Lucas da Transpetro/TTOL-N/NE/SE pela oportunidade de desenvolver o trabalho de dissertação e pela confiança na coordenação do Grupo de Trabalhadores do Benzeno.

À Comissão Estadual do Benzeno-RJ (CEBz-RJ) pela dedicação e luta à saúde dos trabalhadores.

A todos os amigos e familiares que de uma forma ou de outra me estimularam e ajudaram.

“Há um momento para tudo e um tempo para todo propósito debaixo do céu”  
*Eclesiastes, cap.3 vs. 1*

## RESUMO

A contaminação do meio ambiente por combustíveis derivados de petróleo tem sido um crescente objeto de pesquisas no Brasil. Tal contaminação pode ocorrer tanto pela evaporação quanto pelos derramamentos acidentais e a corrosão dos tanques subterrâneos, que podem ocasionar a contaminação do solo e do lençol freático. O presente trabalho de dissertação analisou a questão da contaminação por benzeno presente na gasolina, que afeta diretamente a saúde dos trabalhadores nos postos de trabalho e põe em risco as populações circunvizinhas. Buscou-se identificar as correlações entre as concentrações dos teores de benzeno no momento de enchimento do tanque de combustível do veículo e os efeitos causados por este, tendo sido elaborada, ainda, uma proposta pedagógica de conscientização para os riscos de exposição ao Benzeno. A metodologia utilizada incluiu: 1) análise química na fase líquida da gasolina, coletada em postos de serviço localizados no Estado do Rio de Janeiro; 2) entrevistas semi-estruturadas com os empregados dos postos de serviço a fim de se identificar as principais queixas de ocorrências durante o manuseio do produto; 3) avaliação dos impactos provocados pelo benzeno no meio ambiente; e 4) estudo crítico das tecnologias referentes à redução e/ou remoção do teor de benzo.

***Palavras-chaves:*** *Poluição; Meio Ambiente; Contaminação; Benzeno; Gasolina; carcinogênico.*

## ABSTRACT

The contamination of the environment by fuel derived from petroleum has been subject of growing research in Brazil. Such contamination can take place both through evaporation and accidental spills or corrosion of the underground tanks, which can cause contamination of the soil and the water table. This dissertation analyzed the issue of contamination by benzene present in gasoline which directly affects workers' health in the work place and places a risk to the surrounding populations. It was sought to identify the correlations between the concentrations of benzene at the moment of filling the vehicle and the effects caused by it. It was also elaborated a pedagogical proposal to rise awareness about the risks of the exposition to Benzene. The methodology used included: 1) chemical analysis in the liquid phase of the gasoline, collected in filling stations located in the State of Rio de Janeiro; 2) semi-structured interviews with employees of the filling stations in order to identify the main complaints of occurrences that take place when they handle the product; 3) evaluation of the impacts caused by benzene in the environment; and 4) critical study of technologies related to the reduction and/or removal of the levels of benzene.

Key-Words: Pollution; Environment; Contamination; Benzene; Gasoline; Carcinogen.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Via metabólica do benzeno	18
Figura 2 –	Recorte de composição química de gasolina automotiva	23
Figura 3 -	Representação das fórmulas estruturais do Benzeno.	29
Figura 4 -	Formação do benzeno por reforma catalítica	30
Figura 5 -	Interação do agente químico com o sistema biológico	32
Figura 6 -	Gráfico modificado de um reservatório aquífero	40
Figura 7 -	Registro fotográfico do posto de gasolina vistoriado pela FEEMA	41
Figura 8 -	Vias de Transporte e Acumulação de contaminação em solos e águas	43
Figura 9 -	Fontes de contaminação em posto de gasolina	48
Figura 10 –	Regiões onde foram coletadas amostras de gasolina.	60
Figura 11 -	Um esquema simplificado da metodologia de regressão.	62
Figura 12-	Equipamento portátil GS-1000	63
Figura 13 -	Localização dos filtros no equipamento	63
Figura 14-	Formulário das Entrevistas nos postos de gasolina	68
Figura 15 -	Frentista acompanhando descarga de caminhão-tanque	69
Figura 16--	Capa da revista fornecida aos frentistas	71
Figura 17 -	Alterações fisiológicas em função das queixas	72
Figura 18 -	Alterações hematológicas da série vermelha	72
Figura 19 -	Representação das alterações hematológicas da série branca	73
Figura 20 -	Representação das alterações comportamentais	73
Figura 21 -	Demonstração dos resultados encontrados nas avaliações ambientais	74
Figura 22 -	Conhecimento dos riscos de exposição ao benzeno	74
Figura 23 -	Representa os tipos de pisos encontrados nos postos.	75
Figura 24 -	Característica etária da população	75
Figura 25 -	Tempo de profissão como frentista	76
Figura 26 -	Sexo dos frentistas.	76
Figura 27 -	Grau de escolaridade dos frentistas	77
Figura 28 -	Mapa de localização dos postos entrevistados	82
Figura 29 -	Turma de Patologia Clínica do Colégio Pedro Álvares Cabral	83
Figura 30 -	Exposição do painel temático sobre o Benzeno	84
Figura 31 -	Seminário com alunos de graduação na UFF	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Efeitos do organismo a diferentes concentrações do benzeno	17
Tabela 2 -	Composição da gasolina utilizada no Brasil	23
Tabela 3 -	Teores de benzeno na gasolina comum tipo C (*) produzida no Brasil – maio de 2001	24
Tabela 4 -	Características das gasolinas nacionais	27
Tabela 5 -	Especificação modificada da gasolina	28
Tabela 6 –	Propriedades físico-químicas do benzeno	30
Tabela 7 –	Riscos de contaminações com benzeno	36
Tabela 8 -	Limites de emissão de poluentes para veículos leves	45
Tabela 9 -	Hidrocarbonetos típicos dos gases de exaustão de automóveis	45
Tabela 10 -	Emissão de poluentes com catalisadores automotivos	46
Tabela 11 -	Resultado das análises de gasolina	64
Tabela 12 -	Avaliação do projeto educacional.	85

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists
AEAC	Álcool Etílico Anidro Combustível
ANP	Agência Nacional de Petróleo
API	American Petroleum Institute.
AttM-U	Ácido trans, trans-mucônico
ASTM	American Society for Testing and Materials
BTEX	Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xileno
CECA	Comissão Estadual de Controle Ambiental
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo
CNP-BZ	Comissão Nacional Permanente do Benzeno
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COVs	Compostos orgânicos voláteis
CREA	Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
EPA	Environmental Protection Agency
EVS	Extração de vapores do solo
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
GHE	Grupo Homogêneo de Exposição
GTB	Grupo dos Trabalhadores do Benzeno
HPs	Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares
IARC	International Association for research in Câncer
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IBMP	Índice Biológico Máximo Permitido
ISO	International Organization for Standardization
LF	Licença de Funcionamento
LI	Licença de Instalação
MTB	Ministério do Trabalho
MTBE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health

NO <sub>x</sub>	Óxido de Nitrogênio
PROCONVE	Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores
RPM	Rotações por minuto
OHSAS	Occupational Health Safety Association
OIT	Organização Internacional do Trabalho
OMS	Organização Mundial da Saúde
SEMADUR	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano
SNC	Sistema Nervoso Central
SSST	Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho
TAS	Tanques de armazenamento subterrâneos
VRT	Valor de Referência Tecnológico

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1	APRESENTAÇÃO	15
1.2	EFEITOS NOCIVOS DO BENZENO	16
1.3	OBJETIVOS	19
1.4	JUSTIFICATIVAS	19
1.5	HIPÓTESE DO TRABALHO	20
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO	21
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>22</b>
2.1	CARACTERÍSTICA DA GASOLINA	22
<b>2.1.1</b>	<b>Gasolina A</b>	<b>25</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Gasolina comum (Gasolina C)</b>	<b>26</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Gasolina aditivada e premium</b>	<b>26</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Gasolina de alta octanagem</b>	<b>27</b>
2.2	CARACTERÍSTICA DO CONTAMINANTE: BENZENO	29
2.3	EFEITOS NOCIVOS DO BENZENO (BENZENISMO)	31
<b>2.3.1</b>	<b>Efeito da exposição a curto prazo</b>	<b>32</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Efeito da exposição a longo prazo</b>	<b>33</b>
2.3.2.1	Alterações sangüíneas	34
2.3.2.2	Alterações cromossomiais	35
2.3.2.3	Alterações imunológicas	35
2.3.2.4	Alterações dermatológicas	35
2.3.2.5	Alterações neuropsicológicas e neurológicas	35
2.4	INDICADOR BIOLÓGICO DE EXPOSIÇÃO	37
<b>2.4.1</b>	<b>Indicação do ácido trans,trans-mucônico</b>	<b>37</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Característica do ácido trans,trans-mucônico</b>	<b>38</b>
2.5	BENZENO NA GASOLINA E OS SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS	39
2.6	CONTROLE DA QUALIDADE DO AR	46
2.7	FONTES DE CONTAMINAÇÃO NOS POSTOS DE GASOLINA	46

<b>2.7.1</b>	<b>Manuseio impróprio de combustível: derrame (vazamento "às gotas") durante o abastecimento de automóvel</b>	<b>47</b>
<b>2.7.2</b>	<b>Defeitos Técnicos</b>	<b>47</b>
<b>2.7.3</b>	<b>Vazamentos acidentais</b>	<b>47</b>
<b>2.7.4</b>	<b>Estocagem inadequada</b>	<b>47</b>
<b>2.7.5</b>	<b>Corrosão dos tanques subterrâneos</b>	<b>48</b>
2.8	TECNOLOGIAS APLICADAS À REMOÇÃO DO BENZENO	48
<b>2.8.1</b>	<b>Mudanças tecnológicas preventivas</b>	<b>49</b>
<b>2.8.2</b>	<b>Tecnologia ecológica para eliminação de benzeno no ar</b>	<b>50</b>
2.9	LEGISLAÇÃO	50
<b>2.9.1</b>	<b>Aplicações das leis</b>	<b>51</b>
<b>2.9.2</b>	<b>Comissão Nacional Permanente do Benzeno</b>	<b>53</b>
2.10	GESTÃO AMBIENTAL EM POSTOS DE GASOLINA	56
<b>3</b>	<b>AVALIAÇÃO DOS TEORES DE BENZENO NA GASOLINA</b>	<b>58</b>
3.1	COLETA DA AMOSTRA	58
<b>3.1.1</b>	<b>Cuidados com a coleta e armazenamento das amostras</b>	<b>58</b>
3.2	CARACTERÍSTICA DO GRUPO DE ESTUDO	59
3.3	SELEÇÃO DAS ÁREAS PARA AMOSTRAGEM DE GASOLINA	59
3.4	MÉTODOLOGIA	60
<b>3.4.1</b>	<b>Equipamentos</b>	<b>61</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Seleção dos parâmetros</b>	<b>61</b>
3.5	CONDIÇÕES ANALÍTICAS DESCRITAS	61
3.6	DETERMINAÇÃO DE BENZENO, TOLUENO E XILENO	61
3.7	RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
<b>4</b>	<b>AVALIAÇÃO OCUPACIONAL QUALITATIVA NA EXPOSIÇÃO AO BENZENO EM POSTOS DE GASOLINA</b>	<b>66</b>
4.1	OBJETIVOS	66
4.2	CARACTERÍSTICA DO GRUPO DE ESTUDO	69
4.3	METODOLOGIA	69
4.4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO	71

<b>5</b>	<b>PROJETO PEDAGÓGICO DE CONSCIENTIZAÇÃO PARA OS RISCOS DE EXPOSIÇÃO AO BENZENO POR GASOLINA AUTOMOTIVA (BENZENISMO)</b>	<b>79</b>
5.1	OBJETIVOS	80
5.2	METODOLOGIA	81
<b>5.2.1</b>	<b>Sobre o projeto pedagógico</b>	<b>81</b>
<b>5.2.2</b>	<b>A instrumentalização</b>	<b>82</b>
5.3	METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO	84
5.4	CONCLUSÕES	85
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES FINAIS E PROPOSTAS DE ESTUDOS PARA TRABALHOS FUTUROS</b>	<b>87</b>
6.1	CONCLUSÕES FINAIS	87
6.2	SUGESTÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	90
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>92</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 APRESENTAÇÃO

No Brasil, na década de 90, o número estimado de tanques subterrâneos para armazenamento de gasolina e derivados de petróleo era da ordem de 100.000 (YUKIZAKI, 1993), atualmente ultrapassa os 110.000 (SANDRES, 2004). As estatísticas oficiais da Agência Nacional de Petróleo - ANP (AGÊNCIA..., 2002) apontaram que existiam no Brasil, no final de 2001, 32.697 postos revendedores de combustíveis e 322 bases distribuidoras de combustíveis inserindo-se, respectivamente, 84,4% e 72,7% das Regiões Sudeste, Sul e Nordeste.

Este elevado número de postos revendedores de gasolina significa um risco tanto para o meio ambiente, quanto para os empregados destes postos de serviço, bem como a população circunvizinha, pois podem ocorrer acidentes sérios, como: derrames de combustível durante a transferência de abastecimento dos tanques subterrâneos dos postos de gasolina, e vazamentos de combustível devido à corrosão interna e/ou externa nos tanques subterrâneos, as falhas nas partes soldadas ou até mesmo devido aos erros operacionais de manutenção e de montagem.

Além disso, outro fato que merece uma avaliação crítica na visão ocupacional e ambiental, que passa despercebida pelo leigo, pela população em geral, é o teor de benzeno existente na gasolina automotiva. No final de 1999, a Agência Nacional de Petróleo (AGÊNCIA..., 1999), baixou uma portaria em que, entre outros assuntos, fixava os teores máximos de benzeno permitido na gasolina. Os teores fixados foram: 2,7 % para a gasolina A (que sai da refinaria) e 2% para a gasolina B (que chega aos postos de abastecimento já com adição de álcool).

Esta Portaria aplicada pela ANP está em desacordo com a Portaria Interministerial nº 3, de 28 de abril de 1982, do Ministério do Trabalho e Ministério de Saúde (Brasil, 1982), que resolve no seu artigo 1º: *“Proibir, em todo o Território Nacional, a fabricação de produtos que contenham “benzeno” em sua composição, admitida, porém, a presença dessa substância, como agente contaminante, em percentual não-superior a 1% (um por cento), em volume”*. Esta Portaria foi formulada, na época, com base na recomendação da Comissão incumbida de estudar o “benzeno” e seus efeitos para o organismo humano, constituído por representantes do Ministério da Saúde, Ministério do Trabalho, Conselho de

Desenvolvimento Industrial, Conselho Nacional do Petróleo, PETROBRAS, SIDERBRAS, Petroquímica União e ABIQUIM, tendo em vista haver no mercado nacional produtos que substituem industrialmente o “benzeno” com vantagem técnica e de menos risco para a saúde do manipulador e do usuário.

A ANP alega que desconhecia o teor da portaria de 1982, e afirma que havia previsão de liberação de importação de gasolina a partir de julho do ano 2000 e, para assegurar que não seriam importados produto com altos teores de benzeno, entendeu ser necessário a edição da sua Portaria. Os teores foram fixados de acordo com a legislação europeia vigente na época. Porém, atualmente a União Europeia já propõe 1% como teor máximo de benzeno. A gasolina do Texas e da Califórnia são limitadas a um teor máximo de benzeno de 0,8% /volume.

Dados da ANP, de 1999, apresentados pela CETESB no Seminário Estadual do Benzeno, em 2000, mostram que em São Paulo os teores de benzeno na gasolina em postos de abastecimento estavam na média em 1%. Atualmente, diante da ação tóxica e poluente do benzeno na gasolina já existem várias propostas visando sua minimização e/ou que venham no mínimo obedecer a Portaria Ministerial nº1, de 28 de abril de 1982, do Ministério do Trabalho e Ministério de Saúde.

## 1.2 EFEITOS NOCIVOS DO BENZENO

Estima-se que a utilização global média de benzeno ( $C_6H_6$ ) é de 32 milhões de toneladas/ano, seja na síntese química de vários compostos, na indústria petroquímica e na siderurgia. Ao penetrar no organismo, 50% a 90% do benzeno inalado poderá ser absorvido devido a sua volatilidade e solubilidade em gorduras. Sua concentração sanguínea atinge o máximo em alguns minutos, mas decai com a saída rápida do composto para os tecidos (INCA,2004). Devido a sua lipossolubilidade, o benzeno armazena-se preferencialmente no tecido adiposo. A proporção do benzeno absorvido, dependendo da dose, da atividade metabólica e da quantidade de lipídeos presentes no organismo, sendo eliminada em sua forma inalterada através do ar expirado e cerca de 0,1% é excretado inalterado na urina. A fração remanescente é biotransformada, principalmente no fígado, em derivados hidroxilados que são excretados na urina na forma de metabólicos conjugados ou produtos de anéis abertos conforme demonstra a Figura 1. Por outro lado, o benzeno atua predominantemente sobre o sistema nervoso central como depressor, levando ao aparecimento de fadiga, dor de cabeça,

tonteiras, convulsão, perda da consciência e morte em consequência de parada respiratória. O benzeno predispõe a arritmias cardíacas graves, como a fibrilação ventricular, devido à sensibilização do miocárdio. O benzeno pode provocar depressão generalizada na medula óssea onde o sangue é produzido, que se manifesta pela redução da contagem de todos os tipos de células sanguíneas: células vermelhas, brancas e plaquetas.

O efeito agudo na via respiratória provoca a irritação nos brônquios e na laringe, surgindo, conseqüentemente tosse, rouquidão e edema pulmonar.

A Tabela 1, a seguir, mostra os efeitos nocivos do benzeno segundo fonte do American Petroleum Institute.

**Tabela 1** - Efeitos do organismo a diferentes concentrações do benzeno (BENZENO,2004)

Concentração de vapores de benzeno (ppm)	Tempo de exposição	Ocorrência
25	8 horas	Nenhuma
50 – 100	6 horas	Leve sonolência e dor de cabeça leve
500	1 hora	Sintomas de toxicidade aguda
7.000	30 min	Perigoso para a vida, efeitos depressores.
20.000	5 min	Morte

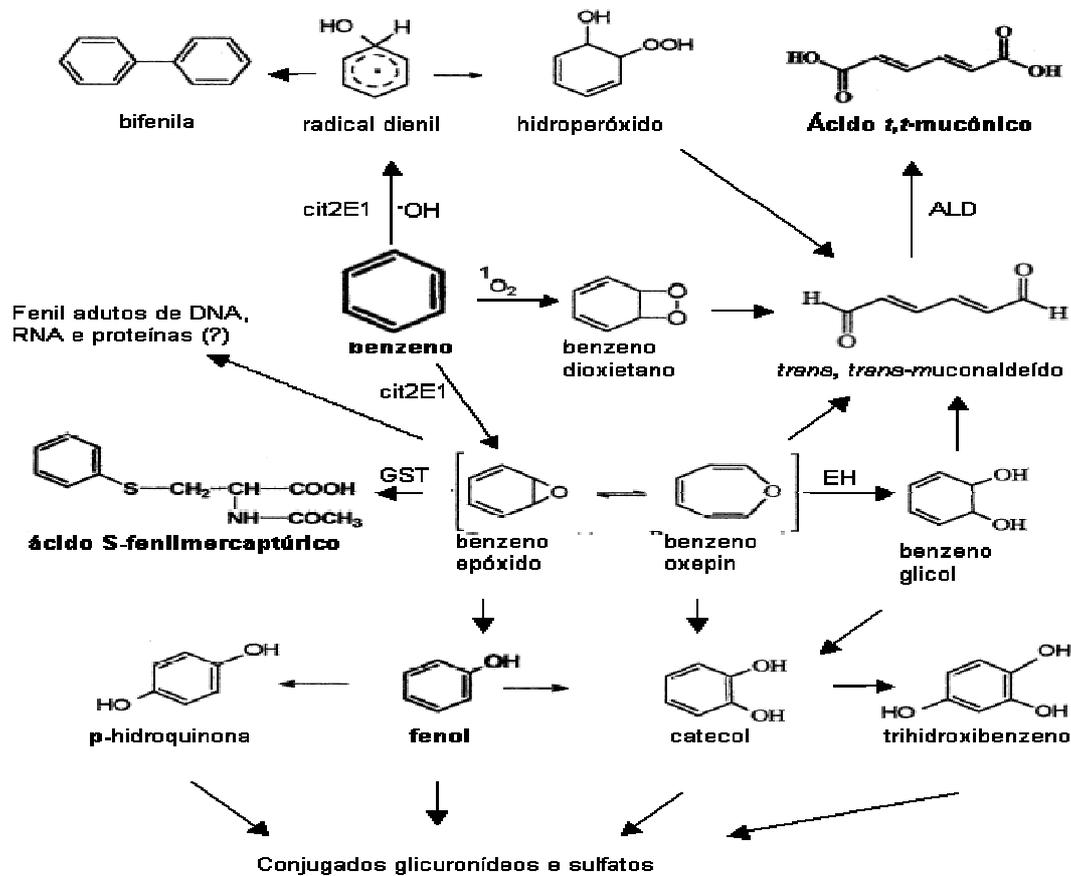
Fonte: American Petroleum Institute

Há relação causal comprovada entre exposição ao benzeno e ocorrência de leucemia. A leucemia mais comum relacionada ao benzeno é a leucemia mielóide aguda, eritroleucemia, leucemia mielomonocítica e todas as demais doenças.

Nem todos os indivíduos expostos a agentes mutagênicos desenvolvem câncer. Para isso contribuem várias características individuais, incluindo aspectos genéticos e comportamentais (INSTITUTO...,2004).

No Rio de Janeiro, em 1919, o câncer constituía-se na sexta mais importante causa de morte na população, após a tuberculose, as gastroenterites, as doenças cardiovasculares, as pneumonias e as nefrites. Atualmente, o câncer representa a terceira mais importante causa de morte na população masculina brasileira, após as doenças cardiovasculares e as causas externas (WUNSC FILHO; MONCAU, 2002).

Os mecanismos de mutagênese e carcinogênese parecem estar intrinsecamente ligados, uma vez que a mutação é uma consequência do dano no DNA, e este pode ser o estágio inicial no processo pelo qual a maioria dos carcinógenos químicos ambientais inicia a formação do tumor (INSTITUTO...,2004).



cit2E1, citocromo P450 2E1; GST, glutatona S transferase; EH, epóxido hidrolase; ALD, aldeído desidrogenase

**Figura 1-**Via metabólica do benzeno  
 Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE,2003

Segundo Wunsc Filho & Moncau (2002), o risco de morte por câncer foi mais acentuado na região sul e sudeste, porém as taxas de mortalidade foram decaindo nestas regiões mais desenvolvidas do país.

Embora os fatores genéticos exerçam papel fundamental na carcinogênese, a ocorrência de câncer é fortemente influenciada pela prevalência de fatores ambientais que, em conjunto, são responsáveis por cerca de 80% a 90% da incidência. Assim, características populacionais específicas de exposição relacionadas à dieta e nutrição, prevalência de tabagismo, viroses ou exposições ambientais e ocupacionais, fatores todos de alguma forma ligados às desigualdades sociais são, provavelmente, os principais determinantes das tendências de mortalidade (INSTITUTO...,2004).

### 1.3 OBJETIVOS

Com base nos problemas acima citados referentes às contaminações ambientais provocadas por benzeno presente na gasolina em postos revendedores onde estão presentes trabalhadores, consumidores e vizinhanças, concernem à proposição dos seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar e avaliar os acidentes envolvendo derramamento de combustíveis em postos de gasolina;
- Comentar as contaminações por vazamentos dos tanques subterrâneos visando avaliar as contaminações de benzeno no ambiente (solo, ar atmosférico e áreas circunvizinhas dos postos de serviços);
- Analisar as amostras de gasolinas coletadas em postos de serviços situados em regiões do Estado do Rio de Janeiro visando determinar os teores de benzeno;
- Analisar, criticamente, os efeitos danosos do benzeno nos seres humanos e no meio ambiente;
- Comentar as normas, leis, procedimento que envolve, direta e indiretamente, os teores de benzeno na gasolina;
- Pesquisar o imaginário dos frentistas, gerentes de postos de serviços, com base em entrevistas semi-estruturadas, relacionando as contaminações e os efeitos causados pela presença de benzeno na gasolina;
- Desenvolver um projeto pedagógico que contemple o conhecimento e os riscos inerentes que envolvem a presença de benzeno na gasolina automotiva.

### 1.4 JUSTIFICATIVAS

Durante a manipulação da gasolina os trabalhadores e vizinhanças estão sujeitos à exposição ao benzeno pelas vias respiratórias, contato físico ou pela ingestão. Podem ocorrer contaminações do solo e a água do lençol freático provocadas por falhas mecânicas ou pela corrosão interna e externa dos tanques subterrâneos. A contaminações podem ser evitadas pelas mudanças tecnológicas na produção de gasolina, agregando valor ao produto para que

tenham menores concentrações de benzeno, mudança no sistema de abastecimento (sistema fechado do tipo engate-rápido), mudanças de projetos para confecção e instalação dos tanques subterrâneos e mudança de comportamentais.

Nos últimos anos, as contaminações ambientais causadas por postos de gasolina têm se revelado como um problema grave devido as suas severas conseqüências, já mencionadas.

Esse tipo de contaminação, que envolve problemas de saúde, danos ambientais e impactos sociais vem sendo detectado com maior freqüência, e divulgado pela mídia.

Como forma de demonstrar a gravidade do tema desta pesquisa, será citado, a seguir, dois casos mais recentes de contaminações em postos de gasolina divulgados pela mídia nesses últimos anos.

Morar perto de uma garagem mecânica ou posto de gasolina pode aumentar em quatro vezes o risco de leucemia em crianças, segundo um artigo publicado por pesquisadores franceses na edição de setembro do *Jornal of Environmental Medicine*. Os cientistas já sabiam que a grande exposição ao benzeno é um fator de risco para adultos em algumas profissões, como na indústria de pneus, e os níveis da substância são cuidadosamente controlados nos postos de trabalho. (<http://noticias.terra.com.br/ciencia/interna/0,,OI367880-EI298,00.html>, consulta realizada em 06/09/2004).

**Vazamento provoca interdição do posto**

A Agência Nacional de Petróleo (ANP) e a Defesa Civil do Município interditaram, ontem, por tempo indeterminado, o Posto Indianópolis, na Rua - Francisco Xavier 127, na Tijuca, Rio de Janeiro. Quinta-feira, moradores do prédio número 132, localizado em frente, começaram a sentir forte cheiro de gasolina e chamaram os bombeiros. Sob a garagem, existe um lençol de água, que acabou sendo contaminado pela gasolina. (*O Dia*, 17/04/1999, p.4).

## 1.5 HIPÓTESE DO TRABALHO

O objetivo de apresentar os casos de contaminações provocados por postos de gasolina divulgados pela mídia no item anterior é destacar a gravidade da questão abordada nesta pesquisa. Não faz parte do escopo deste trabalho apontar falhas cabais, ou fazer denúncias, e sim lembrar dos compromissos de responsabilidade social e preservação do meio ambiente. Desta forma, é levantada a hipótese de que é possível desenvolver gestão e normas para os postos de gasolina com o compromisso de responsabilidade social, de forma a proteger os trabalhadores e a circunvizinhança, proporcionar controle da qualidade ambiental e agregar valor à gasolina.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Esta pesquisa, devido à complexidade do tema, apresenta seis capítulos, sendo este o capítulo 1, onde foi apresentado o problema abordado, os objetivos da pesquisa, a justificativa para a escolha deste tema e a hipótese de trabalho.

No capítulo 2, será apresentado o referencial teórico desta pesquisa. Este capítulo está dividido em nove partes: uma abordagem dos tipos de gasolina; características do contaminante benzeno; os efeitos nocivos do benzeno (benzenismo); o uso do indicador biológico de exposição; o benzeno na gasolina e seus impactos ambientais; controle da qualidade do ar; fontes de contaminação nos postos de gasolina; tecnologia aplicada à remoção do benzeno na gasolina.

No capítulo 3, serão apresentados os procedimentos adotados na pesquisa para detectar os teores de benzeno na gasolina a fim de avaliar a contaminação humana e do meio ambiente. Esse capítulo contém as características do grupo de estudo, a seleção das áreas para amostragem de gasolina, a metodologia aplicada, resultados e discussão do experimento.

No capítulo 3, serão apresentados os objetivos, característica do grupo de estudo, a metodologia aplicada, bem como a apresentação dos resultados e discussões das avaliações de exposições ocupacionais ao benzeno em postos de gasolina.

A proposta e o desenvolvimento do projeto pedagógico de conscientização para os riscos de exposição ao benzeno na gasolina automotiva está descrito no capítulo 5. Esta proposta visa construir o conhecimento sobre os riscos inerentes da presença do benzeno na gasolina. Os problemas de vazamentos dos tanques enterrados causados por corrosão; as contaminações ambientais durante o manuseio da gasolina; a metodologia de intervenção aplicada ao projeto, as avaliações e as conclusões do projeto.

As conclusões e propostas para trabalhos futuros serão apresentados no capítulo 6 .

O texto será concluído com as referências bibliográficas consultadas e o anexo A, contendo um glossário dos termos técnicos utilizados.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão abordados os conceitos referentes à gasolina e seu contaminante benzeno, como também o seu comportamento quando presente na gasolina em contato com a água, o solo e seus efeitos.

### 2.1 CARACTERÍSTICA DA GASOLINA

A gasolina é um combustível de composição complexa, constituído basicamente por hidrocarbonetos aromáticos, olefinicos e saturados e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais, oxigênio, etc. Os hidrocarbonetos são mais leves do que aqueles que compõe o óleo diesel, pois são formados por moléculas de menores cadeias carbônicas (normalmente de 5 a 12 átomos de Carbono). A formulação demanda a utilização de diversas correntes nobres oriundas do processamento de petróleo como nafta leve (produto obtido a partir da destilação direta do petróleo) e nafta de FCC (Fluid Catalytic Cracking), que é obtida a partir da quebra de moléculas de hidrocarbonetos mais pesados (REFAP,2004).

Com relação aos compostos aromáticos estão incluídos, principalmente, os compostos denominados BTEX, que compreendem benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno. Diante destes vários fatores, a gasolina automotiva fabricada no Brasil deve atender especificações técnicas indicadas pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).

O percentual de álcool atualmente adicionado à gasolina é definido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, através da Portaria MAPA n.º 266 de 21/06/2002.

A fração nafta leve (gasolina) representa apenas de 7% a 15% do petróleo bruto; apenas alguns petróleos chegam a produzir 20% de nafta leve (gasolina) e para obter maior quantidade do produto são usados outros processos de refino, tais como FCC, reforma alcoilação, isomorização, coqueamento reformado, viscoredução, etc.

Em refinarias típicas, o óleo cru é separado numa torre de destilação em diversas frações e, por meio de processos adicionais, as naftas oriundas de diversos processos, são misturados fornecendo a composição final da gasolina (KREAMER; STETZNABACH,1999). As refinarias de petróleo brasileiras afirmam que o teor máximo de benzeno presente nas

gasolinas que saem das refinarias é de 1%, conforme mostram o recorte de especificações técnicas apresentadas na Figura 2 .

FICHA DE INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA DE PRODUTO QUÍMICO - FISPQ.	
Nome do produto: GASOLINA AUTOMOTIVA TIPO A FISPQ nº : 000.010/2.0 Página: 1/11 Data da última revisão: 02/07/03	
<b>2. COMPOSIÇÃO E INFORMAÇÕES SOBRE OS INGREDIENTES.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Substância:</b> Gasolina Automotiva Tipo A</li> <li>▪ <b>Nome químico comum ou nome genérico:</b> Gasolina Automotiva Tipo A</li> <li>▪ <b>Sinônimo:</b> Gasolina Automotiva Tipo A, Gasolina Automotiva A, Gasolina de Refinaria.</li> </ul> <p style="margin-left: 20px;"><b>Composição:</b> hidrocarbonetos C<sub>4</sub> a C<sub>12</sub> saturados: de 47 % a 61 % (vol); olefinicos: 12 % a 32 % (vol) e aromáticos: 21 % a 29 % (vol), <u>benzeno no máximo igual a 1% vol.)</u></p> <p>Registro no <i>Chemical Abstract Service</i> (nº CAS): 8006-61-9 (gasolina)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Ingredientes que contribuem para o perigo:</b> benzeno (CAS -71-43-2)</li> </ul>	

Figura 2 – Recorte de composição química de gasolina automotiva

Segundo a Sandres (2004), a gasolina utilizada no Brasil apresenta as seguintes características apresentadas na tabela 3, a seguir:

Tabela 2 - Composição da gasolina utilizada no Brasil

Hidrocarbonetos	Número de Carbonos	Peso Molecular (g/mol)	Solubilidade Aquosa [25°C] (mg/l)	Composição Gasolina Brasileira (Peso %)
<b>Alcanos</b>				
Propano	3	44,09	62,4	1,0
i-Butano/n-Butano	4	58,14	61,4	14,1
i-Pentano/n-Pentano	5	72,15	39,0	17,5
i-Hexano/n-Hexano	6	86,17	9,5	3,0
i-Heptano/n-Heptano	7	100,2	2,9	8,7
i-Octano/n-Octano	8	114,23	0,66	1,2
Nonano	9	128,25	0,22	3,1
Decano	10	142,28	0,052	1,0
Soma dos Alcanos	-	-	-	49,6
<b>Alcenos</b>				
Buteno	4	56,1	222	0
Penteno	5	70,13	148	0,3
Hexeno	6	84,17	50	0,3
Hepteno	7	98,19	14,1	2,0
Octeno	8	112,22	2,7	1,3
Noneno	9	126,24	0,63	0,2
Deceno	10	140,19	0,1	0,2
Soma dos Alcenos	-	-	-	4,3

<b>Aromáticos</b>				
Benzeno	6	78,11	1780	1,0
Tolueno	7	92,10	534,8	3,0
o-, m-, p- xilenos	8	106,17	Ca. 157	5,7
Etilbenzeno	8	106,20	161,2	1,3
C9-Aromáticos	9	120,19	Ca. 55	5,6
Naftaleno	10	128,16	111,1	-
Soma dos Aromáticos	-	-	-	19,6
Etanol	2	46,10	c.m.	22,0
Metanol	1	32,00	c.m.	2,4
MTBE	5	88,15	48000	0,1

c.m. = completamente miscível.

Fonte: Sandres, 2004.

A Portaria 309 publicada em 27 de dezembro de 2001, (AGÊNCIA..., 2001) estabelece as especificações para a comercialização das gasolinas automotivas em todo o território nacional e define obrigações dos agentes econômicos sobre o controle da qualidade do produto. Os valores estabelecidos para o benzeno na gasolina Comum tipo A<sup>1</sup>, máximo de 1,2% e tipo C<sup>2</sup>, máximo 1%. Para a gasolina Premium tipo A<sup>1</sup>, máximo de 1,9% e tipo C<sup>2</sup>, máximo de 1,5%. Na tabela .3 estão apresentados alguns teores das principais refinarias do Brasil.

As gasolinas tipo C encontradas em postos de gasolina no Estado de São Paulo possuem concentração de até 3,92%, também segundo dados da Agência Nacional do Petróleo. Estes dados, na realidade, são da cidade de São Paulo.

**Tabela 3** - Teores de benzeno na gasolina comum tipo C (\*) produzida no Brasil - maio de 2001

Produtor	Teor de benzeno (% volume)		
	Mínimo	Máximo	Médio
RECAP	0,4	0,5	0,4
REDUC	0,4	0,8	0,6
REFAP	0,4	0,7	0,5
REGAP	0,3	0,7	0,5
REMAN	0,4	0,5	0,4
REPAR	0,4	0,6	0,5
REPLAN	0,6	0,8	0,7
REVAP	0,6	0,7	0,6
RLAM	0,3	0,6	0,5
RPBC	0,3	0,4	0,3
Refinaria Ipiranga	0,2	0,7	0,5
Refinaria Manguinhos	0,4	0,8	0,5
COPENE	0,3	0,6	0,4

<sup>1</sup> Gasolina que sai da refinaria de petróleo sem adição de álcool ou aditivos.

<sup>2</sup> Gasolina encontrada nos postos após adição de álcool.

continuação

COPEL	0,9	0,9	0,9
PQU	0,8	1,4	1,0
MÉDIA	0,447	0,707	0,553

(\*) Dados de produção de gasolina A, considerando a adição de 21% de AEAC (Álcool Etílico Anidro Combustível).

Fonte: Dados fornecidos pela Agência Nacional de Petróleo

Segundo os meios de comunicação encontrou-se gasolinas na cidade com até 8% de benzeno no início de 2001. Estes dados comprovam a existência de adulteração por solventes e resíduos, constituindo-se um problema grave de saúde e ambiente.

Na prática, segundo dados da ANP, as gasolinas tipo C produzidas no Brasil deveriam possuir benzeno abaixo de 1%.

Com relação a valores ambientais, o Brasil não possui valores de referência para ambientes urbanos e, para ambientes ocupacionais não se aplica às atividades de armazenamento, transporte, distribuição, venda e uso de combustíveis derivados de petróleo, que deverão ter regulamentação “própria”. No Capítulo IV – da Comissão Nacional Permanente do Benzeno- CNP-Benzeno no item “8.1.5 a) esta comissão deve propor inclusões em atividades excluídas do campo de aplicação”. Apesar do acordo não atender ainda aos combustíveis, os ambientes de trabalho devem obedecer a Norma Regulamentadora 7 (NR7) e Norma Regulamentadora 9(NR9) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

As gasolinas da Califórnia, Texas e da Suécia possuem especificações severas quanto a teores de enxofre, benzeno e aromáticos.

São definidos pela ANP quatro tipos de gasolina.

### 2.1.1 Gasolina A

É a gasolina encontrada nas refinarias, que por força de lei federal, recebe a adição de 25% de álcool etílico anidro combustível (AEAC) para transformar-se em gasolina comum:

**Gasolina tipo A-comum**, produzida pelas refinarias, isenta de álcool;

**Gasolina tipo A-Premium**, a qual apresenta uma formulação especial que fornece ao produto maior resistência à detonação e isenção de álcool;

### 2.1.2 Gasolina comum (Gasolina C)

É a gasolina mais simples encontrada no mercado nacional, possui coloração amarelada, não possui nenhum tipo de aditivo ou corante e por força de lei federal recebe 25% de álcool etílico anidro combustível (AEAC). Pode ser utilizada, em qualquer veículo movido a gasolina:

**Gasolina tipo C-comum**, disponível no mercado, preparada pelas companhias distribuidoras que adicionam álcool etílico anidro à gasolina do tipo A-comum;

**Gasolina tipo C-Premium**, elaborada pela adição de álcool etílico anidro à gasolina do tipo A-Premium. Este combustível foi desenvolvido, com o objetivo de atender veículos nacionais e importados de altas taxas de compressões e altos desempenhos;

### 2.1.3 Gasolina aditivada e premium

Para a produção da gasolina Premium são utilizados processos ainda mais sofisticados que fornecem correntes de elevada octanagem, como a alquilação e a reforma catalítica. Difere das demais gasolinas por apresentar coloração amarela e por possuir uma maior octanagem, o que proporciona um maior desempenho dos motores. Recebe os mesmos aditivos da gasolina BR Supra. Por força de lei federal recebe a adição de 25% de álcool etílico anidro combustível (AEAC).

Segundo Abraco (2004), pode ser utilizada em qualquer veículo, mas só é eficaz em veículos com motores com alta taxa de compressão (maior que 10:1).

A gasolina aditivada é a gasolina comum contendo aditivos detergentes/dispersantes, cujo objetivo é manter limpo (isento de depósitos) todo o sistema de combustível dos veículos. A gasolina Premium, que também pode conter aditivos detergentes/dispersantes, difere da gasolina aditivada por apresentar octanagem mais elevada.

### 2.1.4 Gasolina de alta octanagem

A gasolina Podium, conforme a tabela 4, apresenta maior índice de octano de todas as gasolinas do mercado, promovendo melhor performance para veículos de alto desempenho, além de possuir baixo teor de enxofre, reduzindo consideravelmente seu impacto ambiental (Petrobras, 2002). Esta gasolina é desenvolvida com a mesma tecnologia que a a Petrobras emprega para produzir a gasolina utilizada na Fórmula 1.

Antecipando às tendências mundiais e às exigências dos consumidores, a Petrobras está disponibilizando para os maiores mercados brasileiros, uma gasolina com um padrão ambiental que a Europa e os Estados Unidos só exigirão a partir de 2005 (PETROBRAS,2002).

**Tabela 4 - Características das gasolinas nacionais**

<b>Gasolinas</b>	<b>Comum</b>	<b>Aditivada</b>	<b>Premium</b>	<b>Podium</b>
<b>Octanagem</b>	<b>87</b>	<b>87</b>	<b>91</b>	<b>95</b>
<b>Enxofre(ppm)</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>30</b>
<b>Cor</b>	<b>Amarelada</b>	<b>Verde</b>	<b>Amarelada</b>	<b>Incolor</b>

Fonte: Petrobras,2002

A Tabela 5 demonstra, com base na portaria ANP, os valores especificados para o benzeno e demais componentes na gasolina comum e Premium.

**Tabela 5** - Especificação modificada da gasolina

CARACTERÍSTICA	UNIDADE	ESPECIFICAÇÃO			
		Gasolina Comum		Gasolina Premium	
		Tipo A	Tipo C	Tipo A	Tipo C
Benzeno, máx. (1)	%vol	1,2	1,0	1,9	1,5
Hidrocarbonetos Aromáticos, máx.(1) (2) (3)	%vol	57	45	57	45
Hidrocarbonetos Olefínicos, máx. (1) (2) (3)	%vol	38	30	38	30

- (1) Os teores máximos de Enxofre, Benzeno, Hidrocarbonetos Aromáticos e hidrocarbonatos Olefínicos permitidos para a gasolina A referem-se àquela que transformar-se-á em gasolina C através da adição de  $22\% \pm 1\%$  de álcool. No caso de alteração legal do teor de álcool na gasolina os teores máximos permitidos para os componentes acima referidos serão automaticamente corrigidos proporcionalmente ao novo teor de álcool regulamentado.
- (2) Fica permitida alternativamente a determinação dos hidrocarbonetos aromáticos e olefínicos por cromatografia gasosa. Em caso de desacordo entre resultados prevalecerão os valores determinados pelos ensaios MB424 e D1319.
- (3) Até 30/06/2002 os teores de Hidrocarbonetos Aromáticos e Olefínicos podem ser apenas informados.

Fonte: (AGÊNCIA...,2001)

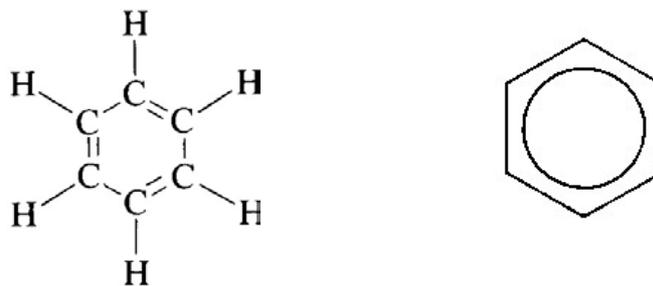
A octanagem é a medida da capacidade da gasolina de resistir à detonação, também conhecida como "batida de pino", que leva à perda de potência e pode causar sérios danos ao motor. Assim, quanto maior a octanagem da gasolina, maior a sua resistência a elevadas pressões e temperaturas, possibilitando uma maior taxa de compressão do motor e, conseqüentemente, um melhor rendimento. Portanto, é uma característica do combustível diretamente relacionada com a taxa de compressão dos motores. A característica de octanagem na gasolina é definida pelo IAD = Índice Antidetonante fornecido pela fórmula  $IAD = (RON + MON)/2$ .

Os automóveis comercializados no Brasil são projetados para obter o máximo desempenho com gasolina aditivada (gasolina C conforme especificação brasileira e  $IAD = 87$ ). Alguns carros importados são projetados para obter máximo desempenho com gasolina premium ( $IAD = 91$ ) ou gasolina super-premium (gasolina PETROBRAS PODIUM com  $IAD = 95$ ).

## 2.2 CARACTERÍSTICA DO CONTAMINANTE: BENZENO

Segundo Peruzzo & Canto (2000) a maneira mais usada para representar o benzeno é por meio da fórmula molecular,  $C_6H_6$ , ou pelas fórmulas estruturais apresentadas, a seguir (Figura 3), com os seus átomos de carbono nos vértices de um hexágono e um átomo de hidrogênio ligado a cada carbono. O círculo central indica a ressonância. A ressonância é o termo usado para descrever uma situação na qual, sem mudar a posição dos átomos, podemos escrever mais uma fórmula estrutural diferente, mudando apenas a posição de alguns elétrons.

Devido à ressonância, não existe ligações simples e duplas no benzeno. As ligações C-C têm caráter intermediário entre simples e dupla. Por esta razão o benzeno não costuma dar reações de adição, e sim reações de substituição, características dos compostos saturados:



**Figura 3** - Representação das fórmulas estruturais do Benzeno.

À temperatura ambiente, o benzeno é um líquido volátil, estável e incolor. Tem o odor característico dos hidrocarbonetos aromáticos e um ponto de ebulição relativamente baixo. É altamente inflamável. É pouco solúvel em água, mas miscível com a maior parte dos solventes orgânicos. Algumas propriedades físico-químicas são apresentadas, a seguir, na Tabela 6.

É conhecido comercialmente com o nome de benzol, que é uma mistura de benzeno com outros hidrocarbonetos aromáticos (tolueno e xileno). Não deve ser confundido com benzina, um solvente comercial, constituído de uma mistura heterogênea de vários hidrocarbonetos alifáticos (pentano, hexano, heptano) e aromáticos (tolueno, xileno e pequenas quantidades de benzeno).

O benzeno pode ser recuperado pela destilação de óleos leves (que contem 1 a 2 % de benzeno) ou por meio da destilação destrutiva de carvão mineral (0,5 a 1 % de benzeno),

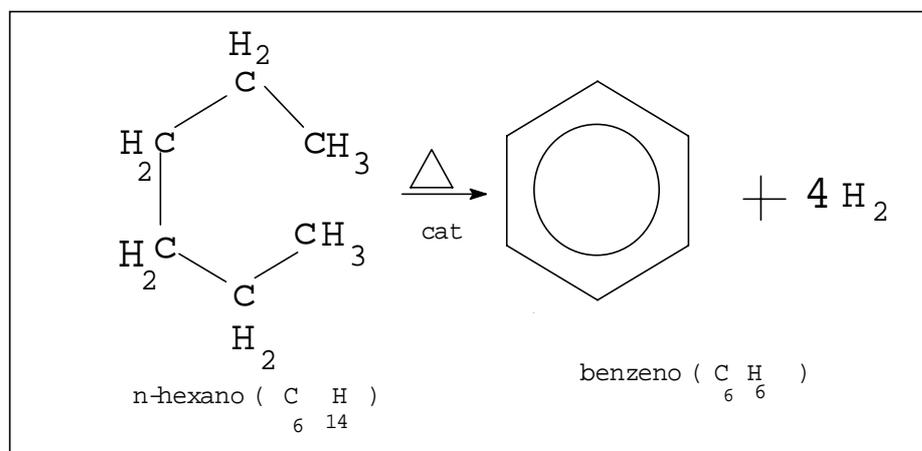
entretanto, grande parte da produção industrial é proveniente das reações de reforma catalítica, dealquilação e hidroformação.

No Brasil, uma grande parte do benzeno é produzida por pirólise da nafta nas centrais petroquímicas (COPENE, COPESUL).

**Tabela 6** – Propriedades físico-químicas do benzeno

Propriedades	Valor	Notas
Ponto de Ebulição	80,1 °C	Mais baixo do que a água
Ponto de Fusão	5 °C	Mais alto que a água
Massa específica	0,8 g/cm <sup>3</sup> (20 °C)	Sobrenadante na água
Pressão de vapor	10 kPa (25 °C)	Forte tendência a evaporar no ar
Tempo médio de degradação no ar	0,1 a 20 dias	Degrada pela ação do sol
Inflamabilidade	Extrema	Excelente combustão
Limite de odor	4,8 – 15,0 mg/m <sup>3</sup>	No ambiente
Limite de gosto	0,5 – 4,5 mg/L	Na água

A reação de desidrocicização (umas das reações do processo de reforma) acaba gerando benzeno e tolueno a partir do n-hexano e do n-heptano, respectivamente, presentes no petróleo. Essa reação é uma das reações do processo de reforma catalítica (CARVALHO,1997) a seguir a Figura 4 representa a formação de benzeno.



**Figura 4** - Formação do benzeno por reforma catalítica  
Fonte: Carvalho,1997

O processo de reforma catalítica converte uma corrente de alcanos e cicloalcanos em compostos aromáticos (particularmente, em benzeno, tolueno e xileno), num reator catalítico com catalisador de alumina contendo platina e ródio, onde a temperatura é mantida na faixa de 420-500°C.

O processo de hidrodealkoilação consiste, essencialmente, no tratamento de correntes ricas em tolueno e xileno, que passando por leito de catalisadores de óxido de cromo-alumina, a 550-620 °C e sob pressões de 35 a 80 atm, transforma-se em benzeno e metano.

O benzeno é utilizado como matéria prima na obtenção de vários produtos ou intermediários químicos conforme mostra o perfil de produção industrial: etilbenzeno (52 %), cumeno (20 %), ciclohexano (13 %), nitrobenzeno (9 %), alquilbenzeno (3 %), clorobenzeno (1 %), anidrido maleico e outros produtos similares.

O benzeno também é encontrado na formulação de tintas, ceras, lubrificantes, misturas de solventes, agrotóxicos, detergentes, borrachas, graxas, resinas, etc. No setor sucroalcooleiro, o benzeno é utilizado para a produção do álcool anidro. Além disso, pode ser encontrado em alguns petróleos e na própria gasolina automotiva.

Visando atender aos requisitos de desempenho dos motores automotivos, os diversos tipos gasolinas que saem das refinarias são constituídos de misturas, criteriosamente, balanceadas nos diversos tipos de hidrocarbonetos, cujos pontos de ebulição variam de 35 °C a 220°C. Além disso, também são adicionados alguns produtos, como álcool anidro, benzeno e aditivos específicos.

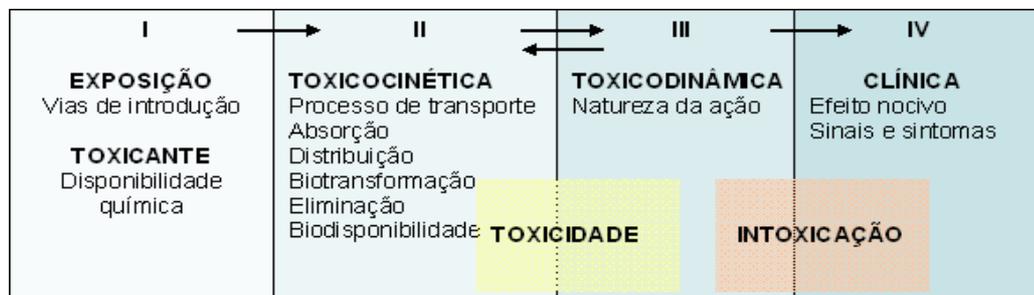
Em relação ao benzeno, objeto deste estudo, sua presença na gasolina pode ser originária da adição voluntária para conferir propriedades específicas de desempenho, bem como, sua presença e percentual pode advir das diversas correntes de hidrocarbonetos aromáticos que alimentam o processo de refino.

### 2.3 EFEITOS NOCIVOS DO BENZENO (BENZENISMO)

Segundo os organismos internacionais, o benzeno é um mielotóxico regular, leucemogênico e cancerígeno (OMS - Organização Mundial da Saúde, 1996; IARC - International Association for research in Câncer, ACGIH - American Conference of Governamental Industrial Hygienists, OSHA - Occupational Health Safety Association,

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health), não possuindo portanto limite seguro de exposição, mesmo em baixas concentrações (Legislação brasileira, TEM - Ministério do Trabalho e Emprego e MS – Ministério da Saúde; legislação da Comunidade Européia; Legislação americana, NIOSH). Acarreta também lesões ao sistema nervoso central, alterações citogenéticas e em outros órgãos e sistemas. Não existem sinais ou sintomas específicos da intoxicação.

Segundo a Associação Paulista de Medicina (2001), a intoxicação pode ser apresentada conforme a Figura 5, como uma seqüência de quatro fases que representam a interação do agente químico com o sistema biológico, desde a exposição ao toxicante até a manifestação clínica de seu efeito nocivo:



**Figura 5** - Interação do agente químico com o sistema biológico  
Fonte: Associação...,2001)

### 2.3.1 Efeito da exposição a curto prazo

O benzeno é um irritante moderado das mucosas, e sua aspiração em altas concentrações pode provocar edema pulmonar e hemorragia nas áreas de contato.

A absorção do benzeno provoca efeitos tóxicos para o sistema nervoso central causando, de acordo com a quantidade absorvida, narcose e excitação seguida de sonolência, vertigem, cefaléia, náuseas, taquicardia, dificuldade respiratória, tremores, convulsões, perda da consciência e morte.

Os efeitos agudos dos solventes aparecem durante a exposição, desaparecendo paulatinamente nas horas subseqüentes à cessação da exposição. De modo geral o principal efeito é a depressão do Sistema Nervoso Central - SCN. Varia conforme a dose, e vai de uma leve diminuição de reflexos e vigília até o coma, podendo chegar à parada cardio-respiratória em doses extremamente elevadas.

Geralmente os expostos têm cefaléia, sonolência e fadiga. Em doses mais altas já podem ter tonturas, náuseas e perda do autocontrole. Pode haver ainda confusão mental, desorientação, diminuição da coordenação motora e queixas de parestesias.

Se submetido a testes psiconeurológicos, os expostos demonstram atraso do tempo de reação, diminuição da memória, dificuldades na coordenação motora e redução na velocidade de percepção.

Não há tratamento específico a este quadro, sendo a retirada do local de exposição à providência essencial.

### **2.3.2 Efeito da exposição a longo prazo**

As vias de absorção são a cutânea e a respiratória sendo a última, a mais importante. O transporte no organismo é feito pelo sangue a todos os tecidos.

Estudos experimentais, clínicos e epidemiológicos da exposição a solventes, revelam o aparecimento de efeitos neurocomportamentais, neuropsicológicos, agudos ou crônicos. Como são geralmente utilizados em mistura, não há muitos estudos que tratam das substâncias puras, tampouco encontramos estudos específicos relatando alterações neurocomportamentais em indivíduos expostos a baixas concentrações de benzeno por um longo período de tempo.

Os efeitos freqüentemente observados em exposições de longo prazo são alterações comportamentais que têm caráter progressivo. No estágio inicial percebe-se um desconforto generalizado acompanhado de sensações de inadequação e resposta emocional exacerbada. Seguem-se sintomas de depressão moderada e irritabilidade, cefaléia e redução da eficiência no trabalho, além de distúrbios do sono. A latência no aparecimento destes sintomas, assim como a reversibilidade do processo variável, depende das condições de exposição e da suscetibilidade individual.

Em geral tecido adiposo e SNC são locais de altas circulações de solventes dados seus altos teores de gordura.

Os efeitos crônicos caracterizam-se por alterações do SNC e poderiam ser evidenciados através de testes psiconeurológicos como diminuição da memória, velocidade de percepção, tempo de reação, entre outros.

### 2.3.2.1 Alterações sangüíneas

#### Leucopenia e neutropenia

O principal agravo à saúde descrito no Brasil, correlacionado à exposição crônica ao benzeno, é a leucopenia com ou sem neutropenia concomitante. Estudos realizados em medula óssea de trabalhadores acometidos evidenciaram a relação entre a neutropenia periférica e a hipogranulocitose e identificaram o tempo médio de 5 anos para a recuperação da normalidade periférica após o afastamento da exposição, não significando estado de cura (Ruiz 1989).

#### Outras alterações sangüíneas

Outros tipos de alterações sangüíneas, sozinhas ou associadas, estão relacionadas com exposição ao benzeno: trombocitopenia (plaquetopenia), eosinofilia, linfocitopenia, leucopenia, neutropenia, leucocitose, macrocitose, pontilhado basófilo, hiposegmentação dos neutrófilos (anomalia de Pelger), presença de macroplaquetas e outras demais doenças.

O aumento do volume corpuscular médio, a eosinofilia e a diminuição dos linfócitos são alterações precoces da intoxicação benzênica.

#### Aplasia de medula (pancitopenia):

O benzeno provoca depressão generalizada na medula óssea que se manifesta pela redução celular de todas as séries: eritrócitos, granulócitos, trombócitos, linfócitos e monócitos.

#### Neoplasias sangüíneas:

Na intoxicação pelo benzeno não há definição estabelecida quanto a dose-dependência para sua ação cancerígena.

As seguintes neoplasias sangüíneas foram correlacionadas à exposição ocupacional ao benzeno: leucemia mielóide aguda (LMA), mielomonocítica (LMMoA), monocítica (LMoA), promielocítica, aguda indiferenciada, linfóide aguda (LLA), mielóide crônica (LMC), linfóide crônica (LLC) e eritroleucemia.

A leucemia mais comum relacionada ao benzeno é a leucemia mielóide aguda.

Ficou também evidenciada a associação da exposição ocupacional à Síndrome Mielodisplásica, à Mielofibrose e aos Linfomas Não-Hodgkins.

### 2.3.2.2 Alterações cromossomiais

Foram observadas alterações cromossomiais numéricas e estruturais em linfócitos e células da medula óssea de trabalhadores expostos ao benzeno.

### 2.3.2.3 Alterações imunológicas

As manifestações imunológicas da toxicidade do benzeno estão relacionadas diretamente às alterações na produção de células de defesa e indiretamente aos efeitos na medula óssea que provocam alterações na imunidade humoral e adquiridas das células.

### 2.3.2.4 Alterações dermatológicas

Podem ocorrer eritema e dermatite irritativa crônica de contato.

### 2.3.2.5 Alterações neuropsicológicas e neurológicas

Através da Norma de Vigilância da Saúde dos trabalhadores (BRASIL,2003), são observadas alterações como: atenção, percepção, memória, habilidade motora, viso-espacial, viso-construtiva, função executiva, raciocínio lógico, linguagem, aprendizagem e humor. Além dessas disfunções cognitivas, surgem outras alterações como: astenia, cefaléia, depressões, insônia, agitação e alterações de comportamento. São também descritos quadros de polineuropatias periféricas e mielites transversas.

No sistema auditivo podem aparecer alterações periféricas como centrais podem ser observadas: perdas auditivas neurosensoriais, zumbidos, vertigens e dificuldades no processamento auditivo.

Foram observadas alterações cromossômicas numéricas e estruturais em linfócitos e

células da medula óssea de trabalhadores expostos ao benzeno. É possível fazer avaliação de danos cromossomiais através de técnicas citogenéticas.

Podem ocorrer alterações dermatológicas tais como eritema e dermatite irritativa de contato por exposições ocupacionais repetidas e prolongadas ao benzeno.

Outras formas de câncer podem ser observadas devido a associação da exposição do benzeno com vazamentos em indústrias que manipulam correntes de naftas ou produtos petroquímicos.

Em 1978, a legislação brasileira, seguindo uma tendência internacional, introduz a Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978, que regulamenta a Lei 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Essa Portaria, na sua Norma Regulamentadora nº 15, anexo 11, relaciona uma lista de aproximadamente 145 substância química cujas concentrações ambientais deverão obedecer a parâmetros quantitativos – os Limites de Tolerância Ambientais, entre os quais encontra-se o benzeno.

A tabela 7 demonstra que para uma concentração individual de exposição de 0,25 mg/m<sup>3</sup>, segundo os índices de exposição atmosférica ao benzeno de 1 ppm, teremos 60 casos de câncer para uma população de 30.000 trabalhadores.

**Tabela 7 – Riscos de contaminações com benzeno**

Indicadores	Exposição atmosférica (ppm)			
	8,0	4,0	2,3	1,0
Concentração individual (em mg/m <sup>3</sup> )	25,6	10,07	8,00	0,25
Casos de Câncer	720*	48**	30**	60***
Risco	$2 \times 10^{-2}$	$8 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	$2 \times 10^{-3}$

\* Considerando 36.000 trabalhadores diretamente expostos.

\*\* Considerando 6.000 trabalhadores siderúrgicos expostos diretamente

\*\*\* Considerando 30.000 trabalhadores de indústrias químicas, petroquímicas e petroleiras.

Fonte: Environmental Protection Agency ( U.S. EPA, 1991)

O adicional de insalubridade passa também a depender de avaliação quantitativa para sua atribuição, permanecendo, no entanto, no Anexo 13, relação de atividades às quais se atribui insalubridade apenas por inspeção qualitativa do ambiente de trabalho. Em termos precisos da legislação, o Limite de Tolerância Ambiental é definido como concentração ou intensidade máxima ou mínima relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral” (FUNDACENTRO, 2001).

O limite de tolerância ambiental definido pela Organização Mundial da Saúde para a exposição industrial aos hidrocarbonetos aromáticos é sumarizado em tabelas referenciais de exposição ambiental e quantidades detectáveis dissolvidas no organismo. Este conjunto de

tabelas serve apenas como referência primária uma vez que o mesmo não considera o efeito associativo de um ou mais solventes no ambiente de trabalho.

## 2.4 INDICADOR BIOLÓGICO DE EXPOSIÇÃO

Segundo Brasil (2003), o indicador biológico de exposição (IBE) é uma substância química, elemento químico, atividade enzimática ou constituintes do organismo cuja concentração (ou atividade) em fluido biológico (sangue, urina, ar exalado) ou em tecidos, possui relação com a exposição ambiental a determinado agente tóxico. A substância ou elemento químico determinado pode ser produto de uma biotransformação ou alteração bioquímica precoce decorrente da introdução deste agente tóxico, no organismo. Para os agentes químicos preconizados na NR7, é definido o índice biológico máximo permitido (IBMP) que é “o valor máximo do indicador biológico para o qual se supõe que a maioria das pessoas ocupacionalmente expostas não corre risco de dano à saúde. A ultrapassagem deste valor significa exposição excessiva”. Este valor (IBMP) deve ter correlação com a concentração do agente químico no ambiente de trabalho, definida como limite de tolerância ou limite de exposição ocupacional.

Segundo Brasil (2001), o Valor de Referência Tecnológico – VRT se refere à concentração de benzeno no ar considerando exequível do ponto de vista técnico, definido em processo de negociação tripartite. O valor de referência tecnológico – VRT deve ser considerado como referência para os programas de melhoria contínua das condições dos ambientes de trabalho. O cumprimento do VRT é obrigatório e não exclui risco à saúde.

### 2.4.1 Indicação do ácido trans,trans-mucônico

A monitorização biológica da exposição ao benzeno pode ser realizada por meio de diferentes indicadores, que vão desde aqueles com meia vida biológica curta como o benzeno

no ar exalado ou seus metabólicos urinários, até os adutores formados a partir de proteínas do sangue e moléculas de DNA que podem persistir por meses no organismo humano.

O desenvolvimento de metodologias analíticas vem oferecendo a possibilidade de avaliar uma série de indicadores biológicos de exposição. Dentre os mais estudados, podemos destacar: os ácidos trans,trans-mucônico e fenil mercaptúrico urinários, e o benzeno inalterado no ar exalado, na urina e no sangue.

A concentração do metabólico urinário corresponde a um valor médio ponderado, em relação ao período da exposição, ao momento da coleta e ao tempo de biotransformação da substância. Sendo a urina um fluido biológico que pode ser coletado através de processo não evasivo.

Entre os indicadores biológicos urinários preconizados para avaliar a exposição ocupacional ao benzeno em baixos níveis de concentração no ar, o AttM-U é o de mais fácil determinação analítica, e por isto foi decidido pela CNP-Bz recomendá-lo como IBE ao benzeno (LATO,2004).

#### **2.4.2 Característica do ácido trans,trans-mucônico**

A primeira etapa no processo de biotransformação do benzeno ocorre com a formação do epóxido de benzeno, por intermédio de uma oxidase microsomal de função mista, mediada pelo citocromo P-450. A partir daí, duas vias metabólicas se apresentam: a hidroxilação do anel aromático ou a sua abertura com a formação do ácido trans,trans-mucônico (AttM) (Barbosa, 1997). Costa (2001), na busca de um indicador efetivo para estudo da exposição ao benzeno a baixas concentrações, em substituição ao fenol presente na urina, envolveu avaliação ambiental (ar exterior e individual, a nível da zona respiratório dos trabalhadores) e biológica (ácido trans, trans-mucônico presente na urina) em 36 frentistas de postos de abastecimento automotivos. Foram encontrados entre os frentistas, 0,31 ppm ( 0,04-0,7) e 0,97 mg/g creatinina(0,2-2,0). A significativa correlação observada,  $r = 0,88$  ( $p < 0,001$ ;  $y = 0,7076x + 0,3134$ ,  $r^2 = 0,78$ ), nos resultados apontaram o ácido trans, trans-mucônico urinário como indicador satisfatório para estimar a exposição ao benzeno, tanto a nível ocupacional, quanto não-ocupacional à Comissão Nacional Permanente do Benzeno.

## 2.5 BENZENO NA GASOLINA E OS SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

Traços de benzeno podem ser encontrados no ar, nos alimentos, na água e no solo. Nas grandes cidades, 82 % desta contribuição é proveniente da gasolina automotiva, 14 % tem como origem as atividades industriais e o restante (4 %) são considerados como atividades diversas. No Canadá, monitoramentos realizados do teor de benzeno na gasolina mostraram uma redução significativa, pois, em 1994 eram da ordem de 1,6% (em massa) e atualmente é de 0,6% (massa). Conseqüentemente esta redução de benzeno na gasolina resultou na redução do teor médio no ar, que passou de  $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Desde 2000, os órgãos ambientais do Japão têm se esforçado na redução da concentração de 1 % (em volume) atualmente existente na gasolina automotiva, visando manter os níveis inferiores a  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  no ar atmosférico. As pesquisas realizadas mostram uma redução de 22 a 25 % de benzeno no ar (KAJIHARA et al, 2003).

Trabalhos de pesquisas relatados por Gioda & Aquino Neto (2003) e Leite et. al. (1998) mostram que os níveis de benzeno em escritórios do Rio de Janeiro foram da ordem de  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , enquanto no ar urbano o valor médio foi de  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Tais trabalhos atestam outras pesquisas quando afirmam que os recintos fechados podem ter elevados níveis de benzeno, maiores do que no ar livre, principalmente, quando são manuseados tintas, colas, ceras e outros produtos similares.

Pesquisas comparativas de residências localizadas em áreas rurais e urbanas, mostraram valores médios, respectivamente, de  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e  $4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A presença de benzeno nas fumaças dos cigarros, conseqüentemente, aumenta estes índices, expondo os fumantes e não fumantes a uma contaminação direta (WALLACE et. al, 1987).

Os vazamentos de tanques de armazenamento subterrâneos e/ou derramamentos de gasolina para o solo e conseqüentemente a contaminação dos aquíferos representada pela Figura 6 (COTTA, 2003), constituem uma grande preocupação ambiental, principalmente, para as fontes de abastecimento de água potável, tem sido um assunto de grande interesse nas últimas décadas.



**Figura 6** - Gráfico modificado de um reservatório aquífero  
 Fonte: Cotta, 2003

Para se ter uma idéia da grandeza do problema, a Agência de Proteção Ambiental Norte Americana (EPA) estima que 30% dos tanques de armazenamento submersos nos Estados Unidos estão com problemas de vazamento. Este aumento repentino no número de vazamento nos tanques de gasolina está relacionado ao final da vida útil dos tanques, que é de aproximadamente 25 anos (CORSEUIL; ÁLVARES, 1996).

No Brasil existem, aproximadamente, 27 mil postos de gasolina, sendo que 2.586 postos estão localizados no Estado do Rio de Janeiro, segundo a Agência Nacional de Petróleo (AGÊNCIA...,2004) .

Como na década de 70 houve um grande aumento do número de postos no país acredita-se que estejam fora da vida útil e por este motivo vem aumentando a ocorrência de vazamento. As preocupações ao potencial de contaminação de água subterrâneas, por derramamento de combustíveis, vêm crescendo em diversas cidades brasileiras. São Paulo e Curitiba possuem legislações sobre o tema e, em Joinville, a Prefeitura realizou um estudo com 65 postos da cidade, e constatou que somente um deles não possuía qualquer tipo de vazamento (CORSEUIL; MARTINS, 1997).

A idade de um tanque não deve ser critério para a substituição. Se o tanque simples estiver assentado em um solo muito corrosivo, por exemplo, 15 anos pode ser muito tempo. Por outro lado, já foi observado tanques de 20 anos sendo substituídos ainda em bom estado (COTTA, 2003).

A Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) ao realizar vistorias no dia 12 de fevereiro de dois mil e quatro, em postos de combustíveis da Lagoa Rodrigo de Freitas, registrada pela Figura 7, objetivando fazer um levantamento dos postos que ainda não

possuíam licenciamento ambiental e das principais irregularidades existentes. Constatou que dos 12 postos fiscalizados apenas cinco solicitaram licenciamento ambiental na FEEMA e todos apresentaram irregularidades como combustível em fase livre, ou seja, solto no lençol freático, problemas de explosividade e falta de manutenção na caixa separadora de óleo e água, o que pode acarretar vazamento na rede de águas pluviais. A concentração de postos na mesma área aumenta o risco de contaminação (FUNDAÇÃO..., 2004 ).



**Figura 7** - Registro fotográfico do posto de gasolina vistoriado pela FEEMA  
Fonte: FEEMA,2004

A Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (SEMADUR) determinou que a Comissão Estadual de Controle Ambiental (CECA) multasse em R\$ 4 milhões a Refinaria de Petróleo de Manguinhos por infringir os artigos 96 (poluir a água ou o solo por vazamento de óleo ou outros hidrocarbonetos) e 81 (deixar de prestar aos órgãos ambientais estaduais informações exigidas pela legislação pertinente), da Lei de Crimes Ambientais (3.467, de 14 de setembro de 2000). “A Refinaria de Manguinhos vem sendo notificada pela Feema desde 2001 em função das irregularidades encontradas (FUNDAÇÃO...,2004)”.

As principais causas de escape ou vazamento de combustíveis estão na falha humana durante a descarga do combustível e defeitos de infra-estrutura no tanque (COTTA,2003).

Grande parte dos constituintes da gasolina são pouco solúveis em água, tal fato indica que parcialmente a gasolina ficará impregnada no solo sob a forma líquida.

Os principais contaminantes das águas subterrâneas são os compostos aromáticos, os hidrocarbonetos oxigenados, os íons metálicos, os microrganismos e os compostos nitrogenados. Os maiores problemas de contaminação são atribuídos aos hidrocarbonetos monoaromáticos se deve ao fato de que são os constituintes mais solúveis em água e mais móveis da fração da gasolina.

Segundo Azevedo (1997), a extrema solubilidade em água destes compostos determina uma disponibilidade maior e imediata para os seres vivos, além de dificultar outros processos de remoção como a volatilização e a associação como o material particulado.

A volatilização é o mecanismo de transporte de um composto da fase líquida para a fase vapor. Este fenômeno é particularmente importante para o estudo do comportamento de compostos orgânicos de baixa solubilidade e alta pressão de vapor. O processo de volatilização age com rapidez, e dependendo de condições locais, pode-se esperar que 24 horas após um derramamento num corpo d'água, a volatilização seja responsável pela remoção quase total dos compostos aromáticos de elevada toxicidade aguda para os organismos aquáticos (p.ex.: benzeno (C<sub>6</sub>), tolueno (C<sub>7</sub>), xileno (C<sub>8</sub>), que estão presentes em grandes quantidade nos derivados de petróleo mais leves como a gasolina, além de provocar uma diminuição acentuada dos compostos saturados mais voláteis (C<sub>12</sub> a C<sub>26</sub>).

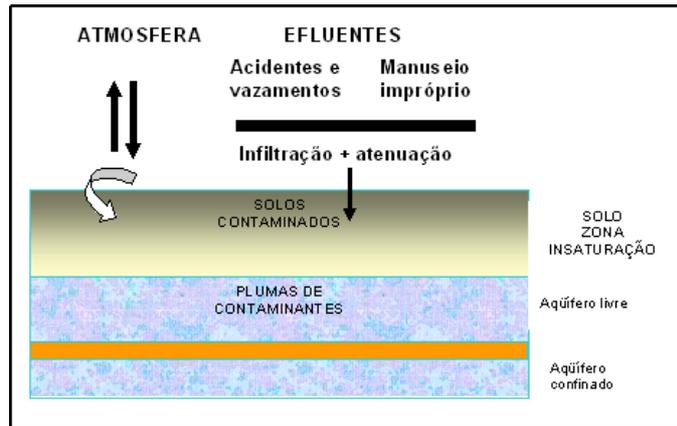
Os valores máximos permitidos para os diferentes hidrocarbonetos monoaromáticos, de acordo com a portaria 518/2004, do Ministério da Saúde (MS,2004) são 5 µg/L para o benzeno, 170 µg/L para o tolueno, 200 µg/L para o etilbenzeno e 300 µg/L para o xileno.

Em relação às contaminações ambientais, pesquisas realizadas e as notícias apresentadas na mídia mostram que análises cromatográficas de amostras retiradas de solos e de aquíferos junto de postos de gasolina têm mostrado elevados teores de benzeno (ODERMATT, 1994; KAMRIN, 2003).

Dependendo da existência de fontes poluidoras e das condições ambientais, as concentrações das substâncias de interesse ambiental nas águas subterrâneas podem ultrapassar os padrões de potabilidade. As principais fontes de poluição são apresentadas na Figura 8, onde os contaminantes, a partir do solo, podem atingir as águas subterrâneas.

Para as águas subterrâneas foi considerado que este recurso hídrico deve ser preservado como uma reserva estratégica de abastecimento para sustentabilidade das gerações futuras em função da escassez de oferta de água superficial, seu atual nível de deterioração e o elevado custo de tratamento para seu fornecimento com qualidade.

Assim, é preciso proteger a qualidade dos solos limpos e efetuar o controle sobre as áreas contaminadas, de maneira a garantir a qualidade das águas subterrâneas.



**Figura 8** - Vias de Transporte e Acumulação de contaminação em solos e águas  
 Fonte: Clearly, 1989

Mesmo estando em concentrações menores na gasolina e em outros produtos acabados do que nas indústrias produtoras e consumidoras citadas acima, o descontrole no uso desses produtos, e principalmente a exposição ao benzeno a partir da gasolina, podem atingir uma grande população de trabalhadores de postos de gasolina, mecânicos, moradores em torno dos postos de gasolina e de vias de tráfego intenso. Também a população em geral se expõe ambientalmente devido à evaporação da gasolina nos postos e nos veículos automotores e às emissões veiculares dos mesmos, portanto com difusão universal.

Nas atmosferas urbanas, em países desenvolvidos e em desenvolvimento, os principais contaminantes são devido a emissões veiculares. Os motores a diesel e a gasolina emitem uma variedade de poluentes, principalmente monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOx), compostos orgânicos voláteis (COVs) e particulados.

Os efeitos dessas emissões podem ser sentidos no local, na região e globalmente. Os problemas locais referem-se à saúde da população que é exposta aos gases poluentes, e variam desde irritação dos olhos, nariz e garganta, tosse, enjôo e dores de cabeça a problemas respiratórios como a asma, com custos diretos e indiretos para a sociedade. Crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias são os mais afetados.

Há dois grupos principais de hidrocarbonetos com interesse ambiental, os COVs e os hidrocarbonetos poliaromáticos (HPAs). Os COVs são lançados à atmosfera através dos gases de exaustão de veículos automotores como produto da queima incompleta e também pela evaporação de solventes e de combustíveis. O benzeno e o 1,3-butadieno são os de maior interesse entre estes compostos por serem cancerígenos.

As principais fontes de benzeno na atmosfera da Europa são distribuição e combustão de gasolina. A combustão por veículos à gasolina é a principal fonte (70% do total das

emissões) enquanto o refino, distribuição e evaporação contribuem com aproximadamente 10% do total das emissões. O benzeno é emitido da exaustão de veículos não somente pela queima incompleta dos combustíveis, mas também pela decomposição de outros compostos aromáticos. Por este motivo vários países já monitoram o benzeno no ar urbano. O Reino Unido por exemplo, adota padrões de qualidade do ar para o benzeno como parte de uma estratégia nacional definida pelo governo em janeiro de 2000.

No Brasil, os esforços para controlar a qualidade do ar começaram em 1976, quando foram estabelecidos padrões nacionais e federais para o monóxido de carbono, o dióxido de enxofre, as partículas em suspensão e os oxidantes fotoquímicos. Entretanto, apenas em 1986 foram promulgadas leis, através da CETESB e do IBAMA, visando o controle da qualidade do ar, sendo criado pelo Governo Federal em 1986 o programa (PROCONVE- Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores) que estabelecia limites de emissões para o monóxido de carbono, os hidrocarbonetos e os óxidos de nitrogênio através de várias etapas para que as montadoras lançassem no mercado modelos cada vez menos poluidores; já em 1997, os automóveis nacionais alcançavam os baixos índices de emissão dos países de alta tecnologia (FUNDAÇÃO..., 2004).

Os limites máximos de emissão desses poluentes descritos na Tabela 8, para motores e veículos novos, é estabelecido pelo PROCONVE, que também regulamenta o licenciamento para fabricação do veículo ou motor e para a verificação da conformidade da produção. O órgão possui como base a experiência internacional de países desenvolvidos que exigem que veículos e motores atendam a limites máximos de emissão em ensaios padronizados e com combustíveis de referência. O teste é feito na ocasião da vistoria anual do veículo, em 17 postos de vistoria do Detran na Cidade do Rio de Janeiro e em 12 cidades do interior do Estado, por equipamentos ligados a um computador que mede, automaticamente, os níveis de hidrocarbonetos (HC), monóxido de carbono (CO) e sua diluição (CO+CO<sub>2</sub>), permitindo obter resultados imediatos e exatos. O monóxido de carbono e hidrocarbonetos é avaliado em marcha lenta e 2500 rotações por minuto.

Os fabricantes vêm cumprindo satisfatoriamente as exigências legais, o que permitiu a redução média da ordem de 80% na emissão de poluentes nos veículos.

Na sessão do Conselho- Mercado Interno -Bruxelas, 7 de Dezembro de 1999 O Governo dos Estados-Membros e a Comissão Europeia aprovaram a única alteração votada pelo Parlamento Europeu à posição comum do Conselho em segunda leitura, a diretiva relativa aos valores-limite para o benzeno e o monóxido de carbono no ar ambiente será considerada aprovada sob forma de posição comum alterada, na seqüência do pedido do

Parlamento Europeu de se ter também em conta, no 11º considerando, a poluição da atmosfera em espaços confinados, quando da atualização da diretiva em 2004.

**Tabela 8** - Limites de emissão de poluentes para veículos leves

ANO/MODELO	Monóxido de Carbono (CO) em marcha lenta e 2500 rpm	Hidrocarbonetos(HC)	
	LIMITES (%vol.)	Gasolina	Álcool
Até 1979	>7,0 (*) 6,0		
1980 - 1988	6,5 (*) 5,0		
1989	6,0 (*) 4,0	700 ppm	1100ppm
1990 - 1991	6,0 (*) 3,5		
1992 - 1996	5,0 (*) 3,0		
A partir de 1997	1,5 (*) 1,0		

Observações: (\*) limites de CO opcionais, válidos somente para o estágio inicial do Programa de I/M(Inspeção/Manutenção).

Fonte: Fundação..., 2004

A diretiva fixa pela primeira vez normas da qualidade do ar ao nível da União Européia, no que se refere à presença de benzeno e de monóxido de carbono no ar ambiente. A diretiva estabelece um valor-limite de 5 g/m<sup>3</sup> para o benzeno em 1 Janeiro de 2010, e um valor-limite de 10 mg/m<sup>3</sup> para o monóxido de carbono em 1 de Janeiro de 2005. Para se conseguirem esses objetivos, as emissões de benzeno deverão ser reduzidas em 70% e os níveis máximos de CO deverão baixar para um terço (RELEASES, 2000).

A seguir, será descrito, através da Tabela 9, os hidrocarbonetos tipicamente encontrados nos gases de exaustão de automóveis (TAYLOR,1984).

**Tabela 9** - Hidrocarbonetos típicos dos gases de exaustão de automóveis

Hidrocarbonetos não reativos (em relação aos outros componentes) (%)	Hidrocarbonetos reativos(em relação aos outros componentes) (%)	Classes de hidrocarbonetos (%)
Acetileno 0,3	Etileno 7,8	Parafinas totais 74,3
Metano 28,0	Tolueno 7,7	Olefinas totais 9,9
Benzeno 1,6	Xilenos 2,0	Acetileno 0,3
Etano 4,5	Propileno 1,5	Compostos aromáticos 15,5
- -	n-Butano 7,2	- -
- -	i-Pentano 5,9	- -
- -	Butenos 0,4	- -
- -	Metilpentanos 1,5	- -
- -	n-Pentano 0,8	- -
- -	Etilbenzeno 0,6	- -
- -	i-Butano 0,3	- -
- -	Outros 14,0	- -
Total 34,7	Total 34,7	- -

Fonte: Taylor,1984.

## 2.6 CONTROLE DA QUALIDADE DO AR

Os catalisadores automotivos têm se apresentado como a melhor alternativa e, ao longo do tempo, têm respondido aos constantes desafios impostos por legislações cada vez mais restritivas. A Tabela 10 ilustra o papel dos catalisadores na redução dos poluentes antes e depois da implementação de alguns programas de Inspeção/Medição, assim como a redução percentual obtida para cada tipo de poluente (MINISTÉRIO...,1999).

**Tabela 10** - Emissão de poluentes com catalisadores automotivos

	Emissões antes do programa de I/M (Testes Avançados) (g/milha)	Emissões depois da implementação do Programa avançado de I/M (g/milha)	Redução das emissões de poluentes (%)
<b>Estimativa EPA</b>			
HC total *	1,96	1,27	35
HC exaustão	0,88	0,59	33
CO	10,9	6,67	39
NO <sub>x</sub>	0,89	0,83	7
<b>Programa I/M Arizona</b>			
HC **	0,81	0,70	13
CO	12,2	10,6	13
NO <sub>x</sub>	1,5	1,38	8

\* o total de HC contabiliza as emissões evaporativas, além das emissões de escapamento.

\*\* não considera as emissões evaporativas.

**Fonte:** Harrington, McConnell, Ando (2000).

Para os cientistas e engenheiros atuantes na área de catalisadores automotivos, o desafio atual é produzir catalisadores que possam ser utilizados, sem nenhuma restrição para o meio ambiente, e produzir conversores que possam proteger adequadamente os catalisadores. Isto garantirá que os catalisadores continuem a representar uma solução ao longo prazo no controle das emissões fugitivas automotivas.

## 2.7 FONTES DE CONTAMINAÇÃO NOS POSTOS DE GASOLINA

Algumas operações nos postos de gasolina requerem cuidados, pois coloca em riscos o meio ambiente e expõe os trabalhadores e vizinhanças. A Figura 9 ilustra as principais

fontes de contaminação.

### **2.7.1 Manuseio impróprio de combustível: derrame (vazamento "às gotas") durante o abastecimento de automóvel.**

Segundo Cortez (2004), o manuseio impróprio de um frentista durante a jornada de trabalho em que abastece 150 veículos por dia corresponde a um desperdício de 100 a 150 mL do combustível que deveria estar no tanque do carro ou na bomba de gasolina, mas acaba contaminando o solo.

### **2.7.2 Defeitos Técnicos**

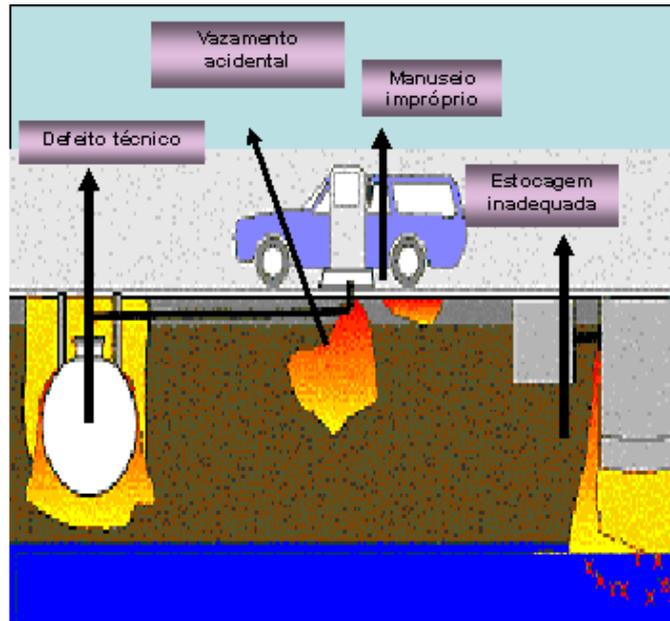
Podem ocorrer nos tanques subterrâneos de estocagem e bombas, separador de placas coalescentes e encanamento de esgoto (encanamento: defeitos em empanques) Infiltração de combustível no subsolo ou no sistema de drenagem da água pluvial.

### **2.7.3 Vazamentos acidentais**

Podem ocorrer durante abastecimento dos tanques subterrâneos de estocagem (superabastecimento) ou durante o abastecimento de automóvel, Infiltração de resíduos do posto no subsolo.

### **2.7.4 Estocagem inadequada**

São oriundos de estocagem inadequada ou pelo manuseio impróprio de resíduos do posto (p.ex. na área de troca de óleo, lavagem de automóvel).



**Figura 9** - Fontes de contaminação em posto de gasolina  
 Fonte: Modificado do Nickol, 2004.

### 2.7.5 Corrosão dos tanques subterrâneos

Segundo Sandres (2004), a corrosão em tanques enterrados para o armazenamento de combustíveis: gasolina, álcool e óleo diesel, em postos de gasolina se dá em presença de água doce ou salgada, dependendo da localização dos postos de gasolina, podem estar expostas à corrosão eletroquímica ou eletrolítica.

## 2.8 TECNOLOGIAS APLICADAS À REMOÇÃO DO BENZENO

Vários processos físico-químicos e biológicos tem sido utilizados para remover hidrocarbonetos de petróleo puros e dissolvidos na água subterrânea. Processos como extração de vapores do solo (EVS), recuperação de produto livre, bioventilação, extração com solventes, incineração, torres de aeração, adsorção em carvão ativado, biorreatores, biorremediação no local, entre outros, tem sido usados para remover contaminantes orgânicos de águas subterrâneas e sistemas de solo subsuperficial. Estes processos podem ser implementados para controlar o movimento de plumas (contaminantes), tratar águas

subterrâneas, e/ou descontaminar solos (CORSEUIL & WEBER,1994). No entanto, longos períodos de tempo e altos custos estão normalmente associados com a grande maioria dos processos utilizados para remediação de áreas.

A gasolina comercializada no Brasil é bastante diferenciada de outros países, pois, atualmente, é misturada com 22 % de álcool (etanol), que pode causar um comportamento completamente diferente no deslocamento da pluma. As dificuldades tecnológicas e econômicas associadas a remediação de solos e aquíferos e a falta de critérios de qualidade ambiental que levem em consideração fatores específicos do local contaminado, têm dificultado tanto as ações dos órgãos de controle ambiental como a das partes responsáveis pela contaminação. Daí a importância do uso de uma ferramenta que auxilie na simulação e visualização do problema de contaminação de solos (SINMEC,2004). A utilização dos mesmos critérios utilizados para padrões de potabilidade de água não é adequada, uma vez que grandes gastos podem ser feitos em locais de poucos riscos ao meio ambiente. Em função da necessidade da implantação de regras específicas para solos, países como os Estados Unidos e a Holanda desenvolveram metodologias de avaliação de áreas degradadas que levam em consideração análises de risco como ferramenta de tomada de decisão. Deste modo, os padrões são estabelecidos considerando as condições e os riscos do local contaminando.

Contaminadas. Por outro lado, a biorremediação no local, processo economicamente mais viável, é muitas vezes limitada por dificuldades no transporte de nutrientes ou receptores de elétrons e no controle das condições para aclimatação e degradação dos contaminantes nos sistemas subsuperficiais (WEBER & CORSEUIL, 1994; CORSEUIL & ALVAREZ, 1996). Mesmo que todos os problemas operacionais dos processos de remediação sejam resolvidos, vários anos são necessários para que os padrões de qualidade de água sejam atingidos.

### **2.8.1 Mudanças tecnológicas preventivas**

A nova tecnologia para postos envolve a substituição dos tanques antigos sem aço-carbono por modelos modernos, fabricados com duplo revestimento e sistemas eletrônicos de monitoração de possíveis vazamentos.

## 2.8.2 Tecnologia ecológica para eliminação de benzeno no ar

Pesquisa realizada pelo Instituto Botânico da Universidade de Colônia (Alemanha) apresentou dados mostrando que plantas, em cultivos hidropônicos como o Ficus Benjamina e Pothos executaram de modo muito eficiente, a remoção (por absorção) de poluentes do ar, como o aldeído fórmico, Benzeno e a Nicotina. É de se destacar que as plantas não só absorveram, mas, transformaram cerca de 90% dessas substâncias tóxicas em açúcares, tecidos novos e oxigênio. Os pesquisadores concluíram ainda que a ação conjunta Ficus x Pothos pode efetivamente neutralizar a ação dos citados poluentes presentes no ar. Os estudos apontaram para um meio simples de proteger as saúdes humanas, assegurando melhores condições de vida, trabalho e lazer para todos (CREA, 2000).

## 2.9 LEGISLAÇÃO

Para a consolidação das avaliações críticas dos impactos no ambiente, saúde e segurança são necessário o levantamento e análise dos requisitos legais regulamentares e outros requisitos subscritos pelos postos de gasolina ou atendimento aos aspectos de sua atividades, produtos e serviços.

A legislação ambiental brasileira é uma matriz de instrumento repressivos/corretivos, preventivos e de promoção, incentivo e fomento que refletem o estágio em que se encontram as organizações responsáveis pelo desenvolvimento das atividades que provocam impactos ambientais (MALHEIROS, 2004).

A segurança ambiental do Planeta é hoje fundamental para garantir a sobrevivência da espécie humana e, portanto, a sobrevivência da sociedade, e sua segurança. Sendo assim a análise da sustentabilidade do produto deve avaliar o seu processo de produção, a sua utilização, o descarte dos rejeitos finais após o uso, a sua acessibilidade a todos os cidadãos do planeta, e reciclagem, o seu conteúdo energético e durabilidade (ASSIS,2001).

A Constituição Federal ao estabelecer o dever de defender o meio ambiente impôs este ao Poder Público e à coletividade. O Relatório do Brasil para a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento menciona como importante estratégia para o desenvolvimento sustentável a participação social no controle e na Gestão ambiental. Essa

participação é não só das organizações não governamentais como da sociedade em geral, inclusive o setor produtivo (MALHEIROS, 2004). No entanto, a classe trabalhadora brasileira ainda luta pelo adicional de insalubridade para compensar o envenenamento diário e o envelhecimento precoce.

### 2.9.1 Aplicações das leis

A Organização..., 1977, dentre os objetivos precípuos demonstra preocupação com a elevação dos níveis de qualidade de vida e a proteção da saúde dos trabalhadores em todas as suas ocupações. Sabe-se que as convenções da OIT têm status de leis internacionais, mas só obrigam os Estados-membros a se sujeitarem a respectivo normatização após a competente ratificação, sendo que, no caso do Brasil, essa competência é exclusiva do Congresso Nacional. Sendo esta, ratificada pelo Brasil, passa a Convenção a ter força normativa, integrando, portanto, o direito positivo do Estado-membro.

A Convenção n.º 148 da OIT, sobre a proteção dos trabalhadores contra os riscos devidos à contaminação do ar, ao ruído e às vibrações no local de trabalho (Em vigor no Brasil desde 14.01.83 - Decreto de promulgação n.º 93.413/86); Convenção n.º 152, 155, 159; as Convenções n.º 167, 170, 171, 174, 176, tratam, também, sobre o meio ambiente do trabalho, mas que ainda não foram ratificadas pelo Brasil. Dentre as mencionadas, convém destaque a Convenção de n.º 155, em seu art. 5º, que, com detalhes, apresenta os elementos que podem figurar como prejudiciais à saúde do trabalhador e ao meio ambiente do trabalho. Portanto, é obrigação, e dever, dos trabalhadores cooperar no cumprimento das normas de segurança e saúde estabelecidas pelos empregadores, devendo comunicar ao superior hierárquico qualquer situação que envolva um perigo iminente e grave (ORGANIZAÇÃO...,1977).

Em matéria ambiental existe uma multiplicidade de normas jurídicas, umas recentes e outras existentes há décadas. Esta legislação visa a disciplinar o uso de bens ambientais e também as atividades que podem interferir com estes. Para o desenvolvimento deste trabalho podemos citar algumas que se enquadram diretamente com o tema em estudo, ou seja:

a) **Lei 6938/81** dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.

b) **Lei 7.347/85** trata da ação civil pública por danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estéticos, históricos, turísticos e paisagísticos.

c) **Lei 9.433/97** institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

d) **Resolução CONAMA n.º 06/88** dispõe sobre a geração de resíduos nas atividades industriais.

e) **Decreto-lei 1.413**, de 14/8/75, dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais.

f) **Resolução 237/2000**, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) determinou a obrigatoriedade do licenciamento ambiental de postos de gasolina, sistemas retalhistas de combustíveis, postos de abastecimentos próprios e postos flutuantes, sendo extensiva a todos os empreendimentos, novos ou já existentes, assim como nos casos de reforma e ampliação das instalações, considerando sua estrutura e o ambiente em que se inserem (raio de 100m), em um prazo máximo de dois anos.

g) **Decreto Estadual 1633**, de 21/12/77, que institui o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras.

h) **Decreto-lei 134/75** que dispõe sobre a prevenção e o conjunto da poluição no Estado do Rio de Janeiro.

i) **Lei 9.605/98** que é a Lei de Crimes Ambientais.

j) **Decreto 3.179** que Regulamenta a Lei de Crimes Ambientais.

l) **A Lei Nº 2.702**, de 25 de março de 1997 em seu Art. 7º, Define que as empresas e instituições responsáveis pelas atividades efetiva ou potencialmente causadoras de poluição ambiental ocupacional deverão assegurar o atendimento dos padrões e de outros requerimentos estabelecidos com base no disposto desta Lei. E através do Parágrafo Único esclarece que o pagamento de adicionais de insalubridade e periculosidade não será considerado forma substitutiva da adoção dos padrões. Segundo o Art. 8º, O descumprimento desta Lei constituirá infração administrativa e será apurado, pelos órgãos competentes através de processo administrativo, com direito o defeso e devido procedimento legal.

m) **A lei n.º 4.771**, de 29 de junho de 1965, regula a Ação Popular caracterizando-a como um instrumento constitucional que está à disposição de qualquer cidadão que deseja obter a invalidação de atos ou contratos administrativos legais, que causam prejuízos aos patrimônios federal, estadual e municipal ou as suas autarquias, entidades paraestatais e pessoas jurídicas que recebem dinheiro público.

Uma Ação Popular contra qualquer dano causado ao meio ambiente poderá ser impetrada por qualquer pessoa sem a necessidade de haver um órgão público ou uma

associação que sirva de intermediário no processo. Contudo, faz-se necessário que o autor da Ação cumpra alguns requisitos, tais como:

a) Ser cidadão brasileiro e que esteja em pleno gozo dos seus direitos políticos que lhe dão o direito de atuar como eleitor.

b) O fato de o ato administrativo ser ilegal ou ilegítimo.

c) Tem que estar relacionado com a lesividade ao patrimônio público.

Há situações urgentes que demandam uma medida rápida e eficaz, de forma que o ordenamento jurídico atribui ao magistrado a possibilidade de atribuí-las, quando necessário, para preservar o direito ameaçado de violação. Portanto, é possível verificar que, para que não haja ineficácia da decisão a ser proferida na ação principal, a tutela cautelar é o meio idôneo para garantir o direito ameaçado. (GUERRA, 1999).

n) A **Lei n.º. 7.347**, de 24 de julho de 1983, dispõe sobre a ação civil pública de responsabilidade, sem causar prejuízo da ação popular, por danos causados ao meio ambiente. As ações previstas nesta lei serão propostas no foro do local onde ocorrer o dano, cujo juízo terá competência funcional para processar e julgar a causa. Poderá ter por objeto a condenação em dinheiro ou cumprimento de obrigação de fazer ou não fazer.

o) A **Lei n.º. 2.029**, de 20 de agosto de 1992, estabelece a obrigatoriedade da aferição anual dos níveis de emissão de poluentes pelos veículos automotores, visando ao atendimento aos padrões estabelecidos e a melhoria da qualidade do ar para garantir a saúde da população exposta níveis (LEI,1992).

### **2.9.2 Comissão Nacional Permanente do Benzeno**

A Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho, do Ministério do Trabalho (MTb) instalou o grupo técnico tripartite sobre o benzeno, com o objetivo de propor ao MTb um novo instrumento legal para a prevenção da exposição ocupacional a este agente.

Deste grupo, fazem parte o Governo (MTb, Saúde e Previdência Social) e representantes de empregadores e de trabalhadores.

Como produto das negociações elaborou-se a Portaria nº 14 de 20/09/1995 que regulamenta:

- as ações, atribuições e procedimentos de prevenção da exposição ocupacional a benzeno; as Instruções Normativas 01 e 02 de 20/12/1995 que definem respectivamente critérios para

avaliação das concentrações de benzeno em ambientes de trabalho e de Vigilância em Saúde dos Trabalhadores na prevenção da exposição ocupacional ao benzeno;

- acordo coletivo que prevê as competências dos órgãos de Estado, empresas e trabalhadores;
- criação da Comissão Nacional Permanente do Benzeno (CNP-benzeno);
- a participação dos trabalhadores através do Grupo de Representação dos Trabalhadores do Benzeno (GTB);
- estabelecimento de prazos de adequação das empresas ao VRT-MPT;
- criação do Certificado de utilização Controlada do Benzeno e o estabelecimento de penalidades às empresas infratoras, além daquelas penalidades previstas pelos órgãos de fiscalização;

O grupo tripartite, em 1995, resolveu fazer um Acordo Nacional do Benzeno considerando:

- a necessidade de evitar a incidência de casos de benzenismo no Brasil
- Em seu acordo e legislação do benzeno, através do capítulo II, do campo de aplicação define a não aplicabilidade em atividades de armazenamento, transporte, distribuição, venda e uso de combustíveis derivados de petróleo.
- **Decreto nº 157** de 02/07/1991 determina que seja executadas e cumpridas as Convenções nº 139 e a Recomendação nº 147 da Organização Internacional do Trabalho (OIT,1977), sobre a prevenção e o controle do risco profissional causados pelas substâncias ou agentes cancerígenos.
- **Decreto nº 1.253** de 27/09/1994 que aprova o texto da Convenção nº 136 e Recomendação nº 144 da Organização Internacional do Trabalho, sobre a proteção contra os riscos de intoxicação provocados pelo benzeno (OIT,1977).
- **Portaria SSST nº 14** de 20 de dezembro de 1995, institui o grupo de trabalho tripartite para a elaboração de proposta de regulamentação sobre o benzeno.

No acordo, estão estabelecidas as competências de cada setor envolvido, ficando a cargo do MTb o dever de coordenar a CNP-benzeno e submeter os assuntos relevantes, de âmbito nacional pertinentes à exposição ocupacional ao benzeno, à sua apreciação. (Fudacentro,2001)

Esta CNP funciona como um fórum tripartite de discussão, negociação e acompanhamento do acordo. Tendo como uma de suas atribuições acompanhar a implantação e o desenvolvimento do presente acordo e auxiliar os órgãos públicos nas ações que visam o

cumprimento dos dispositivos legais que o acompanham, a CNP encarregou-se de divulgar seu trabalho principalmente nos estados da Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo.

- **PORTARIA INTERMINISTERIAL Nº 775**, de 28 de abril de 2004 (D.O.U.,2004).

Os Ministros de Estado do Trabalho e Emprego e da Saúde, no uso das atribuições que lhes confere o art. 87 da Constituição, consideram que o benzeno é um produto cancerígeno, para o qual não existe limite seguro de exposição;

Considerando que existe possibilidade técnica de diminuir o teor de benzeno em produtos acabados;

Considerando os estudos, pesquisas e eventos científicos desenvolvidos pela Comissão Nacional Permanente do Benzeno - CNPBz, para propor a redução da concentração de benzeno em produtos acabados, atendendo aos itens 8.1.4 e 8.1.5 do Acordo do Benzeno; e

Considerando, ainda, o contido na ata da Reunião Plenária da CNPBz, realizada nos dias 22 e 23 de agosto de 2002, resolvem:

Art. 1º Proibir, em todo o Território Nacional, a comercialização de produtos acabados que contenham “benzeno” em sua composição, admitida, porém, a presença desta substância, como agente contaminante, em percentual não superior a: a) 1% (um por cento), em volume, até 30 de junho de 2004;

b) 0,8% (zero vírgula oito por cento), em volume, a partir de 1º de julho de 2004;

c) 0,4% (zero vírgula quatro por cento), em volume, a partir de 1º de dezembro de 2005;

d) 0,1% (zero vírgula um por cento), em volume, a partir de 1º de dezembro de 2007.

§ 1º Aos combustíveis derivados de petróleo é admitido um percentual não superior a 1% (um por cento), em volume.

§ 2º Os produtos sob o regulamento sanitário conforme a Lei nº 6.360, de 23 de setembro de 1976, seguirão a Resolução - RDC nº 252, de 16 de setembro de 2003 e suas atualizações.

Art. 2º Estabelecer a obrigatoriedade de que o rótulo de qualquer produto acabado que contenha mais de 0,01% (zero vírgula zero um por cento), em volume, de benzeno, deve indicar a presença e a concentração máxima deste aromático.

Art. 3º Fixar o prazo de 180 dias, após a publicação deste ato, para que os fabricantes e distribuidores dos produtos acabados se adequem ao disposto no artigo 2º desta portaria.

Segundo Abradi (2004) a União, estados e municípios precisam definir atuação na área ambiental. Os Representantes do Ministério do Meio Ambiente, do governo estadual e de municípios paulistas reunidos na Fundacentro, em São Paulo, salientaram a necessidade de melhorar a definição do papel de cada esfera de governo no gerenciamento e licenciamento ambiental. O Artigo 23 da Constituição de 1988, afirma que União, estados e municípios

compartilham obrigações quanto à proteção ambiental no país. Até hoje, no entanto, a competência de cada um não foi claramente definida com uma lei complementar e conseqüentemente traz problemas ao bom gerenciamento das questões ambientais para o licenciamento, além de dificultar a efetivação do Sistema Nacional de Meio Ambiente.

## 2.10 GESTÃO AMBIENTAL EM POSTOS DE GASOLINA

As exigências crescentes da sociedade, refletidas nos padrões ambientais, cada vez mais restritos, demonstram claramente esta tendência. Investimentos também crescentes no controle da poluição e recuperação de áreas degradadas poderá por em risco a viabilidade de um negócio. A preocupação com o meio ambiente não é moda ou oportunismo; é uma questão de sobrevivência para as companhias.

A Resolução Conama 273, aprovada recentemente, obriga postos de gasolina de todo o país a seguir normas ambientais que deverão informar, entre outras coisas, o tipo de tanque, a fonte de água utilizada, como fazem o descarte de resíduos para atender uma reivindicação antiga dos órgãos estaduais e de entidades ambientalistas, já que é uma atividade com grande potencial poluidor, mas sem regulamentação específica.

A maior preocupação em relação ao setor é com os vazamentos de combustíveis para lençóis freáticos e redes de esgoto e deixando de mencionar as emissões atmosféricas fugitivas.

O grande desafio é eliminar a poluição e, ao mesmo tempo, reduzir os custos. Investimentos crescentes no controle de emissões e na reparação de danos ambientais devem ser substituídos por mudanças de processos, em que a criatividade seja a principal ferramenta. As soluções simples e inovadoras constituem o caminho mais curto para se alcançar esse objetivo.

O reconhecimento desta situação irá levar os postos de gasolina a definir sua Política Ambiental. Partindo do princípio da crescente demanda de consumo, em função principalmente da necessidade de melhoria da qualidade de vida da população e de seus empregados.

A gestão ambiental empresarial está essencialmente voltada para organizações, ou seja, companhias, corporações, firmas, empresas ou instituições e pode ser definida como sendo um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que

levam em conta a saúde e a segurança das pessoas e a proteção do meio ambiente através da eliminação ou minimização de impactos e danos ambientais decorrentes do planejamento, implantação, operação, ampliação, realocação ou desativação de empreendimentos ou atividades, incluindo-se todas as fases do ciclo de vida de um produto (AMBIENTE BRASIL,2004).

Segundo Döbereiner (2004), o primeiro passo para implementar o Sistema de Gestão é a definição de uma Política Ambiental clara, que, assinada pelo presidente da companhia, e divulgada em toda a organização, incluindo companhias associadas e contratadas que o Meio Ambiente é parte fundamental do negócio e deve ter a mesma importância que os demais objetivos comerciais. O comprometimento do corpo gerencial tem que ser visível e a responsabilidade pelas questões ambientais são de todos os funcionários.

Um empecilho a ser enfrentado pelo Governo Brasileiro é a falta de recursos próprios para que municípios se estruturarem, com recursos humanos e materiais, no gerenciamento ambiental, já que a maioria possui pouca capacidade de investimento (ABRABI, 2004).

### **3 AVALIAÇÃO DOS TEORES DE BENZENO NA GASOLINA**

Com o objetivo de avaliar a contaminação humana e do meio ambiente por benzeno contidos na gasolina, foi elaborado um estudo que incluiu o monitoramento de gasolina comercializada em quarenta postos revendedores distribuídos em oito regiões no Estado do Rio de Janeiro. Para não identificar os postos de gasolina e respectivas companhias foi feita a distribuição aleatória a fim de se obter a maior abrangência. Existem inscritos no Estado cerca de 2.586 postos revendedores, sendo 1.027 no município do Rio de Janeiro (AGÊNCIA...,2004).

#### **3.1 COLETA DA AMOSTRA**

Foi coletada uma amostra de 50 mL de gasolina de cada posto revendedor. As amostras foram preservadas sob refrigeração para manter a integridade dos componentes.

##### **3.1.1 Cuidados com a coleta e armazenamento das amostras**

a) Tempo de Amostragem

As amostras de gasolina foram coletadas no final das entrevistas.

b) Contaminação

A contaminação das amostras é rara uma vez que o foi utilizado materiais frascos lacrados e inertes para a coleta.

c) Plano de Amostragem.

As amostras foram coletadas em recipientes de vidro escuro com tampa. Aproximadamente 25mL de gasolina foram suficientes para uma análise em duplicata.

d) Preservação, estocagem, estabilidade

A gasolina foi coletada em recipientes sem o auxílio de conservantes. Embora a amostra deva ser estocada em frasco escuro e a  $-13^{\circ}\text{C}$ , pode ser guardada por até sessenta dias sem perda das propriedades.

### 3.2 CARACTERÍSTICA DO GRUPO DE ESTUDO

O objetivo principal deste estudo foi implementar a metodologia analítica e determinar o teor de benzeno presente na gasolina comum (gasolina C), buscando correlacionar os valores encontrados em amostras com alguns fatores já estabelecidos a priori. A literatura mostra que os teores de benzeno na gasolina proveniente da Refinaria de Duque de Caxias (REDUC), no Rio de Janeiro, possuem valores de benzeno de 0,4 % (v/v) até 0,8% (v/v). Entretanto, esses valores não garantem segurança para exposição em seres humanos. Por outro lado, sabe-se pelos órgãos técnicos que as gasolinas especiais e aditivadas podem possuir teores de benzeno até 4% (v/v). Além disso, a mídia tem alertado que é comum a adulteração em postos de gasolina por solventes aromáticos, que possuem em sua composição o benzeno.

### 3.3 SELEÇÃO DAS ÁREAS PARA AMOSTRAGEM DE GASOLINA

As concentrações de benzeno, tolueno e xileno em gasolina, as quais serão utilizadas para obtenção dos valores de referência, foram obtidas pela análise de gasolina em diferentes regiões. Assim, foram selecionadas diversas áreas, para minimizar a possibilidade de escolha de uma gasolina que tenha sofrido degradação no mínimo de 30 dias conforme recomendação de comercialização do mercado local.

Para identificação e seleção das áreas de coleta, utilizou informações fornecidas pela ANP com os registros e endereços dos postos revendedores que foram apresentados em função das regiões conforme a Figura 10.

Foram selecionadas as regiões distribuídas por todo o Estado do Rio de Janeiro, para garantir a maior amplitude possível de variação das concentrações de benzeno, tolueno e xileno na gasolina. As áreas designadas para estudo foram as seguintes:

**I - REGIÃO METROPOLITANA** (Niterói, São Gonçalo, São João de Meriti, Belford Roxo, Nilópolis, Ilha do Governador, Mage, Duque de Caxias, N. Iguaçu, Japeri, Queimados e Pavuna)

**II - REGIÃO NOROESTE FLUMINENSE** (Italva, Miracema, Itaperuna e Bom Jesus de Itabopoana)

**III - REGIÃO NORTE FLUMINENSE** ( Macaé, Quissamã, São João da Barra, Barra de São João e Campos,)

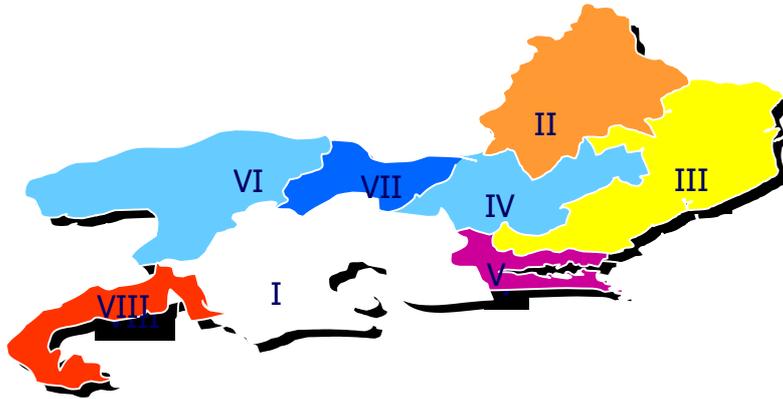
**IV - REGIÃO SERRANA** ( Petrópolis, Teresópolis, Nova Friburgo,Parada Modelo e Cachoeira de Macacu )

**V - REGIÃO DAS BAIXADAS LITORÂNEAS** (Rio Bonito, Silva Jardim, Rio das Ostras e Cassimiro de Abreu)

**VI - REGIÃO DO MÉDIO PARAÍBA** ( Volta Redonda, Barra Mansa e Pirai)

**VII - REGIÃO CENTRO-SUL FLUMINENSE** (Miguel Pereira, Paty de Alferes, Paraíba do Sul e Três Rios)

**VIII- REGIÃO DA BAIJA DA ILHA GRANDE** (Angra dos Reis, Paraty, Mangaratiba e Itaguaí)



**Figura 10**– Regiões onde foram coletadas amostras de gasolina.

### 3.4 MÉTODOLOGIA

Os valores de referência foram obtidos a partir de análises estatísticas descritiva e multivariadas dos dados analíticos de Benzeno e outros parâmetros determinados tais como tolueno e xileno.

### 3.4.1 Equipamentos

- Espectrofotômetro de luz infravermelha portátil (Petrospec, GS 1000).
- Computador com a configuração Pentium XP, 16Mb Ram Windows 95.

### 3.4.2 Seleção dos parâmetros

O benzeno, assim como tolueno e xileno foram selecionados por serem aqueles que apresentam riscos à saúde humana e os mais comumente encontrados em casos de contaminação de solo e água nas regiões próximas aos postos de gasolina.

## 3.5 CONDIÇÕES ANALÍTICAS DESCRITAS

- Volume de injeção: 10mL
- Fluxo: 2,5 mL/min

## 3.6 DETERMINAÇÃO DE BENZENO, TOLUENO E XILENO

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Controle de Qualidade da Transpetro S.A que fica localizado em D. Caxias município do Estado do Rio de Janeiro.

Este método teve como base na detecção por espectroscopia pelo infravermelho, utilizando-se a técnica de extração em fase líquida e sua determinação por alta resolução. O método é altamente preciso em que utilizou a luz para sondar as amostra de combustíveis para determinar suas composições e predizer propriedades como o teor de benzeno ( ASTM D 6277 ).

Após o descongelamento, as amostras de gasolina foram lentamente homogeneizadas. Ao atingirem a temperatura ambiente, uma alíquota de 10mL foi transferida para o "frasco de amostragem" de 100mL. Efetuou-se a análise fazendo com que a amostra circulasse no sistema com vazão de 2,5mL /minuto.

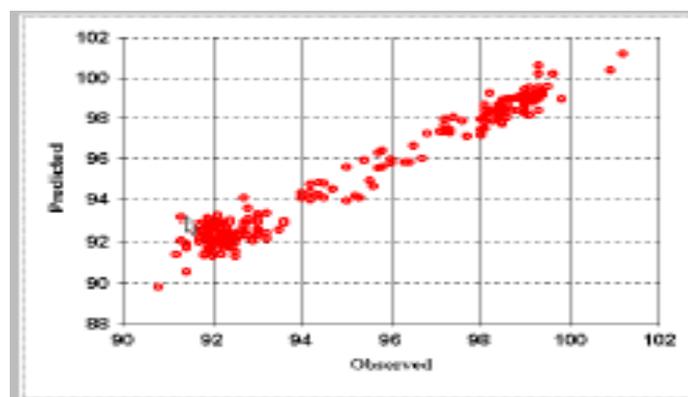
A indução da amostra foi realizada pela purgação do sistema que encheu a cela de amostra com 10 mL de combustível para integridade de amostra.

O controle de temperatura do aparelho eliminou os efeitos de flutuações das temperaturas ambientes e teve como tempo de resposta das análises 3 minutos.

Em todos os processos analíticos, a qualidade da informação analítica deve ser garantida, e os valores devem apresentar precisão e exatidão adequadas aos objetivos do estudo. Para aumentar o grau de confiança da calibração de fábrica fixada no equipamento, foram avaliadas 30 amostras previamente certificadas.

O *software* de Calibração do GS 1000 permitiu que os resultados fossem somados ou excluídos no momento de calibração por *software* de calibração amigável, baseado no evento que são descobertos nos combustíveis permitindo novos modelos de coeficiente e substituindo os modelos existentes no instrumento. Ao fazer a regressão das análises o equipamento transformou os valores de absorbância em propriedades. Todas as propriedades que foram sendo calibradas foram selecionadas individualmente para a regressão e os dados foram enviados para o equipamento. Um esquema simplificado da metodologia utilizada na regressão matemática no momento de calibração está apresentado na Figura 11.

Para realização da presente pesquisa e análise química de benzeno foi utilizado um computador plugado ao analisador portátil de gasolina GS-1000, representado na Figura 12, que utiliza tecnologia de infravermelho com precisão de  $\pm 0,01\%$ . O tolueno e o xileno também foram determinados para comparações futuras e para garantir a rastreabilidade dos resultados.



**Figura 11** - Um esquema simplificado da metodologia de regressão.

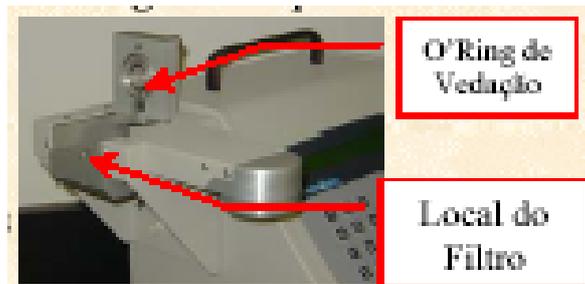
Os procedimentos analíticos utilizados para a determinação do benzeno e dos demais contaminantes nas amostras de gasolina foram recomendados pela ASTM D-6277 (ASTM, 2002).



**Figura 12-** Equipamento portátil GS-1000  
Fonte:ASTM, 2002.

Em toda as análises os produtos foram manipulados em capela e equipamentos de proteção individual foram utilizados.

A Figura 13, indica os cuidados que foram tomados para substituir os filtros a cada 40 amostras para não prejudicar o fluxo do combustível pelo equipamento.



**Figura 13** - Localização dos filtros no equipamento

### 3.7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 11, resume os resultados quantitativos obtidos por infravermelho nas amostras de gasolina. As análises revelaram que os teores de benzeno, conforme demonstra

situaram-se entre 0,34 % (v/v) e 1,05% (v/v) , enquanto, os teores de xileno e tolueno, foram, respectivamente de: 0,40 % (v/v) a 5,9% (v/v) e 1,5 % (v/v) a 12,4 % (v/v)

Em relação a recente Portaria Interministerial nº 775 (BRASIL, 2004), de 28 de abril de 2004, que proíbe em todo Território Nacional, a comercialização de produtos acabados que contenham “benzeno” em sua composição em percentual não superior a 0,8% (v/v), a partir de 1º de julho de 2004 observa-se que 30% dos resultados estão acima do limite de tolerância, exigindo nível de ação para evitar a exposição dos trabalhadores nos postos de gasolina de: Belford Roxo, Miguel Pereira, Japeri, Paraíba do Sul, Itaguaí, Italva, Queimados, Nova Iguaçu, Bom Jesus de Itabapuaana, Cassimiro de Abreu, Rio Bonito, Itaperuna.

Considerando-se o histórico das amostras examinadas, pode-se verificar que a contaminação ambiental, em termo de análise química nas amostras de gasolina, foram imprescindível para uma primeira aproximação ao problema da poluição, já que forneceram a indicação de que alguns postos apresentaram elevadas concentrações das substâncias selecionadas para estudo.

**Tabela 11** - Resultado das análises de gasolina

RESULTADOS DO ANALISADOR DE GASOLINA			
LOCAL DE AMOSTRAGEM	PARÂMETROS		
	TOLUENO %(v/v)	XILENO %(v/v)	BEZENO %(v/v)
BELFORD ROXO	2,1	3,1	0,90
NILÓPOLIS	5,9	2,5	0,54
PARADO MODELO	1,3	2,1	0,69
PATY DE ALFERES	1,5	2,0	0,74
PIRAÍ	1,2	1,8	0,67
MIGUEL PERREIRA	2,0	3,0	0,91
DUQUE DE CAXIAS	0,7	12,4	0,39
BARRA MANSA	2,0	2,9	0,75
JAPERI	2,2	3,2	0,82
PARAÍBA DO SUL	2,5	3,7	0,86
TRÊS RIOS	1,2	1,7	0,66
FRIBURGO	1,2	1,9	0,67
ITAGUAÍ	2,3	3,4	0,83
PETRÓPOLIS	1,5	2,7	0,78
VOLTA REDONDA	2,0	2,9	0,75
ITALVA	2,4	3,5	0,85
MACAÉ	1,3	1,9	0,64
MIRACEMA	2,8	3,1	0,75
SÃO JOÃO DE MERITI	1,2	1,7	0,65
NITERÓI	1,5	2,9	0,77
CAMPOS	1,4	2,0	0,71
QUISSAMÃ	1,2	1,9	0,67

## continuação

QUEIMADOS	1,5	2,4	0,83
ILHA DO GOVERNADOR	1,2	1,8	0,67
NOVA IGUAÇU	2,0	3,0	0,91
BOM JESUS	2,3	3,1	0,82
CASSIMIRO DE ABREU	2,1	3,7	1,05
RIO BONITO	1,9	3,0	0,95
BARRA DE SÃO JOÃO	1,6	2,9	0,76
RIO DAS OSTRAS	4,9	2,7	0,67
SÃO GONÇALO	1,4	2,3	0,71
ITAPERUNA	2,5	3,7	0,91
SILVA JARDIM	1,7	2,7	0,80
PAVUNA	2,1	3,1	0,76
ANGRA	1,3	1,9	0,70
PARATY	1,3	1,8	0,68
TERESÓPOLIS	1,2	1,5	0,65
MAGARATIBA	1,4	2,3	0,76
MAGÉ	2,9	2,3	0,74
CACHOEIRA DE MACACU	0,4	3,1	0,35
MÉDIA	1,88	2,84	0,743

## **4 AVALIAÇÃO OCUPACIONAL QUALITATIVA NA EXPOSIÇÃO AO BENZENO EM POSTOS DE GASOLINA**

Na Gestão de Produtos, a maioria das empresas em suas diretrizes de programas definem que deve zelar pelos aspectos de segurança, meio ambiente e saúde de seus produtos, desde sua origem até a destinação final, bem como empenhar na constante redução dos impactos que eventualmente podem causar. Porém, Ações indenizatórias por danos Morais e Materiais, de rito ordinário vem sendo requeridas por trabalhadores ou parentes de vítimas do manuseio de substâncias tóxicas como o benzeno (COTTA, 2003).

Medidas tomadas sobre as populações ou comunidades podem fornecer melhores indicações das conseqüências da poluição sobre aspecto ecológico e sócio-econômico do meio ambiente (CUNHA & GUERRA, 2002).

A relação entre saúde pública e meio ambiente tem como interface a saúde ocupacional, já que a saúde do trabalhador é o indicador das condições ambientais, por estarem, de modo geral, expostos intensivamente a agentes causadores de doenças.

O maior problema no combate às doenças ocupacionais causadas por exposição a agentes veiculados por meio do ar, como o próprio benzeno, é a falta de dados confiáveis sobre a incidência desses males, pois não se costuma correlacionar os casos de intoxicação e com o aparecimento de doenças graves (VIEGAS,2003).

Diversas exposições endógenas e exógenas podem levar direta ou indiretamente a mutações ou aumentar a probabilidade desses eventos e o desenvolvimento do câncer.

O câncer é uma doença multifatorial com uma importante interação entre genes, estilo de vida e meio ambiente, que podem atuar de forma combinada (INSTITUTO...,2004).

### **4.1 OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho é apresentar e avaliar as informações das queixas dos trabalhadores de postos de serviço expostos ocupacionalmente ao benzeno presente na gasolina, com base em entrevistas semi estruturadas, que foram coletadas e monitoradas em oito regiões do Estado do Rio de Janeiro, no período de janeiro a abril de 2004. A pesquisa também teve o interesse em levantar o perfil social e comportamental dos

trabalhadores. O grupo de estudo incluiu 40 frentistas onde foram aplicados questionários e obtidas informações sobre: idade, consumo diário de gasolina, tempo na profissão, residência com distância inferior a 100 metros em relação aos postos revendedores (CONSELHO...,2000), se utilizavam equipamentos de proteção individual, as principais queixas durante as jornadas de trabalho, conhecimento dos riscos de exposição ao benzeno, tipo de piso nos postos e outros dados contidos no modelo de formulário da figura 14 desenvolvido pela experiência do autor por implementar e coordenar o Grupo de Representação dos Trabalhos do Benzeno no Terminal Terrestre de Oleodutos da Transpetro, por participar das reuniões na Comissão Estadual de Benzeno do Estado do Rio de Janeiro através da Sub-Comissão de Postos de gasolina e por lecionar no Colégio Estadual Pedro Álvares Cabral as disciplinas de Química, Urinálise , Biossegurança, Bioquímica e Meio Ambiente. Além de ter trabalhado como consultor técnico no Setor de Segurança, Meio Ambiente e Segurança da Petrobras Transporte S.A.

Local:	Posto:		Bandeira:					
QUESTIONÁRIO	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES					
Residência ao redor do posto								
Local é ventilado								
Há ruído no local								
Faz uso de EPIs (Uniforme, luvas, etc.)								
Faz exame de sangue de 6 em 6 meses								
É fumante								
Risco do Benzeno na gasolina								
Possui Sintomas Ocupacionais								
Afastamentos de outros frentistas								
Quantidade estimada de vazamento								
Tipo de piso no local								
Há presença de poeira			Argiloso		Paralelepípedo	cimentado		
Número de frentistas Homens								
Número de frentistas Mulheres								
Faz uso medicamento								
Tempo na profissão(anos)			0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60
Escolaridade			1º Grau		2º Grau		3º Grau	
Idade do frentista(anos)			0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60
Nº de veículos abastece diariamente			0-100	110-200	210-300	310-400	410-500	
Idade do posto (anos)			0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60
Tempo gasto nas Medições do Tanque								
Tempo nas análises de gasolina								
Tempo médio por abastecimento								
Faz uso de flanela junto ao corpo								
<b>Alterações hematológicas</b>								
<b>- Série Branca</b>								
Gengivite								
Estomatite								
Plaquetas								
Baixa Resistência								
<b>- Série Vermelha</b>								
Anemia			Púrpura		Sangramento			
<b>- Neoplasias</b>								
Leucemia								
Câncer de pulmão								
Câncer de estômago								
Câncer de nasofaringe								
Câncer de intestino								
<b>Alterações Comportamentais</b>								
Depressão								
Perda de memória								
Fadiga extrema								
Ansiedade								
<b>Alterações Fisiológicas</b>								
Obstipação								
Diarréia								
Náusea								
<b>Alterações Fisiológicas</b>								
Cólicas								
Congestão nasal								
Irritação e coceira nos olhos								
Asma								
Eczema								

Figura 14- Formulário das Entrevistas nos postos de gasolina

## 4.2 CARACTERÍSTICA DO GRUPO DE ESTUDO

A jornada de trabalho dos frentistas é de 44 horas semanais e, de acordo com o horário de funcionamento e a quantidade de funcionários dos postos, as equipes são divididas em dois ou três turnos. Apesar das adversidades da profissão, enfrentam horas de trabalho sob sol ou chuva.

As atividades de risco de exposição observadas em campo são:

- a) Drenagem de bombas
- b) Abastecimento de veículos
- c) Medições em tanques subterrâneos
- d) Análise dos produtos
- e) Amostragem dos produtos
- f) Acompanhamento das descargas dos caminhões tanques, conforme demonstra a Figura 15



**Figura 15** - Frentista acompanhando descarga de caminhão-tanque

## 4.3 METODOLOGIA

Por ser um tema com reduzida literatura específica existente, esse trabalho foi baseado em pesquisa de campo, realizada a partir de entrevistas com objetivo de descrever as principais queixas dos frentistas. O método utilizado foi a enquete amostral, que proporcionou

um meio de busca, para o começar o estudo do tema e um meio para descrever o perfil social e comportamental dos trabalhadores dos postos de combustíveis.

De acordo com a pesquisa social, foi importante discutir os aspectos ocupacionais e ambientais a incluir no questionário, isso permitiu a participação da população no processo de pesquisa e, evidentemente, melhor conhecimento do pesquisador sobre suas características e interesses, como também um melhor entrosamento entre ambos (RICHARDSON,1999).

O estudo do trabalho permitiu rever o imaginário dos trabalhadores de postos de venda de combustíveis. A enquete foi realizada, aleatoriamente, com base em entrevistas semi-estruturadas, relacionando as contaminações e os efeitos causados pela presença de benzeno na gasolina que teve como objetivo uma avaliação crítica da dimensão do perigo do benzeno frente aos empregados dos postos de postos de gasolina, bem como a população circunvizinha. Os sinais e sintomas observados através das queixas dos trabalhadores expostos ao benzeno são fundamentais para detectar os efeitos precoces de exposição.

A representatividade da população nessas amostras é guiada pelas leis da probabilidade. Isso quer dizer que, de acordo com o modo como se seleciona a amostra em relação à população, ela foi uma probabilidade adequada por ser representativa.

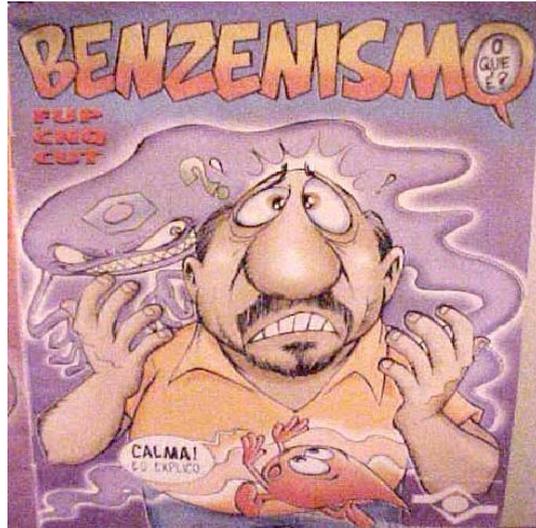
A vantagem das amostras aleatórias está no fato de requerer mínimo de conhecimento da população e por ser simples de calcular, porém a desvantagem está no fato de não garantir a inclusão de casos minoritários em população muito grandes.

A realidade de monitorar os resultados de pequenas amostras recorrem-se às evidências de forma clara por não dispor de tempo hábil para aumentar a população amostral. O recurso estatístico utilizado permitiu “ver” hipoteticamente os limites de uma distribuição de dados ampliados, a partir dos dados coletados.

A elaboração do questionário foi baseada em revisões da literatura sobre o tema e a própria experiência do pesquisador. Os vocabulários utilizados nas perguntas foram precisos a fim de evitar palavras confusas e termos técnicos que não fossem do conhecimento da população a ser entrevistada.

O questionário da entrevista foi desenvolvido a partir de perguntas pré-formuladas e com uma ordem preestabelecida. Cuidados foram tomados para que as entrevistas não constringissem a iniciativa dos trabalhadores.

Durante o processo de entrevista, foram distribuídas revistas a cada frentista, conforme a Figura 16 - com a finalidade de facilitar a reflexão do tema e despertar o interesse dos frentistas para responder o questionário.

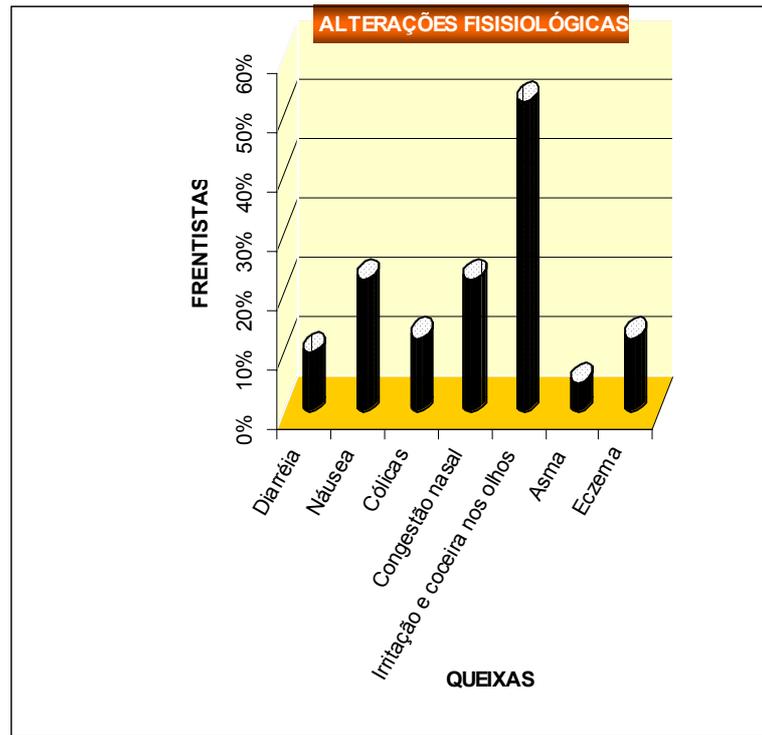


**Figura 16--** Capa da revista fornecida aos frentistas  
 Fonte: Fup,1998)

#### 4.4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

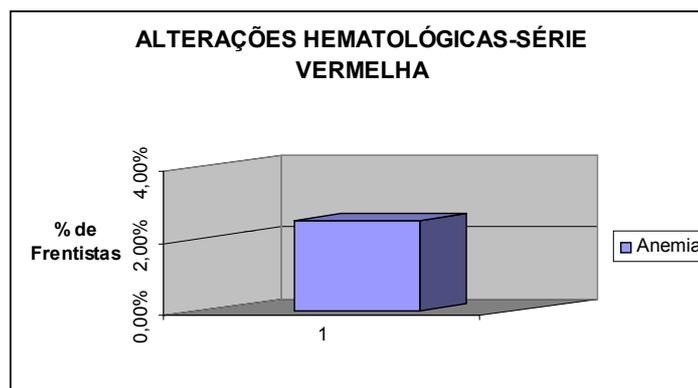
A partir das pesquisas de campo, apesar da diversidade das formas de comunicação entre as pessoas, do imaginário do pesquisador e pela natureza científica do empreendimento, pode-se estudar uma ampla variedade das relações dos frentistas no ambiente de trabalho.

Na Figura 17 é representada graficamente a alteração fisiológica em função das queixas observadas a partir das entrevistas com os frentistas. Do total de trabalhadores entrevistados 10% apresentavam diarreia, 22,5% sofriam de náusea, 12,5% alegavam cólicas, 22,5% queixavam-se de congestão nasal, menos de 5 % relataram problemas de asma e 12,5% estavam com eczema de contato. Destaca-se na Figura 17 que 52,5% apresentavam irritação e coceira nos olhos em função do ressecamento provocado pelos vapores de gasolina.



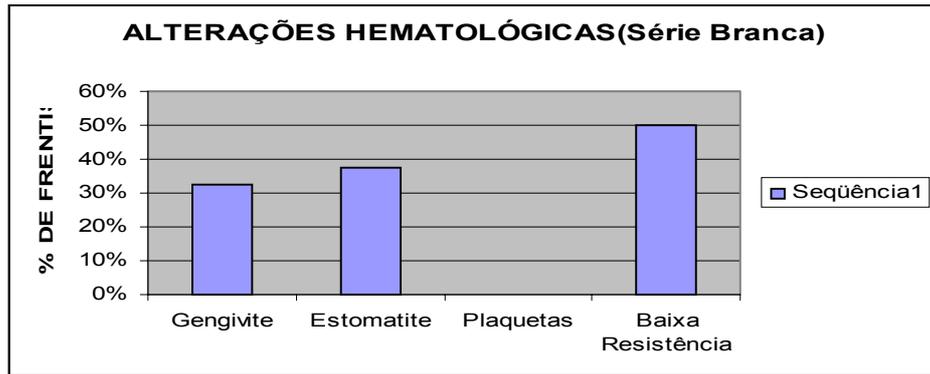
**Figura 17** - Alterações fisiológicas em função das queixas

Com relação às alterações hematológicas da série vermelha foi encontrado somente um caso em Paty de Alferes. O fato colaborou para o percentual de 2,5% do total de 40 frentistas entrevistados. A Figura 18 representa graficamente as alterações Hematológicas da série vermelha em função das queixas dos frentistas.



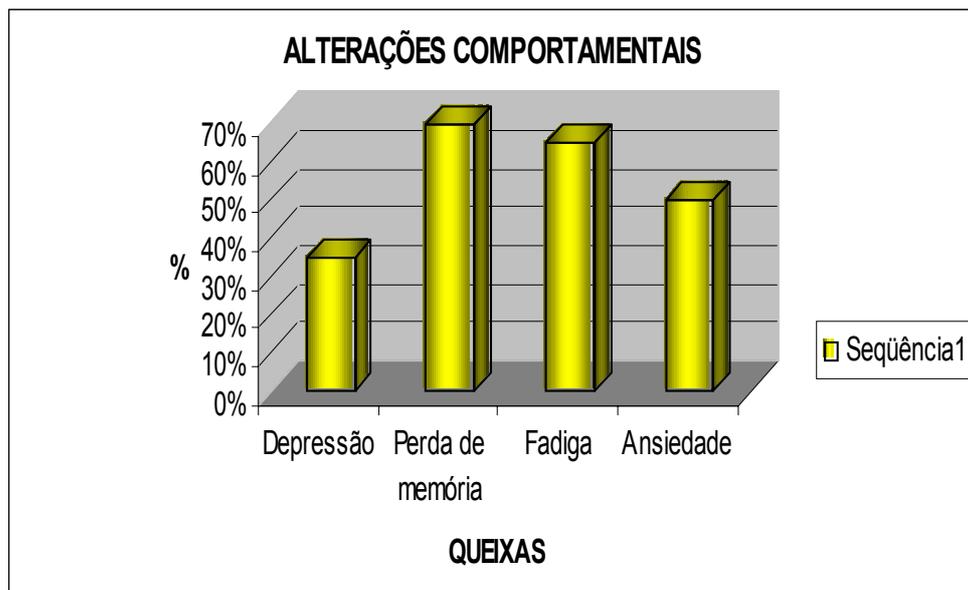
**Figura 18** - Alterações hematológicas da série vermelha

Em relação às alterações hematológicas da série branca, temos a Figura 19 que representa graficamente alterações encontradas em função das queixas dos frentistas. Constata-se que 33% apresentavam problemas com gengivite, 38% com estomatite e 50% tinham baixa resistência. Nenhum caso de alterações com plaquetas foi encontrado.



**Figura 19** - Representação das alterações hematológicas da série branca

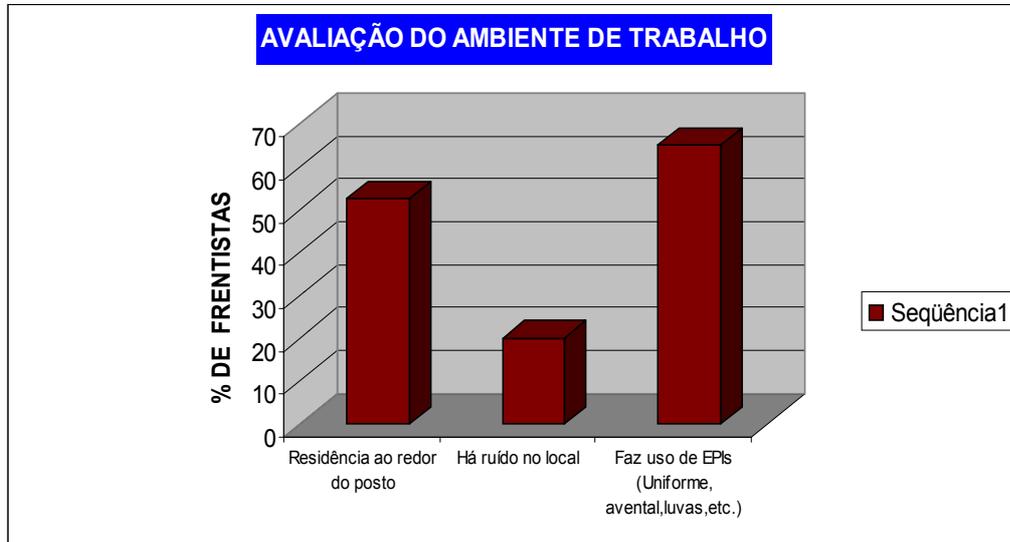
O benzeno, como os solventes, pode causar distúrbios de memória de curto prazo, raciocínio lento e dificuldades para resoluções de problemas, execução de tarefas visuo-constructivo ou verbais e habilidade de planejar (BRASIL,2003). É observado na Figura 20 que 35% dos frentistas sofrem de depressão, 70% apresentam perda de memória, 65% estão com fadiga e 50% queixam-se de ansiedade.



**Figura 20** - Representação das alterações comportamentais

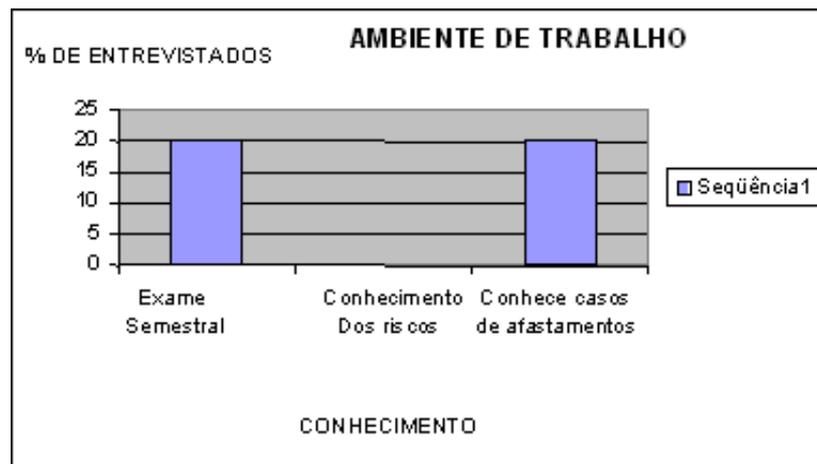
Com relação às características ambientais estudadas, pode-se dizer que 52,5% dos locais onde foram realizadas as enquetes encontravam-se próximo às residências, contrariando a distância mínima de 100m estipulado pelo Conama. Foi constatado que 20% dos postos escolhidos para entrevista havia a exposição dos trabalhadores ao ruído, que segundo (Gelber,2000), o ruído em combinação a solventes provoca efeitos sinérgicos, aumentando a probabilidade de desenvolvimento de perda auditiva. A Figura 21 demonstra graficamente os resultados encontrados nas avaliações ambientais em postos de gasolina, onde também se

percebe que 35% dos frentistas não fazem uso de equipamentos de proteção individual (uniformes, aventais,luvas).



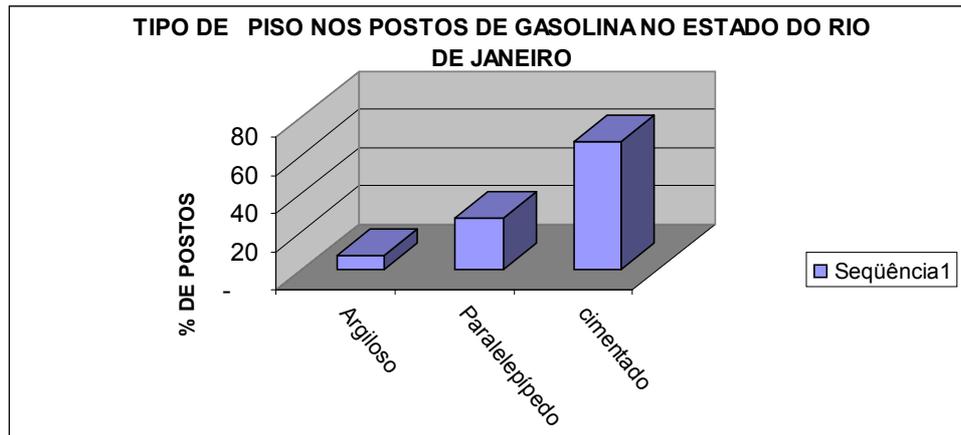
**Figura 21** - Demonstração dos resultados encontrados nas avaliações ambientais

A Figura 22 representa graficamente que 100% dos trabalhadores dos postos de gasolina desconheciam os riscos do benzeno presente na gasolina e que 80% não fazem exame de sangue a cada seis meses para o monitoramento biológico de exposição. Foi detectado na Figura 22 que havia 14% de casos de afastamento de trabalhadores das jornadas de trabalho.



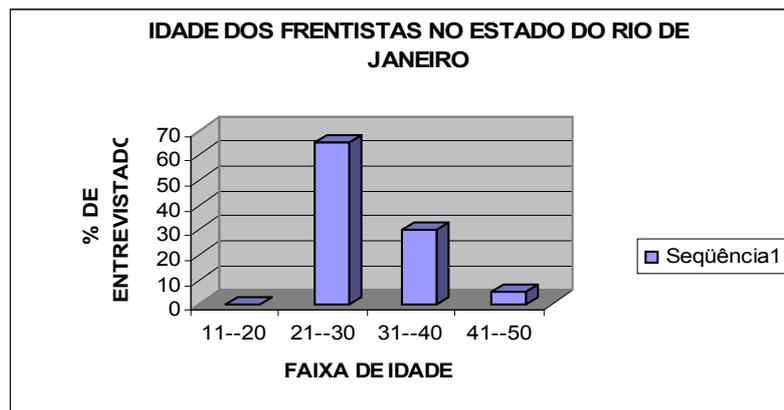
**Figura 22** - Conhecimento dos riscos de exposição ao benzeno

O Conama faz uma série de exigências como a instalação de pisos concretados na área junto às bombas para evitar que os resíduos cheguem ao solo. A Figura 23 demonstra que 7,5 % dos postos não apresentam condições seguras para garantir os impactos nos derramamentos acidentais.



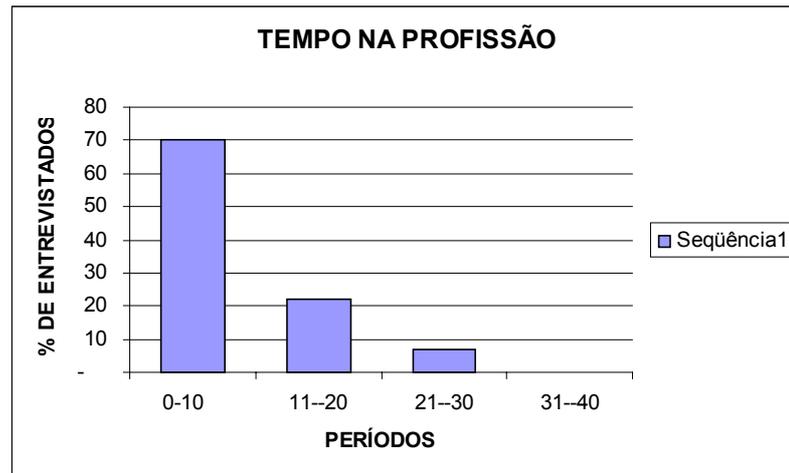
**Figura 23** - Representa os tipos de pisos encontrados nos postos.

O característico da população estudada, com relação à faixa etária, é representado graficamente pela Figura 24, onde revela que 65% dos trabalhadores são jovens e estão na faixa etária entre 21 a 30 anos.



**Figura 24** - Característica etária da população

Para efeito comparativo do período de exposição ao agente químico, a Figura 25 expressa graficamente que 70% dos frentistas desempenham suas atividades em período inferior a dez anos.



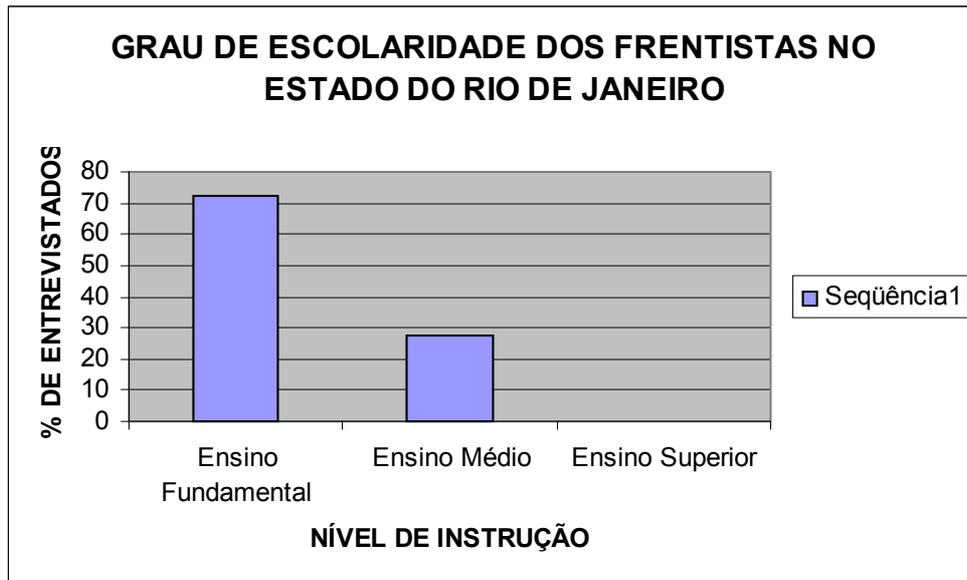
**Figura 25** - Tempo de profissão como frentista

Com relação ao sexo dos trabalhadores constatou-se que 87,6% eram do sexo masculino e 12,4% do sexo feminino, conforme demonstra a Figura 26.



**Figura 26** - Sexo dos frentistas.

A Figura 27 revela graficamente a ausência de frentista com escolaridade de nível superior e que somente 30% dos trabalhadores atingiram o ensino médio. É descrito pela pesquisa que 70% possuíam o ensino fundamental. Quanto à lotação nos postos, 100% dos trabalhadores estavam no setor de abastecimento.



**Figura 27** Grau de escolaridade dos frentistas

O questionário permitiu obter informações de um grande número de pessoas simultaneamente em um tempo relativamente curto e proporcionar dados correspondentes à realidade dos entrevistados.

O princípio da melhoria contínua parte do reconhecimento de que o benzeno é uma substância comprovadamente carcinogênica, para a qual não existe limite seguro de exposição. Todos os esforços devem ser realizados, continuamente, no sentido de buscar a tecnologia mais adequada para evitar a exposição do trabalhador ao benzeno.

O maior problema no combate às doenças ocupacionais causadas por exposição na falta de dados confiáveis sobre a incidência desses males, pois não se costuma correlacionar os casos de intoxicação e o aparecimento de doenças graves.

Os resultados deste trabalho permitiram evidenciar que os trabalhadores expostos ao benzeno presente na gasolina apresentaram alterações hematológicas das séries branca e vermelha, bem como alterações comportamentais precoces. A falta de dados por afastamento médico prejudicou as evidências nas ausências por doenças, porém as altas taxas das queixas indicam a contaminação do ambiente e que há uma alta probabilidade de evolução das enfermidades.

O ambiente laboral, quando considerado como interesse de todos os trabalhadores em defesa de condições de salubridade do trabalho, ou seja, o equilíbrio do meio ambiente do trabalho, ou seja, o equilíbrio no meio ambiente do trabalho e a plenitude da saúde do trabalhador, constitui direito essencialmente difuso, inclusive porque sua tutela tem por

finalidade a proteção da saúde, que, sendo direito de todos, de toda a coletividade, caracteriza-se como um direito eminentemente metaindividual.

## 5 PROJETO PEDAGÓGICO DE CONSCIENTIZAÇÃO PARA OS RISCOS DE EXPOSIÇÃO AO BENZENO POR GASOLINA AUTOMOTIVA (BENZENISMO)

Segundo Llory (2001), Os acidentes desvelam os problemas possíveis de ocorrerem: falta de comunicação, informações técnicas não levadas em conta nas decisões, disfunções nos circuitos prescritos pelos quais os dossiês, devem seguir.

Executivos que não fazem chegar informações, embora graves. As representações dos riscos, as dificuldades do trabalho, podem ser particularmente distorcidas por certos responsáveis.

Entende-se por risco a probabilidade de ocorrência de um efeito adverso, durante um certo período de tempo, como resultado de uma determinada exposição. Assim, o fator de risco para o câncer, quando presente, aumenta a probabilidade de ocorrência da doença numa dada população e, quando removido, torna este efeito menos provável (CARNEIRO,1997).

O instrumento primordial para prevenção da exposição ocupacional ao benzeno está no desenvolvimento de uma campanha educativa, capaz de assegurar a persistência das diversidades necessárias aos atores responsáveis pela defesa da saúde dos trabalhadores.

A gravidade da exposição aos agentes cancerígenos e as conseqüências para os trabalhadores é a condição *sinequanon* para as ações, atribuições e procedimentos da prevenção.

A prevenção primária do câncer implica ações de saúde pública destinadas a reduzir ou eliminar os fatores de risco para a doença. Estas ações voltam-se primariamente para os fatores de risco que são considerados, em princípio, evitáveis, ou seja, aqueles que são extrínsecos ao indivíduo e são, por isso, denominados também de fatores ambientais (CARNEIRO,1997).

Os indivíduos são muitas vezes expostos involuntariamente a diversas fontes de carcinógenos, estas exposições poderiam ser mais facilmente evitadas através da legislação, controle e medidas de esclarecimento à população (INSTITUTO...,2004).

Há necessidade de um projeto que esclareça sobre os fatores ambientais com todas as influências externas que se faz sentir sobre o indivíduo, como a condição social, a ocupação, os hábitos e a exposição a agentes físicos e químicos. No sentido amplo, que controle a exposição, tanto ocupacional como ambiental dos trabalhadores e da população em geral .

Para Durkheim (1978), Cada profissão constitui um meio *sui generis*, que reclama aptidões particulares e conhecimentos especiais, e, como tal às transformações profundas que

as sociedades contemporâneas têm experimentado, e estão para experimentar, necessitam de transformações correspondentes nos planos de educação e conscientização.

## 5.1 OBJETIVOS

Desenvolver um projeto pedagógico que contemple o conhecimento e os riscos inerentes que envolvem a presença de benzeno na gasolina automotiva a fim de que alunos do 1º e 2º segmento, os proprietários e funcionários dos postos de gasolina, saibam dos riscos inerentes do seu ambiente de trabalho, a partir da caracterização preliminar dos riscos existentes, algumas intervenções localizadas em campo para avaliar a realidade local e orientar com grupos interessados à proteção da saúde dos trabalhadores.

Preparar um programa educacional de conscientização dos alunos dos 1º e 2º segmentos quanto à segurança e contaminação ambiental referente a postos de gasolina para que haja comprometimento real das pessoas com os valores ambientais locais, de forma que as mesmas sintam interesse e preocupação com a qualidade de vida urbana. Propor mudanças tecnológicas de controle para minimizar a exposição dos trabalhadores e da população.

Aprimorar os educandos como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento de autonomia intelectual e do pensamento crítico para as tomadas de decisões que visem o controle de doenças e agravos à saúde, a criação de hábitos, padrões de vida e ambiente saudáveis.

Contribuir no levantamento de informações relacionadas aos riscos por agentes químicos em combustíveis e instrumentar os atores sociais para atendimento às legislações pertinente as questões ambientais.

O projeto vai capacitar o trabalhador para preservar sua saúde e segurança no ambiente de trabalho e também realçar a relação intrínseca daquilo que acontece dentro do local de trabalho com o meio ambiente externo, buscando conferir sustentabilidade social e ambiental ao processo.

## 5.2 METODOLOGIA

O presente trabalho, foi iniciado pela realização de um diagnóstico local, no Estado do Rio de Janeiro, no período de janeiro a abril de 2004, onde foram selecionados 40 frentistas de postos revendedoras de gasolina, apresentadas no mapa de localização dos postos entrevistados da Figura 28. Com a utilização de um questionário foi realizado o levantamento sobre as concepções de ambiente e a saúde dos trabalhadores. Isso possibilitou a identificação dos Grupos Homogêneos de Exposição e um diagnóstico das reais necessidades de treinar os trabalhadores quanto aos riscos de exposição ao benzeno.

Pelas características do projeto e, principalmente, considerando-se o tipo de população, formada por profissionais que apresentavam 70 % com escolaridade do 1º segmento e 30% com escolaridade do 2º segmentos. Os valores sociais predominantes eram da área rural e urbana, os dados qualitativos mostraram-se fundamentais por trazerem, a partir do contato com a realidade viva do grupo, dados que auxiliaram no traçado das diretrizes a serem testadas.

A pesquisa procurou orientar-se de forma a combinar dados estatísticos que puderam ser reconstituídos por alguns alunos do 1º segmento e do 2º. segmentos selecionados como representativos de uma população homogênea.

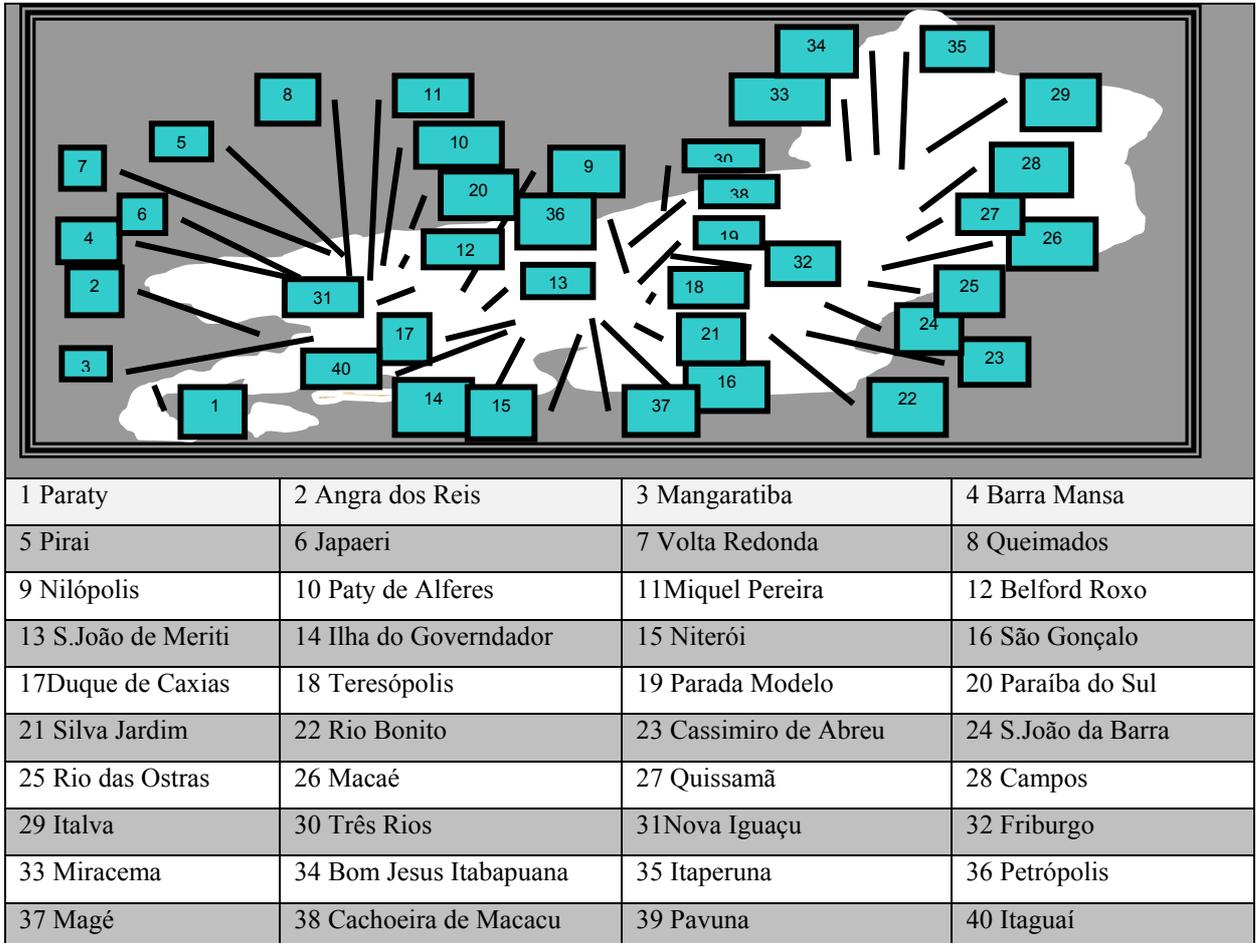
### 5.2.1 Sobre o projeto pedagógico

O Projeto Pedagógico de Exposição ao Benzeno por gasolina automotiva (BENZENISMO) preparada como tema de Educação Ambiental nas escolas públicas por ser um processo que deve durar por toda a vida, pode ajudar a tornar mais relevante à educação geral. Ao longo da transposição didática, permitiu que o conteúdo do ensino proporcionasse aprendizagens significativas mobilizando o aluno e estabelecendo entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade, a começar pela educação de 1º segmento.

Fontes foram utilizadas para a definição do projeto: o conhecimento de algumas iniciativas locais, pesquisas em livros didáticos, jornais e revistas, bem como experiências educacionais que permitiram a formulação de questões essenciais sobre o quê, como e quando

ensinar, constituindo-se em significativo e atualizado referencial sobre a função da escola, a importância dos conteúdos e o tratamento que deveria ser dado a eles.

Utilizou-se o tratamento contextualizado do conhecimento como recurso que a escola possui para retirar o aluno da condição de espectador passivo. A contextualização evoca e mobiliza competências cognitivas já adquiridas.



**Figura 28** - Mapa de localização dos postos entrevistados

### 5.2.2 A instrumentalização

Definidas essas questões, foram iniciadas as atividades e desenvolvidas durante um mês com a participação dos alunos, das quais se destacam:

- Grupos de trabalho, formado pelos alunos da oitava série (1º. Segmento) da Escola Estadual Visconde de Cairu.
- Grupos de trabalho, formado pelos alunos do 2º. Segmento do Colégio Estadual Pedro Álvares Cabral, onde se inclui a turma de Patologia Clínica (Figura 29) para divulgar

conhecimento sobre o ácido trans-trans-mucônico presente na urina como marcador biológico do benzenismo.

- Organização de um painel temático sobre o benzeno pelos alunos, em sistema de rodízio; roda de leitura sobre o benzeno, conforme Figura V.3.
- Apresentação de trabalho sobre o benzeno nos Seminários para os alunos de graduação na Universidade Federal Fluminense, representada pela Figura V.4, com os seguintes tópicos:
  - a)Dados físico-químicos do benzeno e misturas que o contém;
  - b)Riscos da exposição ao benzeno;
  - c)Vias de absorção;
  - d)Sinais e sintomas do benzenismo
  - e)Vigilância da saúde dos trabalhadores;
  - f)Monitoração da exposição ao benzeno;
  - g)Procedimentos em situações de emergência ;
  - h)Riscos de incêndio e explosão ;
  - i)Características básicas das instalações e pontos de possíveis emissões;
  - j)Acordos e dispositivos legais sobre o benzeno.
  - l)Equipamento de proteção individual
  - m) Programa de controle médico de saúde ocupacional
  - n) Programa de prevenção de riscos ambientais (PPRA)
  - o) Atividades e operações insalubres



**Figura 29** - Turma de Patologia Clínica do Colégio Pedro Álvares Cabral



**Figura 30** - Exposição do painel temático sobre o Benzeno



**Figura 31** - Seminário com alunos de graduação na UFF

### 5.3 METODOLOGIA DE INTERVENÇÃO

A metodologia adotada no Projeto de Intervenção é do tipo participativo e contou com a colaboração de todos envolvidos na problemática do benzenismo. Teve como pressuposto que é na relação ensino-aprendizagem que se encontra a possibilidade de concretização desta proposta de mudança de cultura baseada na importância da escola, enquanto espaço público que deve desempenhar uma função social.

A escola, ao construir o presente projeto, discutiu e explicitaram de forma clara os valores coletivos assumidos. Delimitou suas prioridades, definiu os resultados desejados e incorporou a auto-avaliação ao trabalho dos grupos envolvidos. Assim, tendo organizado o planejamento, reuniu as equipes de trabalho, estimulando o estudo e a reflexão contínua,

dando sentido às ações cotidianas, reduzindo a improvisação e as condutas estereotipadas e rotineiras que, muitas vezes, são impermeáveis aos objetivos educacionais compartilhados.

O projeto teve início com um seminário dirigido aos alunos e funcionários da escola sobre o benzenismo e a partir deste momento, o tema passou a ser objeto de discussão nos vários espaços da escola. Antes do encerramento foi distribuído um questionário entre vinte alunos, conforme Tabela 12, a fim de avaliar o rendimento do evento.

**Tabela 12** - Avaliação do projeto educacional.

<i>GRAU DO DE ACEITAÇÃO DO EVENTO</i>				
Avalie o evento como um todo				
<b>Avaliação do Projeto Educacional</b>	<b>Excelente</b>	<b>Bom</b>	<b>Regular</b>	<b>Péssimo</b>
Informações Preliminares	16	4	1	
<i>CONTEÚDO PROGRAMÁTICO</i>				
Adequado ao seu trabalho	18	2		
Cumprimento dos objetivos	19	1		
Carga horária adequada	18	2		
<i>RECURSOS UTILIZADOS</i>				
Recursos didáticos utilizados	19	1		
<i>APLICABILIDADE IMEDIATA</i>				
Os temas foram adequados	20			
Os temas são de aplicação direta	20			
<i>GRAU DO EVENTO</i>				
Avalie o evento como um todo	20			

#### 5.4 CONCLUSÕES

A solução dos problemas de exposição ambiental e biológica ao benzeno encontra no Projeto Pedagógico de Exposição ao Benzeno por gasolina automotiva em escolas e em postos de gasolina a forma mais eficaz de intervenção na realidade, na intenção de modificar valores e comportamentos inadequados a fim de que haja melhorias da qualidade de vida das pessoas e do meio ambiente.

Os alunos passam a ter uma postura conceitualmente mais organizada, uma visão crítica e política mais aprimorada. Como cidadão, deverão ter mais consciência de seus deveres e direitos a respeito de questões ambientais e de saúde pública no seu cotidiano.

Os resultados obtidos na avaliação final do evento, entre os vinte alunos entrevistados, descreveram que o projeto pedagógico é de boa aceitação e aplicabilidade no conhecimento aos riscos que envolvem a presença de benzeno na gasolina automotiva.

## 6 CONCLUSÕES FINAIS E PROPOSTAS DE ESTUDOS PARA TRABALHOS FUTUROS

Fundamentado no referencial teórico, nas determinações de benzeno na gasolina, nas observações e entrevistas com frentistas nos postos de gasolina, no projeto pedagógico desenvolvido para esclarecer os efeitos do benzeno nos seres humanos são apresentadas, a seguir, as conclusões e as propostas para trabalhos futuros.

### 6.1 CONCLUSÕES FINAIS

Com base na hipótese única apresentada no capítulo I, conclui-se que:

- O princípio da melhoria contínua parte do reconhecimento de que o benzeno é uma substância comprovadamente carcinogênica, para a qual não existe limite seguro de exposição. Todos os esforços devem ser despendidos, continuamente, no sentido de buscar a tecnologia mais adequada para evitar a exposição do trabalhador ao benzeno. 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;
- No momento atual, pela vigência de casos de expostos, devem-se aumentar esforços para a busca de testes preditivos de anormalidades citogênicas e imunológicas, além de estudos funcionais, a fim de aumentar o potencial e presumivelmente expostos aos hidrocarbonetos aromáticos, em especial ao benzeno;
- O benzeno é altamente volátil e por ser muito lipossolúvel, é rapidamente absorvida pela via respiratória ao ser inalado. Devido a grande afinidade por gordura, o benzeno é armazenado em tecidos ricos em gorduras, como o sistema nervoso central e a medula óssea. Cerca de 50% do total do benzeno inalado são absorvidos, sendo que cerca de 10 a 50% são eliminados pela urina;
- Os sintomas e os sinais neurocomportamentais, bem como, os neuropsicológicos decorrentes da exposição ao benzeno também não têm sido valorizados, causando

equivocos no diagnóstico e tratamento médico;

- A exposição prolongada ao benzeno provoca diversos efeitos no organismo humano destacando-se sua ação carcinogênica. São conhecidos, ainda, efeitos sobre diversos órgãos como sistema nervoso central, os sistemas endócrino e imunológico. No entanto, não existem sinais ou sintomas típicos da intoxicação crônica pelo benzeno. As manifestações neurológicas são leves e bem toleradas. Podendo, também ocorrer a toxicidade hepática e renal, embora os efeitos sobre o sistema sangüíneo são os mais importantes;
- Nas entrevistas realizadas com trabalhadores de postos de gasolina ficaram evidenciados alguns sintomas de alterações hematológicas, tais como: baixa resistência, estomatite e gengivite. Além disso, também foram observados sintomas de alterações comportamentais como fadiga e falta de memória;
- Os frentistas, no seu cotidiano laboral, não percebem e não têm a dimensão da gravidade que a contaminação diária com o benzeno pode ocasionar em seus corpos;
- Deve ser destacada a recente Portaria Interministerial nº 775, de 28 de abril de 2004, que proíbe, em todo Território Nacional, a comercialização de produtos acabados que contenham “benzeno” em sua composição, admitida, porém a presença desta substância, como agente contaminante, em percentual não superior a: 1% (em volume), até 30 de junho de 2004; 0,8 % (em volume), a partir de 1º de julho de 2004; 0,4 % (em volume), a partir de 1º de dezembro de 2005; 0,1 % (em volume), a partir de 1º de dezembro de 2007;
- Os teores de benzeno encontrado nas gasolinas analisadas superiores a 0,8 %, em volume, representaram, direta e indiretamente, uma violação de normas de especificação de produtos e um desrespeito a responsabilidade social;
- O benzeno é utilizado como matéria prima na obtenção de vários produtos e/ou intermediários químicos são utilizados em vários segmentos industriais como: etilbenzeno, cumeno, ciclohexano, nitrobenzeno, alquilbenzeno, clorobenzeno, anidrido maleico e outros produtos similares. Além disso, o benzeno também é encontrado na formulação de tintas, ceras, lubrificantes, misturas de solventes, agrotóxicos, detergentes, borrachas, graxas, resinas e no setor sucro-alcooleiro é utilizado para a produção do álcool anidro;
- Os vazamentos e/ou os derramamentos de gasolina para o solo podem contaminar

os aquíferos que constituem uma grande preocupação ambiental, principalmente, para as fontes de abastecimento de água potável. Esta preocupação está alicerçada nos 2.586 postos existentes no Estado do Rio de Janeiro e nos 10.000 a 12.000 frentistas que trabalham nestes postos;

- A questão da contaminação do solo pode ser reduzida com algumas alternativas como a colocação de pavimento impermeável e de canaletes perimetrais para a retenção e separação do combustível; a instalação de tanques de parede dupla; proteção anticorrosiva, etc. Mas vale lembrar que essas medidas, no entanto, não anulam os riscos de acidentes;
- A prevenção de vazamentos por falhas na estrutura, corrosão, derramamentos, transbordamentos sempre será mais adequada e econômica do que a remediação do solo;
- Na gestão ambiental aplicada aos postos de gasolina, é fundamental o atendimento da Resolução do CONAMA nº 273, de novembro de 2000, que trata do licenciamento prévio para localização, construção, instalação, modificação, ampliação e operação dos postos de gasolina, bem como, qualquer estabelecimento proprietário de tanques enterrados de armazenamento de combustíveis que visa reduzir riscos de vazamento de combustível, evitando assim a contaminação dos lençóis freáticos, esgotos e rios; aumentar a segurança das comunidades existentes próximas aos postos de combustíveis;
- O projeto pedagógico sobre o benzenismo realizado com estudantes de vários níveis educacionais mostrou que é necessário à conscientização da população a esse respeito, considerando as contaminações que o benzeno pode provocar nos seres humanos. Diante destes fatos o desenvolvimento de campanhas educativas, com estratégias de comunicação e informação dirigidas aos trabalhadores, aos serviços de saúde e empresas quanto aos riscos de exposição ao benzeno, propiciando uma melhor qualidade de vida;
- Finalmente, é fundamental a necessidade de construir a consciência técnica crítica nos processos industriais visando à remoção e/ou o banimento do benzeno com base nos critérios de alteração de produtos, qualidade de vida e preservação ambiental.

## 6.2 SUGESTÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

A análise e a discussão dos resultados concernentes a esta pesquisa sobre contaminação ambiental provocada por benzeno presente na gasolina, permitem apresentar as seguintes sugestões e propostas:

- Implementar programas, através da Comissão Estadual de Benzeno do Estado do Rio, semelhantes ao PPEOB nos locais ou empresas onde se manipula petróleo e combustíveis derivados de petróleo, de acordo com as especificidades de cada atividade;
- Viabilizar a obrigatoriedade de se fazer hemograma periódico nos trabalhadores expostos à gasolina e estimular estudos epidemiológicos entre os trabalhadores frentistas, mecânicos, petroleiros, trabalhadores no transporte de combustíveis, etc.
- Implementar formas de capacitação dos trabalhadores para o trabalho com combustíveis, inclusive formas de financiamento;
- É necessário promover estudos para que os abastecimentos de veículos e tanques subterrâneos sejam por injeção pela parte inferior dos tanques, em sistema fechado, com recuperação de vapores (“bottom loading”) ou por engate-rápido com mangueiras de dupla fase para que ocorra a entrada do líquido e a saída dos vapores de benzeno para o sistema de absorção com carvão ativado, a fim de diminuir a exposição durante o manuseio;
- Realizar estudos com trabalhadores em postos de abastecimento de Gás Natural Veicular (GNV), a fim de comparar e avaliar os resultados com os dados das populações expostas ao benzeno presente na gasolina.
- Incluir no programa de controle de emissões fugitivas os valores de benzeno nos laudos técnicos de licenciamento anuais a fim de avaliar a eficiência dos catalisadores de veículos no Estado do Rio de Janeiro para mitigar ou eliminar a geração do poluente.
- Eliminar a poluição e ao mesmo tempo, reduzir os custos através da reparação de danos ambientais com soluções simples. A ornamentação dos postos de gasolina com o plantio de Ficus Benjamina e Pothos são maneiras mais simples de proteger a saúde dos trabalhadores.
- Implementar uma gestão ambiental mais preventiva em postos de gasolina.

- Sem dúvida é necessário construir uma convivência harmoniosa do homem com o meio ambiente, a fim de garantir a todos um ambiente ecologicamente equilibrado, com o escopo de preservar a vida com dignidade. Ainda assim, não se pode desconsiderar a importância econômica de determinadas atividades, mas que, contudo, possamos assegurar um meio ambiente saudável e não como de risco ou morte no trabalho. Espera-se que as considerações acima expostas tenham servido de estímulo para o abandono da análise meramente estática do direito ao meio ambiente do trabalho equilibrado, e, ao mesmo tempo, de incentivo à busca da sua efetivação, possibilitando a todos desfrutar de uma existência digna, com vida profissional qualitativamente melhor. Assim, o que se procura é implementar medidas para preservar e conservar aquele que produz todo trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Disponível em : < <http://www.anp.gov.br>> . Acesso em: 28 de janeiro de 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Disponível em: <[http://www.mp.mg.gov.br/procon/portaria 309](http://www.mp.mg.gov.br/procon/portaria%20309)> . Acesso em : 20 de novembro de 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Disponível em:< <http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 20 de novembro de 2002.

AKSOY, M. Malignancies due to occupational exposure to benzene. **American Journal Ind. Med.**, 7, p.395-402, 1985.

ALESSIO, L., MARONI, M., FORNI, A. Patologia da hidrocarburi aromatic; benzene. In: SARTORLLI, E. Trattati di Amedicina Del Lavoro. **Padova** (Piccin), v.1, p 520-46,1981.

ALVES, A. J. O planejamento de pesquisas qualitativas em educação. **Caderno de Pesquisa**, São Paulo, n.77, maio, 1991, p.53-61.

ASSIS,J.C. **Brasil 21**: Uma nova ética para o desenvolvimento. 6.ed. Rio de Janeiro: CREA-RJ,2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE BIOTECNOLOGIA. Disponível em: <<http://www.abrabi.org.br/noticias/noticia-07-257.htm>>. Acesso em 28 de janeiro de 2004.

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DE MEDICINA. In: JORNADA DE TOXICOLOGIA DA SOCIEDADE PAULISTA DE MEDICINA DO TRABALHO E DO DEPARTAMENTO DE MEDICINA DO TRABALHO, 1. **Anais...** São Paulo: APM, 2001.p.36.

ASTM D-6277, Test method for determination of benzene in spark-ignition engine fuels using mid infrared spectroscopy, 2002.

AZEVEDO,L. A. **Relatório parcial**: análise de risco ambiental. [s.l.]: HABTEC- Engenharia Sanitária e Ambiental, [s.d.].

BARBOSA, E. M. **Exposição ocupacional ao benzeno**: o ácido trans-trans mucônico como indicador biológico de exposição na indústria de refino de petróleo. 1997. Dissertação (Mestrado em Saúde pública). - Escola Nacional De Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 1997.

BENZENO: banco de dados. Disponível em :<http://www.quimica.ufpr.br/~ssta/benzeno.html>. Acesso em 25 de outubro de 2004.

BRASIL. Ministério da Previdência Social (MPS). **Benzenismo**: norma técnica sobre intoxicação ao benzeno. Brasília: MPS, INSS, 1993. 28 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Norma de vigilância da saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno**. Brasília, DF: MS, 2003. p. 30-43.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Acordo coletivo e regulamentações sobre a prevenção da exposição ocupacional ao benzeno**. São Paulo: MTE, 2001. p.23-24.

BRASIL. **Portaria No. 197**, de 28 de Dezembro de 1999. Estabelece as especificações de qualidade mínima a serem observadas para a comercialização de gasolina automotiva em todo território nacional e define as responsabilidades dos diversos agentes de cadeia logística. Lex: Coletânea de Legislação e Jurisprudência, São Paulo , v. 62, p. 1965

CARNEIRO,M.R, PINTO,L.F.R & PAUMGARTTEN, F.J.R. Fatores de risco ambientais para câncer gástrico: a visão do toxicologista. **Rev. Assoc. Méd. Bras.** São Paulo, 1997. v.13 suppl.1.

CARVALHO, G.C. **Química moderna**. São Paulo: Scipione, p.420-426,1997.

CLEARY, R.W. Hidrologia das águas subterrâneas. **Engenharia Hidrológica**,. São Paulo, v.2, 1989. pp 293-404. Coleção ABRH de Recursos Hídricos

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – MMA. 2000, Disponível em : <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>> .Acesso em : 20 julho 2004.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E ARQUITETURA /PA. **Síndrome do edifício doente**.Pará: CREA, 2000. Linha de Pesquisa iniciadas em 1996 no Núcleo de Medicina Tropical da UFPa., e em 2000 no CREA/PA. Disponível em: <[http://www.supriudad.com.br/assinantes/geraldoguimaraes/linhas\\_pesquisas.htm](http://www.supriudad.com.br/assinantes/geraldoguimaraes/linhas_pesquisas.htm)>Acesso em 01/10/2004

COSTA, M. F. B. **Estudo da aplicabilidade do ácido trans, trans-mucônico urinário como indicador biológico de exposição ao benzeno** Tese (Doutorado) - Escola Nacional de Saúde Pública, Rio de Janeiro;2001. 98p.

COSTA, M.F.B; COSTA, M. A. Exposição ocupacional a compostos orgânicos voláteis na indústria naval. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p.384-386, 2002.

COTTA, C. **Postos ameaçam o meio ambiente**. Net, Distrito Federal, nov. 2003. Acessória de comunicação da Universidade de Brasília. Disponível em: <<http://www.unb.br/acs/acsweb/pauta/combustivel.htm>> Acesso em: 08 nov. 2003.

CUNHA,S.B. ; GUERRA,A.J.T. (Org.). **Avaliação e perícia ambiental**. Rio de Janeiro: DFL, 2002.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO (Abril, 2004). p.34-37, 2004.

DÖBEREINER, C. **Gerenciamento Ambiental**. Disponível em:  
<<http://www.postoinfo.com.br/meioa04.htm>>. Acesso em: 10 setembro de 2004.

DURKHEIM, E. **Educação e Sociologia**. São Paulo: Melhoramentos, 1978, 77p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. **Carcinogenic effects of benzene: an update**. Washington, DC: Office of Research and Development, 1998. EPA/600/P-97/001F.

FEDERAÇÃO ÚNICA DOS PETROLEIROS-FUP. **Benzenismo**. Rio de Janeiro: Sindipetro-RJ/Secretarias de Saúde, Tecnologia e Meio Ambiente e de Imprensa e Divulgação sobre o benzeno, 1998.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE - FEEMA, Disponível em: <<http://www.feema.rj.gov.br/noticias.asp?chave=117>> Acesso em: 20 de fevereiro de 2004.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE - FEEMA, Disponível em: <<http://www.feema.rj.gov.br/noticias.asp?chave=68>> Acesso em: 16 julho de 2004.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE – FEEMA. **Inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos da região metropolitana do Rio de Janeiro**. Disponível em:

FUNDACENTRO. **Acordo e Legislação sobre o benzeno**. São Paulo, FUNDACENTRO, 2001, p.2-47.

GELBER, M.A. **Efeitos da intoxicação por benzeno no sistema auditivo**. 2000. 43p. Monografia (Pós- Graduação em Fonoaudiologia) - Centro de Especialização em Fonoaudiologia Clínica –Saúde do Trabalhador/CEFAC, [s.l.], 2000.

GIODA, A. & AQUINO NETO, F. R. Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil, **Química Nova**, [s.l.], v. 26, n. 3, p.359-365, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Problemas da Gestão Ambiental na Vida Real: A Experiência do Rio de Janeiro**. Disponível em : <<http://www.ipea.gov.br/pub/td/td0461.pdf>> Acesso em :30/09/2004

INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER, Disponível em:  
[http://www.inca.gov.br/rbc/n\\_50/v02/pdf/EVENTO](http://www.inca.gov.br/rbc/n_50/v02/pdf/EVENTO). Acesso em : 20 de setembro de 2004.

INTERNATIONAL PROGRAMMER ON CHEMICAL SAFETY – IPCS. **Assessing Human Health Risks of Chemicals: Derivation of Guidance Values for Health-based Exposure Limits. Environmental Health Criteria**, Geneva, n. 170, 73 p., 1994.

JOHNSON, P.C.; STANLEY, C.C; KEMBLOWSKI, M.w.; BYERS, D.L.; COLTHART, J.D. A Practical Approach to the Design, Operation and Monitoring of In Situ Soil-Venting Systems. **Groundwater Monitoring Review**, p.159-178, 1990.

KAJIHARA, H., FUSHIMI, A., NAKANISHI, J. Verification of the effect on risk due to reduction of benzene discharge. **Chemosphere** (Elsevier) 53, p.285–290, 2003

KAMRIN, M.A. **Handling and underground storage of fuels**. Disponível em:

KREAMER, DK.; STETZENABACH, K.J. Development of a Standard. Pure-Compound Base Gasoline Mixture for use as a Reference in Field and Laboratory Experiments. **Groundwater Monitoring Review**, p.135-145, 1999.

LABORATÓRIO DE SIMULAÇÃO NUMÉRICA EM MECÂNICA DOS FLUÍDOS E TRANSFERÊNCIA DE CALOR - SINMEC, 2004. Disponível em : < <http://www.sinmec.ufsc.br/sinmec/atividades/servicos/solo.html> > Acesso em 20/08/04.

LABORATÓRIO DE TOXICOLOGIA OCUPACIONAL - LATO FAFAR - UFMG. Disponível em :< [www.farmacia.ufmg.br/lato/downloads/benzeno\\_01.htm](http://www.farmacia.ufmg.br/lato/downloads/benzeno_01.htm)> . Acesso em: 20/08/04.

Lei, Disponível em :< [www.lei.adv.br/estadual02.htm](http://www.lei.adv.br/estadual02.htm)> . Acesso em: 20/07/04.

Lei,1992, Disponível em :< [www.lei.adv.br/209-92.htm](http://www.lei.adv.br/209-92.htm) > . Acesso em: 02/10/04.

LEITE, F.; BRICKUS, L. S. R.; COSTA, M. F. B.; MOREIRA, J. C.; AQUINO NETO, F. R. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND OCCUPATIONAL CANCER. **DEVELOPING COUNTRIES**, Rio de Janeiro, 1998.

LLORY,M. **Acidentes industriais**: o custo do silêncio: operadores privados da palavra executivos que não podem ser encontrados. Rio de Janeiro, 2001.

MALHEIROS,T.M.M.. **Direito & Legislação Ambiental**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 2004. Material didático do curso de Gestão Ambiental, Latec.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Norma de Vigilância da Saúde dos Trabalhadores expostos ao Benzeno. Brasília, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA, 1999) Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/> . Consultado em 20/07/2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA,2000). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/> . Consultado em 20/07/2004.

MITCHELL, JAMES K. **The long road to recovery**: community responses of industrial disaster. New York: The United Nations University, 1996.

NICKOL (2003). Disponível em: < [http://www.nickol-brasil.com.br/p\\_remed.htm](http://www.nickol-brasil.com.br/p_remed.htm) >. Acesso em: 25/08/2004.

ODERMATT, J.R.. Natural chromatographic separation of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (BTEX compounds) in a gasoline contaminated ground water aquifer. **Pergamon, Org. Geochem.** v. 21, n.. 10/11, p. 1141-1150, 1994.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). Disponível em : < <http://www.ilo.org/ilolex/spanish/convdisp1.htm>> . Acesso em 20/07/04.

PERUZZO,F.M.;CANTO, E.L. **Química na abordagem do cotidiano**. Moderna, São Paulo, p.304-307,2000. v..3,

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.-PETROBRAS,(2002). **Tecnologia**. Disponível em : < <http://www2.petrobras.com.br/tecnologia/portugues/gasolinaPodium>> Acesso em: 01/09/04.

PRESS RELEASES, (2000); Disponível em : < <http://europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=PRES/99/393> > . Acesso em 20/07/04.

REFAP, Disponível em : < <http://www.refap.com.br/gasolina.asp> > . Acesso em 20/07/04.

RICHARDSON, R.J & et al. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas,1999.

RUIZ, M.A. **Estudo morfológico da medula óssea em pacientes neutropênicos da indústria siderúrgica de Cubatão**.. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Médicas, Universidade de Campinas. Campinas, SP,1989

SANDRES,G.C. Contaminação dos solos e águas subterrâneas provocadas por vazamentos de gasolina nos postos de combustíveis devido à corrosão em tanques enterrados. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão pelo Meio Ambiente) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2004.

SISTEMA de Gestão Ambiental. **Ambiente Brasil**, 2004.. Disponível em : < <http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./gestao/index.html&conteudo=./gestao/sistema.html> .Acesso em : 01 de setembro de 2004.

SNYDER, R.; LEE, E.W.; KOCSIS, J.J. & WITMER, C.M. - Bone marrow depressant and leukemogenic actions of benzene. **Life Sci.**, n. 21, 1709-1721, 1977

TIGRE, P. B.; WANDERLEY, A.; FERRAZ, J.C.; RUSH, H. **Tecnologia e meio ambiente**: oportunidades para indústria. Rio de Janeiro: Instituto de Economia Industrial, UFRJ, 139p, 1994.

VIEGAS, C. **Trabadores são indicadores para a Saúde Pública**: Exclusivo, IG. Rio de Janeiro, fev 2004. Disponível em : <EcoAgência de Notícias – [www.Agirazul.com.br/fsm/\\_fsm/000001 ac.htm](http://www.Agirazul.com.br/fsm/_fsm/000001_ac.htm)>. Acesso em: 03 Fev. 2004.

WALLACE, L.E.; HARTWELL, T.D.; PERRITT, R.; ZIEGENFUS, R. Exposures to Benzene and Other Volatile Organic Compounds from Active and Passive Smoking. **Archives of Environmental Health**, v. 42, n. 5, pp. 272-279, 1987.

WUNSCH FILHO, VICTOR e MONCAU, JOSÉ EDUARDO. Mortalidade por câncer no Brasil 1980-1995: padrões regionais e tendências temporais. **Rev. Assoc. Med. Bras.** v.48, n.3, jul./set. 2002, [citado 20 Julho 2004], p.250-257. Disponível na World Wide Web: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-42302002000300040&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-42302002000300040&lng=pt&nrm=iso)>. ISSN 0104-4230. Acesso em : 20 de julho de 2004.

YUKIZAKI, S. Proteção Catódica, Católica ou Caótica. In: Congresso Brasileiro de Corrosão, 17. **Anais...** Rio de Janeiro: ABRACO, 1993. p.953-968, 1993.