**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE QUÍMICA**

**"BASES METODOLÓGICAS PARA ABORDAGEM DA
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO"**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

TEREZA CARLOTA PIRES NOVAES

**PROF. DR. LUIS ROBERTO DE M. PITOMBO
ORIENTADOR**

SÃO PAULO, 1992

"BASES METODOLÓGICAS PARA ABORDAGEM DA
EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO"

TEREZA CARLOTA PIRES NOVAES

Dissertação de Mestrado submetida ao
Instituto de Química da Universidade de São Paulo como
parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de
Mestre em Química Analítica.

Aprovado por:

Prof. Dr. Luiz Roberto de Moraes Pitombo
IQ-USP
(Orientador)

Profa. Dra. Nidia Franca Roque
IQ-USP

Prof. Dr. Henrique Vicente Della Rosa
FCF-USP

SÃO PAULO, SP

12 DE AGOSTO DE 1992

À memória de

ISAAC GUIMARÃES NOVAES, pai.

exemplo maior, na minha vida.

À

Maria Rosa, mãe
e
Maria Emília, tia.

Gustavo, Tiago, Natália, Tales
Felipe, Ana Paula e Victor, sobrinhos,
- "os lindos" -

Sônia, Isaac, Marisa e Carlos, irmãos,
mães e pais dos "lindos"

Marilda e Paulinho, os caçulas.

e

À todos os meus queridos amigos, médicos, terapeutas, vizinhos, colegas do trabalho e da Universidade; àqueles que, direta ou indiretamente, me auxiliaram na recuperação da saúde e na obtenção de condições de finalizar este estudo,

- a minha mais sincera e comovida gratidão.

APRESENTAÇÃO E AGRADECIMENTOS

Este estudo, originalmente, destinava-se a tratar a questão do benzeno de um ponto de vista restrito ao âmbito químico-analítico. Circunstâncias várias levaram-no a adquirir a presente configuração.

A decisão de abordar a problemática do benzeno no âmbito da interdisciplinaridade, devendo atender simultaneamente exigências acadêmicas individuais, aspectos intradisciplinares próprios e atuações interinstitucionais, tornou-se prática de difícil conciliação. Mas, evidenciar a necessidade desse encaminhamento mais amplo como condição básica de eficácia para as ações empreendidas em Química Analítica e Saúde Ocupacional, resultou num objetivo maior e veio constituir-se na tarefa principal deste estudo.

Esta escolha, de estrita responsabilidade pessoal, embasada com firmeza e apoio pelo orientador Prof. Dr. Luis Roberto de M. Pitombo, ao qual firmo meu agradecimento, coloca o limite individual deste trabalho, que relata práticas várias de um período aproximado de dez anos.

Cabe então, agradecer àqueles que compartilharam desta caminhada. Na impossibilidade de nominar a todos, quero firmar meu agradecimento geral aos que, de alguma forma, possam ter contribuído para a construção desta prática de trabalhos e deste estudo em particular. Especialmente, quero lembrar a participação de:

Dr. Koshiro Otani, médico responsável pela organização da equipe multidisciplinar constituída junto à Secretaria das Relações de Trabalho do Estado de São Paulo (SERT), no período de 1983 a 1985, de cuja atuação resultou parte dos trabalhos químico-analíticos descritos no Capítulo 3 deste estudo.

Marco Antonio Bussacos, estatístico da FUNDACENTRO, responsável pelo delineamento e análise estatística dos resultados analíticos.

Às colegas químicas, que participaram do programa de controle de qualidade interlaboratorial, cujos dados estão apresentados na tabela 7, deste estudo. Respectivamente:

- Dra Arline Sidnéia Abel Arcuri e Ana Maria Tibiriça, então, do Laboratório de Toxicologia da Subdivisão de Higiene do Trabalho do Serviço Social da Indústria, SESI, de São Paulo.

- Luzia de Freitas Souza e Rute Maria R. de Mello, do Laboratório de Controle de Alimentos- Seção de Toxicologia- Secretaria de Higiene da Prefeitura Municipal de São Paulo.

•Maria Lusia Rodrigues Pereira, do Setor de Laboratórios da FUNDACENTRO-São Paulo.

Aos colegas químicos (as) que participaram da primeira fase do programa de controle de qualidade interlaboratorial. Respectivamente:

•Terezinha T, Miyasawa, Secretaria de Higiene da Prefeitura Municipal de São Paulo.

•Marina Reine dos Santos, SESI, São Paulo.

•Maria de Fátima P. Sampaio Mota e Rosana Rosa, da Divisão de Química, do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo.

•Iracema Fagá, Roberta Dalle Olle e Alcides R. Martins do Setor de Laboratórios da FUNDACENTRO, S.P..

Ao colega Gerrit Gruenzner, pela participação e co-autoria nos trabalhos publicados em 1981 e 1982, e recuperados neste trabalho, para a análise evolutiva contida no Capítulo 3.

À Dra. Leda Leal Ferreira, Gilmar Trivelatto, Liège Ornellas de Carvalho e Dr. Sergio Massaro, pela indicação respectiva dos textos referenciados em VIGOTSKY, 1989; GARCIA,1986; MORIN, 1982; e KLOCKOW,1981; fundamentais para elaboração conceitual deste estudo.

Ao Prof. Dr. Etelvino Bechara e à colega Luisa M. Cardoso pela indicação de algumas bibliografias.

Aos Dr. Milton A. Ruiz, Dra Lia Giraldo da Silva Augusto e Dr José Tarcísio Buschinelli, pelo apoio nas questões da esfera médica, descritas no item 1.3.2, deste estudo.

À Dra. Iracema Fagá, chefe do Setor de Laboratórios da FUNDACENTRO, sob cuja chefia direta desenvolveram-se as práticas analíticas descritas no. 3 trabalho, Capítulo 3. Com sincero reconhecimento por sua amizade e firme apoio às minhas concepções, quando da minha atuação no Setor de Laboratórios.

Ao José Manoel O.G. Sotto, então, chefe da Divisão de Higiene do Trabalho da FUNDACENTRO, sob cuja chefia direta desenvolveram-se as práticas analíticas dos trabalhos publicados em 1981 e 1982.

À Dra. Leda Leal Ferreira, Dr. Eduardo Algranti, Neide Bocucci Freire e Marco Antonio Bussacos, da Divisão de Medicina do Trabalho da FUNDACENTRO; sob cujas chefias diretas, em períodos diferentes, foi finalizado este estudo.

Aos colegas Ronildo e Grícia, da FUNDACENTRO, pelo programa da figura nº1 e diagrama nº1, respectivamente.

Aos colegas Rosana, Maria Tereza, Creo, Yohana, Lúcio, Rafael e Paulo Barros pelo auxílio na digitação.

Ao Luiz Ramires, pela versão ao inglês, do resumo.

A Mansur e Eulina Lutif, amigos de caminhadas anteriores, pela leitura da versão do item 1.1 da Introdução.

Ao Dr. Antonio Ricardo Daltrini, do SESMT da FUNDACENTRO e Maria Teresa Ramos de Souza, do Setor de Ergonomia, pela firmeza e solidariedade em momentos onde houve necessidade.

Aos amigos Leda Leal Ferreira, Edson Sugano, Domingos Capobianco Neto, Noemia I. Iamamura, Arline S.A.Arcuri, Carlos Sérgio da Silva, Marco Antonio Bussacos e M. Angélica, pela amizade e carinho, quando, por conta de grave enfermidade, a finalização deste trabalho esteve pendente.

Às queridas amigas Leila Nadim Zidan, engenheira com quem iniciei a caminhada interdisciplinar em Saúde Ocupacional e Terezinha Brandão Machado, química, importante referência inicial nessa área.

R E S U M O

Determinou-se a análise dos teores de benzeno em 74 amostras de solventes orgânicos industriais e produtos formulados como thinners e produtos gráficos, em amostras coletadas orientadamente em oito estados do país, com a finalidade de obter dados sobre a exposição ocupacional de trabalhadores.

A análise conjunta dos resultados analíticos, das condições de trabalho encontradas e do mercado desses produtos, forneceu o subsídio técnico inicial para uma reflexão mais ampla de como atuar, via Química Analítica, em Saúde Ocupacional, garantindo critérios de confiabilidade analítica e eficácia para o objeto acerçado.

Do ponto de vista metodológico, a observação de confiabilidade analítica garante situar o trabalho no domínio químico-analítico e a eficácia alcança a natureza interdisciplinar em relação ao objeto em Saúde Ocupacional.

A seleção desses parâmetros e a observância constante de sua relação com o objeto investigado foi orientando os estudos e ações interdisciplinares e interinstitucionais descritas nos capítulos dois e três deste trabalho, que permitiram explicitar um quadro de elevada complexidade, referente à exposição ocupacional ao benzeno no país. Esse "Sistema Global Complexo" como o denominamos, é definido pelo modo de produção, distribuição e uso do benzeno e está representado em diagrama próprio.

Procura-se mostrar que as respostas às demandas químico-analíticas surgidas no interior desse sistema, exigem a "internalização" dos instrumentos específicos, para garantia simultânea de confiabilidade e eficácia. Foi preciso diferenciar e explicitar os principais sub-sistemas para evidenciar as relações e interdependências estruturais na utilização do benzeno, a fim de eliminar demandas inadequadas e acerrar variáveis e interferências a serem consideradas no domínio analítico.

Segue-se detalhando no âmbito da Química o sub-sistema "Indústrias Misturadoras de Solventes". Mostram-se as ações e os estudos químico-analíticos desenvolvidos para fiscalização dos teores de benzeno em

solventes e produtos formulados, regulamentados por portaria interministerial própria. Descreve-se o planejamento estatístico para coleta de amostras e a metodologia de análise dos teores de benzeno testada em caráter interlaboratorial.

Sugere-se a extensão dessa abordagem metodológica para estudo da exposição ocupacional a outros produtos químicos que venham definir quadros complexos.

A B S T R A C T

The presence of benzene has been assessed in 74 samples of industrial organic solvents and products formulated as thinners and graphic products, properly collected in 8 states of Brazil, with the purpose of acquiring data on occupational exposure by workers.

The analysis of the analytical results together with the labor conditions found and the market for these products, has provided the starting technical subsidies whose goal was a broader discussion on how to deal with Occupational Health, via Analytical Chemistry, in order to assure the criteria of analytical reliability and efficacy for the object approached.

From the point of view of methodology, the maintenance of analytical reliability criteria permits to place this work within the domain of Analytical Chemistry, and thus the efficacy as a parameter reaches the interdisciplinary nature relative to the object which is target of Occupational Health .

The selection of these instruments and the permanent observation of its relation towards the object researched has orientated the interdisciplinary and interinstitutional studies and actions described in chapters 2 and 3 of this work. They allow us to evolve a frame of high complexity, regarding the occupational exposure to benzene in Brazil. This "Global Complex System", as we call it, is defined by the way benzene is produced, distributed and used, which has been illustrated by means of a diagram.

The point we try to make, is that the answers to the demands faced by the analytical chemistry within this system, requires the "internalization" of specific instruments in order to ensure both reliability and efficacy. It was necessary to perform the differentiation and make explicit the main subsystems so that the structural relations and interdependence in the benzene use would become evident. Thus, inadequate demands would be put away and variables and interferences could be approached and analitically considered.

An effort is then made in order to detail, within the chemistry field, the subsystem called "Solvent Mixing Industry". Chemical analytical actions and studies are described as they have been developed to check the presence of benzene in solvents and formulated products. Such inspection is ruled by specific governmental by-laws. The statistical planning is then described, regarding the collection of samples and the methodology of analysis which was tested on an interlaboratorial level. It is suggested that this methodological approach could be extended to studies on occupational exposure to other chemical products which may give rise to other complex frameworks.

C O N T E Ú D O

1. INTRODUÇÃO	01
1.1. Benzeno: a proposição metodológica geral	01
1.2. Benzeno: uma abordagem química introdutória	09
1.3. Benzeno: a abordagem clínico-toxicológica	18
1.3.1. Considerações iniciais deste item	18
1.3.2. Principais efeitos sobre o organismo humano	19
1.3.3. Considerações sobre a biotransformação do benzeno	23
1.3.4. Sobre o uso do fenol urinário como indicador de exposição ao benzeno	24
1.3.5. Comentários finais deste item: uma argumentação metodológica e epistemológica	26
1.4. Benzeno: a linguagem normatizadora	29
1.5. Benzeno: uma abordagem das assessorias técnicas sindicais	33
1.6. Benzeno: parâmetros básicos da proposição metodológica específica	37
1.6.1. Um histórico inicial	37
1.6.2. O processo de seleção dos parâmetros específicos	38
2. BENZENO: A EXPLICITAÇÃO DO COMPLEXO	42
2.1. Uma história de caso: o marco interdisciplinar inicial	42
2.2. Desvendando o universo dos riscos	46
2.3. Um marco divisor de riscos: a Portaria Interministerial no. 3/82	54

2.4. A situação da exposição ao benzeno posteriormente à Portaria Interministerial no. 3/82	57
2.4.1. A necessidade de fiscalização	57
2.4.2. Um pouco sobre os principais grupos de risco	58
3. O DOMÍNIO ESPECÍFICO: O TRABALHO QUÍMICO-ANALÍTICO NUMA ABORDAGEM EVOLUTIVA	64
3.1. O primeiro trabalho: a revelação do quadro geral das exposições ao benzeno	64
3.1.1. Objetivos	64
3.1.2. Critérios para seleção e aquisição das amostras	65
3.1.3. Descrição do método de análise química	67
3.1.4. Resultados Obtidos	68
3.1.5. Discussão dos resultados do primeiro trabalho	70
3.1.5.1. Uma consideração sobre qualidade	70
3.1.5.2. Uma consideração sobre quantidade	71
3.1.5.3. Outras considerações sobre os resultados	71
3.2. O segundo trabalho: uma nova função para as determinações analíticas	75
3.2.1. Objetivos	75
3.2.2. Critérios estabelecidos para seleção das amostras	75
3.2.3. Resultados obtidos	76
3.2.4. Discussão dos resultados da Tabela no. 6	78
3.2.5. Considerações gerais sobre os resultados do segundo trabalho	79

3.2.6. Uma explicitação conceitual sobre o segundo trabalho	82
3.3. O terceiro trabalho: - a sequência evolutiva das determinações analíticas num exercício interdisciplinar	83
3.3.1. Um histórico inicial	83
3.3.2. Proposta de um plano de fiscalização de teores de benzeno em produtos formulados e solventes orgânicos industriais	84
3.3.3. Delineamento estatístico do programa de controle de qualidade interlaboratorial	85
3.3.4. Desenvolvimento da metodologia analítica no processo interlaboratorial	86
3.3.4.1. Considerações iniciais	86
3.3.4.2. Procedimentos básicos	87
3.3.4.2.1. Procedimentos da fase de identificação do benzeno (análise qualitativa)	87
3.3.4.2.2. Procedimento da fase de quantificação do benzeno	87
3.3.5. Resultados obtidos na aplicação do “Experimento de Delineamento Hierárquico” no programa de controle de qualidade interlaboratorial	89
3.3.6. Uma análise conceitual sobre o terceiro trabalho	91
4. PROPOSIÇÕES TEÓRICAS DA METODOLOGIA DE TRABALHO PARA ABORDAGEM DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO	92
4.1. Introdução	92
4.2. Pressupostos teóricos	93
4.3. Aplicação do modelo proposto ao estudo do benzeno	95

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
6. ANEXO 1	105
7. CURRICULUM VITAE	106

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1. Benzeno: a proposição metodológica geral

São hoje mais de 3.000 registros de casos de leucopenia e outras alterações hematológicas atribuídas à exposição ocupacional ao benzeno em trabalhadores brasileiros; vários casos fatais vêm sendo sistematicamente reportados, especialmente nos últimos anos. Em 1990, em dois meses, deu-se a morte de um operador de linha e de um médico do trabalho, por leucemia e anemia aplástica respectivamente, na Nitrocarbono - indústria de síntese localizada no pólo petroquímico de Camaçari, no estado da Bahia. Em 1991, deu-se uma morte por aplasia de medula na COSIPA (Companhia Siderúrgica Paulista) e outra por leucemia, na Petroquímica União, ambas no estado de São Paulo. Este quadro é considerado apenas parte da complexa realidade nacional a ser ainda desvelada (BRANDMILLER e cols., 1991).

A literatura científica brasileira registra publicações, alertando para o risco da exposição profissional ao benzeno desde os anos 40 (AZEVEDO, 1990; WAKAMATSU, 1976). No entanto, o registro dos agravos aos trabalhadores relacionados ao uso do produto no país, até meados dos anos 70 é pequeno (WAKAMATSU, 1976) e reflete quase exclusivamente esforços particulares de alguns pesquisadores.

No período compreendido entre 1976 e 1980, a informação médica disponível sobre os agravos praticamente se mantém, e, apesar da importância individual e histórica dos casos relatados, não se pode desenhar um quadro mais geral das exposições ocupacionais a partir deles. WAKAMATSU e FERNICOLA, em 1980, pronunciando-se sobre a casuística médica nacional obtida nessa data, afirmaram ser **"impossível formar uma idéia adequada sobre a ocorrência da exposição e sobre os caracteres epidemiológicos da casuística registrada"**.

Assim, em apenas uma década (1980 a 1990), os agravos à saúde atribuídos à exposição ocupacional ao benzeno, oficialmente documentados, passam de "alguns casos registrados" para os mais de 3.000 acima referidos.

- Desse modo, a primeira questão que se coloca neste trabalho, refere-se à indagação quanto à *natureza dos fatos, ações e instrumentos* que permitiram a revelação desse grave quadro ocupacional nesse espaço de 10 anos. Evidenciar algumas das contribuições pertinentes à Química Analítica no processo, é uma das proposições deste estudo.

- A segunda questão que queremos colocar está ligada à dimensão temporal do problema em investigação. Para tanto, seguimos buscando como se verifica a inserção do benzeno e de seus derivados no modo de produção nacional e internacional. Através de dados apresentados no item 1.2. deste trabalho, pode-se observar que o benzeno adentra profundamente o setor de produção industrial, *constituindo e condicionando* uma intrincada "rede" de produtos. Além disso, alguns de seus agravos à saúde podem manifestar-se tardiamente, vários anos após a exposição ocupacional. Dessa maneira, devemos estar preparados para agir sobre os sérios problemas decorrentes das exposições ocupacionais ao benzeno, *tanto as pregressas quanto as futuras*, certamente por muito tempo.

Encontramo-nos até aqui, diante de duas colocações gerais: - os agravos relativos ao uso do benzeno constituem-se mais propriamente num **processo em revelação** - e que essa problemática tem e terá duração.

Face a essa perspectiva, podemos então passar a formular a pergunta condutora central deste trabalho: (conforme terminologia corrente em Epistemologia; - GARCIA, 1986 e PIAGET E GARCIA, 1984).

- ***Quais são os instrumentos e atividades próprias à Química Analítica, que podem ser utilizados para melhor conhecer e prevenir os agravos relativos às exposições ocupacionais ao benzeno?***

Conhecer e prevenir os agravos relativos às exposições ocupacionais ao benzeno. Esta é a *pergunta condutora geral*, ou *marco epistêmico*, que orientará as questões a serem colocadas no nível específico da Química. Esta pergunta condutora propõe como referência inicial para a questão do benzeno, um *marco interdisciplinar* que aponta claramente para uma trajetória de *identificação e eliminação* dos agravos à saúde.

Pois, se é próprio à Saúde Ocupacional buscar o esclarecimento e a eliminação dos agravos decorrentes das condições de trabalho, é próprio à Química Analítica contribuir para identificar as exposições ocupacionais ao benzeno e suas condições. Tem-se assim, uma relação entre dois objetos disciplinares distintos. E, por essa relação dá-se a vinculação interdisciplinar que a pergunta condutora acima colocada propõe. Dessa forma, as ações no domínio específico (Química Analítica, seus instrumentos e atividades) são introduzidas já ao início dos trabalhos, "internalizadas" ao próprio objeto da Saúde Ocupacional, *via pergunta condutora*.

Esta é, para nós, a questão metodológica fundamental: - como vincular a prática operacional da Química Analítica à observância constante das relações entre a pergunta condutora que se define inicialmente e os objetos disciplinares em que se atua (Química Analítica e Saúde Ocupacional). Acreditamos que dessa proposição e do seu discernimento, decorre dinâmica operacional específica e, na essência, a própria trajetória dos trabalhos que se apresentam, guardados limites impostos pelo contexto inter e transdisciplinares.

Portanto, é com o foco de atenção no marco interdisciplinar que a pergunta condutora explicita, que se vai atuar no domínio específico.

- No domínio específico, interessa-nos verificar como e por que são acionados determinados instrumentos químico-analíticos e determinadas atividades. Porque essas (e não outras, se possíveis), e, qual a relação de pertinência que mantêm com a pergunta condutora. E, neste momento, cabe lembrar que estamos denominando por instrumentos e atividades próprias à Química Analítica não apenas a estrutura laboratorial, mas também os parâmetros químico-analíticos e suas respectivas metodologias de análise - e o suporte

conceitual que torna possível sua utilização em Saúde Ocupacional, via demandas químico-analíticas definidas.

Interessamo-nos assim, procurar entender as mediações multidisciplinares subjacentes à essas demandas analíticas, e verificar se essas demandas (e suas mediações) são adequadas para responder às proposições formuladas no âmbito da Saúde Ocupacional, contidas na pergunta condutora.

Retoma-se aqui, a questão da pergunta condutora e da relação entre seus objetos disciplinares (Química Analítica e Saúde Ocupacional). Essa insistência, sugerimos, encontra-se ligada à própria natureza do problema em investigação.

Pois, aos que se dispõem adentrar a problemática ocupacional do benzeno, delineia-se um quadro multifacetado e complexo, onde se situam diferentes fenômenos, com dinâmicas distintas e muitas vezes conflitantes.

Nesse sentido, "ater-se ao objeto da própria disciplina (**Química Analítica**) num domínio onde os objetos são múltiplos (**Saúde Ocupacional**), por uma via multidisciplinar, constitui problema metodológico e epistemológico central, para o qual são difíceis as soluções de consenso".

Esta citação é de GOLDBERG, 1990; que no original relaciona objetos da Epidemiologia e Saúde Pública , respectivamente onde relacionamos Química Analítica e Saúde Ocupacional.

•Conscientes das dificuldades do tratamento de tais questões, tentamos com este estudo, mostrar a constituição de uma prática de trabalhos que abriu a possibilidade dessas reflexões. Assim, nos capítulos 1 e 2, procuramos mostrar a sequência das ações, dos trabalhos químico-analíticos e dos fatos sociais a eles relacionados, que possibilitaram fazer emergir, já em 1981, o "**Sistema Global Complexo**" - denominação que estamos atribuindo neste trabalho ao - *entorno espacial onde se localiza a problemática ocupacional do benzeno no país*. Ainda no capítulo 2, procura-se também indicar como o resultado de análises cromatográficas dos teores de benzeno em 74 amostras de solventes industriais e produtos formulados, coletados sob orientação direcionada à pergunta condutora já referida, permitiram explicitar características particulares de um mercado de produtos muito diversificado e disperso, gerador de elevado

risco nas exposições ocupacionais decorrentes. O delineamento do mecanismo da produção industrial e a dinâmica da distribuição e uso desses produtos, tornam claros a impossibilidade de controle das exposições ocupacionais ao benzeno nesse setor. Em decorrência, esses estudos passam a embasar tecnicamente a proposta que culmina com a publicação da Portaria Interministerial nº. 3, de 28 de abril de 1992, que proíbe a utilização do benzeno como constituinte de produtos formulados, a partir desta data - (vide integral da portaria, página 55).

Ainda no capítulo 2, por ilustração dos diagramas de nºs. 1 e 2, mostra-se o processo evolutivo que essa regulamentação setorial do benzeno representa para o *"Sistema Global Complexo"*. Ao mesmo tempo que se verifica importante simplificação no quadro geral das exposições ocupacionais, passam a ser necessárias ações interdisciplinares de nível mais elevado para vigilância do atendimento da nova regulamentação legal e para seguimento de outros grupos de risco, tornados assim melhor diferenciados no contexto geral do sistema e prioritários para investigação e controle.

No capítulo 3, tratamos das questões afetas ao domínio químico-analítico restrito. Seleccionamos para estudo o sub-sistema ***"Indústrias Misturadoras de Solventes"***, principal setor do mercado responsável pela fabricação e comércio de produtos formulados, regulamentados pela citada Portaria Interministerial nº. 3. Retomamos nossos dois primeiros trabalhos, referentes à análise de teores de benzeno em produtos formulados, para ressaltar seus aspectos químicos específicos e evidenciar a integração das novas atividades analíticas descritas nesse capítulo, às ações analíticas anteriores. Mostra-se assim, a constituição de uma prática de trabalhos com o benzeno que define uma trajetória contínua e evolutiva no domínio intradisciplinar, e que mantém metodologicamente a vinculação com a problemática multidisciplinar inicial.

Procura-se mostrar como a introdução da Portaria Interministerial nº. 3, (- que restringe a presença do benzeno e produtos formulados) ***cria novas funções*** para os instrumentos químico-analíticos utilizados anteriormente, ao mesmo tempo que ***amplia e define novas relações interdisciplinares***. Porque as dosagens dos teores de benzeno nos produtos formulados serão realizadas, tanto quanto anteriormente, para explicitarem possíveis exposições ao produto; - mas agora, e principalmente, procurar-se-á verificar o atendimento da restrição

legal em vigor, e investigar as novas implicações ao campo da Química Analítica e da Saúde Ocupacional que essa restrição traz.

Dessa forma **é necessário redirecionar funcionalmente, instrumentos e atividades analíticas**, ao novo contexto das exposições ocupacionais, como condição de exercício interdisciplinar em bases eficazes e analiticamente confiáveis. Metodologicamente, o que se verifica é a mudança na relação (e no próprio alcance) entre os objetos da Química Analítica e da Saúde Ocupacional, quando referidos à problemática em análise.

É preciso muita atenção às modificações como as produzidas pela Portaria Interministerial nº. 3. Proposta por ação federal, essa legislação produz significativas reformulações de mercado e de composição de produtos, a nível nacional, - o que caracteriza modificações transdisciplinares - ao âmbito do sistema em estudo. Ultrapassa portanto, a esfera das ações intra e interdisciplinares pertinentes à Química Analítica e Saúde Ocupacional, respectivamente.

Em situações como essas, reafirma-se a importância da observação à pergunta condutora inicial, para orientação da nova trajetória dos trabalhos específicos, que serão necessários, ante as reformulações ocorridas. Para não se decidir por novas orientações de trabalhos que venham representar trajetórias evolutivas apenas no campo disciplinar próprio. O que poderia ocorrer, no caso estudado, pela opção de trabalhos analíticos centrados apenas no aperfeiçoamento da técnica de análise, como é freqüente ocorrer. Por exemplo, passar do trabalho de análises cromatográficas dos teores de benzeno em colunas recheadas para colunas capilares e daí para a associação da técnica de cromatografia com espectrometria de massas, etc.. Sem dúvida ter-se-ia alcançado evolução intradisciplinar plena da técnica de análise química, se fosse o caso de assim proceder.

No entanto, essa estratégia, no caso presente, revelava-se insuficiente para dar respostas adequadas às questões intra e interdisciplinares que se tornaram relevantes pela modificação transdisciplinar introduzida via Portaria Interministerial no sub-sistema estudado. A estrita observância à pergunta condutora inicial e a dinâmica própria das situações reais das exposições ocupacionais estudadas é que permitiriam apontar a necessidade de outros direcionamentos metodológicos mais adequados e pertinentes para a obtenção

simultânea de **confiabilidade analítica e de eficácia** no exercício das novas ações intra e interdisciplinares que desenvolvemos. Um tratamento estatístico mais complexo para as novas amostragens; organização de programa de controle de qualidade interlaboratorial para metodologia de análise básica desenvolvida anteriormente; estudo detalhado do modo de produção e comércio do benzeno e dos produtos formulados; utilização de bases conceituais novas em Química Analítica, etc.; - práticas de trabalho que foram sendo introduzidas conforme sua necessidade concreta se revelava.

•Do ponto de vista metodológico e conceitual - e tomando por base, proposições de ALMEIDA FILHO, 1989 e ALMEIDA FILHO, 1990, referentes ao objeto da Epidemiologia e Saúde Pública - a prática descrita para o objeto da Química Analítica, no capítulo 3, permite identificá-lo, (acreditamos), como *intermediário* - no sentido de mediação - do objeto da Saúde Ocupacional. Ainda, o condicionamento de eficácia das ações no nível específico - parâmetro utilizado para orientar o exercício da mediação interdisciplinar em proposição - permite evidenciar a modificação que ocorre no próprio "modo de operacionalização" das demandas químico-analíticas exercidas, quando comparadas às situações tradicionais. Aqui, as ações no âmbito disciplinar específico, praticamente emergem "internalizadas" ao sub- sistema em estudo. Como correlato dessa abordagem, no final do capítulo 3, estendemos brevemente essa análise para o atual "modo de operacionalização" das demandas químico-analíticas em Saúde Pública - na situação atual, hegemonicamente estruturadas em laboratórios de prestação de serviços (públicos ou privados) - no sentido de ressaltar reformulações necessárias para viabilizar trabalhos segundo a lógica evolutiva e "internalizada" que aqui descrevemos.

No capítulo 4, apresentamos uma síntese dessas considerações conceituais, que entendemos tê-las extraído do contexto real onde se deram as experiências descritas. Essa explicitação conceitual parece-nos amoldar-se aos pressupostos epistemológicos que vêm sendo propostos para abordagem de problemas multidisciplinares, pelos estudiosos dos sistemas complexos. Ainda que se trate de uma primeira tentativa, decidimos apresentá-la por acreditarmos que a ausência de estudos teóricos nessa área tem dificultado o melhor

aproveitamento de experiências construtivas, como algumas que vivenciamos em relação ao benzeno.

GARCIA, 1986, no texto "Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos", no qual apoiamos boa parte de nossas considerações teóricas, propõe o processo duplo de **"diferenciação - integração"** como procedimento metodológico central para a análise de sistemas complexos. Concordes com tal proposição, ao longo deste estudo procuramos mostrar que a seleção dos instrumentos próprios da nossa disciplina deve dar-se principalmente por um processo de diferenciação do problema mais global. Para isso é preciso conhecer aspectos básicos de outras disciplinas, que compõem questões paradigmáticas que sustentam e explicam inter-relações no sistema. Essas questões não podem ser tratadas como questões "interiores" ao estudo disciplinar específico, sob risco de se incorrer em generalidades e/ou adentrar-se esferas de atuação que não são pertinentes. Mas, apenas elas explicam a necessidade da abordagem sistêmica para a problemática do benzeno, ao evidenciarem a amplitude e a complexidade das situações reais que se apresentam. Tratamos pois, de apresentá-las sinteticamente neste capítulo introdutório, antes da apresentação do ítem 1.6., referente a questões próprias à Química Analítica. E é o que passamos a fazer.

1.2. Benzeno: uma abordagem química introdutória

O benzeno é um líquido incolor, volátil, inflamável, de odor aromático aceito como agradável, perceptível ao olfato à concentrações da ordem de 12 p.p.m. É pouco solúvel em água (1,8 g/l à 25°C), mas é miscível à maioria dos solventes orgânicos, e à óleos minerais, vegetais e animais. É também um excelente solvente de ceras, gorduras, resinas, cânfora, borracha, etc. Apresenta como principais propriedades físicas: (INRS, 1989).

Massa molar:	78,11
Ponto de fusão:	5,5°C
Ponto de ebulição:	80,1°C (760 mm/Hg)
Densidade (D_4^{20})	0,8787
Densidade de vapor (ar = 1):	2,7
Limites de explosividade:	(% em volume de ar)
Limite inferior:	1,2%
Limite superior:	8,0%
Temperatura de auto-inflamação:	538°C

Isolado por Faraday em 1825 na fração de óleos leves resultante da destilação do carvão mineral, foi sintetizado a partir do acetileno por Berthelot em 1866 (BOWDITCH e col., 1939). Sua produção industrial, iniciada em 1849, a partir do carvão mineral, nas usinas siderúrgicas, representou até meados deste século sua principal fonte de produção. A partir de 1941 passa a ser produzido de matérias primas originárias do petróleo nas refinarias e indústrias petroquímicas de primeira geração. Seguindo tendência internacional, no Brasil, esses processos representam hoje sua principal fonte de produção. (BRASIL, (MEIQ), 1984).

O benzeno é uma das substâncias produzidas em maior quantidade no mundo. Sua produção mundial anual, estimada em 15,5 milhões de toneladas conforme MALTONI e col, 1980 vem mantendo crescimento constante. Os principais produtores são os Estados Unidos, o Japão e a Europa Ocidental.

No Brasil, a produção do benzeno adquire significância a partir da instalação dos primeiros parques siderúrgicos e petroquímicos no país, a partir do final da década de 50 e início dos anos 60. A tabela nº01, a seguir, mostra a evolução dos dados da produção, consumo aparente, importação e exportação do benzeno no país.

TABELA nº 01 - EVOLUÇÃO DO CONSUMO APARENTE, DA PRODUÇÃO, IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO DE BENZENO NO BRASIL

Ano	Consumo Aparente (Ton)	Produção (Ton)	Importação (Ton)	Exportação (Ton)	Variação de Preços Médios 1983=100
1960	5.720	5.720	20	0	-
1970	25.357	21.600	3.757	0	-
1980	335.225	308.528	26.717	20	-
1981	274.796	316.644	0	41.848	-
1982	349.486	357.889	0	8.289	-
1983	366.733	435.769	0	69.036	100
1984	403.980	489.969	0	85.989	87
1985	422.285	514.870	0	92.827	91
1986	462.268	524.095	0	61.827	70
1987	506.023	601.657	0	95.633	71
1988	512.816	590.152	0	77.336	69
1989	547.746	596.368	0	48.600	64
1990	?	605.695	0	60.425	?

Fontes: Anuário da indústria química brasileira - ABIQUIM -1987,1988,1990, 1991.

Verifica-se por essa tabela um acentuado crescimento da produção nacional de 1960 a 1980, principalmente em função da instalação de polos petroquímicos no país, a partir da década de 70. A produção nacional continua crescendo, e, segundo os últimos dados disponíveis atingiu a produção de 605.695 toneladas/ano, para uma capacidade total instalada de 659.455 toneladas/ano em 1990 (ABIQUIM, 1991). De país importador, até os anos 80, o Brasil passou a exportador, conforme se verifica nessa tabela, ocorrendo paralelamente uma significativa queda no preço médio real, quando comparado relativamente ao ano de 1983.

A produção do benzeno no Brasil encontra-se concentrada em grandes centros de produção petroquímicos ou siderúrgicos. As refinarias de petróleo e indústrias petroquímicas são responsáveis por cerca de 95% dessa produção, sendo o benzeno obtido em processos nomeados por "reforma catalítica dos destilados de petróleo", nas refinarias e por "pirólise da nafta e hidrodealquilação do tolueno" nas centrais petroquímicas.

O restante da produção nacional (cerca de 5%) é obtido nas usinas siderúrgicas como subproduto, pela destilação da fração de óleos leves de alcatrão, (B.T.X. - benzeno, tolueno e xileno), produzida pela pirólise do carvão mineral, nas coquearias (BRASIL, MEIQ, 1984).

A Tabela nº 02 indica a localização dos principais produtores do benzeno no Brasil, sua capacidade instalada em 1990, e a origem da produção.

TABELA nº 02 - PRODUÇÃO DE BENZENO NO BRASIL - CAPACIDADE TOTAL INSTALADA EM 1990

Empresa	Localização (Cidade/Estado)	Capacidade Instalada (Toneladas)	Origem
COPENE- Petroquímica do Nordeste	Camaçari-BA	222.000	Petróleo (≅ 95%)
COPEL	Triunfo-RS	190.000	
PETROQUÍMICA UNIÃO	Capuava-SP	170.000	
PETROBRÁS- Refinaria Pres. Bernardes	Cubatão-SP	38.000	
USIMINAS	Ipatinga-MG	15.192	Carvão Mineral (≅5%)
AÇOMINAS	Ouro-Branco-MG	9.960	
EMCA(1)- Empresa Carioca de Produtos Químicos	São Caetano-SP	6.000	
C.S.N. Companhia Siderúrgica Nacional	Volta Redonda-RJ	4.983	
COSIPA-Companhia Siderúrgica Paulista	Cubatão -SP	3.320	
Total		659.455	

1) Não informou dados de produção à fonte de dados citada, em 1990; também é imprecisa a informação relacionada à origem (vide texto).

Fonte: Anuário da indústria química brasileira, ABIQUIM, 1991.

Consideramos a tabela nº 02 auto explicativa com relação às fontes de produção de benzeno no Brasil. Cabe entretanto uma consideração em relação à EMCA - Empresa Carioca de Produtos Químicos. Os anuários da ABIQUIM, que estamos utilizando como fonte principal de dados nestas tabelas, desde 1987 relacionam essa empresa como "produtora" de benzeno para fins "multipropósito". No entanto, consulta a outra fonte indica tratar-se mais propriamente de uma indústria de transformação, cuja principal produção é o dodecilbenzeno (Química e Derivados, nº. 256, Setembro, 1988). Ao que tudo indica (e não conseguimos

confirmar com precisão a informação) ela adquire a fração de óleos leves de alcatrão, o BTX (benzeno, tolueno e xilenos) de outras fontes siderúrgicas e procede sua destilação, obtendo assim o benzeno para os fins de "multipropósito" citados.

Para considerações de saúde ocupacional, mais do que volume de produção, **interessa saber com exatidão o destino da produção nacional do benzeno**. Segundo ABIQUIM, (1990), do total do benzeno produzido no país em 1989, 82,98% destinaram-se ao consumo nacional, 15,88% dirigiu-se à exportação e 1,14% permaneceram em "estoque". Seguindo uma tendência internacional, a indústria de transformação (química e petroquímica) é a principal destinatária da produção total do benzeno. Assim, em 1989, do total de benzeno consumido no Brasil, 94,58% foi utilizado por esse setor industrial como matéria prima para síntese de produtos petroquímicos básicos (etilbenzeno, cumeno, caprolactama, alquilbenzeno linear e anidrido maleico). Esses produtos, por sua vez tornam-se intermediários de novas sínteses químicas, **constituindo e condicionando** uma intrincada rede de produção industrial como plásticos, resinas, elástomeros, tintas e pesticidas, entre outros, com profundo enraizamento no modo de produção industrial e no mercado consumidor (ABIQUIM, 1990; NOVAES, 1983). Na figura 01, agrupamos os principais derivados (e seus subprodutos), obtidos a partir do benzeno nas indústrias de transformação em processos que envolvem síntese químicas (KIRK OTHMER, 1978).

Fig nº1: Principais derivados do benzeno (e seus sub-produtos)
obtidos nas indústrias de transformação química e petroquímicas

a) A notação indica novos derivados ou manufatura diferente

b) Fonte: KIRK OTHMER – Encyclopedia of Chemical Technology, 1978

Os restantes 5,42% do benzeno consumidos nacionalmente em 1989, assumem na fonte de dados consultada a designação genérica de "outras destinações" (ABIQUIM, 1990). Apesar de uma certa imprecisão nos dados, sabe-se que a maior parte é destinada para o mercado produtor de álcool anidro, utilizado nacionalmente adicionado à gasolina, como combustível. O restante tem destinação menos precisa, sendo consumida como solvente em processos industriais específicos e em laboratórios de ensino e pesquisas (BRANDIMILLER e cols., 1991, NOVAES, 1983). Do ponto de vista de Saúde Ocupacional, essas destinações devem ser rigorosamente restringidas, conforme já ocorre com a proibição de uso do benzeno em misturas de solventes e em produtos formulados desde 1982, conforme passamos a descrever.

Anteriormente ao desenvolvimento da indústria de sínteses químicas, o benzeno foi intensivamente utilizado nas indústrias de borracha e pneus, colas e adesivos, couro e calçados, gráfica, tinta e vernizes, ceras e gorduras, diluentes e dissolventes industriais e de uso doméstico, etc., graças às suas já referidas propriedades de solvência e volatilidade. Esse tipo de destinação altamente pulverizada e difusa do benzeno acabaria por atingir uma quantidade muito grande de população exposta, incluindo trabalhadores e população em geral (OIT, 1968), (NOVAES e col, 1981). O registro de longa casuística médica, dando conta de efeitos tóxicos fatais atribuídos à exposição ao benzeno nesse tipo de atividade, ao que indica a literatura internacional, teve início em 1897 no relato de alterações hematológicas de trabalhadores numa fábrica de bicicletas na Suécia (SANTESSON, 1897). Face ao amplo uso nas atividades acima citadas na primeira metade do século, novos casos foram sendo descritos conforme aponta casuística médica compilada por WAKAMATSU, 1976.

Com o advento da indústria petroquímica e o desenvolvimento de novos produtos, vai diminuindo a necessidade do uso do benzeno nessas atividades, ao mesmo tempo em que demandas para processos tecnológicos de síntese química nas indústrias de transformação vão surgindo, modificando radicalmente o perfil da utilização industrial do benzeno. Assim, em 1971 foi possível a Organização Internacional do Trabalho (OIT), na Convenção nº. 136, sugerir a "Recomendação de nº144 sobre a proteção contra os riscos da intoxicação por benzeno". Esses instrumentos prevêm a extinção do emprego de benzeno como constituinte de produtos formulados, e como solvente, prevendo sua presença apenas como impureza, numa concentração máxima de 1% em

volume. No Brasil, o trabalho de NOVAES e col. em 1981, forneceu subsídios técnicos que mostraram a presença e a distribuição nacional do benzeno nos produtos formulados e nos solventes orgânicos industriais nessa data. Frente a uma mobilização ampla de vários setores nacionais, o Brasil adotou norma, expressa na Portaria Interministerial nº. 3, de 28 de abril de 1982, dos Ministérios da Saúde e do Trabalho, proibindo o uso do benzeno em produtos formulados (NOVAES e col., 1982). No capítulo 2, item 2.2. deste trabalho, relata-se em detalhe essa experiência.

Atualmente, há fortes evidências de que a utilização de benzeno em produtos formulados colocados diretamente no comércio de varejo encontra-se bastante reduzida (NOVAES, 1988). O mesmo não se pode dizer do uso industrial direto desses produtos, e no capítulo 3 deste trabalho detalhamos a proposta técnica para vigilância de fraude, da Portaria Interministerial. Do ponto de vista de saúde ocupacional, essas destinações são consideradas as de maior dificuldade de controle, porque não podem ser conhecidas a priori, devido ao atual modo de produção e comércio dos produtos formulados e solventes industriais no país (vide detalhamento no capítulo 2). Portanto devem seguir rigidamente **proibidas e fiscalizadas**.

Também é importante notar, que medidas restritivas ao uso do benzeno nesse setor do mercado, por ação da Portaria Interministerial nº 3, foram introduzidas com certa facilidade e rapidez em 1982, recebendo inclusive apoio de parte do setor industrial atingido (vide integral da Portaria, pg. 55). Esse dado dá conta de que, provavelmente, outras necessárias substituições do benzeno podem não ser tão problemáticas quanto se poderia supor inicialmente.

Colocamos esta questão, porque do ponto de vista de saúde, todos os trabalhadores expostos a benzeno, em função de seu já comprovado efeito cancerígeno (veja item 1.3), devem ser sistematicamente acompanhados. No reforço de uma concepção sistêmica é necessário reduzir ao mínimo possível o número de trabalhadores expostos, como condição de garantia de exequibilidade dos programas de saúde. Tecnicamente, a utilização do benzeno atualmente só se justifica nos citados setores de produção e transformação (e talvez em algumas atividades, restritas a laboratórios de pesquisas e controle de qualidade) (NOVAES, 1988 e FUNDACENTRO, 1988).

Como comentário final deste item, queremos ressaltar as dificuldades encontradas para obtenção de dados precisos de produção e principalmente de destino do benzeno no Brasil. Fontes oficiais importantes como a referenciada em BRASIL, MEIQ, 1984, deixaram de publicar os dados nos últimos anos por desativação do setor. Mesmos os dados da ABIQUIM, sobre os quais montou-se a tabela nº 1, de dados de produção, mostram-se incompletos no ano de 1990. Também pode haver uma grande variabilidade quando se muda a fonte de consulta.

Neste item, onde concentramos os dados referentes à produção e consumo, mantivemos a fonte ABIQUIM, porque seus dados coincidem com os dados do MEIQ, (até onde foram publicados) que é uma fonte de dados oficial. No entanto nos diagramas nº 1 e 2 localizados no capítulo 2 deste trabalho, os dados de produção citados para os anos de 1981 e 1982, são bastante diferentes em relação aos dados da tabela nº1 apresentada neste item, porque a fonte então consultada foi o Anuário Brasileiro de Tintas e Vernizes.

Pela importância histórica daquela informação, e pelo fato da discrepância não prejudicar as análises que se faz sobre eles, mantivemos no capítulo 2, a informação original. No entanto, para a Saúde Pública, são essenciais informações de produção e destino mais rigorosas, e não se pode mais aceitar informações imprecisas de produção, ou informações genéricas (multipropósitos) ou ausência de informações oficiais.

Essas questões apoiam diretamente objetos específicos da Saúde Ocupacional e da Química Analítica, e, se não estão resolvidas, dificultam e retardam (quando não inviabilizam) ações de controle de saúde. Mostra-se aqui este aspecto multidisciplinar a ser resolvido em outras áreas, mas que é de importância fundamental na questão atual do benzeno.

1.3. Benzeno: Uma abordagem Clínico-Toxicológica

1.3.1. Considerações iniciais deste item

É reportado pela literatura médica que a primeira descrição de agravos atribuídos à exposição ocupacional ao benzeno, foi observada por SANTESSON, em 1897 na Suécia, que descreveu quatro casos fatais entre nove mulheres que trabalhavam numa fábrica, utilizando benzeno como solvente na manufatura de pneus de bicicleta (SANTESSON, 1897).

Ainda que haja certa imprecisão diagnóstica, referente ao caso (MENDES, 1987), as mortes são atribuídas à *anemia aplástica*.

Data também de 1897 a primeira descrição de um possível caso de *leucemia*, relacionado ao benzeno (LE NOIRE, 1897). Em 1928, DELORE e BORGOMANO descrevem um caso de *leucemia* aguda onde a associação ao benzeno é devidamente comprovada.

O primeiro registro da *ação leucopênica* do benzeno deve-se à SELLING, em 1910, nos Estados Unidos. Esse autor descreve "três casos de leucopenia com intensa redução dos leucócitos granulares, causados pela aplasia da medula óssea" entre operárias que utilizavam benzeno como solvente de borracha, numa fábrica de conservas. (apud: HUNTER, 1971).

Desde então, **e já se passou quase um século**, inúmeros casos e estudos epidemiológicos associando agravos às exposições ocupacionais ao benzeno, vêm sendo registrados. Em nosso país, como já citamos na introdução, os casos registrados de agravos contam-se aos milhares, em especial àqueles referentes às alterações hematológicas caracterizadas como "leucopenia" e "neutropenia" persistentes (AUGUSTO, 1991; RUIZ, 1989 E COSIPA, 1985).

E existem grupos de risco constituídos por trabalhadores de indústrias de transformação, do setor de produção de álcool anidro e de empreiteiras contratadas para serviços de manutenção nos setores de produção do benzeno sobre os quais as informações acerca das exposições e agravos são escassas ou inexistentes (BRANDIMILLER e cols, 1991, FUNDACENTRO, 1988, NOVAES, 1988; NOVAES, 1983).

Na perspectiva de uma análise multidisciplinar dos agravos decorrentes do uso do benzeno no trabalho, uma questão deve ser inicialmente diferenciada: o benzeno manifesta seus efeitos porque adentra o organismo humano, pela via respiratória ou pela pele, é absorvido, distribuído e biotransformado. Nesse processo, adquire a condição de exercer os seus efeitos deletérios. Assim, cabe lembrar que **há agravo** fundamentalmente porque **há exposição ao produto** uma vez que a força da associação causal entre exposição e agravos, no caso do benzeno, é hoje irrefutável. Nesse sentido, num contexto integrado de saúde ocupacional, deve-se buscar **prioritariamente** as reduções de uso do benzeno e as eliminações das exposições. E essas atribuições, tanto a nível corretivo como preventivo, situam-se em campos disciplinares não médicos. Cabe então associá-las ao objetivo básico da saúde ocupacional, de garantia da preservação da saúde no trabalho, via prática inter e transdisciplinares, como única forma de obter efetividade das ações empreendidas. Essa colocação é feita já inicialmente porque há urgência em retirar da área médica questões mais apropriadamente solúveis em outras instâncias. Assim caberá à área médica e toxicológica, o papel de aprofundar as complexas questões que lhe são afetas.

1.3.2. Principais efeitos sobre o organismo humano.

A ação do benzeno no organismo humano, tem sido com frequência classificada como "insidiosa". Essa classificação deve-se à inespecificidade, variabilidade e gravidade de seus efeitos. É dado como comprovado o seu efeito cancerígeno, embasado em vasta documentação de estudos epidemiológicos, em especial, referentes à ocorrência de leucemias em trabalhadores expostos.

Os quadros clínicos classificados na literatura médica genericamente como "intoxicação por exposição crônica ao benzeno", ou "benzolismo" ou mais recentemente como "benzenismo", referem-se basicamente aos efeitos tóxicos sobre o sistema formador de sangue (principalmente medula óssea), devido às exposições ocupacionais ao produto. As lesões resultantes dessas exposições, nas suas expressões mais graves, podem levar às aplasias medulares ou às leucemias. As leucemias são quase sempre fatais e as aplasias revelam altas taxas de letalidade.

•As aplasias medulares são doenças onde ocorre redução parcial ou total das células hematopoiéticas (formadoras de sangue), com substituição por tecido gorduroso no tecido hematopoiético, provocando diminuição drástica (depressão celular), ou mesmo a cessação da formação dos diferentes elementos constituintes do sangue periférico (WILLIAMS e cols., 1990). Podem envolver reduções quantitativas das três linhagens de células sanguíneas, constituindo as chamadas "citopenias" (cito = célula; penia = pobreza) correspondentes : **série branca** - glóbulos brancos - **leucopenia**; **série vermelha** - glóbulos vermelhos - **anemia** e **série plaquetária** - plaquetas - **plaquetopenia**.

Podem ainda ocorrerem as citopenias combinadas (bicitopenia e pancitopenia) quando há diminuição dos componentes de duas ou três séries sanguíneas. O termo "**anemia aplástica**" é outra designação encontrada para a **pancitopenia**.

•Ainda que aos estágios mais avançados das aplasias medulares corresponda um quadro comum de depressão celular no sangue periférico, verifica-se intermediariamente aos quadros de elevada gravidade, uma grande variedade de alterações hematológicas qualitativas e quantitativas nos quadros clínicos dos trabalhadores expostos ao benzeno. RUIZ, 1987, compilou as principais alterações hematológicas verificadas no sangue periférico atribuídas ao benzeno, em estudos nacionais e internacionais, quais sejam: **série branca**: (leucopenia, neutropenia, linfocitopenia, leucocitose, neutrofilia, eosinofilia, monocitose e linfocitose); -**série vermelha**: (anemia, macrocitose, eritroblastos, pontilhados basófilos e policromasia) - **série plaquetária**: (trombocitopenia ou plaquetopenia e macroplaquetas). Dentre essas alterações hematológicas, o aumento do volume corpuscular médio (V.C.M. ou macrocitose) e a diminuição de linfócitos (linfocitopenia) vem sendo apontadas como alterações precoces da toxicidade benzênica, no que coincidem indicações de sua valorização, os estudos de GOLDSTEIN, 1986, e RUIZ, 1989.

A ação do benzeno sobre a medula óssea, determina lesão central, que é responsável pelas alterações no sangue periférico. A conduta clínica atual (1992) indica valorizar as alterações hematológicas qualitativas e quantitativas que ocorrem nos trabalhadores presumivelmente expostos e considerá-las sinais hematológicos de efeito da exposição ao benzeno.

Nos estudos hematológicos sistemáticos, conduzidos por RUIZ, 1989, RUIZ e cols., 1991 e AUGUSTO, 1991, nos trabalhadores de Cubatão, no Estado de São Paulo, a "leucopenia por neutropenia" tem sido, o sinal de efeito observado com a mais elevada frequência entre os trabalhadores expostos ao benzeno. AUGUSTO, 1991, fez o segmento por 5 anos de trabalhadores portadores de neutropenia persistente e estudou a medula óssea desses trabalhadores, a maioria dos quais, cerca de 80%, pertenciam ao ramo da construção civil, sendo empregados para executarem serviços de manutenção e montagem industrial na área da siderurgia.

De 57 trabalhadores que tiveram suas medulas ósseas analisadas, 98,6% tinham lesões medulares. Após 5 anos de afastamento do risco, 52% dos casos alterados tiveram reversão do quadro hematológico periférico. Ainda que esse importante achado reforce com clareza a necessidade do afastamento do local do trabalho para a recuperação da saúde do trabalhador atingido, "a normalização dos níveis hematimétricos não significa - "estado de cura" -, não se podendo excluir a possibilidade de evolução para o agravamento, com manifestação de hemopatias malignas ou aplasias medulares tardias". (AUGUSTO, 1991).

Em 1985, os "Estudos epidemiológicos e das alterações hematológicas dos trabalhadores da Companhia Siderúrgica Paulista (COSIPA)", em Cubatão, Estado de São Paulo, realizado por grupo de trabalho constituído pela empresa para estudo da leucopenia, registram a investigação sistemática conduzida entre os trabalhadores da usina siderúrgica e no ambiente; indicam a extensão da ocorrência das principais alterações hematológicas encontradas (leucopenia e neutropenia) e os setores de maior incidência. Os estudos apontaram, na época, toda a usina como área de risco, atribuindo a ocorrência da epidemia principalmente à presença de benzeno no gás de coqueria (COSIPA, 1985). Vide também a respeito o item 1.6. deste capítulo.

•As leucemias, constituem o outro tipo de doença reconhecida com maior frequência entre os trabalhadores expostos ao benzeno. De prognóstico quase sempre fatal, "as leucemias são doenças decorrentes de proliferação anormal e incontrolada de uma célula ou grupo de células primitivas que se

acumulam na medula óssea, suprimindo a produção e o funcionamento normal do tecido hematopoietico" (WILLIAMS e cols, 1990).

A classificação das leucemias depende do tipo de célula envolvida (AZEVEDO, 1990). "Embora as leucemias atribuídas à exposição ao benzeno possam ser de qualquer tipo, as mais frequentemente observadas são as agudas. Muitos desses casos têm leucopenia ou podem mostrar moderada leucocitose, com pequena porcentagem de células imaturas no sangue periférico. Muito frequentemente a leucemia se desenvolve em sujeitos com anemia ou pancitopenia induzida pelo benzeno, de mais ou menos longa evolução, e constitui o estágio final da doença. A leucemia pode tornar-se aparente apenas poucas semanas antes da morte. A leucemia pode surgir ao mesmo tempo ou logo depois de cessada a exposição..." (AUGUSTO, 1991). Também pode surgir muitos anos após cessada a exposição. FORNI e cols, 1974, relataram um caso de leucemia em uma mulher que teve anemia devido à exposição ao benzeno, em 1957, e desenvolveu leucemia aguda em 1972, tendo nesse período de 14 anos, contagem de glóbulos sanguíneos normais. A paciente morreu 5 meses após o diagnóstico de leucemia (apud AUGUSTO, 1991).

Além das alterações sobre o sistema formador de sangue descritas, o benzeno exerce seus efeitos sobre outros sistemas, como o sistema endocrinológico, imunológico e sistema nervoso central. São relatadas também alterações citogenéticas (AUGUSTO, 1991 e AZEVEDO, 1990). Como resultante, poderá ocorrer manifestações clínicas indicativas desses efeitos, tais como: astenia, irritabilidade, cefaléia (dor de cabeça), alteração de memória, dificuldade de atenção, concentração, inteligência, além de infecções frequentes. Tanto a inespecificidade desses efeitos, como o menor conhecimento científico de que se dispõe sobre esses, dificultam sua utilização pela clínica médica, nos casos de diagnósticos da intoxicação pelo benzeno.

O efeito cancerígeno do benzeno, evidenciado pelos vários estudos epidemiológicos de incidência de leucemias ocupacionais, remete a uma análise particular. Desde 1977, a IARC, Agência Internacional de Pesquisa em Câncer, considera o benzeno "elemento com evidências suficientes de exercer efeito cancerígeno na espécie humana" (IARC 1979). Os processos cancerígenos, como mostram os estudos referentes à elucidação dos mecanismos de carcinogênese química, diferem de outros tipos de efeitos tóxicos, por sua **irreversibilidade** e pelo "fato de poderem originar-se de uma simples célula" (AUGUSTO, 1991).

Desse modo, para a análise de saúde ocupacional, qualquer exposição ao benzeno, independentemente de nível, constitui risco de incidência de câncer ocupacional. O limite técnico dessa afirmação, leva à exigência da "não-exposição" ocupacional, como garantia da saúde no trabalho. Assim, tornam-se cada vez mais evidentes as contradições do atual "modelo" de saúde ocupacional, que adota limites de exposição mesmo para substâncias com comprovado efeito cancerígeno. Em relação ao benzeno, entre nós, esse aspecto já fôra claramente abordado em 1980, por WAKAMATSU e FERNÍCOLA, que assim se expressaram: *"Ademais, o benzeno pode provocar reações hiperplásticas da medula óssea, que conduzem à leucemia, constituindo-se, igualmente, achado de importância recentemente valorizada, a presença de elevadas taxas de alterações cromossômicas entre os trabalhadores expostos. Aliás estas observações estão levando à revisão dos 'limites de tolerância' adotadas para o benzeno, dada sua ação cancerígena. Como tal, nenhuma exposição deveria ser admitida"*.

1.3.3. Considerações sobre a biotransformação do benzeno

O benzeno é introduzido no organismo humano principalmente pela via respiratória, podendo também penetrar pela pele; a maior parte é então absorvida nos pulmões, atingindo a corrente sanguínea, indo distribuir-se principalmente nos tecidos com alto teor de lipídeos. Nos órgãos, tende a atingir principalmente o fígado, baço e medula óssea.

Sua biotransformação ocorre principalmente no fígado, mas pode ocorrer também nos microsomos da medula óssea. No fígado, por via de uma série de processos oxidativos, o benzeno, muito possivelmente, é transformado em benzeno epóxido, intermediário instável que dá origem a metabolitos como o fenol, catecol, hidroquinona, ácido fenil-mercaptúrico e ácido mucônico, entre outros formados em menor quantidade. O fenol, catecol e hidroquinona passam por processos de conjugação, sendo eliminados pela urina na forma de sulfatos e glicuronatos (CARDEAL, 1988, MORAES, 1987 e WAKAMATSU, 1976).

Esse é um mecanismo básico, que apresentamos aqui simplificadaamente. Persistem ainda muitas dúvidas sobre o processo completo de biotransformação e sobre quais compostos são os responsáveis pelos efeitos

mielotóxicos e carcinogênicos do benzeno. Alguns autores vêm apontando o benzeno-epóxido como principal responsável por esses efeitos, devido à sua capacidade de ligação a constituinte celulares como DNA e proteínas (LAUWERYS, 1983).

Outros autores propõem via metabólica distinta para a hidroxilação do benzeno, envolvendo mecanismo de radicais livres. Sugerem a formação do radical hidroxíciclohexadienil, como intermediário da formação do fenol e também como precursor da formação de bifenila, que seria então, outro metabólito do benzeno (JOHANSSON e col, 1983; HALLIWELL e col, 1989 e INGELMAN-SUNDBERG e col, 1982). Alguns autores são enfáticos em sugerir que esse radical intermediário é o responsável por efeitos tóxicos e por ligações covalentes com macromoléculas, na biotransformação do benzeno (JOHANSSON e col, 1983).

Estudos realizados por KAWANISHI e cols, 1989 e PELLACK-WALKER e cols, 1986, sugerem investigar a formação dos metabólitos secundários como 1,2,4 trihidroxibenzeno e 1,4 benzoquinona, por envolverem mecanismos de auto-oxidação e radicais livres, resultando em danos ao DNA e provável participação no processo cancerígeno do benzeno.

Outra linha de estudos, aponta a interferência do tolueno e etanol na excreção de metabólitos do benzeno (INOUE e cols, 1988), substâncias essas frequentemente associadas à exposição ocupacional ao benzeno no Brasil. (NOVAES e col., 1981).

Essas linhas de argumentação sugerem a complexidade das questões referentes à biotransformação do benzeno. Apesar de ser uma das substâncias mais estudadas no mundo do ponto de vista de sua toxicidade, questões básicas relacionadas ao comportamento do benzeno no organismo humano, permanecem não esclarecidas.

1.3.4. Sobre o uso do fenol urinário como indicador de exposição a benzeno

O fenol, principal metabólito do benzeno, vem sendo utilizado como "indicador biológico de exposição", por apresentar correlação com a concentração

ambiental em exposições mais elevadas de benzeno. Apesar da importância histórica dessa utilização inclusive no Brasil, mais recentemente, alguns autores vem relatando argumentações importantes, desfavoráveis ao seu uso como instrumento básico de vigilância de riscos. Essas argumentações referem-se basicamente a dois aspectos: - o fenol urinário, é apenas um indicador de exposição do trabalhador ao benzeno, não tendo isoladamente, nenhum significado clínico direto, em relação a possíveis efeitos tóxicos. Ademais, sua utilização nessa situação como indicador de exposição, pode sugerir questionamentos éticos. A outra linha de argumentação, indica que a correlação com a concentração ambiental não se mantém para valores mais baixos de exposição (DRUMOND, 1988; LAUWERYS, 1983).

Outra limitação, diz respeito à ambiguidade da comparação do valor encontrado para o fenol urinário e sua comparação com valores "normais" padronizados. A legislação brasileira admite como valor de referência para normalidade 30 mg/l. Conforme expresso por TIBIRIÇÁ e ARCURI (1991) *"este dado (30 mg/l) provavelmente foi baseado nos trabalhos de Walkey e Pagnotto (1961), onde este valor de normalidade para o fenol é obtido como média de resultados entre 15- 50 mg/l, sendo as análises de fenol urinário realizadas pela técnica de espectrofotometria"*. Atualmente, são poucos os laboratórios que ainda usam essa técnica de análise, face aos avanços verificados com a introdução da cromatografia gasosa e cromatografia líquida nas dosagem de fenol. Essas técnicas mais recentes, eliminam interferências que a espectrofotometria não o faz, conduzindo dessa forma ao encontro de "valores de normalidade" para o fenol urinário, significativamente mais baixos, enquanto ainda vigora legalmente o valor de 30 mg/l. A esse respeito, WAKAMATSU e FERNÍCOLA já em 1980, assim se expressaram: *"... a faixa de normalidade para este exame (fenol urinário), embora varie de autor para autor, pode ser situada abaixo de 10 mg de fenol/litro de urina, sendo que concentrações acima deste valor, seriam indicativas de exposição ao benzeno. Quanto ao impasse da normalidade, a solução mais prática seria definir a eliminação 'basal' ou 'normal' de cada trabalhador antes da exposição e compará-la com os valores obtidos no controle periódico instituído"* (grifos e aspas intercaladas originais).

Sob o aspecto químico-analítico propriamente dito, há que considerar que vários pesquisadores brasileiros firmaram contribuições importantes na análise de fenol urinário. Desde os pioneiros trabalhos de Terezinha Brandão

Machado nos laboratórios de química e toxicologia do SESI, em São Paulo, com a técnica de espectroscopia ao final dos anos 60, há que citar os trabalhos mais recentes de ANAMI e MARTINS, (1985) e de CARDEAL, (1988), referentes à avanços na metodologia de análise do fenol por cromatografia gasosa. O amplo programa de controle interlaboratorial de qualidade de análise de fenol urinário conduzido na FUNDACENTRO desde 1987, sobrepassa em importância a questão do fenol urinário em si, pelos avanços que possibilita nas discussões mais gerais sobre a problemática do controle de qualidade laboratorial, na área de "prestação de serviços" em saúde pública. As bases metodológicas desse programa podem ser encontradas na referência TIBIRIÇÁ e cols, 1990.

Frente à problemática do fenol urinário sugerimos um deslocamento gradativo da importância atribuída e dos esforços hoje ainda concentrados no fenol urinário, para a pesquisa de indicadores de efeito propriamente dito. Assim, a análise de fenol urinário seria indicada para casos particulares de esclarecimentos de exposições excessivas, quando de interesse da área médica. Atualmente há autores indicando uma possível formação de bifenila como metabolito do benzeno, envolvendo formação de radicais livres, o que teria grande importância para a compreensão do efeito cancerígeno do benzeno (vide referências no item anterior, 1.3.3..) Também vem sendo sugerida a análise de aberração cromossômica como indicador de efeito genotóxico da exposição crônica ao benzeno, por pesquisadores brasileiros (RIBEIRO, 1991). São questões importantes a serem aprofundadas.

1.3.5. Comentários finais deste item: Uma argumentação metodológica e epistemológica

Verifica-se nos últimos anos, uma intensificação de esforços no sentido de se buscar uma reformulação de estratégias metodológicas em saúde ocupacional. É consensual que o avanço dos conhecimentos no nível específico das disciplinas (nível intradisciplinar) não é suficiente para garantir sua aplicação, e assim conduzir à práticas de prevenção e controle. A problemática dos agravos atribuídos às exposições ao benzeno, conhecida há quase um século, e não resolvida, é um bom exemplo dessa afirmação. Também é consensual, (na saúde ocupacional), que se deva conduzir os trabalhos numa direção multidisciplinar,

adequando os diferentes instrumentos específicos a marcos conceituais e teóricos assumidos em comum acordo (GARCIA, 1986). Mas, no caso do benzeno, e, tomando por base as exposições que fizemos no item anterior (1.2.) e neste item (1.3.), acreditamos que há um passo **epistemológico** a ser dado. É necessário trazer para o âmbito da saúde, o referencial central da problemática do benzeno, que, hoje a nosso ver, encontra-se subordinado às áreas tecnológica e econômica.

A operacionalização dessa mudança de referencial, implica em trazer para a nossa prática, no momento da seleção das perguntas condutoras e do planejamento dos trabalhos, a possibilidade do "olhar transdisciplinar", - como o estamos denominando neste trabalho. A transdisciplinaridade, como a conceitua MORIN (1982), reporta-se diretamente ao paradigma, no sentido geral que lhe atribui Thomas Kuhn em seu livro "A estrutura das revoluções científicas". Para Kuhn, o desenvolvimento da ciência não se efetua por acumulação dos conhecimentos, mas por transformação dos princípios que organizam o conhecimento. Assim, abrir o olhar para o transdisciplinar, implica criarmos nos âmbitos intra e interdisciplinares a possibilidade de evidenciar a transposição paradigmática, quando ela se faz necessária, para a solução dos problemas estudados.

Isso não significa que nós, químicos, médicos e toxicologistas, tenhamos que sair da nossa área para produzir conhecimentos na sociologia, ou na economia, por exemplo. Ao contrário, comporta a difícil tarefa de adequar as estratégias e os instrumentos disciplinares específicos, a uma prática que possa levar a evidenciar no real, onde é que se localizam as necessárias ações transdisciplinares que conduzirão às soluções dos problemas.

Quando a solução de um problema no âmbito da saúde, só comporta solução num nível transdisciplinar, as ações, obviamente não poderão ser conduzidas por mediações com instrumentos exclusivos dessa área. Mas o seu discernimento epistemológico torna-se necessário para evitar algumas inversões que hoje se configuram na área de saúde ocupacional. Face às dificuldades de operacionalizar ações de nível transdisciplinar (ou seja, de alcance superior ao permitido nos níveis intra e interdisciplinares) colocam-se instrumentos da área médica, da toxicologia e da química analítica, para mediar questões mais complexas, às quais os instrumentos não se aplicam ou não são suficientes. No caso do benzeno, talvez o exemplo mais marcante atualmente, refere-se "ao que

fazer" com os milhares de trabalhadores portadores de leucopenia e neutropenia persistentes, em plena força produtiva, muitos já afastados há alguns anos do trabalho. Essa questão, que exige a abordagem e ações que transcendem o próprio âmbito da saúde ocupacional, encontra-se hoje mediada praticamente por instrumentos da área médica e da química analítica (hemograma e avaliações ambientais de benzeno respectivamente). Inversão epistemológica básica, que se reverte na prática em incontáveis conflitos e sofrimento humano.

1.4. Benzeno : a linguagem normatizadora

São três os parâmetros existentes hoje (1992) na legislação brasileira, que regulamentam as exposições ocupacionais ao benzeno no país, quais sejam:

- Limite de Tolerância Ambiental - (L.T.A.)
- Limite máximo de 1% de benzeno, em volume, para produtos formulados
- Limite de tolerância biológico (fenol urinário)

Esses limites, introduzidos respectivamente em 1978, 1982 e 1983, representam regulamentações quantitativas em relação ao trabalho com benzeno. No entanto, o risco referente ao trabalho com benzeno já era reconhecido qualitativamente no Brasil desde 1932. Nesse ano, introduziu-se a primeira regulamentação restritiva ao trabalho com benzeno no país, pela proibição da exposição de mulheres ao produto: "Quadro A, referente ao artigo 5º, alínea B, do Decreto Nº. 21417 de 17 de maio de 1932".

Em 1939, a Portaria Ministerial Nº. SCm, 51, de 13 de abril de 1939, do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, relacionou o benzeno no quadro de atividades industriais para os quais se atribuía um adicional de insalubridade. A vinculação do valor do adicional de insalubridade ao salário mínimo, que persiste até hoje, tem origem quando do enquadramento dessa Portaria, no artigo 187 da C.L.T. (Consolidação das Leis do Trabalho) em 1943, com a seguinte redação:

"São consideradas indústrias insalubres, enquanto não se verificar haverem delas sido inteiramente eliminadas as causas de insalubridade, as que, capazes, por sua própria natureza, ou pelo método de trabalho, de produzir doenças, infecções ou intoxicações, constam dos quadros aprovados pelo Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio.

Parágrafo 1º. - A insalubridade, segundo o caso, poder ser eliminada: pelo tempo limitado de exposição ao tóxico (gases, poeiras, vapores, fumaças nocivas e análogos); pela utilização de processos, métodos ou disposições especiais, que neutralizem ou removam as condições de insalubridade, ou ainda

pela adoção de medidas, gerais ou individuais, capazes de defender e proteger a saúde do trabalhador.

Parágrafo 2o. - A qualificação de insalubridade aplica-se somente às secções e locais atingidos pelos trabalhos e operações enumerados nos quadros a que se refere o presente artigo".

Em 1943, estendeu-se a restrição ao trabalho com benzeno aos menores, incluindo também a restrição aos homólogos e derivados (NOVAES, 1981 e DIESAT, 1989).

Assim, de 1932 até 1977, a legislação brasileira já reconhecia qualitativamente a existência de riscos em algumas ocupações, atividades e processos industriais com uso de benzeno e estabelecia algumas restrições de uso que alcançava mulheres e menores. Ainda que essa lei nem sempre fosse cumprida. (NOVAES, 1981 e MORRONE, 1974).

Em 1978, a legislação brasileira, seguindo uma tendência internacional, introduz a Portaria 3.214 de 08 de junho de 1978 que regulamenta a Lei 6.514 de 22 de dezembro 1977. Esta portaria, na sua Norma Regulamentadora nº 15, Anexo 11, relaciona uma lista de aproximadamente 145 substâncias químicas cujas concentrações ambientais deverão obedecer parâmetros quantitativos - os "limites de tolerância ambientais" - (L.T.A.), entre os quais encontra-se o benzeno. O adicional de insalubridade passa também a depender de avaliação quantitativa para sua atribuição, permanecendo apenas no Anexo 13 da Norma Regulamentadora nº. 15, uma relação de atividades às quais se atribui insalubridade por inspeção qualitativa do ambiente de trabalho.

É importante notar que essa legislação ao estipular parâmetros quantitativos para os contaminantes químicos ambientais, introduz demandas amplas por trabalhos químico-analíticos na área de saúde ocupacional. Até então, o trabalho de químicos nessa área restringia-se a situações isoladas e pioneiras, como por exemplo o trabalho de químicos (as), do Laboratório da Subdivisão de Higiene e Segurança Industrial do SESI-SP.

Em seguida passamos a definir, na forma precisa como surgem nos textos legais os parâmetros quantitativos referidos inicialmente.

Limite de Tolerância Ambiental (L.T.A.):

Introduzido em 1978, o limite de tolerância ambiental é definido na legislação brasileira, como "a 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**". (Portaria 3214, de 8/6/78, NR. 15).

O valor estabelecido para o benzeno é de 8 ppm, para jornadas de 48h. É estabelecido também o valor máximo, correspondente a 2 vezes o Limite de Tolerância, (portanto 16 ppm no caso do benzeno), que se ultrapassado, define situações de risco grave e iminente para a saúde do indivíduo exposto. Assim, pela lei brasileira, as concentrações ambientais de benzeno, desde 1978, estão, por força da lei, impedidas de ultrapassarem esse valor.

Limite máximo de 1% de benzeno (em volume) para produtos formulados:

Em 28 de abril de 1982, através da Portaria nº. 3 dos Ministérios da Saúde e Trabalho é assinado o texto, no qual através do Artigo 1º. resolve-se:

"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" (vide íntegra da Portaria na fig. 2, Capítulo 2).

A publicação dessa Portaria representa um marco legal significativo, por tratar-se até então da única medida restritiva nesse mercado. Essa Portaria segue a orientação da recomendação nº 144 da OIT, como já citado no item 1.2., e detalhado no Capítulo 2 deste trabalho.

Limite de Tolerância Biológico (fenol urinário):

Introduzido em 1983, o limite de tolerância biológico é definido como "a *alteração e/ou concentração máxima que não pode ser ultrapassada, de uma*

substância endógena no organismo, cuja determinação se faz nos fluídos biológicos, tecidos, ar exalado, quando da avaliação da intensidade da exposição ocupacional a agentes químicos". (Portaria nº. 12 de 06 de junho de 1983, que dá nova redação às Normas Regulamentadoras da Portaria 3.214 - NR-7, Anexo 02).

Segundo essa portaria a análise de fenol na urina é indicada como índice biológico de exposição ao benzeno, sendo o valor de 50 mg de fenol por litro, estabelecido como limite de tolerância para trabalhadores expostos. A legislação ainda indica o valor de 30 mg de fenol por litro de urina como "valor normal."

O texto legal não relaciona nenhuma informação referente ao horário de coleta, método de análise ou correção de resultados de urina (vide comentário específico no item 1.3.4.).

Os três parâmetros quantitativos acima descritos, reportam-se diretamente a trabalhos químico-analíticos, e, por esse motivo, especificamos sua introdução na legislação do país, e os termos precisos de suas definições. A discussão das limitações do modelo ao qual essa legislação se reporta, além das aqui mencionadas, encontra-se descrita ao longo do texto. Para completar o quadro da legislação atual existente sobre o benzeno, citamos em seguida aquelas mais significativas e de maior abrangência, referentes à área médica e previdenciária:

- A partir de 1985, surgem no Estado de São Paulo, portarias específicas referentes à adoção de critérios para caracterização de "leucopenia" e dos procedimentos médicos e previdenciários para atendimento dos trabalhadores afetados por alterações hematológicas decorrentes da exposição ao benzeno. Essa legislação específica encontra-se englobada atualmente nas circulares nº. 297/87 do INAMPS e 03/87 do INPS. No item (1.5.) deste trabalho, apresentamos algumas situações do contexto histórico-social que deu surgimento à essa legislação específica.

No momento da redação deste trabalho (1992) encontra-se atuando junto à Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo, grupo de trabalho interinstitucional com objetivo de redigir norma técnica específica regulamentando os aspectos preventivos, médicos e previdenciários, relacionados ao benzeno.

1.5. Benzeno: uma abordagem das assessorias técnicas sindicais

O DIESAT, Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho, foi fundado em 1979, como órgão de assessoria sindical nas questões relativas à Saúde e Trabalho. Na sua publicação: "Insalubridade: Morte Lenta no Trabalho", (DIESAT, 1989), dedica um capítulo à descrição do histórico das ações sindicais na questão das leucopenias atribuídas à exposição ao benzeno, na COSIPA (Companhia Siderúrgica Paulista). Dessa descrição ressaltamos alguns trechos que entendemos representativos de uma problemática vinculada a exposição ocupacional ao benzeno e *relatada do ponto de vista das assessorias diretas dos trabalhadores*. A autorização e os critérios para reprodução de trechos dessa obra encontram-se citados na contracapa de publicação.

"O Sindicato levantou o problema da leucopenia pela primeira vez em 1983, quando tentava repensar as atividades do ambulatório de saúde ocupacional. A assessoria de saúde e a diretoria do Sindicato consideraram insuficiente o trabalho de conscientização de trabalhadores realizado pelo ambulatório. O Sindicato resolveu então levantar os riscos causados pelas más condições de trabalho na usina e estudar soluções.*

*"Nessa época, o Sindicato teve acesso a levantamento da FUNDACENTRO** em 3.000 postos de trabalho na usina para análise de exposição a calor, ruído e produtos químicos. A FUNDACENTRO considerou 'descontrolada' a exposição ao benzeno na coqueria, e o Sindicato concentrou esforços para detectar alterações hematológicas nos operários do setor. A COSIPA pediu à FUNDACENTRO mapeamento de áreas insalubres em 1981, após ter expandido suas unidades industriais para eventualmente deixar de pagar o adicional de insalubridade em áreas com boas condições ambientais. O tiro saiu pela culatra. Um acordo entre COSIPA e Sindicato determinava que os levantamentos ambientais deveriam ter acompanhamento do Sindicato. Para*

* Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias Metalúrgicas, Mecânicas e de Material Elétrico de Santos, Cubatão, São Vicente e Guarujá-STIMMES. (Nota da autora)

** FUNDACENTRO-Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, São Paulo. (Nota da autora)

validar o levantamento, o Sindicato exigiu cópia do laudo para o estudo, descobrindo o descontrole do benzeno.

"O Sindicato usou o boletim 'O Metalúrgico' e boletins especiais para ajudar a mobilizar os cosipanos, mas Uriel Villas Boas, diretor do sindicato, diz que a mobilização deu-se muito mais no 'boca a boca'. A notícia da contaminação por benzeno espalhou-se por toda a usina e trabalhadores de diversas unidades compareceram voluntariamente para exame hematológico, o que permitiu ao serviço médico do Sindicato constatar a generalização do problema na COSIPA.

"A revolta dos trabalhadores cresceu a ponto de, em 23 de junho de 1984, marcarem greve para 02 de julho de 1984, caso a direção da COSIPA não elaborasse um projeto de reforma para eliminação de vazamentos na usina. O ultimato seria dado à diretoria da usina em reunião marcada para 27 de junho, antecipada de um dia a pedido de Almir Pazzianoto, então secretário Estadual do Trabalho.

"O Sindicato baseou suas reivindicações em laudo elaborado pela Secretaria do Trabalho que recomendava diminuição da exposição diária (o que não foi feito), eliminação dos vazamentos e, a longo prazo, modernização da coqueria e da unidade produtora de benzeno. Os trabalhadores, em assembléia dia 31 de junho aceitaram 'em parte' a proposta da COSIPA, de reforma da coqueria em quatro meses, e marcaram concentração em frente à gerência da coqueria.

"Nessa época, o ambulatório do Sindicato já havia identificado 83 trabalhadores com leucopenia, entre 450 examinados. Destes, 68 estavam sob cuidados médicos do Sindicato, sendo 49 da coqueria, 11 da manutenção e 08 de outras áreas. Os 15 operários restantes não haviam ainda comparecido ao Sindicato para tratamento. A COSIPA só sabia de 25 casos, com afastamento de poucos trabalhadores.

"A leucopenia tornou-se sinônimo de morte entre muitos trabalhadores da COSIPA.

"O drama da leucopenia afetou profundamente os familiares de cosipanos. A mulher de um operário, ao saber que o marido era portador de leucopenia, planejou colocar fogo na casa e matar-se junto com toda a família. Ela acabou internada em clínica psiquiátrica.

"Detectada a alta incidência de leucopenia na COSIPA, o Sindicato começou a lutar para que o INAMPS (Instituto Nacional de Assistência Médica e Previdência Social), caracterizasse a leucopenia como doença profissional, até então considerada apenas pelo INPS (Instituto Nacional de Previdência Social) - para afastamento previdenciário. Com isso, os leucopênicos deveriam ser afastados recebendo apenas auxílio-doença do INPS, sem direito ao auxílio acidentário".

Na sequência do relato, são também apontadas várias modificações no cenário político institucional e historiadas as mobilizações sindicais que facilitaram a formação de comissões interinstitucionais pioneiras para estudo da leucopenia. Do trabalho dessas comissões são citadas algumas regulamentações importantes, como por exemplo, aquelas referentes à definição de critérios de afastamentos dos trabalhadores afetados que vigoram ainda hoje (1992) no Estado de São Paulo. Segue-se também um relato sobre os efeitos da exposição ao benzeno, intercalados com 'falas' de trabalhadores sobre as situações decorrentes das exposições, das quais seguimos relatando alguns trechos:

"A contagem do número de leucócitos e outras células da série branca, como os neutrófilos, permite a detecção da leucopenia, doença para a qual não há tratamento medicamentoso... Os sintomas clínicos iniciais da leucopenia são muitos genéricos, como dor de cabeça, cansaço, 'fraqueza' nas pernas, falta de apetite e irritabilidade. Zé, soldador e leucopênico, reclama que 'levanta da cama e às nove horas já estou cansado. Acabo de almoçar, já vou pro sofá com os olhos fechando'.

"A rotina de afastamento atualmente válida considera leucopênicos os trabalhadores com número menor ou igual a 4.000 leucócitos e ou 2.000 neutrófilos e suspeitos de leucopenia os trabalhadores com número entre 4.001 a 5.000 leucócitos e ou 2.001 a 2.500 neutrófilos. Os suspeitos são afastados por 120 dias, com acompanhamento mensal do quadro hematológico e só retornam à fábrica quando voltam aos padrões de normalidade. Os leucopênicos são encaminhados ao C.R.P. - Centro de Reabilitação Profissional - do INPS, mas não recebem treinamento por não haver local salubre na COSIPA para seu retorno."

O relato historia resumidamente a sequência de ações e estudos técnicos que permitiram em 1988 **estimar em 2.100 o número de trabalhadores afastados com leucopenia, dentre os aproximadamente 22.000 funcionários.**

Essa extensão da leucopenia, caracterizada já em 1985 por estudo epidemiológico (COSIPA, 1985) é atribuída à simplificação de processos operacionais quando houve ampliação da coqueria, para aumento da produção de aço, a partir de 1976. Essa questão é assim relatada:

"O aumento da exposição ao benzeno, ao que tudo indica, surgiu com a instalação das baterias 4, em 1976, e 5 em 1983, montadas sem equipamentos filtrantes adequados.

"O gás de coqueria das baterias 4 e 5, usado em toda a usina continha benzeno em concentração nove vezes maior que nas baterias 1, 2 e 3. Os cortes nas despesas com manutenção em anos de crise (como 1981, 83 e 84) também agravaram os riscos de contato com agentes químicos"... "Só em 1988 a COSIPA começa a instalar lavador de gás nas baterias 4 e 5, para eliminar 80% do BTX (benzeno, tolueno e xileno), a um custo de vinte milhões de dólares financiados pelo BNDES e CONFAB, empresa responsável pela unidade de tratamento de gás".

- Falas individualizadas de trabalhadores dão conta de aspectos da marginalidade, pressões, incertezas, medo e significativas perdas salariais e funcionais entre os afastados, que constituem depoimentos de um dado momento da história das relações de trabalho no país.

A sucessiva transferência para trabalhos empreitados (mão-de-obra temporária) das operações de maiores riscos também é abordada com destaque. O capítulo é então finalizado alertando para novas e complexas situações que foram surgindo à medida que crescia o número de notificações de casos e a organização dos trabalhadores. Como exemplo pode-se citar a discriminação gerada pela leucopenia na admissão de trabalhadores relatada no livro nestes termos: *"As empresas de construção civil não contratam trabalhadores com taxa de leucócitos menores que 6.000, e despedem aqueles com menos de 5.500. Quase todas as indústrias da Baixada Santista adotam procedimentos semelhantes, gerando grande dificuldade aos trabalhadores expostos ao benzeno para conseguir emprego".*(DIESAT,1989)

1.6. Benzeno: parâmetros básicos da proposição metodológica específica

1.6.1. Um histórico inicial

A proposição metodológica que temos por objeto apresentar, teve início na reflexão sobre nosso trabalho como química, na Divisão de Bromatologia e Química do Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, na elaboração de laudos de orientação, fiscalização e controle de alimentos, entre 1977 e 1979.

A intensa rotina de testes físico-químicos e químico-analíticos já padronizados e a oportunidade de conhecer todo o trajeto e o resultado das amostras de alimentos enviadas por terceiros ou pela fiscalização, desde sua entrada na instituição, até a elaboração final do laudo, geraram reflexões que nos levaram a aprofundar questões conceituais referentes à natureza multidisciplinar e interinstitucional das ações em Saúde Pública. Já havia, como prática metodológica, a preocupação com confiabilidade analítica e controle de qualidade interlaboratorial, (pioneira na época, por parte do corpo técnico do instituto. Começava a delinear-se, a nível conceitual, a necessidade da associação da questão da **eficácia**, e da estratégia integrada do objeto do trabalho, da amostragem, da análise laboratorial e da interpretação dos resultados.

Nosso trabalho em Saúde Ocupacional, inicia-se em agosto de 1979, junto à Divisão de Higiene do Trabalho na FUNDACENTRO. Essa entidade, foi criada no final da década de 60, com a finalidade de desenvolver estudos e pesquisas na área de Saúde Ocupacional e teve participação ativa de seu corpo técnico na elaboração da Portaria 3.214 em 1978, que introduziu os limites de tolerância para os contaminantes químicos dos ambientes de trabalho (vide item 1.4.). Ainda, por força de instrumentos nacionais e internacionais, é indicada como entidade com atribuição de arbitrar questões, instituir normas técnicas e adestrar pessoal especializado na área de saúde ocupacional.

Em 1979, a FUNDACENTRO adquiriu um cromatógrafo de gás. Assim, em 1980, pôde-se iniciar os trabalhos analíticos estudando-se a questão da presença de benzeno nos solventes industriais. Em paralelo atuava-se na orientação da implantação da estrutura laboratorial capaz de dar suporte às

demandas analíticas que já existiam e que foram se avolumando em função da Portaria 3.214 de 08 de junho de 1978. Essa portaria, entre outras atribuições, regulamenta "limites de tolerância" para aproximadamente 145 substâncias químicas e cria os Serviços Especializados de Segurança e Medicina do Trabalho (SESMT), obrigatórios para indústrias de médio e grande porte. Também nesse período cresce o interesse das organizações sindicais para a questão da saúde no trabalho. Como já citamos acima, em 1979 dá-se a criação do DIESAT.

Este histórico mostra que o nosso trabalho de desenvolvimento de metodologias analíticas, situou-se já, desde seu início, num contexto muito amplo, onde as demandas por análises chegavam de todas as direções e para várias finalidades. Os recursos materiais e humanos eram poucos e os quadros ocupacionais que se apresentavam sugeriam gravidade. Havia então que hierarquizar as demandas analíticas. Portanto, a questão da **eficácia** surgia, já de início, exigindo direcionar o trabalho químico analítico no sentido de resolver o maior número de questões da saúde ocupacional. A aproximação com a Universidade foi preferencialmente procurada a partir de 1983, quando condições institucionais internas e externas a possibilitaram.

1.6.2. O processo de seleção dos parâmetros básicos específicos

O químico analítico chamado a atuar na investigação da exposição ocupacional ao benzeno, atualmente, depara-se com três situações distintas sob aspecto metodológico, determinadas por demandas analíticas, fruto de parâmetros legais vigentes no país:

- Estudo da concentração ambiental de benzeno: , por sua vinculação atual ao limite de tolerância (L.T.A.)
- Estudo da concentração do benzeno em produtos formulados;
- Estudo da concentração de fenol urinário, como principal metabólito indicador de exposição ao benzeno.

•Do ponto de vista do estudo de alguns dos parâmetros citados, devemos considerar:

a) Várias possibilidades de seleção de trabalho no âmbito restrito ao laboratório: desenvolvimento de novas metodologias de análises, comparação de métodos de análise, validação de métodos, etc.

b) Quando ampliamos a questão para considerar como, onde e quantas amostras se deve coletar, proposições novas são colocadas e podem determinar que se proceda o delineamento das condições de contorno (limite físico) e o estudo da estrutura dinâmica na qual a exposição ocupacional se dá, para uma correta condução dos trabalhos.

c) Passando a ampliar a questão para considerar para que finalidade se executará a análise e que tipo de ações se espera desencadear a partir da interpretação de seus resultados, a consideração analítica passa a se fazer em um outro nível de análise, podendo atingir instâncias de interdisciplinaridade e interinstitucionalidade, que deverão ser cuidadosamente consideradas e que poderão limitar ou exigir ampliação de proposições metodológicas assumíveis em a e b.

•Do ponto de vista da Química Analítica, qualquer que tenha sido o parâmetro analítico ou proposta de estudo selecionada na condição real de exposição ao contaminante, os dados analíticos serão expressos em resultados que deverão necessariamente atender aos pressupostos de:

a) Confiabilidade Analítica

- No sentido de garantir a representatividade do real com relação ao objeto investigado.
- No sentido de ser aferível em procedimentos de controle de qualidade interno ao laboratório e controle de qualidade interlaboratorial.

Metodologicamente, a observação da confiabilidade analítica garante a situação do trabalho no domínio químico-analítico restrito, e *condiciona a especificidade intradisciplinar necessária nos trabalhos multidisciplinares*.

b) Eficácia

Neste texto, refere-se ao resultado das ações químico-analíticas empreendidas para a solução do problema multidisciplinar em investigação. Essas ações devem ser conduzidas de modo a se explicitar corretamente e com a menor movimentação possível de recursos materiais e humano, a dimensão analítica (qualitativa e quantitativa) do contaminante químico, no espaço que se define para estudo. (adaptação do princípio "Ótimo de Pareto" aplicada a determinações laboratoriais em saúde pública).

Neste estudo queremos demonstrar que, para atuar sobre a problemática do benzeno de um ponto de vista amplo, e atendendo os parâmetros de confiabilidade analítica e eficácia, foi necessário fazer "emergir" o "Sistema Global Complexo" do benzeno nos moldes da concepção teórico-metodológica que algumas escolas vêm trabalhando, e cuja base conceitual encontra-se esboçada em GARCIA, (1986) e CAPURRO SOTO, (1987).

Esse "Sistema Global" é representado pelo modo de produção, destinação e uso do benzeno, representados neste estudo pelos diagramas de n.ºs. 01 e 02, a partir dos quais pode-se identificar as principais situações de exposição ao produto. A partir da visualização global dos principais **processos e atividades** industriais vinculados ao benzeno, foi se tornando mais clara a necessidade de estabelecer diferenciações, agrupando sub-sistemas e evidenciando as relações entre seus elementos, que foram surgindo à medida que os próprios trabalhos iam se desenvolvendo.

A análise da abrangência das demandas químico-analíticas surgidas na prática para o benzeno e a situação especial de múltiplas demandas de trabalho laboratorial na FUNDACENTRO, foi mostrando a necessidade de "internalizar" o trabalho químico-analítico ao "sistema" em investigação, para a garantia simultânea de confiabilidade analítica e eficácia. Desse modo, pôde-se evitar demandas inúteis, e ou equivocadas, que surgem com frequência no contexto de saúde ocupacional. A natureza multidisciplinar presente nas questões que originam as demandas químico-analíticas, apelam para que de início se verifique se o instrumento químico analítico selecionado, permite responder a questão formulada no contexto interdisciplinar da Saúde Ocupacional.

Esse enfoque metodológico que foi se desenvolvendo para o benzeno, pode ser hoje usado como modelo para atuação no controle de situações de exposição ocupacional para substâncias químicas tóxicas que tenham amplo alcance industrial. Queremos mostrar nesse trabalho que simples destinações de verbas e de recursos técnico- instrumentais, por mais vultosas que sejam, não poderão responder a muitas questões existentes. Acreditamos que o controle efetivo da exposição ocupacional a produtos químicos com profundas inserções no sistema produtivo só será efetiva se levar em consideração as relações e interdependências estruturais e sistêmicas, que estamos explicitando para o benzeno, neste trabalho.

CAPÍTULO 2

2. BENZENO: A EXPLICITAÇÃO DO COMPLEXO

2.1. Uma história de caso: o marco interdisciplinar inicial

Em 1974, MORRONE e ANDRADE, publicaram os resultados de uma investigação médica que revela a morte de quatro funcionárias numa pequena indústria em São Paulo. Esse relato é um marco na literatura médica brasileira pela força da associação causal entre exposição ao benzeno e agravos, que surge na descrição do trabalho. Também é exemplar por sugerir de imediato associação com situações ocupacionais semelhantes naquele período. Pela importância que esse relato médico adquiriu no norteamento de nossos trabalhos químico-analíticos, passamos a descrever a história de caso, transcrevendo partes do trabalho original.

" Em 26/09/73 compareceu no nosso Serviço(Serviço de Medicina Industrial da Subdivisão de Higiene e Segurança Industrial - SESI - São Paulo - nota da autora)- para primeira consulta, a paciente M.I. de 19 anos de idade, sexo feminino, solteira, tendo como profissão, ajudante de laboratório e trabalhando desde 31/05/1973 numa indústria de equipamentos plásticos. Informou que sua função era a colagem de plásticos utilizando benzeno. Este solvente fornecido em galões de 20 litros era transferido para litros, e destes para pequenos copos e pires colocados sobre a mesa de trabalho, ao lado das funcionárias. Pequenas peças de borracha eram imersas manualmente nos copos ou pires, e, em seguida ajustadas aos plásticos, ficando firmemente aderentes. Cada hora e meia o conteúdo em solvente de um litro era consumido, devendo então ser substituído. Para encher novamente o litro, as funcionárias utilizavam o método de sifonagem. Uma das extremidades de um tubo plástico flexível era mergulhada no galão enquanto que à outra extremidade do tubo era aplicada sucção bucal para dar início ao escoamento do líquido. Como esta operação provocasse mal estar nas funcionárias, estas se revezavam na função de transferir o benzeno dos galões para os litros. Foram frequentes as ocasiões em

que o benzeno dos galões chegava à boca das funcionárias. Como equipamento de proteção individual, utilizavam máscara e gorro visando manter a assepsia necessária ao produto plástico.

"A história clínica relatada pela funcionária M.I. foi que durante dois dias no início do mês de setembro de 1973, trabalhou exposta ao benzeno e como se sentisse mal foi transferida para outro setor. Quinze dias após a primeira exposição apareceram: hemorragia gengival, manchas roxas no corpo e a menstruação durou nove dias. Ao exame clínico, a paciente apresentava quadro anêmico grave, associado a manifestações hemorrágicas disseminadas."

"Os exames laboratoriais que foram feitos comprovaram os achados clínicos, permitindo concluir-se pelo diagnóstico de aplasia de medula óssea devida ao benzeno." (grifos originais).

"A paciente ficou sob tratamento especializado durante 45 dias, em regime de internação hospitalar, sendo submetida, inclusive, a várias transfusões de sangue. Apesar de todos os esquemas de tratamento empregados, o seu estado piorou progressivamente, vindo a falecer em 07/11/1973".(grifo original)

Na investigação do caso, os autores seguem relatando as condições de trabalho encontradas na indústria, em estudo conduzido por uma equipe de médicos e engenheiros.

"A indústria é fabricante de produtos plásticos e, possuía 150 trabalhadores, dos quais 110 do sexo feminino e 40 do sexo masculino, sendo a maior parte das moças de idade entre 18 e 25 anos. Foram examinadas com maior atenção duas seções chamadas de "acabamento", onde havia a exposição ao tóxico. A primeira seção era localizada em uma sala com dimensões 10,0 X 30,0 X 4,5 m. e, a segunda, em uma sala com 8,0 X 20,0 X 4,5 m. A ventilação nos dois ambientes foi considerada inadequada, com velocidade do ar, aproximadamente nula. Em ambas as seções, as operações industriais feitas, referem-se à colagem de pequenos objetos de plásticos com auxílio de benzeno. Este é fornecido em latas de 20 litros por fabricantes especializados, no ramo de produtos químicos. As moças retiram-no das latas com tubo plástico flexível,

transferindo-o para pequenos copos e pires. Diariamente são consumidos 9 litros de solvente em cada seção. As peças são imersas nos copos e pires manualmente e em seguida coladas. Existe, em média, 10 recipientes abertos, sobre três mesas na primeira seção, e, na segunda seção, em apenas uma das mesas a situação é semelhante. Na primeira seção trabalham 60 moças, e, na segunda 50.

"Com auxílio de uma bomba de aspiração manual Dräger e tubos específicos, foram feitas várias determinações do teor atmosférico de benzeno. Foram os seguintes alguns resultados:

1a. seção:

Na extremidade da mesa de trabalho, ao nível da zona de respiração da funcionária - 420 p.p.m.

2a. seção:

Junto a mesa de colagem com várias moças realizando a operação, simultaneamente - 210 p.p.m."

De imediato, a equipe orientou para substituição do produto. A empresa adquiriu um produto comercial denominado "toluol". Realizada a análise cromatográfica no laboratório químico ligado a subdivisão de Higiene, verificou-se tratar de uma mistura de tolueno e benzeno nas proporções de 75% e 25% respectivamente. Interditou-se também o "toluol" e a empresa adquiriu outro produto comercial denominado "xilol". Na amostra analisada não se encontrou mais benzeno, e procedeu-se a substituição do solvente.

Na sequência da investigação médica, a equipe realizou exames clínicos e laboratoriais em 114 funcionários, tendo encontrado sinais compatíveis com intoxicação em 106 trabalhadores. Os outros três casos fatais entre funcionários da empresa encontram-se assim registrados:

"A.G. de 31 anos, sexo feminino, admitida em 13/03/73 como auxiliar de serviços gerais na indústria de equipamentos plásticos, foi internada para tratamento hospitalar em 23/06/73 por apresentar quadro anêmico grave e manifestações hemorrágicas. A paciente faleceu em 23/06/73 algumas horas após a internação".

"L.A.R. de 22 anos, sexo feminino, solteira, admitida como auxiliar de serviços gerais na indústria de equipamentos plásticos em 03/04/1972, foi internada para tratamento hospitalar dia 18/09/1973, por apresentar quadro anêmico grave e manifestações hemorrágicas. Apesar dos vários medicamentos e transfusões de sangue recebidas, houve piora progressiva, vindo a falecer em 30/09/1973".

"O.O. de 30 anos, sexo feminino, solteira, admitida em 04/06/73 na indústria de equipamentos plásticos como auxiliar de serviços gerais, foi internada para tratamento hospitalar em 06/10/73 por apresentar quadro anêmico grave e manifestações hemorrágicas. Houve piora progressiva apesar dos medicamentos e transfusões de sangue recebidas vindo a falecer em 16/10/1973".

Fica evidente nessa exposição a gravidade da situação encontrada. No primeiro caso, a morte ocorreu em menos de **dois meses**, para uma exposição de **dois dias** no exercício da atividade de colagem de plástico. Os outros três casos fatais ocorreram entre 3 a 5 meses decorridos da contratação das funcionárias. A importância da **análise da atividade** então realizada pelas funcionárias, para caracterização da gravidade desses casos também fica evidente neste relato.

As condições básicas das exposições ocupacionais nesse tipo de atividade, reveladas por essa história de caso, estabeleceram para nós a orientação metodológica geral sobre a qual iniciamos nossos primeiros trabalhos químico-analíticos na FUNDACENTRO em 1980. Referem-se ao que GARCIA, 1986, denomina de **marco epistêmico** presente no estabelecimento da "pergunta condutora" que orienta os trabalhos no nível interdisciplinar.

Para além de desenvolver metodologias analíticas adequadas para avaliar benzeno em solventes ou produtos formulados, implicava colocar nossos instrumentos específicos para auxiliar a revelação de possíveis situações semelhantes às acima relatadas, **a fim de evitar a sua ocorrência**.

2.2. Desvendando o universo dos riscos

O relato dos graves casos clínicos citados decorrentes da exposição ocupacional ao benzeno, na indústria de plástico em 1973, são indicações particulares de um universo de riscos muito amplo e complexo, que surge como consequência da produção e formas de utilização desse produto no país.

Até a década de 70, muito pouco se sabia sobre o risco decorrente das exposições ocupacionais ao benzeno no país. Apesar da existência da regulamentação da proibição do trabalho com benzeno para mulheres, já em 1932, do adicional de insalubridade em 1939, e da proibição do trabalho para menores em 1943, essas legislações não eram respeitadas como comprova a história de caso relatada. (vide detalhes dessas legislações no item 1.4.).

No início dos anos 70, começam a surgir no país na área de Saúde Ocupacional os primeiros registros da presença de benzeno como constituinte de solventes industriais e produtos formulados. Esses estudos, possibilitados pelo avanço de técnicas analíticas instrumentais como a cromatografia gasosa, são importantes no sentido de permitir revelar a presença do benzeno entre os componentes analisados. Cumpre lembrar que, a informação direta do fabricante sobre o conteúdo dos produtos formulados, tornaria desnecessária a chegada do avanço científico para a revelação desses dados. Mas em nosso país, (e cabe aqui um importante registro histórico), a indagação direta ao fabricante sobre o conteúdo dos produtos formulados nesse período, (e ainda hoje, em muitas situações) eram sistematicamente negadas por alegação de "segredo industrial". Esse fato, do ponto de vista químico-analítico, era e é tecnicamente improcedente, uma vez que a discriminação dos componentes das formulações desses produtos depende unicamente da possibilidade de acesso à técnicas analíticas mais especializadas.

Feito o parêntese histórico, verifica-se que já em 1971, TIMOSSI e ANDRADE registravam colas com 26% de benzeno na composição. CARVALHO (1972) estudou a composição de alguns solventes de uso industrial. MORRONE e ANDRADE, 1974, confirmaram a exposição ao benzeno na história de caso citada no item anterior, por análise cromatográfica dos solventes utilizados na empresa. WAKAMATSU, 1976, registra o resultado da análise de 31 amostras de colas

utilizadas na fabricação de calçados em São Paulo, encontrando resultados em que os teores de benzeno variaram de 0,13 a 7,68%.

Este é o contexto das informações técnicas mais significativas sobre a presença de benzeno em produtos formulados, que encontramos no início de nossos trabalhos em cromatografia, em 1980, na FUNDACENTRO. Desse modo, como parte de um objetivo da Divisão de Higiene do Trabalho, entre 1980 e 1981, procedemos estudos sobre o uso de benzeno como solvente orgânico industrial ou como constituinte de produtos formulados, cujos principais resultados foram publicados no artigo "Determinação dos teores de benzeno em solvente orgânicos industriais comercializados no Brasil e propostas para a prevenção do risco potencial de benzolismo" (NOVAES e col, 1981).

Nesse estudo foram apresentados os resultados de 74 amostras analisadas, de produtos adquiridos diretamente no comércio ou coletados em locais de trabalho em 8 estados do país. Os resultados totais e a descrição da metodologia analítica desenvolvida encontram-se no capítulo 3 deste estudo. Neste momento, interessa-nos apresentar os resultados das amostras coletadas diretamente em locais de trabalho, que apresentaram os valores de benzeno mais elevados. A tabela foi organizada procurando evidenciar situações de risco semelhante às relatadas na história de caso descrita no item 2.1.. As amostras abrangem 5 estados do país.

TABELA Nº 03 - TEORES DE BENZENO EM AMOSTRAS DE PRODUTOS FORMULADOS, COLETADOS EM ATIVIDADES DISTINTAS, EM VÁRIOS ESTADOS DO PAÍS.

Nº E ESTADO DE PROCEDÊNCIA DA AMOSTRA	CONCENTRAÇÃO DE BENZENO NO PRODUTO (% EM VOLUME)	OPERAÇÃO EM QUE É UTILIZADO	FUNCIONÁRIOS EXPOSTOS (Nº)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (litros)	LOCAL E CONDIÇÕES DE TRABALHO
40 São Paulo	Maior que 90	Restauração de rolo de borracha de máquina impressora	2	30	Setor de impressão em Off-Set-gráfica com pouca ventilação
51 Espírito Santo	73,50	Pinturas de ônibus	7	800	Garagem
52 Espírito Santo	23,10	Limpeza de peças	5	400	Oficina de carro com ventilação deficiente
49 Espírito Santo	20,03	Pintura de veículos	20	300	Oficina mecânica e funilaria com vent. deficiente
30 Minas Gerais	17,41	Pintura a revólver	6	1200	Indústria metalúrgica
71 Rio de Janeiro	17,17	Limpeza de telas de silk-screen	5	235	Comércio de moda feminina
50 Espírito Santo	16,34	Pintura a revólver	6	1000	Fábrica de carroceria metálica
43 Espírito Santo	11,81	Setor de inspeção de sacos plásticos	6	300	Embalagens de plásticos
38 Pernambuco	6,70	Dissolução de verniz e tintas	20	600	Fábrica de móveis
20 São Paulo	3,17	Limpeza de telas de silk-screen	4	200	Indústria de plástico

Fonte: NOVAES e GRUENZNER, 1981

São necessárias algumas observações sobre essa tabela: a primeira amostra relacionada (restaurador de blancheta) era um produto gráfico comercializado com um nome de fantasia. Um líquido cor-de-rosa, de odor agradável, sem qualquer indicação de risco na embalagem. Apenas a análise cromatográfica do produto pôde revelar tratar-se de benzeno tingido com um corante.

Repetida a análise para o mesmo tipo de produto com marcas comerciais diferentes verificou-se também a presença de benzeno como constituinte básico. **Na embalagem comercial de marcas distintas**, a mesma ausência de indicação de risco, ou da possível composição do produto.

As amostras seguintes, todas de "thinner", também revelaram presença de benzeno em altas concentrações, além da presença de outros solventes orgânicos tóxicos. Todas essas amostras foram coletadas diretamente de locais de trabalho, na sua maior parte retiradas diretamente de tambores de grande volume, contendo apenas a identificação de "thinner" ou "solvente". A ausência de marca e de número de lote na embalagem dos tambores indicava a existência de vasto mercado de comércio de produtos formulados, diretamente do produtor ao consumidor industrial, mercado esse sobre o qual não se exercia qualquer regulamentação especial e fiscalização com relação ao uso de produtos tóxicos.

Ainda sobre essa tabela, podemos verificar que os produtos são utilizados em atividades nas quais a exposição dos trabalhadores aos vapores dos produtos é direta e não controlada. De maneira análoga à história de caso inicial, em todas as situações citadas, tem-se manipulação direta do produto pelo operador e não existia condições especiais de controle de emissão dos vapores e nem conhecimento possível da presença do benzeno na condição do trabalho.

Nessas situações cada exposição dos trabalhadores aos produtos representava um risco imponderável com relação aos agravos produzidos pelo benzeno.

Outros dados que foram sendo aprofundados conforme outras amostras eram analisadas, davam conta de situações de risco incontroláveis. Análises de thinners da mesma marca adquiridas diretamente no comércio em São Paulo e no Rio de Janeiro, por exemplo, apresentavam composições químicas diferentes, o que indicava basicamente duas situações:

a) um dinamismo de produção (possibilidade de variar a mistura constituinte, segundo disponibilidade de diferentes solventes no mercado);

b) inexistência de qualquer regulamentação legal com relação a esse aspecto (formulação constante para mesma marca ou nome comercial).

Uma investigação direta no mercado, revelou um setor intermediário entre as fontes de produção dos solventes (benzeno e outros constituintes) e a formulação de produtos. Esse setor que denominamos aqui "indústrias misturadoras de solventes", prepara as misturas diluentes e dissolventes a serem utilizadas na formulação dos produtos gráficos, colas, removedores de limpeza, vernizes, desengraxantes, solventes de limpeza, entre outros.

Nesse período estimou-se aproximadamente mais de 100 indústrias desse tipo existentes no Estado de São Paulo. Dotadas de um processo tecnológico relativamente simples, essas indústrias são *capazes de formular em média, centenas de produtos diferentes por dia*. Uma indústria visitada na época, tinha capacidade de formular *2.500 produtos diferentes por dia*. Esses produtos são então distribuídos para diferentes setores de atividades industriais (indústrias gráficas, tecidos, móveis, couros e calçados, etc. (ver diagrama 01).

Apenas essa investigação mais detalhada das características do mercado e do processo de produção e distribuição dos produtos formulados é que permitiu revelar essa extensão do risco. Começava a ficar claro a *total inviabilidade de acompanhar a exposição dos trabalhadores ao benzeno, baseando-se em análises laboratoriais nos produtos formulados*, pois isso exigiria praticamente a realização de uma análise laboratorial para cada produto desse tipo utilizado nas atividades de trabalho. Nem que todos os cromatógrafos existentes no país e que todos os químicos analíticos e bioquímicos fossem direcionados para levantar o perfil de uso do benzeno em produtos formulados, não seriam capazes de investigar sequer a produção de um dia, de uma única fábrica. Quanto mais segui-la ao longo do tempo, como seria necessário para um

seguimento de vigilância médica de riscos (NOVAES, 1987; NOVAES e col, 1981).

A medida que esse "universo de riscos" ia sendo evidenciado surgia com clareza a questão: Como controlá-lo?

Não poderia ser por execução de análises laboratoriais, dado o perfil de produção do mercado. Seria absolutamente ineficaz, além de inadequado, como demonstrado acima. Surgia assim cada vez mais nítida a necessidade de controle através da restrição ao uso do benzeno nesse setor.

Nesse momento, frente à gravidade do quadro que se descortinava, procedemos o estudo da legislação internacional para verificar como os países mais desenvolvidos industrialmente enfrentavam essas questões. Verificamos a existência desde 1971 de uma recomendação da Organização Internacional do Trabalho (OIT) que sugeria a proibição da utilização do benzeno como solvente orgânico de uso geral e em produtos formulados. (Recomendação nº. 144 - Convenção nº 136 - OIT). Também foi possível verificar que vários países já vinham adotando legislação restritivas ao uso do benzeno nesse setor do mercado industrial desde a década de 50 (NOVAES e col.; 1981; OIT, 1968).

Sugerir essa proibição como única medida de controle para evitar as situações de exposições não identificáveis e passíveis de gerar incontáveis casos de agravos à saúde como os descritos na história de caso, tornava-se evidente.

- Seria então viável, essa proibição, naquele momento econômico, e de organização social que o país vivia?

Novamente, um estudo de mercado é que viria ajudar a responder essa pergunta. Um levantamento a partir das fontes de produção do benzeno no país, e de suas estinações principais com dados obtidos em 1981 indicava, com aproximações, a situação resumida no diagrama seguinte: (NOVAES, 1988; NOVAES e col, 1981).

DIAGRAMA nº 1 - Benzeno: Dados de produção e destinações principais em 1981, no Brasil.

Verifica-se claramente, pelo diagrama, que o benzeno utilizado nas indústrias misturadoras como solvente de uso geral ou como constituinte de produtos formulados, representava uma situação de risco dificilmente identificável e de controle absolutamente impossível pelo perfil de produção das indústrias e pela dispersão de uso dos produtos formulados em incontáveis atividades industriais. No entanto, em termos econômicos, representava apenas uma pequena parcela do mercado, proveniente da produção em siderúrgicas. O benzeno obtido a partir do petróleo, correspondia a um produto mais puro, cuja produção na época era destinada principalmente à indústria de transformação (síntese de derivados do benzeno).

Do total do benzeno obtido nas siderúrgicas, (que representava parcela menor que 10% da produção global) boa parte era destinada à indústria canavieira sendo utilizado como desidratante do álcool etílico, para produção de álcool anidro, adicionado à gasolina, para uso como combustível de automóveis, num mercado que apresentou grande crescimento na década de 80. Possivelmente, apenas o excedente da produção era colocado à disposição dos distribuidores de solventes e das indústrias misturadoras, que o utilizavam na formulação dos produtos já citados, originando a situação de risco incontrolável, descrita.

Desse modo, já em 1981, como conclusão do trabalho, sugeria-se a proibição do uso do benzeno nos termos da recomendação nº. 144 da OIT.

Sugeria-se também como conclusão desse trabalho, centralizar a fiscalização dessa proibição a partir das fontes de produção do benzeno, uma vez que o Conselho Nacional de Petróleo, órgão interministerial, então responsável pela fiscalização da distribuição nacional de produtos derivados do petróleo, e do carvão mineral, já regulamentava essa questão. Para os outros setores onde a identificação do benzeno é viável por simples análise de processo (por seu uso como matéria-prima principal) sugeria-se a fiscalização para cumprimento da legislação vigente desde 1978 - obediência ao limite de tolerância ambiental para o benzeno, de 8 p.p.m.

2.3. Um marco divisor de riscos: A Portaria Interministerial nº. 03/82

Estas sugestões obtiveram repercussão na época (NOVAES, e col., 1982). Na sequência de uma campanha pública de alerta aos riscos que se seguiu, envolvendo vários seguimentos sociais, em abril de 1982, deu-se a publicação da Portaria Interministerial nº 3 de 28 de abril de 1982. Esta Portaria segue basicamente a Recomendação nº 144 da OIT, já citada, e proíbe o uso de benzeno em produtos formulados, admitindo um máximo de 1% como impureza.

Como já se podia prever, a portaria indicava no seu próprio texto a possibilidade técnica de adaptação do mercado, uma vez que foi assinada por representantes empresariais dos setores de produção de benzeno e de produtos formulados, como por exemplo, a Petrobrás e a ABIQUIM (Associação Brasileira das Indústrias Químicas). Para a Saúde Ocupacional, é importante registrar a rapidez e a facilidade com que essa regulamentação foi introduzida, considerando-se o contexto político- social do país em 1982.

Isso indica fortemente que a parcela mais significativa do mercado brasileiro de produtos formulados já se encontrava tecnicamente preparada para obedecer essa regulamentação como já sucedera nos países mais desenvolvidos.

Pela importância que a introdução da Portaria Interministerial no. 3 representou no controle do risco das exposições ocupacionais ao benzeno na época, reproduzimos seu texto integralmente na sequência.

MINISTÉRIO DA SAÚDE

GABINETE DO MINISTRO

PORTARIA INTERMINISTERIAL Nº 03, de 28 DE ABRIL de 1982.

Os MINISTROS DE ESTADO DA SAÚDE E DO TRABALHO, no uso de suas atribuições, e

CONSIDERANDO a elevada toxidez do BENZENO para os manipuladores e usuários de produtos que o contém;

CONSIDERANDO que os riscos de intoxicação humana, aguda e crônica, pelos diversos produtos contendo BENZENO, são elevados, pois são livremente comercializados também como produtos de uso doméstico;

CONSIDERANDO os resultados dos trabalhos nacionais e internacionais que comprovam os riscos da manipulação e uso do BENZENO;

CONSIDERANDO haver no mercado produtos que substituem industrialmente o BENZENO com vantagem técnica e de menos risco para a saúde do manipulador e do usuário;

CONSIDERANDO a recomendação formulada pela Comissão incumbida de estudar o BENZENO e seus efeitos para o organismo humano, constituída por representantes do Ministério da Saúde, Ministério do Trabalho, Conselho de Desenvolvimento Industrial, Conselho Nacional de Petróleo, PETROBRÁS, SIDEBRÁS, Petroquímica União, ABIQUIM e ASSOCISOLVE;

RESOLVEM:

Art 1º - Proibir, em todo 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;

Art 2º - Fixar o prazo de 30 (trinta) dias, para que as empresas produtoras e revendedoras de BENZENO cessem a sua comercialização para a fabricação dos produtos a que se refere o art. 1º desta Portaria;

Art 3º - O não cumprimento do disposto nesta Portaria implicará a apreensão do produto pelos órgãos competentes, sem prejuízo das demais sanções previstas em Lei;

Art 4º - O cumprimento das determinações desta Portaria será objeto de fiscalização a cargo dos Ministérios da Saúde e do Trabalho.

Art 5º - Esta Portaria entrará em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

WALDYR MENDES ARCO VERDE
Ministro da Saúde

MURILLO MACÊDO
Ministro do Trabalho

(Of. nº-MS/87/82)

Fig. 2 - Portaria Interministerial nº 03 de 28 de abril de 1982, que proíbe a fabricação de produtos que contenham benzeno em sua composição.

Essa Portaria do benzeno veio simplificar significativamente o "universo de riscos". Transpunha-se uma situação anterior de vigilância médica de riscos absolutamente impraticável para uma situação passível de investigação e controle, através da implantação de um programa de fiscalização do atendimento da Portaria Interministerial. Passava-se a investigar possíveis situações de fraude da Portaria, mas não mais uma situação de absoluta imponderabilidade de riscos. Mesmo que existissem irregularidades no mercado elas seriam então passíveis de investigação científica e de cerceamento legal.

Ainda em 1982, novo estudo foi efetuado para verificar o efeito da Portaria no mercado de produtos formulados, e os resultados foram publicados no artigo referenciado em NOVAES e col. (1982). Foi possível então verificar uma significativa retração do mercado de produtos formulados ao uso do benzeno. O restaurador de blancheta, referido anteriormente, analisado novamente, já apresentava composição modificada. O benzeno fora substituído por tolueno, sem aparentes prejuízos para o mercado desse produto. Persistiam ainda alguns produtos com teores elevados de benzeno, para os quais alertava-se para a necessidade de fiscalização da Portaria. (Vide capítulo 3, item 3.2., detalhamento desse estudo, incluindo tabela de dados - tabela no. 6).

Nos últimos anos, vem-se verificando que essa Portaria tem sido eficaz no sentido de reduzir o uso do benzeno como solvente de uso geral e em produtos formulados, colocados no comércio de varejo. Em 1988, em enquete realizada junto a 30 grandes laboratórios de Saúde Pública e de indústrias do país, pudemos confirmar uma redução significativa de produtos contendo benzeno. Laboratórios de instituições como a FUNDACENTRO, SESI, (Serviço Social da Indústria), Instituto Adolfo Lutz e AUDI (AUDI S.A. Imp. e Com.-São Paulo - indústria de dissolventes e diluentes), raramente tem encontrado benzeno como constituinte desses produtos (NOVAES, 1988). Mas é importante ressaltar, que apenas um amplo programa de fiscalização de mercado junto às indústrias misturadoras de solventes, nos moldes da proposta que apresentamos no capítulo 3, poderá indicar mais precisamente a situação do uso de benzeno junto ao mercado consumidor industrial direto.

Há fortes evidências de restrição de uso mas, até o momento (1991), sobre esse mercado consumidor, os dados mais abrangentes existentes, infelizmente, ainda são os nossos, de 1981 e de 1982.

2.4. A situação da exposição ao benzeno posterior à Portaria Interministerial nº3/82

2.4.1. A necessidade de fiscalização

Uma vez tendo-se atingido níveis mais civilizados pela regulamentação surgida com a Portaria Interministerial é necessário distinguir duas novas demandas: fiscalizar possíveis fraudes da Portaria e fiscalizar as exposições de trabalhadores nos setores de produção, transformação produção de álcool anidro e outros setores não atingidos pela Portaria onde o uso do benzeno continua permitido. Verifica-se que o novo "universo de riscos", apesar de bastante reduzido, continua a se mostrar complexo e a exigir diferenciações para sua correta explicitação (NOVAES, 1983).

Em agosto de 1983, por instâncias da então Secretaria das Relações do Trabalho do Estado de São Paulo - SERT, interessada na época em estabelecer bases para a fiscalização da Portaria Interministerial do Benzeno, formou-se o primeiro grupo inter-institucional e multidisciplinar para estudo do benzeno. Instituições como a FUNDACENTRO, DRT (Delegacia Regional do Trabalho), SESI, Prefeitura Municipal de São Paulo e IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), além da própria SERT, estiveram representadas nesse grupo, que se manteve ativo e homogêneo sob coordenação do médico Koshiro Otani, durante a gestão de Luis Carlos Morrone junto à SERT, nos anos de 1983 e 1984. O programa de fiscalização então conduzido teve suas prioridades baseadas no artigo referenciado em NOVAES (1983) do qual reproduzimos o seu diagrama (item 2.4.2, diagrama nº 2, pág. 59).

Data também desse período (1983-1985) a presença significativa e contínua do movimento sindical na questão do benzeno. Na necessidade de investigação de graves situações de exposição e agravos do benzeno que iam sendo evidenciadas, vários outros grupos de estudo com finalidade específicas na investigação foram sendo formados ao longo da década. Uma síntese das principais ações dos diferentes grupos de trabalho referentes às exposições ao benzeno, pode ser encontrada em referências citadas nos itens 1.3. e 1.5. neste estudo.

2.4.2. Um pouco sobre os principais grupos de risco

O diagrama nº 02 ilustra resumidamente a situação encontrada no Brasil para a exposição ao benzeno conforme apresentada ao grupo da SERT-São Paulo- em 1983. (NOVAES, 1983).

Esse diagrama, representa o quadro global da produção, distribuição, destinação e usos principais do benzeno no país, após a publicação da Portaria Interministerial nº 03. Essa portaria como já mostramos, proibindo a utilização do benzeno nos produtos formulados, simplificou grandemente a possibilidade de exposições não identificáveis ao produto. A situação global das possíveis exposições ao benzeno verificadas neste diagrama são totalmente identificáveis desde que se tenha conhecimento da destinação do produto a partir das fontes de produção, o que absolutamente não poderia ocorrer antes da proibição definida pela Portaria. Fica evidente a simplificação da situação das possíveis exposições quando comparadas com diagrama nº 01. Simplificação importantíssima, mais ainda relativa, porque praticamente a maioria dos casos que compõem a estatística dos aproximadamente 3.000 agravos atribuídos ao benzeno citadas no capítulo 1 deste estudo enquadram-se em situações não relacionadas com uso de produtos formulados ou solventes de uso industrial variado.

Na sequência, apresenta-se o diagrama nº 2.

DIAGRAMA nº 2 - Principais dados de produção, distribuição, destinação e o uso do benzeno no Brasil, 1983
Fonte: NOVAES, 1983

Antes de entrarmos numa descrição resumida dos principais grupos de risco que esse diagrama sintetiza, cabe um esclarecimento. Conforme referido na bibliografia citada, (NOVAES,1983), esse quadro foi elaborado com dados que conseguimos obter em 1981 e 1982. Esse diagrama, reportado para uma situação de 1991, pode ser atualizado em dois aspectos. O primeiro: considerar que o país vem exportando benzeno (em 1990 exportou 10% de sua produção total - vide tabela nº. 01, ítem 1.2.). Haveria que indicar esse fato no quadro das destinações principais. O outro dado mais significativo seria proceder a indicação direta de substituição do benzeno, a nível de processo, no setor de produção de álcool anidro. Esse aspecto detalharemos um pouco na sequência.

Também é preciso apontar que os dados de produção citados no diagrama para o ano de 1982 estão superestimados quando comparados com os dados da ABIQUIM para o mesmo ano. Mas, como já apontamos no ítem 1.2, mais do corrigir esse dado no diagrama é preciso melhorar a fidelidade das informações das fontes de dados, principalmente as oficiais.

Com referência às propostas para atuação dos órgão públicos expressa no diagrama é preciso também atualizá-las em relação ao diagrama. A indicação de convênio entre CNP (Conselho Nacional de Petróleo) e as produtoras, não mais se sustenta porque esse órgão estatal foi extinto pelo governo federal em 1990. Também reformas profundas estão sendo implantadas na distribuição e comércio de produtos de petróleo e carvão mineral, além dos processos de privatização que estão ocorrendo nas siderúrgicas e nos polos petroquímicos.

Esses fatos poderão dificultar a proposta de centralização da fiscalização da destinação do benzeno a partir de suas fontes de produção, por conta de uma possível pulverização que poderá ocorrer na distribuição do benzeno, especialmente do benzeno siderúrgico. Mas lembramos que a operacionalização de uma proposta nesses moldes é a principal garantia de eficácia nas ações de vigilância de fraude do uso do benzeno no mercado de produtos formulados.

Nesse diagrama procurou-se também agrupar os setores diferenciáveis em função do processo de produção industrial. Verifica-se a possibilidade de exposição ao benzeno nos setores onde é produzido, e, face às diferenças tecnológicas, é necessário diferenciar programas de vigilância médica e de

controle ambiental para trabalhadores expostos em siderúrgicas, ou nas refinarias e indústrias petroquímicas de base. Uma concepção de trabalho semelhante à descrita para o controle do benzeno em solventes levaria à necessidade de se trabalhar, no sentido de eliminar a exposição ao benzeno, ou reduzi-la no mínimo aos limites de exposição definidos pela legislação. Essa questão repete-se para os expostos na indústria de transformação e para o setor da agro-indústria canavieira (destilarias de álcool).

Nos setores de produção do benzeno (refinaria de petróleo, indústria petroquímica de base e siderúrgicas), existem problemas de agravos à saúde conhecidos e em discussão desde 1980. A epidemia de alterações hematológicas em uma siderúrgica paulista (COSIPA), associada à exposição ao benzeno, já foi objeto de investigação específica e um aprofundamento sobre essa questão pode ser obtido pela leitura das referências (COSIPA, 1985, BOLETIM da S.B.H.H. 1987 e AUGUSTO, 1991). Dados nacionais completos sobre exposição nesses setores ainda são precários e há muito o que fazer nesse sentido.

Seguramente é nas siderúrgicas, principalmente nas mais antigas, onde se situa o maior risco e a maior dificuldade de controle das exposições ocupacionais tanto a nível de engenharia como a nível de vigilância médica. Nessas empresas o processo tecnológico é antigo e elas empregam milhares de funcionários tanto diretamente como em trabalhos empreitados.

Com relação à exposição ao benzeno caracterizada pelo uso na indústria de transformação (síntese de derivados do benzeno), pode-se dizer, que a implantação de programas de controle ambiental e vigilância médica é menos complexa que nos setores de produção. Essas indústrias não são muitas, e estão distribuídas geograficamente, na sua maioria, próximas aos centros de produção do benzeno.

Em 1988, a ABIQUIM relacionava, como indústrias de transformação de benzeno (síntese de derivados) as seguintes empresas: EDN, NITROCLOR, NITROCARBONO, C.B.P., DETEN e CIQUINE, localizadas no polo petroquímico da Bahia; BANN, ELEKEIROZ, EMCA, C.B.E. e UNIPAR no estado de São Paulo, a PETROFLEX no Rio de Janeiro, e a PETROFLEX no Rio Grande do Sul. O número de funcionários dessas empresas também é significativamente menor que nas siderúrgicas. São essas indústrias responsáveis pelo consumo de aproximadamente 95% da produção nacional do benzeno, conforme exposto no

item 1.2. De um modo geral, o processo de produção nessas indústrias é bastante automatizado. Mas a situação da exposição nacional dos trabalhadores nessas indústrias em termos mais rigorosos, ainda é pouco conhecida. Como evidência das situações de risco, lembramos que na NITROCARBONO, em 1990 ocorreram as duas mortes já citadas no início deste trabalho.

A possível exposição ao benzeno nas destilarias de álcool é diferenciada no diagrama, principalmente em função da sua distribuição nacional. Nesse segmento o benzeno é utilizado como desidratante, na fabricação do álcool etílico anidro. Diferenças regionais podem representar situações de risco de exposição muito diferenciadas e esse setor carece também de investigação específica.

Em 1988, existiam 139 destilarias produzindo álcool anidro no país, localizadas em 13 estados diferentes, a maioria concentrada nos estados de São Paulo, Alagoas e Pernambuco.

No caso desse setor, a preocupação ultrapassa o âmbito da saúde ocupacional pois o benzeno chega às destilarias, por transporte em caminhões tanques, percorrendo na maioria dos casos longas distâncias do centro de produção até as destilarias. O regime de trabalho nas destilarias é sazonal e muito pouco se sabe sobre a exposição dos trabalhadores ao benzeno nesse setor.

A substituição do benzeno como desidratante do álcool é tecnologicamente viável e já se usou no país outros desidratantes, anteriormente. (FUNDACENTRO, 1988).

Como comentário final deste item, fazemos notar que a explicitação desse quadro global onde se verificavam as exposições ocupacionais do país, apresentado à SERT em 1983, foi orientada basicamente pelo modo como conduzimos os estudos específicos relatados no nosso trabalho com os solventes industriais e produtos formulados.

A situação **indiferenciada** com relação às exposições ao benzeno, encontrada no início de nossos estudos em 1980, após a publicação da Portaria Interministerial proibindo o uso do benzeno em produtos formulados, já se mostrava passível de abordagem. O passo prioritário, qual seja, localizar as fontes de produção e destinação do benzeno no país, para assim identificar os

grupos de expostos, numa expressão **já diferenciada por setores**, encontrava-se expressa nesse diagrama, desde 1983.

Verifica-se aqui com clareza, a utilização do processo metodológico de **"diferenciação integração"** proposto por GARCIA (1986), para abordagem de sistemas complexos.

CAPÍTULO 3

3. O DOMÍNIO ESPECÍFICO: O TRABALHO QUÍMICO-ANALÍTICO NUMA ABORDAGEM EVOLUTIVA

3.1. O primeiro trabalho: a revelação do quadro geral das exposições ao benzeno.

Refere-se às ações relacionadas ao levantamento da utilização do benzeno como solvente, diretamente e em atividades industriais, ou como componente de produtos formulados. Os principais resultados estão publicados no trabalho NOVAES, T.C.P. e GRUENZNER, G.: " Determinação dos teores de benzeno em solventes orgânicos industriais comercializados no Brasil e propostas para a prevenção do risco potencial de benzolismo". Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 9(36): 66-70, 1981. Neste capítulo ressaltamos os aspectos químico-analíticos principais do trabalho.

3.1.1. Objetivos

Conforme já colocado no capítulo 2, o primeiro trabalho que realizamos tinha por objetivo traçar um perfil da possível presença de benzeno nas misturas de solventes e diluentes industriais e produtos formulados.

Esse objetivo específico, estava vinculado de início à uma proposição multidisciplinar: fornecer subsídios para verificar a exposição de trabalhadores ao benzeno, estabelecendo parâmetros para a identificação de grupos potenciais de risco, para implantação de possíveis estratégias preventivas. Pensava-se basicamente na história de caso reportada no capítulo 2, e como identificar e evitar situações semelhantes. Assim, a "pergunta condutora" dos trabalhos, já no seu início, procedia o que chamamos de "olhar interdisciplinar".

3.1.2. Critérios para seleção e aquisição das amostras

- Levantamento dos principais produtores e revendedores de dissolventes e diluentes orgânicos de São Paulo.

Foi elaborada uma listagem de 43 empresas do Estado de São Paulo, correspondendo aos principais produtores e revendedores de solventes orgânicos. De posse dessa lista, procuramos obter dados sobre os tipos de diluentes e dissolventes produzidos, bem como de sua quantidade e modo de comercialização.

- Levantamento dos principais produtores e revendedores de dissolventes e diluentes em outros Estados do país.

Para cumprirmos este item, contamos com a colaboração das Unidades Regionais da FUNDACENTRO, às quais solicitamos levantamentos referentes às suas áreas de abrangência. Os contatos com os técnicos foram feitos por correspondência, onde sugeríamos procedimentos gerais para a obtenção desses dados. A qualidade das informações retornadas, face às dificuldades da época, foi para nós, uma grata surpresa.

Seleção e aquisição das amostras

- No Estado de São Paulo

- As amostras coletadas e analisadas em São Paulo foram obtidas de duas maneiras:

- aquisição direta, no comércio, de produtos suspeitos de conter benzeno na sua formulação, procurando abranger empresas diferentes;

- amostras obtidas diretamente em algumas empresas onde a FUNDACENTRO efetuou levantamentos técnicos de higiene e segurança do trabalho em 1980 e 1981.

Este último procedimento de coleta de amostras teve como finalidade adquirir produtos de marcas não comercializadas diretamente no varejo, pois várias empresas com as quais fizemos contato vendiam sua produção diretamente aos consumidores industriais. Isso constituiu um obstáculo para a obtenção das amostras, pois tivemos dificuldades em conseguir produtos de todas as empresas que comercializam solventes.

Em São Paulo, foram obtidos produtos de 22 empresas diferentes, sendo analisadas um total de 30 amostras.

- Nos outros Estados

Para seleção de amostras de outros estados, organizamos previamente um roteiro de orientação e uma ficha de dados que foi preenchida nas empresas visitadas pelos técnicos das Unidades Regionais da FUNDACENTRO. No anexo I, reproduzimos a ficha original, que entre outros dados, incluía a descrição da atividade executada pelo trabalhador com o produto coletado.

Abaixo, relacionamos os números de empresas visitadas, por Regional:

Regional de Pernambuco - levantamento em 52 empresas.

Regional de Espírito Santo-levantamento em 38 empresas

Regional do Rio Grande do Sul - levantamento em 31 empresas

Regional de Curitiba - levantamento em 15 empresas

Regional de Brasília - levantamento em 31 empresas

Regional de Minas Gerais - levantamento em 35 empresas

De posse das fichas, analisamos as informações e solicitamos o envio de 44 amostras, **procedentes de 39 diferentes empresas**. A tabela de no. 5, expressa os teores de benzeno das 74 amostras analisadas, procedentes de 8 estados do país e correspondentes a amostragem de 61 empresas diferentes.

3.1.3. Descrição do método de análise química.

Para a elaboração das primeiras análises, desenvolvemos método analítico de análise por cromatografia gasosa, utilizando colunas selecionadas para atender o critério de se ter uma razoável "universalidade" para misturas de solventes complexos, pois a composição das amostras selecionadas inicialmente era muito variada.

Na fase qualitativa da análise, cuidou-se especialmente de garantir a identificação do benzeno, injetando-se todas as amostras em colunas de polaridades bem diferentes. A coluna de T.C.E.P. foi construída segundo características recomendadas por método cromatográficos para dosagem de solventes complexos, desenvolvido para fins de verificação do decreto francês de 1969 para controle de teores de benzeno em solventes complexos. (CHOVIN e cols., 1970).

As principais colunas e condições cromatográficas utilizadas, com pequenas variações dependendo das particularidades das amostras constam, da tabela abaixo.

TABELA nº 4 - PRINCIPAIS CONDIÇÕES ANALÍTICAS UTILIZADAS PARA ANÁLISES DO BENZENO. CROMATÓGRAFO CG MOD. 370 , COM DETECTOR DE IONIZAÇÃO DE CHAMA

COLUNA	TEMPERATURA DO DETECTOR (°C)	TEMPERATURA DO VAPORIZADOR (°C)	TEMPERATURA DA COLUNA (°C)	VAZÃO DO GÁS DE ARRASTE NITROGÊNIO (ml/min)	VAZÃO DE HIDROGÊNIO (ml/min)	VAZÃO DE AR (ml/min)
CARBOWAX 20M , 15% sobre CHROMOSSORB - W 1/8" DIÂMETRO INTERNO, 1,8 m COMPRIMENTO	220	200	80	30	30	300
SE-30 3% sobre CHROMOSSORB- WHP, 1/8" DIÂMETRO INTERNO, 1,8 m COMPRIMENTO	220	200	80	30	30	300
T.C.E.P. 30% sobre CHROMOSSORB - W silanizado 1/8" DIÂMETRO INTERNO, 3,0 M COMPRIMENTO	220	200	120	30	30	300

3.1.4. Resultados Obtidos

A tabela seguinte, nº 5, representa o resultado das análises de 74 amostras, com o respectivo tipo de produto analisado e o estado de sua procedência.

TABELA Nº 5 - TEORES DE BENZENO EM SOLVENTES INDUSTRIAIS E PRODUTOS FORMULADOS:

Nº DA AMOSTRA	PRODUTO ANALISADO	PROCEDÊNCIA DA AMOSTRA	% DE BENZENO AMOSTRA (EM VOLUME)
01	Thinner	SP	menor que 0,01
02	Thinner	SP	0,31
03	Thinner	SP	3,70
04	Thinner	SP	1,80
05	Thinner Super	SP	menor que 0,01
06	Thinner	SP	0,80
07	Thinner	SP	0,01
08	Solvente para cola	SP	0,63
09	Solvente para borracha	SP	menor que 0,01
10	Thinner Extra	SP	10,40
11	Thinner	SP	5,20
12	Thinner	SP	0,30
13	Thinner Extra	SP	0,60
14	Thinner	SP	0,87
15	Thinner	SP	0,20
16	Diluyente de uso geral	SP	não encontramos até 0,001
17	Diluyente p. Epoxi	SP	não encontramos até 0,001
18	Solvente p/ corretor	SP	0,10
19	Restaurador de rolo de impressora gráfica	SP	acima de 90
20	Thinner	SP	3,17
21	Thinner	SP	menor que 0,01
22	Tolueno	SP	menor que 0,01
23	Thinner	SP	menor que 0,01
24	Dilueno	SP	menor que 0,01
25	Thinner	SP	menor que 0,01
26	Solvente	SP	menor que 0,01
27	Benzeno siderúrgico	SP	pureza acima de 98
28	Tolueno siderúrgico	SP	1,51
29	Xileno siderúrgico (o.m.p)	SP	0,38
30	Xileno (o.m.p)	SP	0,03
31	Thinner	Regional de PE	menor que 0,10
32	Thinner	Regional de PE	menor que 0,01
33	Thinner	Regional de PE	0,80
34	Thinner	Regional de PE	menor que 0,01
35	Thinner	Regional de PE	0,34
36	Thinner	Regional de PE	0,08
37	Thinner	Regional de PE	menor que 0,10
38	Thinner	Regional de PE	6,70
39	Thinner	Regional de MG	17,41
40	Restaurador de Rolo de impressora gráfica	Regional de MG	acima de 90
41	Thinner especial	Regional de MG	1,32
42	Solvente nº 1	Regional de MG	0,01
43	Thinner	Regional de MG	0,83
44	Thinner	Regional de MG	1,06
45	Thinner	Regional de MG	1,20
46	Thinner	Regional do Esp. Santo	4,83
47	Solvente	Regional do Esp. Santo	menor que 0,01
48	Thinner	Regional do Esp. Santo	11,81
49	Thinner	Regional do Esp. Santo	20,03
50	Thinner	Regional do Esp. Santo	16,34
51	Thinner	Regional do Esp. Santo	73,58
52	Thinner	Regional do Esp. Santo	23,10
53	Thinner	Regional do R.G. do Sul	menor que 0,01
54	Thinner	Regional do R.G. do Sul	menor que 0,01
55	Redutor de thinner	Regional do R.G. do Sul	0,30
56	Thinner	Regional do R.G. do Sul	0,01
57	Redutor de thinner	Regional do R.G. do Sul	0,42
58	Thinner	Regional do R.G. do Sul	menor que 0,01
59	Thinner	Regional do R.G. do Sul	menor que 0,01
60	Thinner	Regional do Paraná	0,02
61	Thinner	Regional do Paraná	0,30
62	Solvente	Regional do Paraná	0,60
63	Thinner	Regional do Paraná	menor que 0,01
64	Thinner	Regional de Brasília	0,93
65	Thinner	Regional de Brasília	0,01
66	Thinner	Regional de Brasília	menor que 0,01
67	Thinner	Regional de Brasília	menor que 0,01
68	Solvente	Regional de Brasília	menor que 0,01
69	Thinner	Regional de Brasília	3,91
70	Thinner	Regional de Brasília	0,16
71	Thinner	Regional do R. Janeiro	17,17
72	Thinner	Regional do R. Janeiro	16,00
73	Dissolvente	Regional do R. Janeiro	1,92
74	Solvente	Regional do R. Janeiro	menor que 0,10

Fonte: NOVAES E GRUENZNER, 1981

3.1.5. Discussão dos resultados do primeiro trabalho

3.1.5.1. Uma consideração sobre qualidade

É importante notar, que nessa etapa do trabalho a identificação correta do benzeno (aspecto de qualidade) era prioritária sobre a sua quantificação. A cromatografia é por natureza uma técnica quantitativa. A identificação dá-se por uma relação indireta.

No caso desse estudo cada amostra analisada era uma incógnita devido à ausência total da regulamentação das formulações nesse mercado. Portanto, duplamente, a fase de identificação era o passo frágil da metodologia, a ser cercado com rigor para evitar o erro principal de análise. A quantificação, por sua vez já é o passo favorecido na cromatografia, que constitui uma das técnicas de análise instrumental mais sensíveis. (CIOLA, 1973).

Achamos importante ressaltar esse aspecto porque consideramos que existe atualmente uma tendência de exacerbação do quantitativo e da negligência do qualitativo. A sofisticação instrumental contribui para aumentar essa confusão. Por exemplo, o desenvolvimento das colunas capilares, que aumenta consideravelmente a resolução em relação às colunas recheadas, e diminui consideravelmente a possibilidade de erro da identificação, leva muitos químicos e toxicologistas a se descuidarem do importante passo da identificação. Ou a levarem a extremos de rigor os procedimentos quantitativos, quando talvez interessasse mais ampliar respostas qualitativas para dar conta de uma diversidade maior do universo investigado. Mas, um erro na identificação, é sempre bom lembrar, invalida inapelavelmente a análise.

Ainda, na consideração do aspecto qualitativo, podemos colocar a análise num nível inter-relacionado, de ligação mais direta com o objetivo geral do trabalho, qual seja, a proteção à saúde como um todo. Assim, era importante analisar uma quantidade ampla de amostras, provenientes de vários locais do país, e de várias empresas (critério qualitativo coberto pela estratégia de coleta das amostras) . Também já se procurava observar, em cada análise, outras substâncias com potencial de agravo à saúde. Desse maneira, mesmo não quantificando todos componentes, já foi possível indicar como outro resultado do trabalho, alguns componentes encontrados com maior frequência: álcool etílico, tolueno, xilenos (o,m,p,), cetonas (acetona, M.E.C. (metil etil cetona), M.I.B.C.

(metil isobutil cetona)) e acetatos. Todos eles, em graus diferentes, capazes de exercer efeitos adversos sobre a saúde dos trabalhadores expostos.

3.1.5.2. Uma consideração sobre quantidade

Nessa etapa do trabalho, a quantificação do benzeno era necessária mas não consistia no principal elemento do enfoque . Isso porque, não havia legislação regulamentando sua presença. Assim era mais importante analisar um amplo espectro de amostras, e registrar sua presença como um componente principal do que, analisar menos amostras com maior exatidão. Desse modo, as amostras com teores de benzeno acima de 90%, tiveram seus resultados aproximados, mas considerando-se a faixa de linearidade dinâmica da resposta, para não se incorrer em grandes desvios na expressão da concentração. Essa simplificação para as amostras com teores de benzeno superiores a 90%, tem relação direta com o objetivo central do trabalho, que era e é mais amplo que o objetivo específico. Se naquele momento já existiam indicações suficientes de risco da exposição ao benzeno, e as regulamentações internacionais sugeriam tolerância apenas na faixa de 1%, um refinamento quantitativo nas concentrações da ordem de 90% sugeria **perda em eficácia**. Devido às características próprias da técnica cromatográfica, da disponibilidade de um único equipamento, e de outras demandas simultâneas de trabalho, ganhava-se um precioso tempo para o trato de outras questões pertinentes, mais relevantes para a saúde ocupacional naquele momento.

3.1.5.3. Outras considerações sobre os resultados

Com relação ainda à Tabela nº 5 podemos considerar:

- Os vários solventes encontrados no comércio varejista apresentavam teores de benzeno extremamente variados, muitos contendo concentrações de benzeno inferiores a 0,01%, e outros, concentrações superiores a 90%.

Isso mostra a presença do benzeno tanto como impureza, como componente principal do produto.

Tal fato era previsível, pois inexistia na legislação brasileira uma restrição à presença do benzeno na composição dos solventes e produtos formulados.

- As amostras de nºs 39 e 45 correspondiam à mesma marca comercial de um mesmo produto, de lotes diferentes, que apresentavam diferença muito grande com relação à concentração de benzeno (17,41% e 1,20% respectivamente). Isso mostra que as formulações dos produtos não eram fixas, e possivelmente deviam variar em função da oscilação de preços e disponibilidade dos solventes no mercado.

- A amostra de nº 28 foi conseguida diretamente de uma siderúrgica, que produz benzeno, tolueno e xileno como sub-produto do carvão mineral. Na amostra analisada, o teor de benzeno no tolueno era de 1,51% em volume, ultrapassando, portanto, o valor de 1% que é recomendado pela O.I.T., sendo também esse resultado, um indicador do controle de qualidade da obtenção do tolueno siderúrgico naquela empresa.

Esse resultado mostra que a presença de benzeno, como impureza, numa mistura que contenha tolueno ou xileno, proveniente de carvão mineral, poderia chegar a concentrações de aproximadamente 3%, o que explicaria a presença de concentrações próximas desse valor numa grande quantidade de produtos analisados, muitos deles contendo tolueno como componente principal. A presença de concentrações mais baixas de benzeno (por exemplo, abaixo de 0,01%), também registradas na tabela em muitas amostras, indicaria, provavelmente, a utilização de substâncias provenientes da destilação do petróleo que, sendo um processo mais moderno e controlado, possibilitaria maior pureza na obtenção dos produtos finais.

No trabalho original, organizamos uma segunda tabela, por agrupamento das amostras que continham altos teores de benzeno, incluindo informações contidas nas fichas de solventes (vide Anexo I). Essa tabela está apresentada no capítulo 2, correspondendo à tabela nº3 deste trabalho, apresentada na página 48. Voltamos a comentar alguns de seus dados, para argumentações diferentes.

Observa-se na tabela nº 3 pág. 48 :

- Presença de altos teores de benzeno em produtos variados;
- Utilização desses produtos em atividades diversas, pulverizadas, e passíveis de atingir potencialmente incontável número de trabalhadores expostos;
- Situações de exposição potencialmente elevadas a produtos com altos teores de benzeno (análise qualitativa da exposição ocupacional viabilizada por análise de dados existentes na ficha de coleta de amostras); (vide Anexo I).
- Situações análogas de exposição e risco à saúde semelhantes às descritas por MORRONE e ANDRADE (1974) e relatadas na história de caso do capítulo 2;
- Inviabilidade de identificação da presença de benzeno nas amostras, pelas características desse setor do mercado. Apenas a análise cromatográfica das amostras permitiu revelar essa situação;
- Do ponto de vista do objetivo específico inicial (traçar possível perfil de exposição ao benzeno) os dados obtidos já eram suficientes para assumir uma distribuição nacional de riscos, por um cruzamento **do instrumento químico-analítico específico utilizado (análises cromatográficas), da estratégia definida de amostragem e coleta, da análise da ficha de dados (Anexo I) e dos levantamentos da distribuição, comércio e modo de produção industrial desse setor;**
- Do ponto de vista do objetivo geral do trabalho, vinculado à saúde ocupacional, a questão da eficácia vai-se revelando. Os dados analíticos encontrados, as condições de exposição dos trabalhadores e o mercado desses produtos, indicavam a total inviabilidade de estabelecer medidas preventivas, (de controle ambiental), por exemplo, que garantissem proteção adequada ao benzeno nessas atividades. As condições de organização do trabalho e as incontáveis operações conduzidas com esses produtos, indicavam que, continuar a executar análises de teores de solventes nesse segmento de mercado, poderia constituir **apenas mais um exercício de produção de dados analíticos** (NOVAES, 1987). A visão interdisciplinar, da ligação da química analítica com a saúde ocupacional, e a preocupação com a eficácia, sugeria orientar soluções diferentes. Desse modo, a busca de instrumentos mais adequados, conduziu ao encontro da já citada Recomendação nº 144 da O.I.T. e da investigação da

viabilidade da sua aplicação. Assim, o passo seguinte, naquele momento, foi buscar uma análise mais geral do mercado de produtos formulados, que levou à descoberta da exequibilidade da recomendação da proibição do uso do benzeno nesse setor.

Nesse momento, saía-se do laboratório para proceder o **"olhar transdisciplinar"** (MORIN,1982), e buscar soluções fora do âmbito específico da química analítica e da saúde ocupacional. A solução do problema, via uma recomendação legal **surgia diferenciada de uma análise global da problemática do benzeno**, o que é muito diferente de se fazer uma mera referência a uma possível recomendação legal (GARCIA,1986). Assim, nas conclusões do trabalho, já se explicitava com clareza a recomendação de proibição do uso do benzeno, e as estratégias multi-institucionais a serem encaminhadas para conseguir essa medida. Para o contexto político institucional da época essas recomendações constituíram um avanço.

3.2. O segundo trabalho: uma nova função para as determinações analíticas.

Conforme já relatamos no capítulo 2, **três meses** após a publicação do primeiro trabalho, ocorreu a regulamentação do benzeno em produtos formulados. Entre julho e agosto de 1982 voltamos a estudar o mercado de produtos formulados o que resultou na publicação do artigo "Teores de benzeno em solventes orgânicos industriais: alterações após a publicação da Portaria Interministerial nº 03 de 28 de abril de 1982 - Propostas para complementação da legislação vigente", referenciado em NOVAES e GRUENZNER, 1982, que discutimos na sequência.

3.2.1. Objetivos

- Avaliar a abrangência e a aplicabilidade da Portaria Interministerial nº 03, de 28 de abril de 1982 (Vide fig. 2), através de análises dos teores de benzeno em produtos formulados.
- Reforçar a necessidade de estender a regulamentação restritiva de comércio e distribuição de outros solventes industriais, potencialmente tóxicos, presentes em produtos formulados.
- Sugerir instruções complementares referentes à Portaria Interministerial nº 03, com base nos resultados obtidos das análises das amostras.

3.2.2. Critérios estabelecidos para seleção das amostras

Na primeira quinzena de agosto de 1982, decorridos aproximadamente três meses da publicação da citada portaria, e estando em vigor, há dois meses, a proibição da comercialização do benzeno como solvente, consultamos vários distribuidores do comércio de solventes, com a finalidade de investigar alguma possível modificação nesse mercado. A maior parte dos distribuidores, informada

da nova regulamentação oficial, não oferecia mais o benzeno para venda direta. No entanto, ainda constatávamos distribuidores com o benzeno para pronta entrega a qualquer comprador.

Nesse rápido levantamento, pudemos verificar que a Portaria Interministerial estava sendo obedecida apenas parcialmente, pois permanecia um comércio ilegal de benzeno, e portanto, deveriam ser encontrados produtos no mercado com teores de benzeno acima de 1%.

Orientados pelo trabalho anterior, selecionamos para análises experimentais principalmente os produtos já analisados, onde havíamos encontrado os maiores teores de benzeno e as condições de trabalho mais problemáticas.

3.2.3. Resultados obtidos

As novas amostras coletadas foram analisadas por cromatografia gasosa segundo condições experimentais já descritas no item anterior. Seus resultados estão apresentados na tabela nº 6.

TABELA nº 6 - TEORES DE BENZENO EM AMOSTRAS ANALISADAS
PARA VERIFICAÇÃO DE CUMPRIMENTO DA PORTARIA
INTERMINISTERIAL Nº 3 DE 28 DE ABRIL DE 1982.

Nº DA AMOSTRA	PRODUTO ANALISADO	PROCEDÊNCIA DA AMOSTRA	% BENZENO ENCONTRADO NA AMOSTRA (EM VOLUME)	% BENZENO ENCONTRADO NO TRABALHO ANTERIOR (EM VOLUME)
01	Restaurador de blanqueta	São Paulo	acima de 90%	marca não analisada anteriormente
02	Restaurador de blanqueta	São Paulo	23,16	marca não analisada anteriormente
03	Thinner	Minas Gerais	6,86	17,41
04	Thinner	São Paulo	5,65	10,40
05	Thinner	Espírito Santo	4,18	20,03
06	Restaurador de blanqueta	São Paulo	0,47	acima de 90
07	Thinner	Espírito Santo	menor que 0,1	73,58
08	Thinner	Espírito Santo	menor que 0,1	23,10
09	Thinner	Espírito Santo	menor que 0,1	16,00
10	Thinner	Espírito Santo	menor que 0,1	11,81
11	Thinner	Espírito Santo	menor que 0,1	marca não analisada anteriormente

Fonte: NOVAES e GRUENZNER, 1982

3.2.4. Discussão dos resultados da tabela nº 6

Os resultados analíticos então obtidos permitem verificar alguns aspectos interessantes:

- alguns produtos tiveram sua composição química radicalmente modificados após a proibição do benzeno. A amostra de nº 06, por exemplo, cuja composição era praticamente benzeno puro foi substituída por tolueno e a amostra nº 07, que anteriormente apresentava uma concentração de 73,58%, contém benzeno apenas como impureza.

- as amostras de nºs 01 e 02, apesar de não analisadas anteriormente, apresentam uma concentração de benzeno extremamente elevada. A amostra nº 01, pode ser considerada como benzeno comercial, com corante adicionado. Nesse caso, confirma-se ainda a presença no mercado de produtos que não deveriam estar sendo comercializados, no setor de produtos gráficos, cujo uso de benzeno configurava uma tradição de mercado.

- com relação aos thinners, verificou-se uma diminuição nos teores de benzeno apesar de que as amostras nºs 03, 04 e 05, continuam com concentrações acima da permitida pela legislação.

- de modo geral, os produtos que tiveram a concentração de benzeno, diminuída ou substituída, foram adicionados de maiores quantidades de tolueno e/ou xileno, substâncias estas menos tóxicas que o benzeno, mas que também apresentam efeitos adversos comprovados. Assim, mesmo os produtos que se enquadram dentro das exigências da nova portaria, não excluem a necessidade de um rigoroso controle para sua comercialização.

Conforme já fôra constatado no trabalho anterior, além da questão do benzeno, novamente se confirma, no caso dos thinners, formulações diferentes para uma mesma marca comercial. Esta constatação experimental assume maior importância, pelas dificuldades que pode trazer para uma possível fiscalização que se venha estabelecer. Os mesmos produtos que analisamos, nos quais não encontramos benzeno, poderão, em outros lotes, ter sua composição modificada, para a inclusão do referido produto ou de outros produtos tóxicos.

Ainda que não seja o próprio benzeno o elemento adicionado, a inexistência de uma regulamentação mínima com relação aos produtos formulados, não garante

que outros compostos igualmente tóxicos deixem de ser adicionados à essas formulações. Em trabalhos dessa época encontramos, por exemplo, diluentes de tinta à óleo com 30% de nitrobenzeno, substância de elevada toxicidade.

Essa análise refere-se basicamente aos dados da tabela nº 6 apresentada no trabalho citado. No entanto, no artigo, já se faz uma análise mais abrangente de estratégias gerais para a problemática ocupacional relacionada ao uso industrial de produtos formulados. Pela importância das recomendações produzidas e por elas ilustrarem o estamos chamando de "caráter evolutivo" em relação ao primeiro trabalho, procedemos na sequência uma transcrição das considerações mais relevantes desse segundo trabalho. Elas representam talvez o único registro de caráter ocupacional produzido nessa época sobre esse seguimento de mercado, e o conteúdo de suas orientações básicas permanece integralmente atualizado.

3.2.5. Considerações gerais sobre os resultados do segundo trabalho

As considerações deste item 3.2.5., pelos motivos expostos no parágrafo anterior, são originais do artigo referenciado em NOVAES e GRUENZNER, 1982.

"Os resultados experimentais contidos na tabela, (*número 6, neste estudo*) permitiram concluir que houve uma sensível retração no uso do benzeno como solvente após a publicação da Portaria. No entanto, permanece em parte o risco potencial de benzolismo, pois algumas firmas continuam a utilizar indevidamente o benzeno, como solvente em alguns produtos.

"O controle desse risco poderia ser efetivado se a Portaria fosse complementada com disposições para a obrigatoriedade de cadastro dos distribuidores de benzeno e de seus clientes bem como de seus funcionários, junto aos Ministérios da Saúde e do Trabalho, com fins de fiscalizar a execução de exames médicos periódicos, específicos para o benzeno.

"Como o Conselho Nacional de Petróleo já exerce um controle sobre os distribuidores através de registros e cadastramentos das firmas, não fica difícil estender essa regulamentação, para fins de saúde ocupacional.

"Não consta na Portaria nº 03, a maneira como será realizada a fiscalização sobre os produtos para os quais o benzeno foi proibido. Nossos trabalhos mostram a necessidade urgente de complementação da Portaria, uma vez que persistem no comércio produtos contendo benzeno como solvente. Em razão das características do mercado, onde não existe obrigatoriedade de registro de fórmulas, uma fiscalização que se baseasse apenas em análises finais do produto tornar-se-ia extremamente onerosa e pouco eficiente, uma vez que existem no Brasil, atualmente, mais de 300 empresas comercializando diluentes e dissolventes de uso geral.

"A fiscalização poderia ser realizada, no atual momento, em dois âmbitos:

- "Fiscalização num âmbito mais geral, incluindo acesso dos fiscais do Ministério do Trabalho e Ministério da Saúde, junto ao controle de distribuição de produtos derivados do petróleo e carvão mineral, já fiscalizados através do Conselho Nacional do Petróleo, dando particular atenção à destinação do benzeno siderúrgico principalmente nos mercados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, onde se concentram as principais fontes produtoras de benzeno siderúrgico.

- "A partir do controle dos distribuidores, *de (solventes e produtos formulados)*, onde a ênfase maior deve ser dada ao estabelecimento de normas para fiscalização nos produtos finais, através de coletas de amostras no comércio, e encaminhamento a laboratórios de análises. É importante ressaltar que existem dissolventes comercializados diretamente do produtor ao consumidor, portanto, não seria possível encontrar esses produtos à venda no comércio varejista para uma fiscalização direta.

"Apenas com o acesso dos fiscais a fábricas de misturas dissolventes é que haveria possibilidade de coletar essas amostras. Fica evidente, no entanto, a fragilidade dessa medida o que reforça mais uma vez a necessidade de modificações legais mais profundas nessa área.

"A verificação experimental de outros compostos tóxicos, além do benzeno, presentes nas formulações brasileiras comercializadas sem nenhuma indicação de risco, mostra a necessidade urgente de legislações específicas nessa área. A criação de um órgão para registro de formulações químicas, encarregados de normatizar questões referentes ao mercado de tintas, vernizes,

colas, adesivos, etc. incluindo normas de interesse para a saúde ocupacional, seria um primeiro passo para se iniciar um controle nesse mercado".

3.2.6. Uma explicitação conceitual sobre o segundo trabalho

A análise conceitual do item anterior, permite verificar que o trabalho sugeria uma série de regulamentações a partir de uma clara metodologia de caráter interinstitucional, interdisciplinar e diferencial para sua consecução. Trabalhava já o parâmetro de **eficácia** sugerindo o planejamento de uma fiscalização centrada na distribuição do benzeno a partir de suas fontes de produção. A sugestão de atuar junto ao Conselho Nacional do Petróleo - C.N.P. (órgão interministerial, na época) revela a intenção de utilização de um instrumento localizado num nível de ação decisório superior, transdisciplinar, sugerindo reformulações paradigmáticas. A estrutura de fiscalização do C.N.P., então existente, ainda que montada para outras finalidades, poderia garantir um rápido conhecimento de mecanismos reguladores desse mercado, capaz de acelerar medidas de controle efetivas com relação ao cerceamento do uso já ilegal do benzeno no setor estudado. Apesar da interessante possibilidade que se abria com essa sugestão, nunca se conseguiu integrar trabalhos com o C.N.P., apesar de várias tentativas exercidas na sequência de nossos trabalhos nessa área.

O C.N.P. foi extinto em 1990, nas reformas administrativas profundas que estão acontecendo desde o início do governo Collor, nos setores de produção, distribuição e comércio de derivados do petróleo e carvão mineral.

Como orientação no domínio específico da química, o trabalho sugeria a necessidade do refinamento na estratégia de amostragem e coleta, devido às características do comércio e uso dos produtos, para garantia de representatividade. O direcionamento dos resultados analíticos no nível interdisciplinar também passa por uma evolução. O segundo artigo faz referência clara sobre o risco na utilização dos produtos em geral, e sugere claramente uma regulamentação mais ampla para outros produtos tóxicos via sugestão de criação de órgão de registro para regulamentação das formulações. Essa preocupação

continua válida para os dias atuais, uma vez que esses produtos continuam a ser comercializados no varejo sem qualquer indicação de composição(1991), expondo os trabalhadores à riscos não identificáveis.

Ainda que essas propostas não tivessem sido implementadas, elas indicavam o caminho a seguir, dando um sentido reformulador muito amplo para um grupo de apenas onze resultados analíticos cromatográficos.

Do ponto de vista metodológico percebe-se aqui com clareza, os instrumentos específicos da química analítica mediando questões abrangentes para a saúde ocupacional. Com grande eficácia, uma vez que as questões então levantadas sobre o risco de agravos nesse setor permanecem válidas (e não resolvidas) até hoje. O que impede sua operacionalização são questões paradigmáticas, e não metodológicas.

3.3. O terceiro trabalho: a sequência evolutiva num exercício interdisciplinar

3.3.1. Um histórico inicial

Face à denúncia formal da presença de benzeno em um thinner comercializado no Estado de São Paulo, a então Secretaria das Relações do Trabalho do Estado de São Paulo (SERT), em 15 de agosto de 1983, convocou uma reunião interinstitucional na qual estivemos presentes, e apresentamos o resumo da situação dos principais grupos de riscos referentes ao benzeno. Uma síntese dessa exposição foi publicada em 1983, e o diagrama dessa publicação está incluída no capítulo 2, página 59 .

Por esse diagrama, conforme já discutimos, verifica-se uma diferenciação de setores considerados prioritários para investigação do benzeno, além do grupo de expostos no âmbito da Portaria. Nessa reunião, a vigilância de obediência da Portaria foi sugerida por representantes de outros órgãos públicos, para ser efetuada por aquisição direta de solventes no mercado de varejo, na forma como se dera a denúncia que originou a demanda. A falta de representatividade dessa sugestão só pôde se tornar mais clara pela explicitação dos mecanismos de mercado desse setor. Reproduzimos nessa reunião as sugestões básicas contidas no nosso segundo trabalho ao mesmo tempo que alertávamos para a necessidade de vigilância dos outros grupos de expostos ao benzeno.

Constitui-se então um grupo de trabalho com médicos, engenheiros e químicos para fiscalização das condições de exposição ao benzeno, que atuou de forma contínua por um período de um ano e meio. Os trabalhos foram divididos em duas fases: Na primeira fase, após a elaboração de um questionário denominado " Roteiro de Inspeção Para Benzeno " iniciou-se por parte da SERT, um trabalho de inspeção sistemática e centralizada nos setores de produção e transformação de benzeno no Estado de São Paulo. Em paralelo, e sob minha coordenação foram desenvolvidos os trabalhos referentes à execução de plano de fiscalização da Portaria Interministerial nº 3, sob bases estatísticas e controle de qualidade interlaboratorial, que será relatado a partir do próximo item.

3.3.2. Proposta de "Plano de fiscalização de teores de benzeno em produtos formulados e solventes orgânicos industriais".

O objetivo principal dessa proposta é verificar se os "produtos fabricados" pelas indústrias de solventes estão dentro dos parâmetros legais exigidos pela Portaria Interministerial. Para isto, elaborou-se um delineamento estatístico para amostragem dos produtos nas empresas, considerando-se o número total de indústrias produtoras no estado de São Paulo ($N = 100$). Fixou-se um período de coleta/fiscalização de 18 meses, divididos em 4 etapas.

Nas 1ª e 2ª etapas, o sorteio dos produtos seria através da "Amostragem Casual Simples (ACS)", sem reposição, isto é, uma vez sorteada a indústria, esta não seria mais sorteada nestas duas etapas (duração de 5 meses cada etapa) com uma amostra/dia, totalizando-se 20 amostra/mês.

Na 3ª etapa, o sorteio seria através da ACS porém, com reposição, havendo possibilidade de uma indústria ser escolhida mais de uma vez (duração de 3 meses) e finalmente, a 4ª etapa, com ACS sem reposição com duração de 5 meses, totalizando-se no período de 18 meses, 360 amostras a serem analisadas.

Para a realização do sorteio, as indústrias eram numeradas de 1 a N e a cada semana, seria feito um sorteio aleatório, considerando-se a reposição ou não, havendo uma pessoa responsável para fornecer aos fiscais, o nome das indústrias sorteadas a serem amostradas.

As amostras coletadas seriam enviadas aos laboratórios participantes do plano de fiscalização tendo sido realizado, a priori, um controle inter-laboratorial da metodologia de análise utilizada pelos diferentes laboratórios, com o intuito de emitirem resultados concordantes.

Assim, antes de implantar o "Plano de Fiscalização", realizou-se um estudo estatístico para verificar a concordância de resultados analíticos entre os laboratórios.

3.3.3. Delineamento estatístico do programa de controle de qualidade interlaboratorial

O objetivo de utilizar a análise estatística é verificar se os laboratórios participantes do "Plano de fiscalização de teores de benzeno em produtos formulados e solventes orgânicos industriais" trabalham de maneira semelhantes, ou seja, utilizando-se a mesma "técnica de análise química", se seus resultados são estatisticamente concordantes.

O planejamento para conseguir essa verificação foi baseado em projeto de "Experimento de Delineamento Hierárquico". (vide Miller e Miller, 1988), sendo enviado aos laboratórios uma amostra de solvente para análise, na qual os técnicos emitiram 6 resultados por dia, por amostra. Esquemáticamente tem-se:

Fig. n.º 3 - Esquema de delineamento hierárquico para verificação de concordância estatística de resultados.

Após a definição do plano de fiscalização e da definição dos critérios para verificação da concordância analítica dos resultados dos laboratórios que iriam executar as análises, formou-se um grupo com a participação de laboratórios contatados pela então Secretaria da Relações do Trabalho do Estado de São Paulo (SERT). Esse grupo foi constituído a partir de março de 1984 e contou com a colaboração de químicas das seguintes instituições: FUNDACENTRO, I.P.T. (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo), SESI (Serviço Social da Indústria- São Paulo) e P.M.S.P. (Prefeitura Municipal de São Paulo).

Esse grupo atuou no estudo de controle de qualidade interlaboratorial, mesmo após o desmembramento do grupo de fiscalização formado na SERT. No item 3.3.4. descreveremos parte dos trabalhos realizados por este grupo.

3.3.4. Desenvolvimento da metodologia analítica

3.3.4.1. Considerações iniciais

O desenvolvimento de metodologia analítica dirigida para fins de fiscalização da Portaria Interministerial, iniciou-se em 27 de março de 1984, com a participação de representantes de 4 laboratórios contatados pela SERT, e dividiu-se em duas fases:

a) uma primeira fase onde se optou pelo desenvolvimento de um método por cromatografia gasosa com padronização interna para quantificação do benzeno das amostras. Essa técnica não se revelou adequada nas "rodadas" de amostras onde a técnica foi testada. Os entraves técnicos principais identificados foram:

- Dificuldade de seleção de um padrão interno, frente a grande variabilidade e composição das amostras testadas.

- Diferentes condições de instrumentação analítica (na época apenas um laboratório dispunha de integradores de área com microprocessador);

Apesar da não obtenção de concordância estatística de resultados com essa técnica, o grupo redigiu a metodologia e aperfeiçou conhecimentos importantes pela troca de experiência favorecida pelo trabalho de grupo.

b) Uma segunda fase, onde se optou pela técnica por padronização externa, de acordo com os procedimentos básicos já desenvolvidos nos dois trabalhos de análise de teores de benzeno citados anteriormente(itens 3.1 e 3.2) . O passo frágil dessa técnica, que corresponde à possíveis erros na repetição do volume de amostra injetado, foi cuidadosamente cercado. As amostras foram injetadas com tampão de solvente e ar conforme descrito no item 3.3.4.2.2. As amostras distribuídas aos laboratórios nas duas fases, eram amostras reais de "thinners", adquiridas diretamente no comércio.

3.3.4.2. Procedimentos básicos

3.3.4.2.1. Procedimentos da fase de identificação do benzeno (análise qualitativa)

Para a fase qualitativa os procedimentos utilizados seguiram os critérios já descritos no item 3.1., tendo sido também empregadas as colunas DC-200 e PABE-CG-3481.

3.3.4.2.2. Procedimentos da fase de quantificação do benzeno

Para a determinação quantitativa adotaram-se os seguintes procedimentos, nesta fase, comum aos vários laboratórios.

- Comparar os cromatogramas obtidos nas colunas para a etapa qualitativa. Verificar qual coluna, e quais condições cromatográficas oferecem a melhor resolução para o benzeno. Uma vez selecionada a coluna e as condições cromatográficas, parte-se para a elaboração da curva de calibração.

a) Curva de calibração

- Preparar soluções de concentrações 0,1; 0,5; 1,0 e 1,3% de benzeno em tolueno, usando microseringas adequadas e balão volumétrico de 10 ml.

- Anotar temperatura ambiente.

- Verificar a pureza do solvente, aceitável até um máximo de 0,01% de benzeno em tolueno.

- Injetar cada padrão por 3 vezes com tampão de solvente:

3 ul de solvente + 0,5 ul de ar + 3,0 ul de solução padrão.

- Construir a curva de calibração para verificação da linearidade dos dados obtidos e calcular o fator a ser utilizado para a determinação da concentração da amostra.

Cálculo do fator da curva de calibração:

$$f = \frac{\sum h}{\sum c}$$

onde: $\sum h$ = somatória das alturas dos picos dos padrões

$\sum c$ = somatória das concentrações dos padrões

b) Análise da amostra

Injetar cada amostra 6 vezes com tampão de solvente, utilizando o mesmo solvente da curva de calibração: 3 ul de solvente + 0,5 ul de ar + 3,0 ul da amostra.

Cálculo da concentração da amostra:

$$c = \frac{\bar{h} \text{ amostra}}{f}$$

onde : c = concentração de benzeno na amostra (% v/v)

$\bar{h}$ = média das alturas obtidas nas seis injeções da amostra analisada

f = fator da curva de calibração

3.3.5. Resultados obtidos na aplicação do "Experimento de Delineamento Hierárquico" no programa de controle de qualidade interlaboratorial

Após estabelecimento dos procedimentos analíticos básicos apresentados no item anterior, aplicou-se o projeto de "Experimento de Delineamento Hierárquico" apresentado no item 3.3.3., para verificação da concordância estatística dos resultados dos vários laboratórios. Nessa fase, não foi possível contar com participação dos técnicos do laboratórios do IPT, por problemas internos àquela instituição. Os resultados dos três laboratórios e dos seis analistas participantes do estudo, estão apresentados na tabela nº 7.

TABELA nº 7 - DISTRIBUIÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NA APLICAÇÃO DO "EXPERIMENTO DE DELINEAMENTO HIERÁRQUICO".

Laboratório 1		Laboratório 2		Laboratório 3	
Tec.A	Tec.B	Tec.A	Tec.B	Tec.A	Tec.B
1,02	1,08	0,96	0,94	1,09	1,06
1,00	1,06	0,96	0,95	1,07	1,05
1,02	1,06	0,96	0,95	0,97	1,00
1,00	1,01	0,94	0,95	0,98	1,00
0,99	1,04	0,96	0,93	1,06	1,03
1,00	1,09	0,97	0,95	1,02	1,04
1,07	1,05			1,03	
1,07	1,08			1,11	
1,06	1,09			1,06	
1,06	1,10			1,05	
1,08				1,06	
				1,11	
0,09	0,09	0,03	0,02	0,14	0,06
1,03	1,07	0,96	0,95	1,05	1,03
0,03	0,03	0,009	0,008	0,04	0,03
3,33	2,54	1,02	0,89	4,26	2,46

Amplitude
Média ($\bar{x}$)
Desvio Padrão (s)
Coef.Variação (C.V.)

Dentro do modelo hierárquico, o teste estatístico usado para verificação das hipóteses é a Análise de Variância (teste de F'Snedecor).

Neste trabalho, a Análise de Variância (ANOVA) foi utilizada para avaliar se os resultados obtidos são estatisticamente aceitáveis, levando-se em conta o laboratório e o técnico. As hipóteses a serem verificadas eram:

- **Hipótese Nula (Ho)** = os resultados médios obtidos são estatisticamente iguais
- **Hipótese Alternativa (Ha)** = há pelo menos um resultado médio que difere.

Na tabela nº 8, estão apresentados os resultados da Análise de Variância, aplicados aos dados da tabela de resultados analíticos, calculados com auxílio do programa MICROSTAT.

TABELA nº 8 : RESULTADO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Entre Laboratórios	2	0,07124	0,0356	3,13 (n.s.)
Entre Técnicos.	3	0,01449	0,0483	0,42 (n.s.)
Resíduo	46	0,52260	0,0114	-
Total	51			

FV - fonte de variação
GL - grau de liberdade
SQ - soma dos quadrados
QM - quadrado médio
F - F'Snedecor
ns - não significativo

Conclusão: Não se rejeita a hipótese nula, isto é, os resultados médios obtidos são estatisticamente iguais; portanto não existe diferença estatística entre os laboratórios e entre os técnicos.

Os resultados da tabela nº8, indicam portanto, concordância de resultados analíticos dos teores de benzeno entre os laboratórios e os analistas, para uma amostra real, com multicomponentes, testada. Tolueno, xileno, metanol e álcool etílico, foram alguns dos outros componentes identificados na amostra. Ainda que não fosse objetivo direto desse trabalho, analisamos a concentração de

metanol presente na amostra, encontrando o valor de 10% em volume, confirmando que a preocupação nessa área, não pode restringir-se ao benzeno.

3.3.6. Uma análise conceitual sobre o terceiro trabalho

Neste terceiro trabalho, percebe-se claramente o aumento da complexidade das várias ações necessárias, para responder à questão analítica básica de verificação da presença de benzeno em produtos formulados. Não basta simplesmente analisar aleatoriamente um produto qualquer que chegue ao laboratório nos moldes como está estruturada atualmente a "prestação de serviços" em Saúde Pública; é necessário tratar o "processo analítico" de uma forma integrada, com o objetivo interdisciplinar central, de verificação agora, das diferentes questões relacionadas ao uso indevido do benzeno. Os procedimentos da fase analítica e da amostragem sofreram significativa evolução e aumento de complexidade, quando se compara os mesmos processos nos primeiro e segundo trabalhos descritos anteriormente.

Para obter eficácia e confiabilidade analítica, nessa nova situação, é necessário reforçar a **fase de integração**. E a integração exige a atuação conjunta de vários profissionais e entidades, para responder à complexidade das novas situações reais.

A operacionalização de uma proposta para fiscalização dos teores de benzeno em produtos formulados, ainda que viável no nível analítico, como demonstramos, é difícil de ser aplicada em nosso país. A instabilidade das instituições públicas comprometem a continuidade de trabalhos interinstitucionais, indicando assim, que são necessárias reformulações mais profundas do que simplesmente destinações de recursos materiais e financeiros (o que, no caso, também é necessário).

Há, porém que verificar que uma proposta desse porte dificilmente pode ser levada com a estrutura atual de prestação de serviços dos laboratórios de saúde pública e de vigilância e fiscalização de contaminantes químicos. As reformulações implicam modificações a nível paradigmático, que ainda não encontraram condições teóricas e sociais para se viabilizarem. Há que continuar nesse caminho.

CAPÍTULO 4

4. PROPOSIÇÕES TEÓRICAS DA METODOLOGIA DE TRABALHO PARA AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO

4.1. Introdução

A reflexão teórico-metodológica vem adquirindo uma importância crescente nas ciências. A nível da Química Analítica o artigo " The Teaching of Problem Solving Environmental Analysis " de Klockow (1981) mostra com clareza a evolução do objeto da disciplina comparando a citação de Fresenius, em 1862, e a nova definição de Química Analítica elaborada pela Divisão de Química Analítica do Gesellschaft Deutscher Chemiker em 1976, que reproduzimos abaixo:

" Pode ser mostrado sem dificuldade que, qualquer progresso maior em Química está relacionado mais ou menos diretamente a métodos analíticos novos ou mais aperfeiçoados" (C.R.Fresenius, 1862)

" Química Analítica é a ciência da extração da informação de sistemas materiais relacionados com sua composição e estrutura e da interpretação dessa informação de acordo como objetivo de sua utilização" (Gesellschaft Deutscher Chemiker, 1976).

Nesses dois momentos; aparece claramente uma evolução conceitual da Química Analítica, anteriormente voltada para objetivos restritos de desenvolvimento e aperfeiçoamento de metodologia. Essa postura anterior garante o objeto específico da disciplina, mas não coloca a disciplina (e seus instrumentos) na situação de dar as respostas mais eficazes para problemas mais complexos hoje existentes. A segunda definição citada, contextualiza a Química Analítica e seus instrumentos. A explicitação teórica que tentamos fazer nesta sequência, quer mostrar como instrumentos próprios da Química Analítica

(pressupostos de confiabilidade analítica e desenvolvimento de metodologia) e instrumentos como a eficácia em Saúde Ocupacional, permitiram orientar a sequência de trabalhos já descritos nos capítulos 2 e 3.

4.2. Pressupostos teóricos

A seleção dos pressupostos confiabilidade analítica e eficácia como norteadores no desenvolvimento das metodologias analíticas levou à necessidade da ampliação conceitual da questão química específica, localizando-a interiormente ao sistema gerador do parâmetro a ser avaliado. Assim, à medida que os estudos prosseguiram foram "emergindo" os pressupostos teóricos presentes na metodologia, utilizada para avaliação da exposição ocupacional ao benzeno e que pode ser resumida nos seguintes pontos:

a) Existe um "Sistema Global Complexo Mínimo" a ser visualizado e dimensionado no estudo da exposição ocupacional a um risco químico no qual o estudo químico-analítico está inserido. Possui dimensões que podem ser explicitadas através de condições de contorno físico não-rígidos e escalas de fenômenos espaço-temporais que devem ser consideradas para a análise dos problemas que se procura responder ou resolver.

b) Esse sistema é aberto, dinâmico, comportando pequenas flutuações que podem mantê-lo em condições de "estado estacionário" para o qual é possível predizer certas condições de validade e aplicação de alguns parâmetros legais, ao nível do domínio químico-analítico e de outras disciplinas e suas relações dentro do sistema.

c) Os problemas propostos nesse sistema que demandam um trabalho químico partem de um nível de conhecimento que é suportado por um conjunto de teorias ou teorizações reportadas ao paradigma vigente no momento do estudo do sistema -e que são expressas por um certo suporte conceitual que é preciso ser considerado.

d) O problema que se procura responder é orientado, no início, pelo modo de sua formulação (pergunta condutora dos trabalhos, ou marco epistêmico), que deve ser elaborado de início sob enfoque multidisciplinar para garantia de eficácia na busca de soluções. O estudo químico-analítico deve ser

enfocado a partir da condição real da exposição, guardado o domínio específico da disciplina, mas em interação com os aspectos multidisciplinares pertinentes. Essa sistemática permitirá evidenciar propriedades e a própria estrutura dinâmica do sistema ou sub-sistema em investigação.

e) A garantia simultânea do atendimento de confiabilidade analítica e eficácia no estudo de sistemas complexos pressupõe o entendimento da análise química com um processo desencadeado a partir do marco epistêmico e que deve integrar num mesmo nível de conhecimento as etapas de finalidade da análise, amostragem, análise laboratorial e interpretação dos resultados. Desse modo, a confiabilidade analítica fica vinculada ao planejamento e execução integrada do processo analítico. A eficácia está vinculada à abordagem globalizante e à condução da prática interdisciplinar como melhor forma de eleger demandas prioritárias e eliminar demandas inúteis ou inadequadas. A adequação dos próprios estudos analíticos nos termos de sua eficácia só pode ser avaliada nesse contexto sistêmico e complexo quer os trabalhos comportem estudos simples ou sofisticados e produção de dados numerosa ou reduzida (NOVAES, 1987).

f) A resposta a um problema que demanda trabalho químico numa concepção sistêmica evolutiva pode prever resumidamente a sequência seguinte, em analogia à proposições de GARCIA, (1986) e PIAGET e GARCIA, (1984).

Identificação da pergunta condutora e do paradigma que a sustenta	→ Estudos químico-analíticos	→ Orientação de ação sobre o sistema ou sub-sistema
Desestruturação do sistema por ação corretora sobre ele.	→ Nova equilibração ou reestruturação do sistema	→ Evolução da situação inicial para um nível superior*

* Essa evolução pode comportar a solução do problema inicial, proposto e/ou prever proposições de nível superior de conhecimento.

4.3. Aplicação do modelo proposto ao estudo do benzeno

As proposições teóricas expostas que constituem o sustentáculo do "modelo" de ação que estamos propondo para a investigação do benzeno foram explicitadas pela seguinte sequência de apresentação dos resultados:

a) Delineamento do "Sistema Global Complexo" que comporta a exposição ocupacional ao benzeno no país, pela apresentação detalhada do diagrama de produção e distribuição do benzeno no capítulo 2.(Diagrama nº2)

b) Identificação dos sub-sistemas constituídos pelos setores de produção do benzeno, indústria de transformação, produção de álcool anidro, e indústrias misturadoras de solventes. Seleção desse último sub-sistema para exemplificação da proposta metodológica químico-analítica desenvolvida neste trabalho.

c) Estudo do paradigma vigente no momento da introdução dos parâmetros legais para exposição ocupacional ao benzeno, pela leitura das diferentes abordagens descritas no capítulo 1.

d) Estudo evolutivo nos moldes da abordagem sistêmica para avaliação da presença de benzeno em solventes orgânicos industriais para o período de 1980 a 1990 seguindo as seguintes etapas:

Estudo da presença do benzeno em solventes (1980)	→	Desenvolvimento metodologia analítica para análise de benzeno	→	Orientação de ação sobre o sub-sistema	→
Desequilíbrio por ação da Portaria Interministerial que limita teores de benzeno em solventes	→	Reequilíbrio	→	Nova situação que orientou o desencadeamento dos estudos relatados para vigilância de fraude da Portaria Interministerial nº 3/82, e que sugere aplicação de proposta metodológica semelhante para os outros subsistemas do benzeno	

A idéia de proceder uma sistematização conceitual na forma como propusemos, sugere duas referências. A primeira, de colocar a disciplina no contexto interdisciplinar explicitado de modo a se orientar a utilização dos instrumentos químico-analíticos de forma adequada e eficaz, eliminando possibilidades de demandas inúteis, ou aquelas para as quais o instrumento não se aplica. Lembramos do aforismo de Claude Bernard (apud MENDES, 1986).

"Quem não sabe o que procura não pode interpretar o que encontra".

A segunda, refere-se a colocação de LAURELL e NORIEGA (1989), sobre a necessidade do esforço teórico sobre as ações práticas, como única forma de transferir experiências .

Trabalhar a questão do benzeno como "um sistema global", integrando as ações de forma interdisciplinar e interinstitucional, chegando em algumas situações a atingir ações de nível transdisciplinar, pode ser visto como um modelo que se encaixa, nas suas linhas gerais, na proposta mais ampla de LAURELL (1990), para a definição teórica de estratégias em Epidemiologia, capazes de superar impasses contidos no modelo de "fatores de risco", que em certa medida é o responsável pela geração de toda a legislação normatizadora que gera as demandas laboratoriais no domínio químico analítico.

Como contraponto, LAURELL propõe a definição de estratégias de investigação epidemiológica que possam responder as exigências do momento. Sugere que as estratégias deveriam atender três aspectos: o primeiro, seria a geração de um conhecimento integral sobre algum tema, socialmente relevante, de saúde coletiva; o segundo seria a formulação de propostas de ação para modificar os problemas detectados e por último, a construção de força social ,para alcançar o processo de transformação buscado (LAURELL, 1990).

Acreditamos que o estudo do benzeno nos moldes propostos preenche essas estratégias. A abordagem de um conhecimento integral sobre o benzeno e a formulação das propostas de ação para modificação dos problemas detectados, na forma de abordagem metodológica descrita neste trabalho, vem contribuindo para facilitar a organização de forças sociais capazes de agilizar os processos de transformação buscada.

Assim é que, em 1988 o "Seminário nacional sobre exposição ao benzeno", organizado pela FUNDACENTRO em São Paulo, já tratou a questão do benzeno nos moldes da abordagem global e integrada aqui apresentada. O documento "Proposta da FUNDACENTRO para a organização de estruturas de controle da exposição ao benzeno: competências e responsabilidades" (FUNDACENTRO, 1988), apresenta as propostas de atuação inter-institucionais nos subgrupos identificáveis no diagrama nº 2, do capítulo 2.

Em 1991, O INST (Instituto Nacional de Saúde no Trabalho), órgão técnico da Central Única dos Trabalhadores - CUT, em abril de 1991, organizou em Belo Horizonte um seminário nacional, com participação de representantes sindicais metalúrgicos, químicos, petroquímicos, petroleiros e técnicos de instituições públicas ligadas à área de saúde ocupacional, onde se discutiu a elaboração de uma plataforma geral de ação dos trabalhadores na questão benzeno (INST, 1991). Esse seminário endoçou a proposta de abordagem metodológica integrada da questão do benzeno, na forma relatada no capítulo 2. O seminário definiu instrumentos próprios para operacionalização das ações e lançou em julho de 1991 a campanha "Operação caça-benzeno". O resultado da primeira fase da campanha está descrito na referência BRANDIMILLER e cols., (1991).

A proposta metodológica aqui apresentada pode ser estendida para o controle de outros riscos químicos que venham a ter inserção profunda no sistema produtivo, como o benzeno, ou que possam apresentar risco para grande quantidade de trabalhadores ou população em geral. Assim é que, problemas na área de saúde ocupacional como os desencadeados pelo uso do amianto, sílica e metais como chumbo e mercúrio, prestam-se a esse tipo de enfoque. Problemas como o gerado pelo uso do metanol em misturas combustíveis no Brasil, a partir de 1990, só podem ser explicitados e entendidos nos moldes desta abordagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS *

- ALMEIDA FILHO, N. Epidemiologia sem números, Rio de Janeiro, Campus, 1989, 108 p.
- ALMEIDA FILHO, N. O problema do objeto de conhecimento na Epidemiologia. In: COSTA, D. (org). Epidemiologia: Teoria e Objeto, São Paulo, Hucitec 1990, p. 203-20.
- ANAMI, D.; MARTINS, A.R. Nova fase estacionária aplicada à determinação de fenol urinário. Rev. Bras. de Saúde Ocup. 13(52), 1985.
- ANDREWS, L.S. et al. - Benzene - In: Caserett and Doull's - Toxicology - The Basic Sciences of Poisons. 3ª ed. New York, Mac Millan Publishing Co. 1986 - p. 640 - 43.
- ABIQUIM - Associação Brasileira das Indústrias Químicas. Anuário da indústria química brasileira. São Paulo, ABIQUIM, 1987.
- ABIQUIM - Associação Brasileira das Indústrias Químicas. Anuário da indústria química brasileira. São Paulo, ABIQUIM, 1988.
- ABIQUIM - Associação Brasileira das Indústrias Químicas, Anuário da indústria química brasileira. São Paulo, ABIQUIM. 1989.
- ABIQUIM - Associação Brasileira das Indústrias Químicas. Anuário da indústria química brasileira. São Paulo, ABIQUIM, 1990.
- AZEVEDO, F.A. Breves referências aos aspectos toxicológicos do benzeno. Série monografias F.J.S. Salvador, Fundação José Silveira, 1990.
- AUGUSTO, L.G.S. Estudo longitudinal e morfológico (medula óssea) em pacientes com neutropenia secundária à exposição ocupacional crônica ao benzeno. Campinas, UNICAMP, 1991, 171 p. (Dissertação de Mestrado).
- BOLETIM DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE HEMATOLOGIA E HEMOTERAPIA. Simpósio Leucopenia, São Roque-SP, 1987, Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Hemoterapia 9 (144), abr./jun. 1987, Ed. especial.
- BONATO, P.S. Cromatografia Gasosa. In: COLLINS, C.H., BRAGA, G.L. Introdução a métodos cromatográficos. Campinas, Editora da UNICAMP, 1987, p. 145-178.

* As referências bibliográficas foram normalizadas de acordo com os critérios da Revista Brasileira de Saúde Ocupacional

- BOWDITCH, M; ELKINS, H. B. " Chronic exposure to benzeno: the industrial aspects".
J. Ind Hyg Toxicol., 21: 321, 1939.
- BRANDIMILLER, P., GRAMACHO, M. I. P. ; NOVAES, T. C. P. " Operação Caça-benzeno: Exemplo de uma campanha sindical unificada. In: CONGRESSO NACIONAL DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES DO TRABALHO, SÃO PAULO, 1991. (Anais - prelo).
- BRASIL. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia da Bahia. Centro de Pesquisas e Desenvolvimento. Manual econômico da Indústria Química. (MEIQ), Salvador. Ed. Camaçari, 1984. V. 2: Produtos Orgânicos.
- CAPURRO SOTO, L.F. - El enfoque holístico o sistêmico, otra dimension en el aprendizaje de la Química. In: Manual de metodologia de la Enseñanza de la Química - Versión Preliminar - UNESCO - Proyecto MEQ 1-Córdoba-Argentina, 1987.
- CARDEAL, Z.L. Determinação de fenol na urina por cromatografia gasosa capilar para uso em avaliação de exposição ocupacional ao benzeno. Campinas, 1988 (Dissertação de Mestrado- Instituto de Química-UNICAMP).
- CARVALHO, C.C. Aspectos Químicos dos Solventes Rev. Paulista de Medicina 79: (44): 1- 2, 1972.
- CHOVIN, M.P. et alii. Méthode chromatographique di dosage du benzène dans le solvants complexes: Cahiers de notes documentaires, 58, 73-76, 1970.
- CIOLA, R. Introdução à cromatografia em fase gasosa, São Paulo, Ed. Edgard Blucher, Ltda e EDUSP, 1973.
- COSIPA - Companhia Siderúrgica Paulista. Grupo de trabalho para estudo da leucopenia. Relatório. São Paulo, 1985.
- COSTA NETO, Estatística Básica, São Paulo, Ed. Blucher, 1978.
- DELORE, P., BORGOMANO C.; Leucémies aiguës au cours de l'intoxication benzénique sur l'origine toxique de certaines leucémies aiguës et leurs relations avec les anémies graves. J. Med. Lyon. 9: 227-33, 1928.
- DIESAT - Departamento Intersindical de Estudos e Pesquisas de Saúde e dos Ambientes de Trabalho. Insalubridade: Morte lenta no trabalho. São Paulo, Oboré Editorial, 1989.
- DRUMMOND, L. et alii: Biological monitoring of workers exposed to benzene in the coke oven industry. British J. of Ind. Med. 45, 256- 261, 1988.

- EUA - Departament of Labor. Federal Register: 52 (176), 34459-34578, 1987. Occup. Safety and Health Administration : 29 CFR Part 1910 , Occupational Exposure to Benzene: Final Rule.
- FORNI,A.;VIGLIANI,E.C.; Chemical leukemogenesis in man . Ser. Hemat. VII, 221 - 223,1974.
- FUNDACENTRO: Proposta da FUNDACENTRO para organização de estruturas de controle de exposição ao benzeno : competência e responsabilidades . FUNDACENTRO. Atualidades em Prevenção de Acidentes , São Paulo , 19, (227) : 7-10, 1988.
- GARCIA, R.B. - Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos - In: Los Problemas del Conocimiento y la Perspectiva Ambiente. Enrique Leff, Editor. Siglo XXI, 1986.
- GOLDBERG, M. Este Obscuro Objeto da Epidemiologia (trad. francês Cet Obscur Objet de l'E'pidémiologie). In : COSTA , D.C. (org) Epidemiologia: Teoria e Objeto, São Paulo, Hucitec 1990, p. 203-20.
- GOLDSTEIN,B.D. Biological and ambient. monitoring of the benzene in the workplace. J. Occup. Med.28:1051-1054,1986.
- HALLIWELL,B . ; GUTTERIDGE , J. Free radicals in Biology and Medicine. Oxford, Claredon Press,1989,p53-54.
- HUNTER, D. The aromatic carbon compounds. In : The diseases of occupation. London, English Univ. Press, 1971, p. 506-21.
- IARC - International Agency for Research on Cancer Monografia on the evaluation of the carcinogenic risk for chemicals to humans - Suplement 1, IARC 1979.
- INFANTE, P.F. et al. Leukaemia in benzene workers Lancet II : (8028): 76-78, 1977.
- INGELMAN-SUNBERG,M.,HAGBJÖRK,A.L. On the significance of the cytochrome P-450 dependent hidroxy radical-mediated oxygenation mechanism . Xenobiotica, 72:673-684,1982.
- INOUE,O.;SEIJI,K.;WATANABE,T.;KASAHARA,M.; NAKATSUKA, H.;YIN,S.;LI,G.; CAI, S.; JIN,C;IKEDA,M. Mutual metabolic suppression between benzene and toluene in man. Int.Arch. Occup. Environ. Health,60,15-20,1988.
- INST. Instituto Nacional de Saúde no Trabaho: Seminário Nacional Sobre Benzeno Conclusões. - São Paulo - INST - 1991.

- ILO - International Labour Office - Occupational exposure limits for airborne toxic substances, Geneva, ILO, 1991, 455 p.
- INRS - Institut National de Recherche et de Sécurité. Benzène: Fiche toxicologique, nº 49 Cahiers de notes documentaires: Paris, 137, 1989.
- JOHANSSON, I.; INGELMAN-SUNDBERG, M. Hydroxyl radical - mediated, cytochrome P-450 - dependent metabolic activation of benzene in microsomes and reconstituted enzyme systems from rabbit liver. The Journal of Biol. Chemistry 234 (12), 7.311 - 7.316, 1983.
- KALF, G.F. Recent advances in the metabolism and toxicity of benzene. C.R. Critical Reviews in Toxicology. 18, 141-159, 1987.
- KAWANISHI, S.; INOUE, S.; KAWANISHI, M.; Human D. N. A. damage induced by 1,2,4 benzenetriol, a benzene metabolite. Cancer Research, 49, 164-168, 1989.
- KIRK-OTHMER: Encyclopedia of Chemical Technology: New York, John Wiley & Sons Publ., 1978, v. 2, p. 765-67.
- KLOCKOW, D. The teaching of problem solving: Environmental analysis. Fres. Z. Anal. Chem. 305: 119-123, 1981.
- LAURELL, A. C.; NORIEGA, M. Processo de produção e saúde. São Paulo, Hucitec 1989.
- LAURELL A.C. Nuevas perspectivas temáticas para la epidemiología. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE EPIDEMIOLOGIA - Campinas 1990 - Anais, Rio de Janeiro, Abrasco, 1991, p. 263-73.
- LAUWERYS R.; - Benzene In: HUMAN BIOLOGICAL MONITORING OF INDUSTRIAL CHEMICALS SÉRIES INDUSTRIAL HEALTH AND SAFETY. Comission of the European Communities - 1983.
- LE NOIRE, C. Sur un cas de purpura attribue a l'intoxication par la benzine. Bull. Mem. Soc. Med. Hop. Paris 3: 1251-60, 1897.
- MALTONI, C.; SCARNATO, C. La cancerogenesi da benzene: storia, acquisizioni recenti, programmi in corso e prospettive. In GAFFURI, E.; MALTONI, C.; Tossicologia e Patologia del benzene. Padova, CLEUP, 1981, p. 40-46.
- MENDES, R. Doutrina e prática da integração da saúde: Contribuição para a definição de uma política. São Paulo, 1986. (Tese de livre docência - Faculdade de Saúde Pública da USP).

- MILLER, J.C. & MILLER, J.N. - Statistics for Analytical Chemistry - 2 ed. John Wiley & Sons-Chichester, England, 1988.
- MORAES, E.C.F. Benzenismo: Alterações não hematológicas. Bol. S.B.H.H., 9(144), 124-128, 1987.
- MORIN, E. Ciência com Consciência, Portugal - Publicações Europa - América - 1982
- MORRONE, L.C.; ANDRADE, M. Anemia aplástica pelo benzeno em uma indústria de equipamentos plásticos; ocorrência de quatro casos fatais. In: XIII CONGRESSO NACIONAL DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES DO TRABALHO, São Paulo, 1974. Anais, São Paulo, 1974, p. 733-9.
- NOVAES, T.C.P. e GRUENZNER, G. Determinação dos Teores de Benzeno em Solventes Orgânicos industriais Comercializados no Brasil e Propostas para Prevenção do Risco Potencial de Benzolismo. Rev. de Saúde Ocupacional, 9, (36): 66-70, 1981.
- NOVAES, T.C.P. e GRUENZNER, G. Teores de Benzeno em Solventes Orgânicos Industriais: Alterações após a publicação da Portaria Interministerial nº 03 de 28 de abril de 1982 - Propostas para complementação da legislação vigente. Rev. Bras. de Saúde Ocup.: 10, (40): 36-9, 1982.
- NOVAES, T.C.P. Benzeno: Extensão de um problema de Saúde Pública - FUNDACENTRO- Atualidades em prevenção de acidentes, 14: (166), out. 1983.
- NOVAES, T.C.P. Carcinógenos e mutagênicos em laboratórios - São Paulo, 1986, 46 p. (Monografia, IQUSP, mimeo).
- NOVAES, T.C.P. - A produção de dados analíticos em Saúde Pública - Alguns Aspectos. Resumos. Encontro Nacional de Química Analítica. IQUSP - São Paulo, IQUSP, 1987.
- NOVAES, T.C.P. Conferência Situação da exposição ocupacional ao benzeno: visão geral. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL AO BENZENO, São Paulo, 1988, (mimeo).
- OIT - Organização Internacional do Trabalho - Recomendación sobre la proteccion contra los riesgos de intoxicación por el benceno. 56º. trabajo. Ginebra, OIT, 1971 (Recomendación nº. 144).
- OIT - Organização Internacional do Trabalho - Benzene: uses, toxic effects, substitutes, Geneva, ILO, 1986. (Occupational Safety and Health Series, 12).

- PELLACK-WALKER,P.;BLUMER,J.L.-DNA damage in L5178 cells following exposure to benzene metabolites. Mol. Pharmacol. 30,42-47,1986.
- PIAGET, J.; GARCIA, R. Psicogenesis e história de la ciencia. 2 ed. Siglo Veintiuno editores, 1984.
- RIBEIRO, L.R.; Análise da aberração cromossômica como indicador genotóxico da exposição crônica ao benzeno. Protocolo Analítico, Rio de Janeiro, Rede Nacional de Laboratórios de Toxicologia, 1991 (mimeo).
- RUIZ,M.A. Alterações hematológicas do benzenismo: Bol. SBHH 9,129,1987.
- RUIZ,M.A. Estudo morfológico da medula óssea em pacientes neutropênicos da indústria siderúrgica de Cubatão Estado de São Paulo.Campinas,UNICAMP,1989,Tese de Doutoramento.
- RUIZ,M.A.;VASSALOS,J;SOUZA,C.A.; Morphologic study of the bone marrow of neutropenic patients exposed to benzene of the metallurgical industry of Cubatão , São Paulo, Brazil, J.Occup.Med.,33:83,1991.
- SANTESSON, C. G. Chronic poisoning with coal tar benzene; four deaths. Clinical and pathological anatomical observations of several colleagues and illustrating animal experiments. Arch. Hyg. (München) 31: 336-376, 1897 (Ger.).
- TIBIRIÇÁ e cols. - Desenvolvimento e avaliação do programa interlaboratorial de controle de qualidade de análise de fenol urinário apresentados no II Encontro de Laboratórios Rev. Brasileira de Saúde Ocupacional, 69 (18): 33-37, 1990.
- TIBIRIÇÁ, A.M.; ARCURI, A. S. A. - Fenol Urinário Indicador de Exposição ao Benzeno e Fenol. Protocolo Analítico, Rio de Janeiro, Rede Nacional de Laboratórios de Toxicologia, 1991 (mimeo).
- TIMOSSI,A.; ANDRADE, C. Removedores e Solventes. Saúde Ocup. Segur. 6 (4): 95-6, 1971.
- VIGOTSKY, L.S. A formação social da mente, São Paulo, Martins Fontes, 1989, 168 p.
- WAKAMATSU, C. T. Contribuição ao estudo da exposição profissional ao benzeno em trabalhadores de indústria de calçados. São Paulo, 1976. (Dissertação de Mestrado -Faculdade de Saúde Pública da U.S.P.).
- WAKAMATSU, C.T.; FERNÍCOLA, N.A.G.G.: Intoxicação profissional por benzeno. In: MENDES, R. (org.) Medicina do Trabalho , Doenças Profissionais, São Paulo, Savier, 1980, p. 479-488.

WILLIAMS, W. J; BEUTLER,E.; ERSLEV,A.J.; LICHTMAN, M. A.The concept of hematopoietic stem cell.Hematology: section one,4th ed. McGraw-Hill,Inc.,1990,p.129-192.

ANEXO I

FICHA PARA SOLVENTES ORGÂNICOS

SATPE - DHT

NOME DA EMPRESA:.....

RAMO DA ATIVIDADE:

ENDEREÇO:

NOME DO PRODUTO:

MARCA:

ENDEREÇO DO FABRICANTE:

EMBALAGEM:

OPERAÇÃO EM QUE É UTILIZADO:

NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS EXPOSTOS:

QUANTIDADE DO PRODUTO UTILIZADA POR MÊS:

OBSERVAÇÕES:

.....