



MINISTÉRIO DA SAÚDE
SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE
COORDENAÇÃO GERAL DE VIGILÂNCIA AMBIENTAL EM SAÚDE

ESTUDOS DE AVALIAÇÃO DE RISCO POR RESÍDUOS PERIGOSOS NO BAIRRO MANSÕES SANTO ANTÔNIO - MUNICÍPIO DE CAMPINAS – SÃO PAULO

RESUMO EXECUTIVO¹

I. HISTÓRICO

A contaminação ambiental do Condomínio Mansões Santo Antônio foi ocasionada pela já extinta indústria Proquima Produtos Químicos Ltda. A empresa esteve instalada na Rua Hermantino Coelho, por mais de vinte anos, desde sua abertura, em 04 de setembro de 1973, até 1996, e trabalhava com a recuperação de solventes, tais como cetonas, álcoois, glicóis, HCU (hidrocarbonetos clorados úmidos) e HCS (hidrocarbonetos clorados secos) para a produção de desengraxantes, detergentes, decapantes e desodorizantes líquidos, manuseando também os produtos necessários ao processo de recuperação de resíduos. Entre os produtos manipulados pela Proquima está o cloreto de vinila, composto comprovadamente cancerígeno.

Para a solicitação de licença de operação, em 1986, a Proquima declara manipular como matéria prima os compostos nomilfenoletoxilato, isobutilglicol, ácido fosfórico, soda líquida, ácido sulfônico, xileno sulfonato de sódio, sal quartenário de amônio, soda em escamas barrilha leve e *tall oil*. Nota-se que a Proquima omite na sua declaração os resíduos de solventes clorados que continuava manipulando. Em várias ocasiões técnicos da Cetesb, realizando vistorias, constatavam manipulações para purificação de outros resíduos para os quais a Proquima não estava licenciada. Sem as devidas licenças do órgão ambiental, desde o início de suas atividades, a Proquima ampliou rapidamente suas instalações.

Em função dos processos utilizados, pela forma de disposição dos produtos e matérias primas, bem como pela forma de eliminação dos seus resíduos e efluentes, podemos observar as diversas formas de contaminação dos compartimentos ambientais que foram confirmadas pelas entrevistas realizadas pela equipe de avaliação de risco com ex-trabalhadores da Proquima, conforme apresentado a seguir.

As condições de estocagem de produtos e matérias primas na Proquima nunca foram adequadas, sendo armazenadas em tanques sobre o solo, sem as necessárias bacias de contenção para casos de acidentes, vazamentos ou derrames.

¹ Elaborado com base no relatório “Estudos de avaliação de risco à saúde humana por resíduos perigosos no Condomínio Mansões Santo Antônio, Município de Campinas/SP”, cooperação técnica OPAS (Ambios, 2005).

A partir de 1981, com a compra do lote 5 pela Proquima, as atividades da empresa foram ampliadas para esta área onde, além de se transformar na principal área de estocagem de tambores, foi construído um galpão industrial para a produção de detergentes e outros produtos de limpeza.

Os efluentes provenientes da lavagem das instalações e de tambores vazios eram absorvidos diretamente pelo solo das áreas da Proquima (lotes 4 e 5) ou fluíam por ralos para os *poços absorventes*.

Desde a concessão de sua primeira licença de operação junto à Cetesb, no ano de 1978, a Proquima ampliou de forma considerável sua capacidade de manipulação de resíduos para purificação por meio de processos por destilação.

A operação se dava de forma inadequada com vazamentos e emissões constantes de contaminantes para a atmosfera. A população vizinha iniciou as reclamações em 1979, com registros na Cetesb, que permaneceram até 1996. As mais frequentes eram de fumaça (por vezes preta, outras vezes branca) e odor: acetona, inseticida, creolina, BHC, ácido, enxofre, mas, principalmente, amoníaco. Essas emissões ocorriam, principalmente, à **noite**. As reclamações de saúde mais ocorrentes eram irritação dos olhos, garganta, náusea e vômitos.

Afora as emissões atmosféricas, os processos de purificação de resíduos por destilação geravam resíduos em cada batelada de destilação, também conhecidos como *fundo de tacho*, comumente da ordem de 2-3% do material total a ser destilado.

O destino deste resíduo de *fundo de tacho* não é documentado de forma satisfatória. Porém, um bom indício sobre o destino destes resíduos é assinalado nos documentos de “Caracterização do Empreendimento”, dos anos de 1978 e 1986, utilizados pela Proquima para a solicitação de licença de operação junto à Cetesb, que declara que os efluentes líquidos, após tratamento em tanque de decantação, são encaminhados para “**poço absorvente**”. No mesmo documento assinala a existência de “um poço absorvente tendo 2 m de diâmetro por 6 m de fundo e o outro 1,80 m de diâmetro por 4 m de fundo”.

A existência de “poços de absorção” é também documentada, em maio de 1986 (Parecer nº 005/86 - Processo nº 05/0089/6), pela Divisão de Controle de Fontes da Cetesb que se posiciona contrária ao pedido de Licença de Instalação (na verdade, legalização da extraordinária ampliação - já operante desde muito), fundamenta, entre outros, pelos seguintes motivos: “as águas residuárias geradas nas lavagens de pisos e equipamentos no setor de fabricação de detergentes, decapantes, desengraxantes e desodorizantes estão sendo lançados diretamente na galeria de águas pluviais”; e “as águas residuárias geradas nas lavagens dos demais equipamentos são encaminhadas a uma caixa de separação de óleo e dispostas em poço absorvente. Em uma das vistorias constatou-se o extravasamento do poço de absorção para a galeria de águas pluviais”.

No mesmo documento a Cetesb assinala que “o poço de absorção foi desobstruído - segundo a Proquima - através de limpa-fossas, cujo destino dos resíduos extraídos não era de conhecimento da Proquima”, e que “análises realizadas pela Cetesb (17/03/86) nos efluentes destinados ao poço de absorção indicaram valores altíssimos para DBO (43200 mg/L) e para DQO (57637 mg/L)”.

O parecer Cetesb nº 144/86 assinala que “existe risco de poluição das águas subterrâneas devido à grande mobilidade dos solventes orgânicos nos solos, uma vez que uma das formas de disposição dos despejos é por poço de absorção.”

Informações colhidas com moradores e ex-trabalhadores da Proquima assinalam que a maioria dos resíduos gerados pela empresa eram destinados a “*poços sumidouros*” (poços absorventes) construídos em diversas áreas da empresa. Ex-trabalhadores informaram a localização e dimensões dos *poços absorventes* existentes

nas áreas dos lotes 4 e 5, informando que os *poços absorventes* tinham dimensões de diâmetro variável entre 1,5 a 2,0 metros com 10 metros de profundidade.

Segundo informações de ex-trabalhadores da Proquima, um dos sumidouros assinalados, onde a empresa operava um conjunto de tanques de decantação para as águas servidas (local onde atualmente se encontra o *play ground* do Condomínio Primavera), tinha uma ligação clandestina para a rede de águas pluviais da rua Hermantino Coelho, que deságuava no córrego.

Esta forma de emissão irregular, por meio dos poços de absorção, persistiu pelo menos até 19 de janeiro de 1996, quando, em resposta à carta da Cetesb, e após mais de 20 anos de funcionamento, a Proquima informa que “tendo em vista a impossibilidade de descarte direto dos efluentes líquidos industriais, iremos canalizar e armazenar em tanque para posterior destilação”.

Uma outra informação que sustenta a hipótese de destinação dos resíduos da Proquima em “sumidouros” é dada pelos dados sobre a contaminação das águas subterrâneas. Sobre o aquífero, na área ocupada pela Proquima (lotes 4 e 5), com profundidade variável entre 10 e 14 metros há uma camada de solo residual argilosa com espessura por volta de 7 a 10 metros, seguida de uma camada de rocha alterada onde flui o aquífero freático, segundo estudos da Arcadis.

Pela dimensão da contaminação comprovada nas águas subterrâneas e principalmente pela constatação de “depósitos de fase livre”, ou seja, locais de acúmulo de substâncias orgânicas mais pesadas que a água, pode-se deduzir que tais depósitos de contaminantes somente poderiam ultrapassar a grossa camada de argila, em tais dimensões, por meio dos dutos de perfuração representados pelos poços absorventes ou “sumidouros”.

Esta hipótese também é reforçada quando se observa o perfil litológico (de quase 4 metros de profundidade) visível na garagem subterrânea (interditada) do Condomínio Parque Primavera. Não se observa naquele perfil, mesmo após mais de 10 anos de paralisação das atividades da Proquima, manchas, escoamentos ou mesmo odor de produtos químicos. Esta observação faz supor que a camada de argila apresenta capacidade de contenção para as “colunas” de contaminantes inseridas nos poços de absorção instalados.

Levando também em consideração as características de alta volatilidade da maioria dos resíduos manipulados pela Proquima, as contaminações de solo superficial, detectadas durante as investigações iniciais com detectores de vapores orgânicos (PID), foram resultado principalmente das contaminações provenientes de atividades contaminantes “menores” como as produzidas por derrames de tambores e tanques, bem como de lavagens de tambores e das instalações. É provável que esta contaminação do solo superficial tenha ocorrido principalmente na área do lote 4, onde a Proquima mantinha suas principais operações. Nesta área observam-se as maiores detecções de vapores orgânicos medidos pelo PID.

Pelo exposto, é bem provável que parte significativa das 10 toneladas anuais de resíduos produzidos (declarados pela Proquima à Cetesb) tenha sido aduzida para os poços de absorção.

II. HISTÓRICO DO CONDOMÍNIO PRIMAVERA

A Proquima e seus sócios venderam à Construtora Concima S.A. Construções Civis os lotes 4 e 5 da rua Hermantino Coelho, onde anteriormente ficava Proquima. Nos terrenos seriam construídos 8 prédios de apartamentos, 4 em cada lote, totalizando 396 apartamentos.

A Concima, submeteu à Prefeitura de Campinas o projeto do empreendimento que seria erguido, primeiramente, no lote 5, com área de 8.325,00m², na Rua 8, atual Rua Hermantino Coelho, nº 758, obtendo, em dezembro de 1998, aprovação para que fosse erguida residência multifamiliar com 14 pavimentos e 196 unidades.

A Concima, também fez consulta a GRAPROHAB/Secretaria de Habitação de São Paulo, que informou em 23 de fevereiro de 1999, que cita o alvará de aprovação da Prefeitura e destaca que o empreendimento não se enquadraria nos critérios de análise pelo colegiado, tais como: a- não possuir infra-estrutura básica e ter mais de 200 unidades; b- localizar-se em área de proteção ambiental; e c- ser maior de 15.000m². Isto quer dizer que a área não se enquadrava nestes itens. Neste parecer, a GRAPROHAB informa que a área é de competência exclusiva da municipalidade.

Quase um ano após, novembro de 1999, a Prefeitura forneceu o alvará de aprovação para construção no lote 5 de residências multifamiliares com 13 pavimentos e 200 unidades. A Concima iniciou a construção do empreendimento pelo lote 5, quadra F, Quarteirão 03793, onde seriam erguidos 4 blocos, com 196 apartamentos, denominados “A, B, C e D”. Em 2001, o bloco “A”, já estava vendido e habitado e os blocos “B” e “C” estavam em fase de construção, com previsão de entrega em 2002.

A Concima solicitou ao GRAPROHAB aprovação para a construção no lote 4, que, por sua vez, solicitou a Cetesb parecer sobre a área, que em setembro de 2001, emitiu o parecer técnico nº 05100088, onde é declarado que a área foi da empresa Proquima, citando, ainda, as multas aplicadas pela Cetesb, o incêndio ocorrido em 1987 e as inúmeras intervenções realizadas pelo referido órgão, que culminou com sua interdição. A conclusão do relatório assinala que o projeto está em área “suspeita de contaminação” e indefere a solicitada do GRAPROHAB.

A Concima envia carta a CETESB, em outubro de 2001, onde se coloca à disposição para realizar os estudos necessários e, se for o caso, proceder as correções. Também aponta que a Prefeitura tinha autorizado a construção dos imóveis e que as Cetesb era conhecedora da contaminação desde 1998.

Em parecer técnico de 2001, a Cetesb conclui que a área deve ser considerada contaminada, procedimentos de remediação devem ser realizados e as unidades habitacionais não devem ser comercializadas, assim como decide impedir, por ação cautelar, que as obras continuem, apontando, ainda, possíveis rotas que possam contaminar os moradores. Este parecer solicita também a autuação da Concima. Deve-se destacar que neste parecer foi apontado como recomendações que o Ministério Público e os órgãos de saúde fossem notificados do caso. A Cetesb realiza, na época, avaliações preliminares com emprego de explosímetro e fotoionizador, concluindo que não há situação de alto risco, no que diz respeito à explosão e emissão de gases tóxicos, desde que a situação se mantenha para o futuro.

A Cetesb lavra auto de infração, onde foram exigidas investigação ambiental da área, (água aduzida, gases do subsolo, explosividade, identificar poços de captação de água a jusante da área), para fins de futura ocupação, assim como, interdição do terreno a pessoas estranhas a área, paralisação de obras que façam mobilização de solo e comunicação às imobiliárias de que a venda dos imóveis deveriam ser paralisadas.

A Cetesb permanece emitindo autos de infração à Concima e Proquima referentes a contaminação de águas, ar e solos que torna as áreas “impróprias, nocivas ou ofensivas à saúde humana” datados de 2001, 2002, 2003 e 2004.

A Concima apresenta informes sobre as medidas que foram implementadas no condomínio, apresentando laudos de explosividade da empresa Hidro Ambiente; sondagens de voláteis; planta da situação dos lotes 4 e 5; e laudo emitido pelo Ceatox/USP, de 2002.

Em todos os documentos analisados sobre a defesa das infrações, imputadas à Concima, esta argumenta, repetidas vezes, que a única responsável pela contaminação é a Proquima e que a Cetesb tinha conhecimento de suas irregularidades, embora o órgão ambiental do município tenha liberado o uso do solo para construção dos prédios.

III. PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

As preocupações apontadas pela comunidade com a sua saúde fazem parte do tripé dessa metodologia, que se fundamenta, em dados de ambiente, de saúde e preocupações da comunidade.

Portanto, antes de se iniciarem as investigações que subsidiam esse relatório, foram mantidos contatos com diversas instituições do município de Campinas, com lideranças locais e órgãos judiciários. Deve-se destacar que todos os documentos utilizados como fonte de pesquisa para citações e apoio na elaboração do presente estudo de avaliação de risco à saúde foram fornecidos oficialmente pelos órgãos de governo.

Em abril de 2002, após informe oficial da Cetesb a Prefeitura de Campinas sobre a situação ambiental foi constituída uma comissão que decidiu pela investigação da água para consumo humano proveniente de poços, cacimbas e minas existentes nas chácaras. Para tanto foi elabora um projeto onde o resultado desse trabalho, após visita a 200 imóveis (sendo 79 fechados e 52 terrenos abandonados), apurou que o total de moradores era de 847 e 195 residências tinham fornecimento de água pela SANASA. Os levantamentos indicaram a existência de 11 poços, 40 criadores de animais e agricultores (hortas e pomares), 50 imóveis com rede de esgoto, 142 com fossas e 1 com emissão de esgoto diretamente no córrego.

Dos 7 poços freáticos, 1 estava desativado a 25 anos, 2 estavam lacrados e 4 estavam sendo utilizados. Dos 4 poços artesianos encontrados nenhum estava em uso. Foram encontradas 3 nascentes, das quais 1 estava lacrada, 1 não era usada e a outra estava em um terreno abandonado.

Apenas um poço tubular profundo foi encontrado em um raio de aproximadamente 1.000 metros da área sob potencial impacto pela contaminação, construído em 1994 com profundidade total de 114 metros. Segundo informações obtidas no local, sua exploração foi inviabilizada pelo forte odor da água retirada do poço. Outras informações indicam a utilização de suas águas durante momentos de falta de água pelo abastecimento da rede pública.

Foram convidados 63 moradores e 15 trabalhadores da área, mas apenas 24 moradores e 15 trabalhadores compareceram para realização de exames clínicos e provas de função hepática.

Nas etapas de campo os investigadores do estudo de avaliação de risco optaram por desenvolver: Reunião com técnicos do Centro de Saúde do Taquaral; Visitas de observação e levantamento de dados no Condomínio Parque Primavera; Visitas a empresas dentro da área de influência; Entrevistas semi-estruturadas com moradores e técnicos locais; Entrevistas com ex-trabalhadores; Reuniões com moradores do Condomínio Parque Primavera e população do entorno; e Reuniões com técnicos de governo.

Os objetivos dessas atividades eram: Reconhecimento detalhado do local do empreendimento; Identificar fontes e rotas de transporte dos contaminantes; Identificar depósitos de resíduos na área da Proquima; Levantar informações sobre o local dos empreendimentos; Identificar e entrevistar moradores e ex-trabalhadores; e Identificar quais as preocupações no passado e no presente da população.

Foram valorizadas as informações e percepções que a população tinha no passado. Tendo em vista que já são passados quase 10 anos do fechamento da fábrica, considera-se que o que ficou na lembrança dessas pessoas deve ser algo de relevante. Todavia, foram encontradas pessoas que viveram toda a sua vida em contato com a fábrica, desde a sua inauguração, e que, no passado, foram agentes de mobilização no sentido de denunciarem as condições ambientais da localidade.

A equipe do Centro de Saúde fez uma delimitação da área entre março e abril de 2002. A população foi orientada a não consumir água de poços, cacimbas e nascente, assim como, o seu uso em hortas e tanques de criação de peixes. Em um segundo momento foi feito um levantamento de morbi-mortalidade, tentando associar o tempo de permanência no local e tempo de consumo de água, cujo critério foi de selecionar moradores que viviam a mais de 10 anos no local e consumiram água de nascentes da região. Houve baixa adesão da população às investigações de saúde, onde apenas 60 pessoas compareceram ao Centro de Saúde.

Os técnicos de saúde relataram que a população tem sido refratária às ações propostas e demonstra passividade diante dos fatos. Também relatam que muitos moradores não acreditam na contaminação e não têm preocupação com a sua saúde, sendo as maiores preocupações relativas ao patrimônio e sua possível desvalorização. Alguns moradores já pediram isenção de IPTU, em decorrência da contaminação.

Na época de funcionamento da fábrica havia muitas reclamações sobre doenças de pele e respiratórias. A equipe de investigadores, inicialmente, não teve acesso aos prédios habitados do Condomínio Residencial Parque Primavera. As informações obtidas davam conta que os moradores não queriam discutir questões relativas à possível contaminação e até mesmo os Agentes de Saúde da Família do Centro de Saúde do Taquaral têm dificuldades para entrar na área para desenvolverem ações de saúde pública.

As preocupações e expectativas da população, expressas nas duas reuniões realizadas foram: Desvalorização do patrimônio; Desejo de receberem um laudo ambiental, que ateste que o local onde vivem não está contaminado; Iniciar imediatamente a remediação da área; Liberar as construções para que as obras continuem; Não divulgar para a imprensa ou mesmo para outras pessoas o problema da contaminação; Liberar os poços e nascentes que não estão contaminados, para que possam usar essa água para irrigar plantações; Saber se foram contaminados, no passado, quando beberam água da região; Saber se podem ter câncer; Saber se os problemas respiratórios e de pele, no passado, estavam relacionados à poluição do ambiente; e Receber informações sobre o andamento das ações ambientais.

O objetivo principal dessa atividade foi o de levantar informações da época em que a Proquima estava em operação. As primeiras reclamações da população sobre as operações da Proquima ocorreram em 1979 e desencadearam vistoria da Cetesb ao local. De modo bastante claro, as pessoas lembram dos problemas que viveram naquela época e o desgaste emocional e físico a que foram submetidas, sobretudo pela frustração de não terem suas reclamações atendidas e terem lutado por mais de 20 anos para que a Proquima fosse fechada.

A equipe de investigadores ouviu dos moradores inúmeros depoimentos de pessoas que foram submetidas às condições das áreas próximas a fábrica, no passado, tais como: “Existia no terreno, no fundo da empresa uma cisterna, que diziam que tinha resíduos...”; “O vento trazia a fuligem que era liberada de madrugada, era uma fumaça escura com cheiro ocre...”; “As pessoas tinham vermelhidão pelo corpo...”; “Eu acho que o meu filho morreu por causa daquela fábrica...”; “...o pessoal da colônia tinha uns tambores azuis que pegavam na fábrica... eu queria muito ter um igual, para lavar roupa...”; “No passado o riacho era limpo e hoje está preto...”; “...escorria pela rua,

saindo da fábrica uma água, constantemente e ia desaguar no riacho lá em baixo...”; “A fumaça acontecia todos os dias, as vezes condensava e tinha um cheiro insuportável”; “O pessoal da fábrica doava desinfetante, ele era grosso e picava a pele”; “Em 1983 a fumaça era branca...”; “...o pessoal da fábrica lavava tambores no terreno e a água ia escorrendo para baixo da rua, as vezes saía pelo portão...”; “Tinha uma fuligem, que cobria tudo...”; “Eu não acredito em punição, mas gostaria que alguma coisa fosse feita...”

Vale ressaltar que uma ocorrência que impactou a população foi o incêndio ocorrido nas dependências da fábrica, que ocorreu em 19/05/89. Segundo relato de um trabalhador, provavelmente houve um curto na área de caldeiras provocando uma explosão que resultou no incêndio. Segundo os relatos, tonéis contendo metanol explodiam e voavam como se fossem bombas.

Segundo a comunidade que vivia no entorno, inclusive na rua Jasmim, esses tonéis caíram em vários terrenos ao redor. Esse fato ensejou na reclamação de uma escola que funcionava, na época, na rua Jasmim e que tinha 100 alunos. Por se tratar de uma escola de modelo e proposta ecológica, as áreas externas eram usadas como palco de ações educativas e recreação. Um ano após a ocorrência do incêndio, a Escola reiterou o questionamento à Cetesb sobre a possibilidade dos poluentes causarem danos à saúde das crianças.

Foram realizadas algumas entrevistas individuais e uma coletiva com ex-trabalhadores da fábrica. Algumas dessas pessoas expressaram o desejo de não terem seus nomes identificados.

Concluindo, pode-se perceber que essa população que teve a sua história de vida associada à empresa Proquima e os moradores atuais precisam ser esclarecidos sobre os fatos e suas possíveis repercussões. Esses aspectos serão discutidos nas Conclusões e Recomendações.

IV. CONTAMINANTES DE INTERESSE

4.1. Dados Ambientais Existentes

Afora alguns levantamentos iniciais de caracterização, produzidos pela Cetesb, e de algumas análises de água para consumo humano, produzidos pela Cetesb ou contratados pela Secretaria de Saúde de Campinas aos laboratórios Tasqa e TCA, a maioria dos dados ambientais existentes sobre a área foram produzidos pela Arcadis Hidro Ambiente S.A., empresa de consultoria ambiental contratada pela Concima, em dezembro de 2001. Dependendo da natureza dos serviços, a Arcadis Hidro Ambiente contratou as empresas especializadas American Drilling do Brasil Ltda. (sondagens, perfuração e instalação dos poços de monitoramento), laboratório TASQA e CEIMIC Análises Ambientais S/C Ltda.

Os dados ambientais a seguir relatados e avaliados, quando não especificamente assinalado, foram produzidos pela empresa Arcadis, contratada pela Concima para atender às exigências da Cetesb de estudos de caracterização ambiental para remediação.

4.2. Padrões Utilizados na Avaliação dos Dados Ambientais

Para a avaliação dos dados existentes de solo foi utilizado o “Padrão da Cetesb” que assinala valores de intervenção para a qualidade dos solos e água subterrânea do Estado de São Paulo em função do uso da área (área de proteção máxima, área de uso residencial, área de uso agrícola e área de uso industrial) e o valor “I” da lista

holandesa. O valor “T” da lista holandesa, que indica o nível de contaminação do solo que exige investigação, será apresentado somente como uma referência.

A avaliação da qualidade da água subterrânea foi baseada na Portaria n° 518/MS (padrões de potabilidade do Ministério da Saúde) e pelo Padrão Holandês. Tanto na avaliação dos dados de solo como de água serão adotadas as concentrações limites mais conservadoras.

4.3. Dados Sobre Contaminação dos Meios Ambientais

4.3.1. Solo

A primeira etapa da pesquisa sobre a contaminação do solo foi realizada pela Arcadis, no mês de janeiro de 2002. Inicialmente, de forma prospectiva, foram realizadas sondagens superficiais (até 1,0 m de profundidade), com medida de gases voláteis com uso de fotoionizador portátil (PID).

No lote 4, onde ocorriam as principais atividades da Proquima, a investigação superficial (ST1 - ST 10; ST 1 A - ST 9 A e ST 1B - ST 10B) com medidas de gases voláteis apresentou valores registrados pelo PID variando em média de 0,2 ppm a 1.506 ppm, sendo que a Área Industrial apresentou os maiores valores registrados do PID, além do forte odor de óleo e solventes observados nas amostras analisadas.

No lote 5, onde estão os prédios construídos do condomínio, a investigação superficial (ST 1C - ST 9C; ST 1D - ST 5D e ST 1E - ST 4E) com medidas de gases voláteis apresentou valores registrados pelo PID variando em média de 1,5 ppm a 6,1 ppm. Apenas na região da divisa do terreno com área da Proquima (entre a rua e o Bloco A) as medidas registradas do PID mostraram valores superiores, em média de 17,4 ppm a 121,5 ppm, e odor médio a forte de óleo e solventes nas amostras analisadas.

4.1.1. Solo Superficial

O solo mais superficial até 8 (oito) cm é o que apresenta maior possibilidade de exposição por contato direto, bem como é desta camada de solo que ocorre a mobilização de material particulado suspenso de granulometria mais fina que, por inalação, se alojará nos pulmões por longos períodos, resultando na absorção eficiente dos contaminantes. Por esta razão a camada mais superficial de até 8 cm de profundidade é a de maior importância (ATSDR, 1992) nos estudos de avaliação de risco à saúde humana.

Somente duas amostras de solo superficial, sob os critérios acima relacionados, foram coletadas, ambas na área industrial da Proquima.

Tabela 4.1. Principais resultados das análises em solo superficial

Poço Monitor.	ST01 Prof.: (0,0-0,5m)	ST02 Prof.: (0,0-0,5m)	Cetesb*	Padrão Holandês**	
				T	I
Metais (mgKg)					
Cd	15	6	15	5,5	10,4
Cu	103	35	500	104	174
Orgânicos (mgKg)					
Tetracloroetano	1,12	24,3	1	1	2
Fenol total (mg/Kg)	5,5	<1,9	0,025	10	20
TPH (mg/Kg)	3.300	3.400	25	1262,5	2500

*Valores de intervenção para zonas residenciais

** Valores da Lista Holandesa para solo padrão contendo 25% de argila e 5% de matéria orgânica, sendo T= indicativo de contaminação que requer mais investigação e

I = Nível de intervenção por representa risco potencial à saúde humana e ao meio ambiente.

Na investigação inicial também foram coletadas amostras de 11 sondagens em diferentes profundidades. Durante a execução das sondagens foram coletadas amostras de solo a cada 1,0 m perfurado ou a cada mudança de litologia, de modo a compor o perfil geológico e realizadas medições de PID.

Tabela 4.2. Principais resultados das análises de metais em solo profundo

Furo de sondagem	ST-01	ST-02		ST-03		ST-04		Cetesb*	Padrão Holandês**	
	Prof. am (m)	Prof. amostra (m)		Prof. amostra(m)		Prof. amostra(m)			T	I
Metais (mg/Kg)	8,4-9,6	2,4-3,	9,6-10,	8,6-9,1	11,6-12,	8,7-9,3	12,1-13			
Cd	16	16	15	18	16	20	28	15	5,5	10,4
Cu	654	114	524	298	493	208	957	500	104	174
Zn	104	55	85	94	106	76	178	1000	407	681

Furo de sondagem	ST-05	ST-06		ST-07		Cetesb*	Padrão Holandês**	
	Prof. am (m)	Prof. amostra (m)		Prof. amostra(m)			T	I
Metais (mg/Kg)	8,4-9,6	4-5m	14-15m,	7,2-8,4m	11,6-12,			
Cd	20	15	18	16	20	15	5,5	10,4
Cu	330	62	470	100	395	500	104	174

*Valores de intervenção para zonas residenciais

** Valores da Lista Holandesa para solo padrão contendo 25% de argila e 5% de matéria orgânica, sendo T= indicativo de contaminação que requer mais investigação e

I = Nível de intervenção por representa risco potencial à saúde humana e ao meio ambiente.

A etapa de detalhamento, realizada pela Arcadis em junho de 2002, foi baseada nos resultados obtidos na etapa de investigação inicial e em função de informações adicionais sobre as atividades da antiga indústria Proquima. Foram realizados 28 furos de sondagem, denominados (ST) e numerados de ST-11 até ST-38, com profundidade variável entre 1,5 até 12m. Foram executadas sondagens adicionais na área dos fundos do Residencial Parque Primavera 2 (lote 4), ocupada pelo caseiro da indústria e utilizada na plantação de hortaliças.

No lote 4, onde se encontravam as instalações industriais da Proquima (Área de Tanques e Área Industrial), as investigações (ST-15 a ST-19, ST-22 a ST-25, ST-27, ST-33 a ST-38), com medidas de gases voláteis, apresentaram valores registrados pelo PID variando em média de 20,2 a > 2000 ppm, sendo que a Área Industrial e a Doca apresentaram os maiores valores registrados do PID, além do forte odor de óleo e solventes.

No lote 5, área denominada de Residencial Parque Primavera 1, as investigações (ST-11, ST-12, ST-13, ST-14, ST-20, ST-21, ST-26, ST-31 e ST-32), com medidas de gases voláteis, apresentaram valores registrados pelo PID variando em média de 2,6 ppm a 210 ppm. No ponto ST-13, próximo ao Bloco A, no primeiro metro apresentou valor de PID >2000 e odor médio a forte de solventes nas amostras analisadas. Além das medições de gases voláteis também foram coletadas amostras de solo em profundidades em função dos valores de PID.

No lote 4, com relação à presença de metais pesados nas amostras de solo, os resultados das análises químicas apresentaram concentrações abaixo dos limites de intervenção para o padrão Cetesb. Com relação às análises de VOC (compostos orgânicos voláteis), no lote 4, os resultados das amostras de solo coletadas na área da Doca e próximo à antiga Caldeira da indústria Proquima apresentaram concentrações acima dos limites de intervenção para áreas residenciais do padrão Cetesb (2000) e padrão Holandês (2000), conforme descrito a seguir:

- ST-16 (intervalo de profundidade da amostra: 0-1,20m) concentração de 5.600 µg/kg para o Tetracloroetano e 5.400 µg/kg para 1,1,2-Tricloroetano. Além destes compostos, o 1,1,2,2-Tetracloroetano apresentou concentração de 2.600 µg/kg, embora não esteja listado nos padrões de referência adotados; e
- ST-18 (intervalo de profundidade da amostra: 2,40-3,60m) - concentração de 10.000 µg/kg para o Tetracloroetano; 61.000 µg/kg para o 1,1,2-Tricloroetano e 3.500 µg/kg para Xileno total.

No lote 5, com relação à presença de metais pesados nas amostras de solo, os resultados apresentaram concentrações abaixo dos limites de intervenção para o padrão Cetesb (2000). Com relação às análises de VOC, os resultados das análises químicas apresentaram concentrações abaixo dos limites de intervenção do padrão Cetesb (2000) e padrão Holandês (2000). As análises das amostras de solo para Fenol total nos dois lotes deram resultados abaixo dos limites de detecção.

No entanto, devemos registrar que, mesmo abaixo dos valores de referência, foram detectadas concentrações de compostos orgânicos nas seguintes sondagens:

- ST-20 (intervalo de profundidade da amostra: 4,80-6,0m) - concentração de 700 µg/kg para 1,1,2-Tricloroetano.
- ST-22 (intervalo de profundidade da amostra: 3,60-4,80m) - concentração de 500 µg/kg para Tolueno.

Foram realizadas 3 sondagens investigativas da geologia à jusante da área do residencial ST-28 (Garagem Gardênia), ST-29 (condomínio Espanha abandonado) e ST-30 (plantão de vendas Terraço D'Italia). Durante as investigações não foi detectada presença de odores ou manchas de óleo e solventes aromáticos no solo superficial, apenas quando se atingiu o nível d'água foram detectados fortes odores nas sondagens ST-28 e ST-29.

Em função das leituras de PID na sondagem ST-13, em setembro de 2002, a Arcadis realizou mais 15 sondagens no lote 5, entre os blocos A e B do Parque Primavera 1. Nessas sondagens, S-01 a S-15, foram coletadas amostras de solo a cada intervalo de 0,5 m de profundidade (0,5; 1,0 e 1,5), acondicionadas em sacos plásticos tipo ZIP, para posterior medição de voláteis com o PID. Os resultados situaram-se entre 30,8 e 82 ppm.

4.3.2. Água

4.3.2.1. Água para consumo humano

É comum a preocupação com a água para consumo humano em áreas com solo contaminado, mesmo com a existência de abastecimento pela rede pública. As tubulações subterrâneas da rede de água estão sujeitas a situações de depressão ou ausência de carga nas redes de distribuição de água potável (por exemplo: ruptura de linhas ou cortes de fornecimento) quando será possível a migração de poluentes para dentro das tubulações e sua conseqüente distribuição e consumo por parte da população. A ocorrência de rompimentos e avarias na rede de tubulação de água de abastecimento não é rara, conforme indica o histórico recente de avarias no Bairro Mansão Santo Antônio fornecido pela SANASA.

Confirmando mais uma vez esta possibilidade, no dia 26/11/85, em visita de inspeção à Proquima, a Cetesb constatou uma contaminação da rede de abastecimento público (SANASA) com a matéria prima Dicloroetano, utilizada pela Proquima. Apesar de algumas dúvidas, a contaminação - segundo técnicos da SANASA - ocorreu pela pressão negativa na rede (devido aos furos na tubulação da rede, em ocasiões de falta de água), permitindo a sucção do contaminante do solo para a tubulação. O Termo de Compromisso da Proquima, com a SANASA, assinala, entre outros, que "... em

decorrência de escoamento de produto químico utilizado pela Proquima, designado dicloroetano, matéria prima adquirida da Salgema, houve ruptura e comprometimento de trecho da rede pública de água na extensão aproximada de 360 metros na rua Hermantino Coelho...”.

Em função desta preocupação, foi realizado um monitoramento das águas para consumo humano que abastece o bloco habitado do Condomínio Parque Primavera.

4.3.2.2. Nascentes e cacimbas localizadas no entorno da área

4.3.2.2.1. Inventário do uso de água subterrânea na vizinhança

Com base nos seus levantamentos, a consultoria Arcadis chegou à conclusão que a pluma de contaminação na água subterrânea, já havia ultrapassado a área da antiga indústria Proquima. Esta suposição determinou a necessidade de cadastramento de poços, cacimbas e outras formas de captação da água subterrânea da área do entorno, considerando residências e demais estabelecimentos.

Para o cadastramento dos poços, inicialmente realizou-se um estudo da área baseado na topografia do local e no sentido do fluxo da água subterrânea, visando definir a região que seria realizada o cadastramento. Definida a região, o cadastramento foi iniciado em todas as propriedades determinadas, por meio de entrevista com os moradores, que foram indagados sobre a existência de poços ou cacimbas, além de sua profundidade e uso. A existência de abastecimento d'água por rede pública e existência de reservatório de água no domicílio também foram pesquisadas.

Após vistoria nas casas localizadas no entorno da área em estudo, constatou-se a presença de poços do tipo cacimba e também devido a característica da região, a presença de minas d'água.

Muitos moradores possuíam poços do tipo cacimba, prática comum antes da década de 80 (segundo informações dos moradores mais antigos), quando ainda não havia a presença de água tratada e encanada, cerca de 20 anos atrás. Porém, atualmente grande parte dos moradores utiliza somente água tratada provinda da SANASA. Poucas casas mantêm essas cacimbas para uso doméstico ou para uso secundário, como lavagem de materiais ou irrigação dos jardins.

A maioria dessas casas utiliza-se dessas cacimbas como fossa, mas algumas delas foram aterradas ou concretadas. Apenas um poço tubular profundo foi encontrado em um raio de aproximadamente 1.000 metros da área impactante. Este poço foi constituído na garagem Gardênia, terreno vizinho ao Parque Primavera 1. Segundo informações obtidas no local, o poço foi instalado em 1994 e sua exploração foi inviabilizada pelo forte odor da água retirada do poço.

4.3.2.3. Poços de Monitoramento

Os dados sobre as águas subterrâneas da Arcadis foram produzidos durante duas diferentes campanhas, dezembro de 2001 e maio de 2002. Na primeira campanha foram construídos 7 poços de monitoramento.

Os parâmetros analíticos VOC, metais, Etanol, TPH e Fenol total foram analisados nas amostras de água subterrânea, considerando-se as atividades industriais desenvolvidas pela indústria química Proquima. No desenvolvimento dos trabalhos, foram incluídos os parâmetros Etanol para todas as amostras e Semi Voláteis (em amostras de água de dois poços de monitoramento), pois ocorreu a suspeita da presença destes compostos durante a execução dos trabalhos de investigação. As análises químicas foram executadas pelo Laboratório CEIMIC Análises Ambientais s/c Ltda.

Tabela 4.6. Principais resultados analíticos de metais nas amostras de água subterrânea da primeira campanha de amostragem.

Poço Monitor.	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07	Port. 518 (MS)	Padrão Holandês	
									T	I
Sb	<400	<400	<400	<400	<400	<400	<400	5	10	20
As	50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	10	35	60
Be	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	-	7,5	15
Cd	8	<5	<5	<5	<5	<5	<5	5	3,2	6
Cr	<50	<50	60	<50	<50	<50	<50	50	16	30
Cu	420	240	1740	230	420	300	310	2000	45	75
Pb	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	10	45	75
Hg	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	0,18	0,3
Ni	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	50	45	75
Se	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	10	80	160
Ag	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	50	20	40
Tl	<300	<300	<300	<300	<300	<300	<300	-	3,5	7,0
Zn	<200	<200	<200	<200	<200	<200	<200	5000	433	800

Tabela 4.7. Principais resultados analíticos nas amostras de água subterrânea da primeira campanha de amostragem

Poço de Monitoramento	PM-01	PM-02	PM-03	PM-04	PM-05	PM-06	PM-07	Port. 518 (MS)	Padrão Holandês	
									T	I
Orgânicos (µg/L)										
Clorometano	<5	<125	<125	<125	<125	50	<125	-	-	-
Clorelo de Vinila	<5	<125	1500	<125	<125	50	<125	5	2,5	5
1,1 - Dicloroetano	<5	<125	75*J	<125	<125	340	75*J	30	5	10
Cloro de Metileno	<10	<250	<250	<250	<250	24000	<250	20	500	1000
Acetona	<10	<250	<250	<250	<250	26400	<250	-	-	-
Trans-1,2-Dicloroetano	<5	<125	75*J	<125	<125	90	75*J	-	10	20
1,1-Dicloroetano	<5	50*J	325	100*J	<125	860	350	-	454	900
Cis-1,2-Dicloroetano	<5	275	1300	225	<125	1360	725	-	10	20
Clorofórmio	4*J	300	250	1325	600	2250	3700	300	-	-
1,1,1-Tricloroetano	<5	<125	<125	<125	<125	<50	<125	600	150	300
Tetracloro Carbon	<5	<125	<125	<125	<125	<50	<125	2	-	-
Benzeno	<5	<125	<125	<125	<125	1280	<125	5	15	30
1,2-Dicloroetano	<5	<125	475	75*J	<125	15800	<125	10	204	400
Tricloroetano	<5	175	300	200	<125	220	275	70	262	500
1,2-Dicloropropano	<5	<125	<125	<125	<125	<50	<125	-	40	80
Tolueno	<5	<125	550	<125	<125	13700	<125	170	504	1000
1,1,2- Tricloroetano	<5	3100	3475	2775	125	5100	4150	-	65	130
Tetracloroetano	<5	75*J	100*J	400	75*J	540	900	40	20	40
Clorobenzeno	<5	<125	<125	<125	<125	540	<125	20	90	180
Etilbenzeno	<5	<125	<125	<125	<125	60	<125	200	77	150
Xileno (total)	<5	<125	125	<125	<125	240	<125	300	35	70
Estireno	<5	<125	<125	<125	<125	<50	<125	20	153	300
Fenol Total	<20	<20	<20	<20	<20	500	<20	--	1000	2000
TPH	<600	<600	1700	<600	<600	<600	22000	-	325	600

Observa-se que os limites de quantificação para muitos contaminantes analisados (assinalados na cor verde) estão acima dos valores de referência utilizados. Em vermelho são assinalados os contaminantes que apresentaram concentrações acima dos valores de referência utilizados.

Com os dados da primeira campanha de amostragem, onde já se constatava a existência de uma pluma de contaminação, na segunda campanha, foram instalados adicionalmente 11 poços de monitoramento a jusante da área onde a Proquima operava (lotes 4 e 5), numerados de PM-07B a PM-15.

Em função dos indícios da existência de locais com depósitos de contaminantes líquidos mais pesados que a água, também conhecidos como *DNALP Pool*, os novos poços de monitoramento instalados sob a supervisão da Arcadis foram divididos em dois grupos: poços de monitoramento de água subterrânea raso (5 metros abaixo do nível d'água) construídos em 2" e poços de monitoramento da água subterrânea profunda (4 metros acima do topo rochoso) construídos em 4". Os resultados analíticos das amostras de água analisadas são apresentados nas **tabelas 4.9. e 4.10.**

Também na segunda campanha de amostragem, observa-se que os limites de quantificação para muitos contaminantes analisados (assinalados na cor verde) estão acima dos valores de referência utilizados. Em vermelho são assinalados os contaminantes que apresentaram concentrações acima dos valores de referência utilizados.

Tabela 4.9. Principais resultados analíticos de metais em água subterrânea

Metais (µg/L)	POÇOS DE MONITORAMENTO											Portaria 518	Padrão Holanda	
	PM-07B	PM-08	PM-09	PM-10A	PM-10B	PM-11	PM-12	PM-13A	PM-13B	PM-14	PM-15		T	I
Al	1570	1300	<100	720	<100	370	<100	3180	<100	<100	310	200	--	--
Ba	420	<200	12500	570	670	700	<200	<200	340	<200	<200	700	--	--
Cr	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	50	16	30
Co	<100	<100	240	120	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	30	60	100
Ni	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	60	45	75

Tabela 4.10. Principais resultados analíticos de compostos orgânicos em água subterrânea

Poço Monitoramento	PM-07B	PM-08	PM-09	PM-10A	PM-10B	PM-11	PM-13A	PM-13B	PM-14	PM-15	PM-12	Portaria 518	Padrão Holandês	
													T	I
Orgânicos (µg/L)														
Cloreto de Vinila	9100	<5	4300*	2400	810	25	<25	5100	<25	<25	<25	5	2,5	5
1,1-Dicloroetano	500	<5	90	60	50	<25	<25	1000	4*J	5	<25	30	5	10
Cloreto de Metileno	<1000	<10	11400	<100	165	<50	<50	<1000	<10	<10	<50	20	500	1000
Acetona	<1000	<10	53500	<100	290	<50	<50	<1000	<10	<10	<50	-	-	-
Trans-1,2-Dicloroetano	400*j	<5	<50	30*j	20*J	<25	25	25	<500	5	25	-	10	20
1,1-Dicloroetano	1700	<5	280	300	205	60	110	700	30	8	100	-	454	900
Cis-1,2-Dicloroetano	5000	<5	340	230	155	30	100	2200	22	10	100	-	10	20
Clorofórmio	17800	<5	<50	1540	700	695	1800	8400	500	138	950	300	-	-
1,1,1-Tricloroetano	<500	<5	<50	<50	<25	<25	<25	<500	<5	<5	<25	600	150	300
Tetracloroetano	900	<5	<50	70	<25	<25	225	<500	108	25	125	2	-	-
Benzeno	1000	<5	1120	70	105	<25	<25	600	<5	<5	<25	5	15	30
1,2-Dicloroetano	<500	2	5100	<50	210	<25	<25	13600	<5	<5	<25	10	204	400

Tricloroeteno	800	<5	50	120	60	30	70	1200	14	13	40	70	262	500	
1,2-Dicloropropano	<500	<5	<50	<50	<25	<25	<25	<500	<5	<5	<25	-	40	80	
Tolueno	<500	<5	17900	<50	125	<25	<25	<500	<5	<5	<25	170	504	1000	
1,1,2-Tricloroeteno	14000	<5	<50	1250	575	430	170	20700	85	112	70	-	65	130	
Tetracloroeteno	2500	<5	60	240	55	45	175	800	39	19	145	40	20	40	
Clorobenzeno	<500	<5	570	110	56	<25	<25	<500	<5	<5	<25	20	90	180	
Etilbenzeno	<500	<5	60	<50	<25	<25	<25	<500	<5	<5	<25	200	77	150	
Xileno (total)	<500	<5	<50	<50	<25	<25	<25	<500	<5	<5	<25	300	35	70	
Estireno	<500	<5	<50	<50	<25	<25	<25	<500	<5	<5	<25	20	153	300	
Fenol Total	ND	ND	ND	ND	ND	ND						ND	--	1000	2000

Com todos os poços instalados, juntamente com os já existentes, através da interpolação das potenciometrias individuais do mapa topográfico dos poços de monitoramento e da medida da profundidade do nível de água subterrânea nos referidos pontos, a empresa Arcadis elaborou o mapa potenciométrico. Segundo os dados levantados, o fluxo das águas subterrâneas segue o rumo de NW para SE, sendo a profundidade média do nível da água dentro do residencial de 14 metros, diminuindo a jusante em direção ao córrego.

4.3.3. Ar

4.3.3.1. Emissões atmosféricas durante as atividades da Proquima

Conforme já assinalado, as emissões da Proquima para a atmosfera eram provenientes dos estoques de matérias primas e produtos e do processo propriamente dito, constituindo-se principalmente de vapores de solventes orgânicos.

Relatório de Inspeção Técnica da Cetesb, realizada em 31/05/84 (AI nº 17L4808), assinalou que os tambores eram empilhados horizontalmente quando vazios e verticalmente quando cheios, com forte emissão de odores. Algumas bombonas de plástico (de ácidos) apresentavam estado precário.

Segundo avaliação dos técnicos da Cetesb, os tambores vazios, contendo restos de compostos orgânicos, volatilizaram todo seu conteúdo durante seu tempo de residência no estoque. Os tambores cheios, por estarem armazenados ao sol, são pressurizados e assim ou vazarão seu vapor devido às condições de vedação não satisfatórias eventualmente presentes ou emitirão razoável quantidade de vapor instantaneamente ao serem vazados, um a um, para os reatores.

As emissões evaporativas são proporcionais à quantidade de tanques e de tambores armazenados, sendo consideradas como parcialmente controláveis no que diz respeito aos tanques e economicamente incontroláveis no que diz respeito aos tambores. No caso da Proquima, pela grande capacidade de tancagem registrada, pode-se supor que as emissões atmosféricas durante as atividades da empresa tenham sido considerável.

A Proquima utilizava como combustível para as caldeiras óleos lubrificantes que eram recuperados na purificação dos resíduos. Isto resultava em combustão incompleta, gerando a emissão desses óleos. No processo de combustão, os referidos resíduos oleosos, contaminados por metais e outras substâncias não voláteis, são emitidos para a atmosfera em sua forma original ou parcialmente oxidada. Deve-se ressaltar, neste contexto, que a pós-queima de resíduos combustíveis contendo contaminantes clorados é uma prática totalmente inaceitável.

Estas emissões eram testemunhadas pela formação de uma fumaça de coloração negra, constituída basicamente por fuligem, que chegava a cobrir o solo e sujar as

superfícies das residências próximas, conforme relatos dos moradores. A Cetesb também constatou a emissão de vapores orgânicos no ambiente de trabalho por meio da tampa dos coletores que servem de receptáculo ao condensado. O uso de um mesmo equipamento de destilação para a manipulação de diversos compostos, com diferentes pontos de ebulição e pressões de vapor, como era a prática na Proquima, resultava em emissões de contaminantes para a atmosfera.

Afora isto, sem mencionar os acidentes de maior vulto, gerando explosões e incêndio, quando volumes elevados de produtos e matérias-primas (a maioria constituída de solventes voláteis) foram emitidos para o ambiente, ocorriam freqüentes vazamentos e volatilização de contaminantes para a atmosfera.

A emissão de efluentes de forma irregular ao longo da rua Hermantino Coelho também representava uma fonte adicional de vapores e gases para as áreas próximas. Estas emissões eram de tal ordem significativa que podiam ser sentidas a distâncias consideráveis, conforme relatos de moradores das áreas vizinhas da Proquima, principalmente as que se situam na direção dos ventos predominantes (Nordeste-Noroeste).

Pese a todos os indícios acima assinalados, infelizmente, não foram realizadas medições sobre as concentrações e composições dos contaminantes emitidos para a atmosfera.

4.3.3.2. Emissões atmosféricas durante a construção dos blocos de apartamentos do Condomínio Parque Primavera

Não existem dados sobre as emissões atmosféricas durante a construção dos blocos de apartamentos do Condomínio Parque Primavera 1. No entanto, os trabalhos de sondagens e movimentação de terra em área contaminada devem ter provocado emissões dos contaminantes tanto na forma de gases e vapores como na forma de material particulado suspenso.

Em Parecer Técnico, de 10/10/2001, sobre a implantação pela Concima do Conjunto Residencial Parque Primavera, a Cetesb assinala que “esta área é considerada suspeita de contaminação, por práticas inadequadas de manejo de efluentes e resíduos”. Entre outros motivos, a Cetesb relata os resultados das sondagens de reconhecimento realizadas cujos resultados apresentaram solo com odor de produtos químicos.

4.3.3.3. Monitoramento de índices de explosividade e gases voláteis

Em 17/10/01, teve início o monitoramento dos índices de explosividade em áreas do lote 5, com ênfase no entorno do Bloco A, já ocupado. Como locais de possível acúmulo de gases provenientes do solo, foram selecionados 14 pontos de medição, incluindo 10 pontos de caixas de passagem de águas pluviais, telefonia e força (todos no lote 5); e 4 pontos em sondagens do solo com profundidades de 0,8 m (na área industrial da Proquima, lote 4).

4.3.3.4. Monitoramento do ar ambiente

Contratada pela Concima, a empresa LENTZ – Consultores em Meio Ambiente realizou no período de 24/09/2002 a 4/10/2002 o monitoramento do ar ambiente em dois pontos da garagem, no salão de festas, no playground, no jardim e em um apartamento do bloco A (não habitado) do Condomínio Parque Primavera. Também foram realizadas medições em três pontos de sondagem.

Tabela 4.13. Concentrações médias e valores de referência utilizados no monitoramento do ar ambiente no Condomínio Primavera (17/10/2002)

Coleta	PCE	TCE	DCE	VC	B	T	E	X	PTS
--------	-----	-----	-----	----	---	---	---	---	-----

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$								
1/9	4,44	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,75	1,37	1,71	Nd
2/9	3,12	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	1,39	1,04	1,39	Nd
3/9	0,69	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,12	2,40	4,46	Nd
4/9	0,67	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	3,37	1,69	2,70	Nd
5/9	221,2	5,09	<LQ	<LQ	<LQ	13,9	18,3	40,0	Nd
6/9	1,7.3	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	4,50	1,73	3,46	66,2
7/9	3,74	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	2,04	1,70	2,38	Nd
8/9	1,37	0,69	<LQ	<LQ	<LQ	6,52	4,80	6,17	Nd
9/9	81,7	1,72	<LQ	<LQ	<LQ	4,81	2,40	2,75	Nd
Padrão/ Limite	525 $\times 10^3$	420 $\times 10^3$	-	-	-	290 $\times 10^3$	340 $\times 10^3$	340 $\times 10^3$	240 $\times 10^3$

Fonte: LENTZ – Consultores em Meio Ambiente

Siglas adotadas: Percloroetileno - PCE, Tricloroetileno - TCE, Dicloroeteno - DCE, Cloreto de Vinila - VC, Benzeno - B, Tolueno - T, Etil Benzeno - E, Xilenos - X, Partículas Totais em Suspensão - PTS.

<LQ - menor que o limite de quantificação do método analítico das massas dos VOCs

Nd - não disponível (porque não foi medido).

4.4. AVALIAÇÃO DOS DADOS AMBIENTAIS EXISTENTES

4.4.1. Solo

Uma deficiência dos dados para o processo de avaliação de risco é a quase inexistência de dados sobre solo superficial, como definido segundo a metodologia da ATSDR (0 a 8 cm de profundidade). Infelizmente, tal deficiência não poderá ser suprida por meio de novas amostragens. A área do lote 4 (onde a Proquima realizava seus processos de purificação de solventes), por exigência da Cetesb, como medida de prevenção de riscos de exposição humana aos contaminantes, foi coberta com camada de 30 cm de argila.

O solo superficial na área do lote 5, além dos impactos sofridos pela terraplanagem durante as obras, teve sua área totalmente coberta pelas edificações. Mesmo a pequena área com solo sem construções, na entrada do condomínio, foi modificada por jardinagem. A amostragem para análise, mesmo no solo profundo, não analisou os contaminantes das diversas camadas, usando os valores de PID como referência.

Desta forma, na presente avaliação, somente poderemos tecer comentários sobre as amostras que resultaram em laudos analíticos (parâmetros: fenóis, metais e VOC) que foram disponibilizados e estão apresentados na tabela abaixo.

Tabela 4.14. Profundidade das sondagens

Sondagem	Prof.(m)	Sondagem	Prof.(m)	Sondagem	Prof.(m)
ST-11	6,00 – 7,20	ST-18	2,40 – 3,60	ST-24	0,00 – 1,20
ST-12	1,20 – 2,40	ST-20	4,80 – 6,00	ST-26	3,60 – 4,80
ST-13	0,00 – 1,20	ST-21	2,40 – 3,60	ST-27	1,20 – 2,40
ST-15	0,00 – 1,20	ST-22	3,60 – 4,80		
ST-16	0,00 – 1,20	ST-23	1,20 – 2,40		

As poucas amostras com concentrações de contaminantes acima dos valores de referência, mesmo no lote 4, área contaminada por “águas residuárias” e os eventos de

derrames e vazamentos durante o manuseio, não justificam a forte contaminação observada nas águas subterrâneas.

4.4.2. Água

4.4.2.1. Água para consumo humano

Os dados de monitoramento da qualidade da água para consumo humano, fornecida pela SANASA, indicam que a água da rede pública apresenta qualidade dentro dos padrões de potabilidade determinados pela Portaria 518 do Ministério da Saúde. Os compostos organoclorados detectados, trihalometanos, também estão abaixo dos limites impostos pela Portaria 518. Sua origem pode estar relacionada à origem da captação (presença de matéria orgânica, principalmente ácidos húmicos) e formas de tratamento.

Entretanto, observa-se naquele histórico que os teores de diclorometano na água tratada da SANASA assinalam quase sempre “< 2 µg/L” (limite de detecção do método analítico utilizado). Amostras coletadas em 26/07/2002 e analisadas pelo Laboratório Tasqa detectou teores de diclorometano próximos do limite máximo da Portaria 518 do Ministério da Saúde.

Laudos recentes produzidos pelo Laboratório da SANASA não detectaram a presença deste contaminante. A presença detectada de benzeno e tolueno, em concentrações acima dos padrões de potabilidade determinados pela Portaria 518, em uma única amostra coletada no apartamento nº 4 do bloco A, pode ser fruto de uma contaminação pontual durante a coleta ou devido ao manuseio destas substâncias pelos residentes, comuns em produtos de limpeza.

4.4.2.2. Água de nascentes e cacimbas

A presença de bactérias do grupo *coliformes* em águas de captação subterrânea, principalmente do aquífero freático, é bastante comum em áreas urbanas. Isto é devido à existência de fossas sépticas para a destinação de esgotos domésticos e outras atividades nas residências, como a criação de animais.

A presença de metais como ferro, alumínio e manganês na camada sedimentar – principalmente em latossolos – também não apresenta novidade e não poderiam *a priori* ser relacionada à contaminação provocada pelas atividades da Proquima.

No entanto, contaminantes organoclorados como **tetracloroeto de carbono, tricloroetano e dicloroetano**, são contaminantes gerados pela Proquima e que, pelo fluxo das águas subterrâneas determinado para a área, estão diretamente relacionados com as emissões daquela empresa.

Observe-se, neste sentido, que, pelos laudos analíticos apresentados, a contaminação já é constatada em nascente localizada a aproximadamente 500 metros da fonte emissora, ou seja, na nascente localizada na Rua José de Freitas Amorim, nº 112.

Por outro lado, pelos dados conhecidos de relevo, perfil geológico e fluxo das águas subterrâneas na área contaminada e no seu entorno, não parece plausível relacionar com as emissões da Proquima contaminantes detectados em captações à montante do *site* ou em áreas laterais distantes, além de 1,5 Km, como as da rua Lauro Vanucci.

O contaminante acetona já havia sido detectado em grandes concentrações nos poços de monitoramento PM-06 (24.600 µg/L) e no PM-09 (53.500 µg/L). No entanto, nos poços seguintes à jusante, seguindo o fluxo das águas subterrâneas, PM 10-A, PM-10B e PM-11, as concentrações diminuem abruptamente (PM-10A: 290 µg/L) ou são menores que 100 µg/L.

Os poços de monitoramento à jusante da fonte de emissão e localizados na

mesma direção das nascentes na rua José Freitas Amorim, apresentam concentrações de acetona abaixo do limite de determinação. A amostragem nas nascentes e minas, em 18/11/2003, contratadas pela Secretaria de Saúde de Campinas aos laboratórios Tasqa e CQA, somente apresentaram concentrações de acetona nas amostras analisadas pelo laboratório Tasqa.

Pelo acima exposto, ou houve algum problema na amostragem e análise (falso positivo), ou a contaminação por acetona nestas captações pode ser originada de outra fonte emissora.

4.4.2.3. Rede de poços de monitoramento (piezômetros)

Observa-se que os limites de quantificação para muitos contaminantes analisados nas duas campanhas de amostragens (assinalados na cor verde nas tabelas 4.6., 4.7., 4.9. e 4.10.) estão acima dos valores de referência utilizados.

Na primeira amostragem, os metais **arsênio, cádmio e cobre** apresentaram resultados analíticos acima dos valores de referência. Entre os compostos orgânicos, as concentrações dos contaminantes **cloreto de vinila, 1,1-dicloroeteno, diclorometano (cloreto de metileno), trans-1,2-dicloroeteno, 1,1-dicloroetano, Cis-1,2-dicloroeteno, clorofórmio, benzeno, 1,2-dicloroetano, tricloroeteno, tolueno, tetracloroeteno, clorobenzeno, xileno total e THP (hidrocarbonetos totais de petróleo)** ultrapassam os limites utilizados como referência.

Os resultados analíticos da 2ª. campanha de amostragem, nas amostras coletadas dos poços de monitoramento à jusante da área da Proquima (lotes 4 e 5), assinalam concentrações para os metais **alumínio, bário e cobalto** acima dos valores de referência. Também foram detectadas concentrações acima dos valores de referência para os seguintes compostos orgânicos: **cloreto de vinila, 1,1-dicloroeteno, cloreto de metileno, trans-1,2-dicloroeteno, 1,1-dicloroetano, Cis-1,2-dicloroeteno, clorofórmio, tetracloroeto de carbono, xileno, benzeno, clorobenzeno, 1,2-dicloroetano, tricloroeteno, tolueno, tetracloroeteno e etilbenzeno total.**

4.4.3. Ar

4.4.3.1. Durante as atividades da Proquima

Apesar de autuada diversas vezes pela Cetesb, afora a constatação de fumaça com “coloração acima das normas” e “emissão de substâncias odoríferas além dos limites da empresa”, não foram realizadas medições sobre a composição e concentrações dos contaminantes emitidos.

Sabe-se, pelas informações existentes sobre produtos e matérias-primas manipuladas pela Proquima, que estas emissões consistiam basicamente de acetona, benzol, xilol, toluol, metil etil cetona, álcool isopropílico, álcool etílico, álcool metílico, amônia e vapores de solventes clorados como 1-2 dicloroetano e 1,1,1 tricloroetano.

No entanto, devido à não declaração completa dos compostos químicos manipulados (repetidamente comprovada), como também pela composição incerta dos resíduos utilizados como matéria prima, a relação de todos os contaminantes possivelmente emitidos para a atmosfera nunca poderá ser elaborada com precisão.

4.4.3.2. Avaliação dos dados sobre o monitoramento dos índices de explosividade e gases voláteis

Apesar de não serem significativos quanto aos riscos imediatos de explosão, as medições no PID acusaram acúmulo de gases no limite recomendável em medições realizadas no início do monitoramento, nos meses de novembro e dezembro de 2001.

Da mesma forma, mesmo em valores não significativos, as medições de gases voláteis têm apresentando valores crescentes e com proliferação em diversos pontos de medição. A origem dos gases como sendo resultado do aquecimento e fadiga dos materiais componentes de tubos, conexões e fios elétricos dos pontos amostrados não parece convincente pela não repetibilidade do fenômeno.

O mais provável é que os gases voláteis orgânicos são provenientes da contaminação (comprovada) do solo e que devem continuar sendo monitorados até a remediação definitiva da área.

4.4.3.3. Monitoramento do ar ambiente

Os valores encontrados estão abaixo dos limites da média para 24 horas para ar ambiente, mesmo quando a referência seja a de legislações mais conservadoras como a da Província de Ontário no Canadá (Ambient air quality criteria - AAQC)². O maior resultado - 221,2 µg/m³ de percloroetileno - foi registrado em um apartamento fechado. O forte odor de tintas e vernizes deste apartamento não habitado foi declarado como a causa para a concentração encontrada.

As coletas realizadas junto ao solo apresentaram valores inferiores ao do apartamento fechado, o que corrobora com a conclusão acima.

De qualquer maneira, a existência de focos de contaminação no subsolo, possivelmente concentrados nos pontos onde foram instalados os “poços absorventes”, sendo a localização de dois desses poços assinaladas por ex-trabalhadores na área do Condomínio Parque Primavera 1, impõe o monitoramento constante dos índices de explosividade e das concentrações de contaminantes orgânicos voláteis, alguns de reconhecida toxicidade.

4.5. Dados Ambientais Produzidos pela Equipe de Avaliação

4.5.1. Avaliação sobre os dados existentes

Após revisão dos dados ambientais existentes, afora a constatação da impossibilidade de realização de novas medições em todos os compartimentos ambientais, permaneceram dúvidas quanto aos aspectos relacionados ao compartimento águas subterrâneas que exigiram a produção de dados ambientais adicionais.

Segundo Parecer Técnico da Cetesb (nº 33/02/ECC de 22/07/2002), os resultados relativos à presença de metais nessas águas mostram que todos os poços amostrados nessa campanha apresentam pelo menos um parâmetro com concentração acima dos valores de intervenção sugerido pela Cetesb. A variabilidade das concentrações de alguns contaminantes metálicos não permite concluir que se tratam de níveis naturalmente elevados.

Da mesma forma que nas análises de solos, nas determinações analíticas dos resultados apresentados para as amostras de águas subterrâneas foram utilizados limites de detecção mais altos do que os valores de referência utilizados. A compreensão mais precisa da situação das águas subterrâneas fez-se necessária pelos resultados já conhecidos.

Assim, no tocante aos parâmetros orgânicos, todos os poços, exceto o PM-08, apresentaram concentrações extremamente elevadas desses compostos, em alguns casos superiores a duas mil vezes os valores de intervenção. Uma avaliação criteriosa dessa situação exigiria a repetição das análises.

De qualquer forma, os dados apresentados acerca da qualidade das águas

² O governo da Província de Ontário (Canadá) propõe para a média por período de 24 horas os seguintes valores limites no ar ambiente: Tricloroetileno: 12 µg/m³; Etil Benzene: 1000 µg/m³; Xileno: 730 µg/m³ e Tolueno: 2.000 µg/m³.

subterrâneas mostram, sem sombra de dúvida, uma intensa contaminação que já extrapola os limites das áreas ocupadas anteriormente pela Proquima (lotes 4 e 5) atingindo, aparentemente, as fontes identificadas na redondezas.

Uma análise, ainda que superficial, do mapeamento dos VOC's parece corroborar esse ponto, pois não existe um motivo para que se detecte esses voláteis muito mais a jusante, a menos que sejam provenientes do arraste pelas águas subterrâneas.

Os mapeamentos das plumas de poluentes organoclorados apresentados mostram uma tendência aparentemente discordante com os sentidos de escoamento das águas subterrâneas. Também esse fato pode ser devido ao número relativamente pequeno de amostras. Seja como for, existe uma indicação de existência de pluma de substâncias mais densas que a água.

A existência de poços absorventes é relatada em diversos documentos da Cetesb e, inclusive, citada na declaração da própria Proquima como destino de efluentes nos documentos de solicitação de licença para operação.

Desta forma, dependendo de sua operação, os resíduos contendo os contaminantes, em forma líquida, dispersa nos efluentes líquidos ou sólidos, em proporções não conhecidas, foram - entre outros destinos - injetados nos poços absorventes que, transpondo as barreiras naturais representadas pelas camadas argilosas, propiciaram aos contaminantes alcançar profundidades maiores e formarem depósitos de substâncias mais densas que a água no topo do aquífero de menor permeabilidade.

4.5.2. Questões de relevância para a avaliação de risco

As principais questões de interesse para a equipe de avaliação de risco, em relação às águas subterrâneas são:

- Qual a real dimensão da contaminação das águas subterrâneas?

Os resultados analíticos, muitos com limites de determinação acima dos valores de referência utilizados, não permitem a determinação dos contaminantes de interesse.

- Quais áreas já foram ou poderão ser atingidas?

A metodologia de avaliação de risco à saúde humana desenvolvida pela ATSDR busca, sempre que possível, a utilização de dados ambientais na elaboração de suas conclusões e recomendações. A utilização de modelos matemáticos, inclusive os utilizados para a projeção dos fluxos de água subterrânea, são evitados.

Em função das questões acima assinaladas, foi realizada uma campanha de amostragem para a água subterrânea. O planejamento, os procedimentos, protocolo de amostragem, bem como os laudos analíticos da campanha de amostragem de águas subterrâneas são relatados a seguir.

4.5.3. Protocolo de amostragem

4.5.3.1. Pontos de amostragem

Os pontos de amostragem para água subterrânea foram localizados dentro da área onde a Proquima realizava suas atividades (lotes 4 e 5) e áreas à jusante, acompanhando a declividade do terreno em direção ao córrego.

Para tanto foram utilizados os piezômetros existentes, instalados pela Arcadis, em condições operacionais, segundo os levantamentos realizados durante as visitas de reconhecimento à área para amostragem. Não puderam ser coletadas amostras nos pontos PM-10B (piezômetro sem condições de amostragem), PM-12 (local abandonado e sem possibilidade de acesso) e PM-15 (piezômetro totalmente destruído).

Afora estes pontos, foram instalados 5 novos piezômetros na rua Clóvis Teixeira e na rua José Freitas de Amorim, na extremidade do área loteada, nas proximidades da

margem do córrego. A partir da Rua Hermatino Coelho, na rua Clóvis Teixeira, 4 piezômetros (PM-16 a PM-19) foram instalados a 75 metros de distância um do outro até a esquina da rua José de Freitas Amorim com a rua Augusto Silva. Outro piezômetro (PM-20) foi instalado no número 112 da rua José de Freitas Amorim, local onde aflora uma nascente de água.

Dois outros pontos de amostragem foram determinados em poços tipo cacimba existentes na rua Augusto Silva 715 e na rua Júlio de Souza Vale 85.

4.5.3.2. Metodologia de amostragem

Para a instalação de poços de monitoramento foram realizadas sondagens a trado manual em diâmetro de seis polegadas, sendo os furos revestidos por tubulação geomecânica nervurada em diâmetro de duas polegadas. O espaço anelar entre a parede do revestimento e o furo de sondagem foi preenchido por areia lavada (pré-filtro) com granulometria adequada, sendo posteriormente realizado o selo sanitário do poço de monitoramento. Caps pressão com cadeado foram instalados para proteção dos mesmos. Após a instalação, foi realizado o bombeamento de modo a “limpar” o poço de particulados. Os procedimentos de amostragem foram realizados pela empresa KW Ambiental, sob a supervisão do Dr. Alexandre Pessoa da Silva.

4.5.3.3. Contaminantes analisados

Em função dos dados anteriores, já relatados nos itens anteriores, foram selecionados os seguintes contaminantes para serem analisados:

Metais: Arsênio, Bário, Cádmio, Chumbo, Cobre e Cromo.

Compostos orgânicos: Diclorodifluorometano, Clorometano, Cloreto de vinila, Bromometano, Cloroetano, Triclorofluorometano, 1,1-dicloroetano, Diclorometano, Trans-1,2-dicloroetano, 1,1-Dicloroetano, Cis-1,2-dicloroetano, Clorofórmio, 1,2-dicloroetano, 1,1,1-Tricloroetano, 1,1-dicloropropeno, Tetracloro de carbono, Benzeno, Dibromometano, 1,2-dicloropropano, Tricloroetano, Bromodiclorometano, Cis-1,3-dicloropropeno, 4-Metil-2-pentanona, Trans-1,3-dicloropropeno, 1,1,2-tricloroetano, Tolueno, 1,3-dicloropropano, Dibromoclorometano, 2-Hexanona, 1,2-dibromoetano, Tetracloroetano, 1,1,1,2,-tetracloroetano, Clorobenzeno, Etilbenzeno, Bromofórmio, m,p-xilenos, o-xileno, Trans-1,4-dicloro-2-buteno, Cis-1,4-dicloro-2-buteno, Estireno, fenol, 2-metilfenol, 3-metilfenol, 4-metilfenol, 2-clorofenol, 2,4-dimetilfenol, 3-cloro-4-metilfenol, 2,6-diclorofenol, 2,4-diclorofenol, 2-nitrofenol, 2,4,6-Triclorofenol, 4-Nitrofenol, 2,4,5-Triclorofenol, 2,3,4,6-Tetraclorofenol, Pentaclorofenol e TPH (Hidrocarbonetos Total de Petróleo).

4.5.3.4. Procedimentos e laudos analíticos

As amostras coletadas foram preservadas e enviadas seguindo os critérios da cadeia de custódia para o Laboratório Analytical Solutions S.A., onde foram realizados os procedimentos analíticos.

4.5.3.5. Resultados da campanha de amostragem

A contaminação das águas subterrâneas está definitivamente comprovada. Os contaminantes que ultrapassaram os valores de referência utilizados são: Cloreto de vinila, 1,1-Dicloroetano, Trans-1,2-dicloroetano, 1,1-Dicloroetano, Cis-1,2-dicloroetano, Clorofórmio, 1,2-Dicloroetano, Tetracloro carbono, Benzeno, 1,2-Dicloropropano, Tricloroetano, 1,1,2-Tricloroetano, Clorobenzeno, Tolueno, Tetracloroetano, 2,4,6-Triclorofenol, Pentaclorofenol e TPH. O metal cromo também

foi detectado, em algumas amostras, com valores acima dos valores de referência utilizados.

Tabela 4.17. Valores de referência utilizados, maiores concentrações dos contaminantes e pontos de amostragem onde estas concentrações foram encontradas

Contaminantes	Valores de referência			Maiores concentrações encontradas		
	Port. 518 (µg/L)	Holanda		Maior Concentração (µg/L)	Local	Número de vezes maior que o valor de referência
		T (µg/L)	I (µg/L)			
Cloreto de vinila	5	2,5	5	73250	PM-16	14.650
Cis-1,2-dicloroeteno	-	10	20	3846	PM-04	384
Tetracloroeto carbono	2	---	---	508	PM-13A	254
Benzeno (µg/L)	5	15	30	1253	PM-06	250
1,2-dicloroetano	10	204	400	1792	PM-02	179
1,1,2-tricloroetano	600	150	300	32836	PM-02	109
Tricloroeteno	70	262	500	4110	PM-02	58
1,1-dicloroeteno	30	5	10	544	PM-02	54
Clorofórmio	300	-	-	9220	PM-07A	30
Tetracloroeteno	40	20	40	1151	PM-02	28
Cromo	50	16	30	799	PM-10A	26
Trans-1,2-dicloroeteno	-	10	20	243	PM-04	22
Tolueno	170	504	1000	931	PM-06	5
1,1-Dicloroetano	-	454	900	1206	PM-10A	3
Clorobenzeno	120	90	180	188	PM-09	1,5

O metal cromo somente foi encontrado em pontos de amostragem fora da área de atuação da Proquima, nos pontos de amostragem PM-08 e PM10.

No ponto de amostragem PM-08 existia, em frente à Proquima, uma área chamada de Colônia, constituída de um conjunto de casa geminadas. As atividades na área são desconhecidas. Sabe-se apenas que se tratava de população de nível sócio-econômico baixo.

Os pontos de amostragem PM-10A e PM-10B localizam-se fora do Condomínio Parque Primavera, no terreno contíguo ao da empresa Transportes Gardênia, local onde existem dois prédios em construção abandonados.

O terceiro ponto de amostragem, onde foi detectada a presença do metal cromo, é no “Poço 1”, localizado na Rua Augusto Silva 715. Nesta localidade, existe uma cacimba, desativada há mais de 20 anos, cujo nível de água está a aproximadamente 9 metros de profundidade. Após ser desativado, este poço serviu de fossa séptica por um tempo não conhecido pelos atuais residentes.

Pelo fato de não ser encontrado o metal cromo nas amostras da área onde atuava a Proquima e pelas características dos pontos de amostragem onde o metal foi detectado nas águas subterrâneas, presume-se que a presença do cromo em algumas amostras não pode ser relacionada com as emissões de contaminantes da Proquima.

Pelos dados obtidos, observa-se que as maiores concentrações de muitos contaminantes nas águas subterrâneas superam em centenas de vezes os valores de referência. No caso do contaminante cloreto de vinila, a maior concentração encontrada, 73.250 µg/L, é 14.650 vezes maior que o valor de referência utilizado (5 µg/L).

É interessante notar que a maior concentração ocorre no ponto de amostragem PM-16, aproximadamente 450 metros distante das instalações da antiga Proquima, praticamente na esquina da rua Hermantino Coelho com a rua Clóvis Teixeira. Neste ponto também são detectadas concentrações muito acima dos valores de referência para os contaminantes clorofórmio (30 vezes) e 1,1,2-tricloroetano (8 vezes).

Devemos lembrar, neste contexto, o testemunho de ex-trabalhadores da Proquima que assinalavam a existência de uma tubulação clandestina (cano de ferro de 4 polegadas de diâmetro), enterrada, que, a partir da Proquima e ao longo da rua

Hermantino Coelho, conduzia os efluentes da empresa diretamente para o córrego que flui nas proximidades.

Outra observação importante é que as concentrações mais elevadas se distribuem de forma irregular em vários dos pontos de amostragem, dentro e fora da área ocupada pela Proquima. Por outro lado, os pontos de amostragem localizados dentro da área da antiga Proquima com as maiores concentrações são os que estão localizados nas imediações dos locais onde os ex-trabalhadores da empresa assinalaram a presença de “poços sumidouros”.

V. MECANISMOS DE TRANSPORTE

5.1 Introdução

Os mecanismos de transporte indicam como cada contaminante considerado de interesse, devido às suas características físicas e químicas, e às condições ambientais existentes no local de risco (Bairro Mansões de Santo Antonio em Campinas), podem migrar desde as fontes de emissão e poluir os compartimentos ambientais e, por último, o homem.

5.2. Mecanismos de transporte dos contaminantes de interesse no Bairro Mansões de Santo Antonio

Cloreto de vinila

Cloreto de vinila também é conhecido como cloroetano, cloroetileno, etileno monocloreto ou monocloreto de etileno. Cloreto de vinila é usado quase exclusivamente na produção do plástico polivinila cloreto (PVC) e copolímeros. Fontes antropogênicas são responsáveis por todo vinil cloreto encontrado no ambiente.

À temperatura ambiente o cloreto de vinila é um gás incolor, facilmente combustível e instável a altas temperaturas. O cloreto de vinila sob pressão e baixa temperatura pode se apresentar na forma líquida. Cloreto de vinila tem odor levemente adocicado e seu odor é sentido a partir de uma concentração de 3.000 ppm no ar. Em água, a maioria das pessoas sentem sua presença a partir de 3,4 ppm.

Na forma líquida, o cloreto de vinila evapora rapidamente. No ar o cloreto de vinila se decompõe em poucos dias, resultando na formação de outros compostos, tais como ácido clorídrico, formaldeído e dióxido de carbono.

A maior parte do cloreto de vinila emitido escapa para a atmosfera. No solo, o cloreto de vinila evapora ou migra para as águas subterrâneas. No entanto, o pode ser formado no meio ambiente pela degradação microbiana de outras substâncias produzidas pelo homem, tais como tricloroetileno, tricloroetano e tetracloroetileno (Smith and Dragun, 1984).

O processo primário de transporte do cloreto de vinila em águas naturais é a volatilização para a atmosfera. A constante da Lei de Henry é de 0,0278 atm·m³/mol à 24,8°C, indicando sua rápida partição para a atmosfera. Muitos sais possuem a habilidade de formar complexos com o cloreto de vinila aumentando sua solubilidade em águas (EPA, 1979). Seu baixo coeficiente de partição octanol/água (log K_{OW} = 1,23) indica um baixo potencial de bioconcentração em organismos aquáticos

Com base em equações de regressão, Sabljic (1984) estimou o coeficiente de adsorção do carbono orgânico do solo para cloreto de vinila na faixa entre 14 e 131. Estes valores de K_{OC} sugerem uma baixa tendência de adsorção, indicando que este composto pode ser bastante móvel em solo. Cloreto de vinila é solúvel na maioria dos solventes orgânicos. Na presença de outros solventes orgânicos, processos de co-

solvatação podem reduzir a volatilidade do cloreto de vinila, aumentando sua mobilidade além das estimativas baseadas nos valores de K_{OC} (EPA, 1982).

Processos de degradação do cloreto de vinila geralmente ocorrem lentamente sob condições anaeróbicas em sedimentos e águas subterrâneas. Entretanto, sob condições metanogênicas ou condições redutoras por Fé (III), a degradação anaeróbica ocorre mais rapidamente (Bradley and Chapelle 1996).

***Trans*-1,2-dicloroeteno e *Cis*-1,2-dicloroeteno**

1,2-Dicloroeteno é um composto produzido pelo homem. Fontes de exposição ambiental para este contaminante incluem: emissões durante sua produção e uso como intermediário químico; evaporação a partir de esgotos, aterros de lixo, e solventes; emissões por combustão ou aquecimento de cloreto de polivinila e alguns copolímeros de vinila; formação por biodegradação anaeróbia de alguns solventes clorados; e chorumes de aterros de lixo.

1,2-dicloroeteno são liberados para o ambiente a partir de áreas de deposição de resíduos contendo estes compostos (Barber et al., 1988; Fain et al., 1987), que também podem ser formados em aterros de lixo, aquíferos ou sedimentos como produtos de biodegradação anaeróbica de tetracloroeteno, tricloroetileno, 1,1,1 - tricloroetano, e 1,1,2,2-tetracloroetano, solventes geralmente encontrados em aterros sanitários (Parsons et al., 1984; Smith & Dragun, 1984).

A população em geral pode ser exposta a baixos níveis (0,013-0,076 ppb) de 1,2-dicloroeteno por inalação de ar contaminado em áreas urbanas (EPA, 1983). Estes níveis de exposição correspondem a uma ingestão diária média de 1-6 $\mu\text{g}/\text{dia}$, assumindo uma inalação média diária de 20m³ de ar. Exposição adicional pode ocorrer por consumo, inalação durante o banho e contato dermal com água contaminada. Exposição profissional pode ocorrer por meio de inalação e/ou contato dermal.

Nos sedimentos, tetracloroetileno é convertido a 1,2-dicloroeteno com preponderância do isômero *cis* (Parsons et al., 1984). *Cis*-1,2-dicloroeteno é aparentemente o isômero mais comumente encontrado, embora possa ser confundido com o isômero *trans*. Por ser um poluente de maior prioridade, o isômero *trans* é mais analisado e os procedimentos analíticos utilizados geralmente não diferenciam os dois isômeros (Cline e Viste 1995).

No solo o 1,2-dicloroeteno volatiliza rapidamente ou poderá migrar para camadas mais profundas e contaminar as águas subterrâneas. Em águas superficiais, 1,2-dicloroeteno e outros etenos clorados resistem a biodegradação sob condições aeróbicas (Fogel et al., 1986).

Em águas subterrâneas, sob condições redutoras, anaeróbicas, 1,2-dicloroeteno sofre lenta decloração (Barrio-Lage et al., 1986; Fogel et al., 1986). O isômero *cis* degrada formando cloroetano e cloreto de vinila (um carcinógeno humano), enquanto a degradação do isômero *trans* somente forma o cloreto de vinila. Dados experimentais indicam que a meia-vida de biodegradação anaeróbia de 1,2-dicloroeteno é de aproximadamente 13-48 semanas (Barrio-Lage et al., 1986).

O processo de remoção atmosférico dominante para 1,2-dicloroeteno ocorre por meio de reações fotoquímicas com espécies oxigenadas (por exemplo, radicais de hidroxila) na troposfera. A permanência calculada na atmosfera para *cis* - e *trans*-1,2-dicloroeteno, devido a este processo de remoção, é 12 e 5 dias, respectivamente (Goodman et al., 1986).

Na atmosfera de áreas urbanas com poluição, os processos fotolíticos representam o fator principal na geração dos radicais livres. Vários estudos revisados por Hall et al. (1989) assinalam que a degradação do 1,2-dicloroeteno ocorre de 2-4

vezes mais rapidamente em ar urbano poluído exposto a radiação de UV que em “ar puro” sem precursores de radicais livres.

Ocorrências de 1,2-dicloroeteno em amostras de águas pluviais indicam a possibilidade de sua remoção da atmosfera por meio de precipitação, porém a maior parte retornará para a atmosfera por volatilização (Kawamura & Kaplan, 1983).

Substâncias orgânicas com uma pressão de vapor de $>10^{-4}$ mmHg ocorrem na atmosfera quase completamente na fase vapor (Eisenreich et al., 1981). Desta forma, na atmosfera, os compostos cis- e trans-1,2-dicloroeteno, que têm pressões de vapor, a 25°C, de 215 e 336 mmHg, respectivamente, não devem apresentar partição da fase vapor para o particulado (Stevens, 1979). Estes compostos, devido a sua longa permanência na atmosfera, podem ser transportados a longas distâncias a partir das áreas de emissão (HSDB, 1995).

Os baixos valores encontrados para o Fator de Bioconcentração (BCF) sugerem que o 1,2-Dicloroeteno não apresenta bioconcentração relevante em organismos aquáticos. Os valores encontrados para o coeficiente de adsorção em solo (K_{oc}) da ordem de 32-49 (Lyman, 1982) sugerem que a adsorção não representa um mecanismo de transporte relevante do 1,2-dicloroeteno no solo, sedimentos e no material particulado em suspensão. Por não apresentar adsorção significativa no solo, o 1,2-Dicloroeteno pode migrar para as águas subterrâneas, onde um lento processo de biodegradação poderá ocorrer (HSDB, 1995).

Tetracloroeto De Carbono

Até 1986, a maior fonte de emissão era proveniente do uso do tetracloroeto de carbono como um fumigante de grão, prática não mais usual. Outras emissões podem ocorrer na produção do tetracloroeto de carbono ou de seus produtos derivados, como o clorofluorocarbono. Tetracloroeto de carbono é uma substância química estável que é degradada muito lentamente, possibilitando uma acumulação gradual da substância no ambiente como consequência de emissões pelas atividades humanas.

Volátil a temperatura ambiente, a maior parte do tetracloroeto de carbono no ambiente ocorre no ar. Isto se deve a relativamente alta taxa de volatilização dos compostos clorados de baixo peso molecular (Dilling, 1977; Dilling et al., 1975). Por causa disto, o tetracloroeto de carbono tende também a volatilizar no chuveiro durante o banho, durante o cozimento, e em outros usos domésticos (Tancrede et al., 1992).

Tetracloroeto de carbono é comumente detectado em amostras de ar ambiente. Com base em 4.913 amostras de ar ambiente levantadas nos Estados Unidos pelo *National Ambient Volatile Organic Compounds Database* (incluindo remoto, rural, suburbano, urbano, e locais de risco), a concentração média de tetracloroeto de carbono é de 0,168 ppb ($1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Shah & Heyerdahl, 1988).

Tetracloroeto de carbono é também um contaminante comum do ar em recinto fechado (*in door*). Concentrações típicas em residências em várias cidades norte-americanas assinalaram, aproximadamente, $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,16 ppb), com alguns valores de até $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1,4 ppb) (Wallace et al., 1986). Concentrações no ar nos recintos fechados são geralmente mais altas que ao ar livre, indicando que a fonte do tetracloroeto de carbono eram materiais de construção ou produtos domésticos, tais como praguicidas, agentes de limpeza, etc (Wallace et al., 1986; 1987).

Tetracloroeto de carbono é muito estável na troposfera (Cox et al., 1976; Lillian et al., 1975; Singh et al., 1980). Isto se deve principalmente ao fato do tetracloroeto de carbono não reagir com radicais de hidroxila que inicia a quebra e reações de transformação de outros hidrocarbonetos voláteis. Além disso, o tetracloroeto de carbono não sofre foto-dissociação na troposfera já que, no estado de vapor, não possui

cromóforos que absorvam luz nas faixas ultravioleta visível ou próxima do espectro eletromagnético que prevalece na troposfera (Davis et. all., 1975).

Devido a sua baixa degradabilidade na atmosfera, é significativo o transporte global do tetracloreto de carbono esperado. Níveis típicos em áreas rurais são de aproximadamente $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, com valores um pouco mais altos em áreas urbanas e próximas a fontes industriais.

Embora moderadamente solúvel em água da ordem de 800 mg/L a 20°C) (Verschueren, 1983), só aproximadamente 1% do tetracloreto de carbono total no ambiente encontra-se dissolvido em águas de superfície e dos oceanos (Galbally, 1976).

Com base no coeficiente de adsorção de 110 ($\log K_{OC}$ de 2.04) (Kenaga, 1980), parte do tetracloreto de carbono que permanece no solo pode aderir à matéria orgânica. Não obstante, é esperado que o tetracloreto de carbono seja moderadamente móvel na maioria dos solos e, dependendo do conteúdo de carbono orgânico, é possível a migração para as águas subterrâneas (Howard, 1990).

A taxa de transformação de tetracloreto de carbono para clorofórmio e outros compostos em águas subterrâneas foi avaliada na presença de minerais (biotita e vermiculita) como provedores de íons livre ferrosos e de sulfeto e com sulfetos de ferro (pirita e marcassita). Sob estas condições foram determinadas meia-vida de 380 dias para tetracloreto de carbono sem aditivos, de 2,9-4,5 dias com minerais e íon sulfeto e de 0,44-0,85 dias na presença de sulfetos de ferro natural. Os efeitos notados com íons de sulfeto ferrosos ou livres foram de duas ordens de magnitude menor que com minerais naturais. Outro estudo determinou a degradação de 84% do tetracloreto de carbono em solução aquosa com íons ferrosos em 33 dias, mas em nenhum efeito relevante na presença de sulfetos (Doong & Wu, 1992). Estudos adicionais indicaram que a decloração do tetracloreto de carbono sob condições redutoras e abióticas que podem envolver fatores microbianos ou metabólitos. A degradação completa do tetracloreto de carbono apresenta clorofórmio e diclorometano como os produtos de transformação principais, porém, alguns produtos de degradação desconhecidos também foram observados (de Best et all., 1998).

O tetracloreto de carbono apresenta pequena tendência para bioconcentração em organismos aquáticos ou marinhos. Os índices de bioconcentração (BCF) variam entre 1,24 e 1,48 em peixes, respectivamente (Pearson & McConnell, 1975). Porém, o logaritmo do coeficiente de partição octanol/água ($\log K_{OW}$) de 2.64 (EPA, 1984) sugere que a bioacumulação é pelo menos possível sob condições de exposição constante e pode ocorrer em locais de trabalho ou em pessoas que vivem próximas a áreas contaminadas.

Não foram encontrados dados sobre a biomagnificação do tetracloreto de carbono. Porém, levando em consideração que a maioria dos animais, imediatamente após a exposição, prontamente metaboliza e excreta o tetracloreto de carbono, a biomagnificação é pouco provável.

Benzeno

O benzeno é um líquido incolor com um odor adocicado. Evapora-se no ar muito rapidamente e dissolve-se levemente na água, sendo altamente inflamável. É achado no ar, água e solo, a partir de fontes naturais como vulcões e incêndios florestais e a partir de atividades humanas. Atualmente é originário principalmente do petróleo. É uma substância com grande uso industrial sendo a base para elaboração de outros químicos como parte de resinas, plásticos (estireno), nylon e fibras sintéticas (ciclohexano) e para a manufatura de alguns tipos de borrachas, lubrificantes, detergentes, drogas e pesticidas. É parte do óleo bruto, gasolina e fumaça do cigarro.

A maioria das pessoas é exposta a pequenas quantidades de benzeno diariamente, ao ar livre, no local de trabalho e dentro das suas residências. Esta exposição ocorre principalmente por inalação de ar contaminado com benzeno. As principais fontes de exposição são a fumaça do cigarro, oficinas mecânicas, descargas de veículos e emissões industriais. Vapores ou gases de produtos que contêm benzeno, como colas, vernizes, tintas, removedores e detergentes, também podem ser fontes de exposição. Pessoas morando em cidades ou áreas industriais são geralmente mais expostas ao benzeno do que pessoas morando em áreas rurais. Os níveis de benzeno dentro das casas são geralmente maiores do que ao ar livre. Pessoas morando próximo de refinarias de petróleo, empresas petroquímicas e postos de gasolina podem ser expostas a níveis maiores de benzeno no ar.

Com uma pressão de vapor de 95.2 mm Hg a 25 °C, a alta volatilidade do benzeno é a propriedade física que controla o transporte e a partição ambiental desta substância química. Benzeno é ligeiramente solúvel em água, com uma solubilidade de 1.780 mg/L a 25 °C, e a constante da Lei de Henry para benzeno ($5,5 \times 10^{-3}$ atm-m³/mole a 20 °C) indica que benzeno volatiliza rapidamente para a atmosfera a partir de águas superficiais (Mackay & Leinonen, 1975). Mackay e Leinonen (1975) calcularam uma meia-vida de volatilização para o benzeno de 4,81 horas para um corpo hídrico com 1 metro de profundidade a 25 °C. Embora benzeno só seja ligeiramente solúvel em água, pode ocorrer alguma remoção da atmosfera pelas precipitações. Uma porção significativa do benzeno removido pelas chuvas retornará para a atmosfera por volatilização.

Um parâmetro útil para se estimar o nível de lixiviação de uma substância química no solo é o coeficiente de adsorção do carbono orgânico (K_{OC}). Segundo Kenaga (1980), compostos com um $K_{OC} < 100$ são considerados como tendo uma mobilidade em solo de moderada para alta. Benzeno, com um valor de K_{OC} na faixa entre os valores 60 a 83 (Karickhoff, 1981; Kenaga, 1980), seria considerado altamente móvel.

Outros parâmetros que influenciam o potencial de lixiviação incluem o tipo de solo (por exemplo, arenoso versus argiloso), pluviometria, profundidade do aquífero e nível de degradação. Estudos têm demonstrado a tendência do benzeno para adsorver ao material particulado suspenso nas águas subterrâneas, tanto maior quanto o teor de matéria orgânica (Uchirin & Mangels, 1987).

Benzeno apresenta um coeficiente de partição octanol/água (K_{OW}) relativamente alto ($\log K_{OW} = 2,13$ a $2,15$), indicando baixa bioconcentração/bioacumulação em organismos aquáticos estudados (Gossett et al., 1983; HSDB, 1996; Geyer et al., 1984). Benzeno apresenta diversas formas de transformação e degradação no ambiente. Na atmosfera o benzeno existe predominantemente na fase de vapor (Eisenreich et al., 1981). O principal processo de degradação do benzeno na atmosfera ocorre por meio de reações com radicais hidroxila livres.

McAllister & Chiang (1994) avaliaram os processos de atenuação natural de benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos (BTEX) em águas subterrâneas. A biodegradação aeróbia representa o principal mecanismo de degradação dos BTEX. As projeções indicam que a volatilização responda, no máximo, por aproximadamente 5-10% da atenuação natural (McAllister & Chiang, 1994). Modelos matemáticos e medições em poços de monitoramento de águas subterrâneas assinalaram a degradação natural dos BTEX da ordem de 80-100% num período entre 1 e 1,5 ano. Um estudo demonstrou que as concentrações de benzeno, tolueno, e xileno (BTX) em águas subterrâneas está inversamente relacionada à disponibilidade do oxigênio dissolvido (Chiang et al., 1989).

Em solo, benzeno é biodegradado sob condições aeróbias. A degradação microbiana do benzeno ocorre pela formação de cis-dihidrodióis e, posteriormente, catecóis que atuam como substrato na quebra do anel aromático (Gibson, 1980; Saltador, 1978).

1,2-Dicloroetano

Não existem fontes naturais conhecidas de 1,2-dicloroetano. A emissão deste composto para o ambiente decorre da fabricação, uso, armazenamento, distribuição e disposição final. O uso do 1,2-dicloroetano como aditivo de gasolina diminuiu significativamente em recentes anos, com o recuo do uso de gasolina contendo chumbo. A maior parte das emissões de 1,2-dicloroetano atinge o ambiente atmosférico.

Alguns produtos obsoletos contendo 1,2-dicloroetano, ainda em uso ou descartados, representam fontes potenciais de emissão deste contaminante. O 1,2-dicloroetano também pode ser gerado durante a degradação microbiana de outros alcanos clorados, por exemplo, durante a biodegradação anaeróbia de 1,1,2,2-tetracloroetano (Chen et al., 1996; Lorah & Olsen, 1999).

O 1,2-dicloroetano liberado para os compartimentos solo e água tendem a volatilizar rapidamente para a atmosfera, onde será degradado por radicais de hidroxila gerados fotoquimicamente. A meia-vida para esta reação é de aproximadamente 73 dias (Arnts et al., 1989; Atkinson et al., 1989), e o tempo de permanência total na atmosfera é de menos de 5 meses (EPA, 1993). Hidrólise e fotólise não parecem ser significantes para o destino ambiental do 1,2-dicloroetano. Embora a biodegradação ocorra lentamente, este processo representa a principal forma de degradação do 1,2-dicloroetano em solo e água.

O 1,2-dicloroetano já foi detectado em amostras de ar ambiente, água superficial, água subterrânea, água potável, respiração humana, urina e leite. Concentrações ambientais são geralmente maiores próximas às áreas de emissão (por exemplo, fontes de emissões industriais, áreas de deposição de resíduos perigosos).

1,1,2-Tricloroetano

O 1,1,2-tricloroetano é uma substância química sintética cuja presença no ambiente é o resultado de atividades antropogênicas. Esta substância também é encontrada como um intermediário na biodegradação do 1,1,2,2-tetracloroetano, outra substância química artificial. Sua síntese é realizada pela cloração de etileno com cloro ou pela oxicloração de etileno com HCl e oxigênio. É usado principalmente como um intermediário na produção de 1,1-dicloroetano (cloreto de vinilideno), podendo também ser usado como solvente, especialmente na fabricação de borracha clorada.

Dados de monitoramento indicam altos níveis (>100 ppb) em efluentes de lavandarias, indústrias de compostos químicos orgânicos e metalúrgicas. Liberações gasosas incluem emissões fugitivas durante a produção e uso do 1,1,2-tricloroetano, bem como pela volatilização do composto contido em esgotos, em estações de tratamento municipais.

Em função de sua relativa alta pressão de vapor e baixa adsorção ao solo, o 1,1,2-tricloroetano volatiliza rapidamente das superfícies de solo. Na atmosfera, ocorre a degradação do 1,1,2-tricloroetano por meio de reação com radicais de hidroxila gerados fotoquimicamente.

Em compartimentos aquáticos, o 1,1,2-tricloroetano sofre hidrólise com resultados que dependem do pH da água. Em pH neutro, a hidrólise resulta na formação de álcool, enquanto em condições básicas ocorre a formação de 1,1-dicloroetano e HCl (Mabey et al., 1983; Vogel et al., 1987). A meia-vida para estes processos seria de 37 anos a um pH 7, e 135 dias a um pH 9.

Sob condições anaeróbicas, o 1,1,2-tricloroetano sofre dehalogenação. Para estabelecer se esta é uma reação biologicamente mediada, e não simplesmente uma reação abiótica catalisada por ferro livre ou ferro porfirina a baixo potencial redox, pesquisadores da Dow Chemical realizaram ensaios com soluções estéreis (Klecka & Gonsior, 1983). Suas observações assinalaram que concentrações na faixa de ppm de 1,1,2-tricloroetano não sofreram dehalogenação em uma solução estéril, anaeróbia a pH 7 ou na presença de um tampão redox à base de sulfetos ou de hematina (Klecka & Gonsior, 1983).

Em uma tentativa de simular as condições anaeróbicas para biodegradação em aterros sanitários, foram executadas experiências sob condições anóxicas, inoculando soluções de digestores anaeróbios de instalações de tratamento de esgoto que não foram aclimadas a solventes industriais. Depois de 1 semana de incubação com 10 µg/L de 1,1,2-tricloroetano, formou-se 0,44 µg/g de cloreto de vinila. Esta concentração de cloreto de vinila formado foi a mais alta entre os ensaios de degradação com etanos ou etenos clorado estudados (Hallen et al., 1986). Em experiências posteriores, quando a concentração do *inoculum* foi aumentada, a formação do cloreto de vinila foi de 4,3 e 5,8 µg/g, após 1 e 2 semanas, respectivamente. As reações de degradação observadas incluem não somente a dehalogenação redutora, como também a transformação de etanos clorados em etenos. É interessante notar que em amostras controle autoclavadas ocorreu a formação de 1,1-dicloroetano indicando um processo não biológico (Molton et al., 1987).

Tricloroetileno - TCE

O tricloroetileno (TCE) é um líquido incolor, não inflamável, de aroma adocicado e sabor doce irritante. É utilizado principalmente como solvente para a remoção de graxas em partes metálicas, sendo também utilizado como solvente em formulações de adesivos, como removedor de tintas. O TCE não ocorre de forma natural no meio ambiente.

A maioria do TCE usado é liberado na atmosfera por evaporação durante procedimentos como desengraxante (EPA, 1985). Uma vez na atmosfera, o processo dominante de degradação do tricloroetileno é a reação com radicais de hidroxila. A meia-vida calculada para este processo é aproximadamente 7 dias. Esta meia-vida, relativamente curta, indica que o TCE não é persistente na atmosfera, sendo pouco provável seu transporte a longas distâncias.

A alta pressão de vapor do TCE resulta em grande volatilidade. A maior parte do TCE volatiliza a partir das águas de superfície ou do solo, embora sua alta mobilidade no solo possa resultar em filtração significativa para camadas sub-superficiais antes que a volatilização possa ocorrer. Nas camadas sub-superficiais do solo, o TCE é degradado lentamente e pode ser relativamente persistente.

A constante da Lei de Henry, de $2,0 \times 10^{-2}$ atm-m³/mol a 20°C, sugere que o TCE volatilize rapidamente a partir da superfície das águas. Por outro lado, por ser moderadamente solúvel em água, o TCE é rapidamente precipitado pelas águas das chuvas (Jung et al., 1992).

Em geral, as concentrações de TCE são mais elevadas em áreas industriais e menor em regiões rurais e remotas. Trabalhadores, particularmente na indústria de solventes, estão expostos por meio de inalação aos níveis mais elevados do contaminante. Baseado em levantamentos realizados, estes trabalhadores podem ser expostos a níveis que variam, aproximadamente, de 1 a 100 ppm.

A população em geral também pode ser exposta a TCE por meio de contato com materiais, consumo de água e alimentos contaminados e devido ao uso de produtos que contenham o TCE. Levantamentos realizados nos Estados Unidos indicam que entre 9 e

34% das amostras de água das redes de abastecimento para consumo humano apresentaram alguma contaminação com TCE.

TCE é emitido para os sistemas aquáticos por efluentes industriais e esgotos domésticos. Vários estudos realizados nos EUA assinalaram a presença de TCE em chorumes de aterro de lixo, podendo representar fonte de contaminação das águas subterrâneas (DeWalle e Chian, 1981; Kosson et al., 1985; Reinhard et al., 1984; Sahel e Clark, 1984; Schultz e Kjeldsen, 1986). O TCE é um contaminante orgânico freqüentemente detectado em amostras de águas subterrâneas (Bourg et al., 1992).

TCE pode ser emitido para o solo por efluentes industriais e por chorumes de aterro de lixo. Regulamentos da EPA proíbe emissões de resíduos que contenham concentrações acima de 1.000 mg/kg de organoclorados (como TCE) em aterros de lixo (EPA, 1987).

Coefficientes de adsorção de carbono orgânico em solo K_{OC} para tricloroetileno, determinados experimentalmente, variando entre 106 e 460 (Garbarini & Lion, 1986), indicam que o contaminante apresenta mobilidade de média a alta em solos (Kenaga, 1980; Swann et al., 1983), e alta mobilidade em solos arenosos (Wilson et al., 1981).

1,1-Dicloroeteno

As principais fontes de emissão de 1,1-dicloroeteno para o ambiente estão relacionadas à síntese, fabricação e transporte deste composto, bem como a fabricação de seus produtos de polímero. Outras fontes industriais potenciais de emissão de 1,1-dicloroeteno são as indústrias metalúrgicas, fabricantes de sabão e detergente, de cabos elétricos e de bateria, minas de carvão, lavanderias, bem como as indústrias que envolvem pintura e formulação de tinta.

O 1,1-dicloroeteno tem sido detectado como contaminante em maiores concentrações no ar, água de superfície, esgotos e em águas subterrâneas, principalmente nas proximidades das fontes de emissão (áreas industriais, aterros sanitários, áreas contaminadas). O 1,1-dicloroeteno apresenta alta solubilidade em água e baixo coeficiente de adsorção de carbono orgânico K_{OC} , valor de 1.81 (EPA, 1982), indicando boa migração em solo e em águas subterrâneas. Por causa da sua natureza volátil, emissões para a atmosfera se constituem na maior parcela de sua presença no ambiente. Quantidades menores de 1,1-dicloroeteno são emitidas para os compartimentos água e solo, principalmente como resultado da emissão de efluentes. Em efluentes domésticos, a maior parte do 1,1-dicloroeteno volatiliza para a atmosfera durante processos de tratamento.

As características físico-químicas de uma substância determinam sua partição entre os compartimentos terra, água, sedimento, ar, e biota. Devido a sua pressão de vapor de 592 mmHg (Verschueren, 1983), a maior parte do 1,1-dicloroeteno liberado migrará para o compartimento atmosférico, embora outros fatores, como solubilidade em água e bio-transformação, podem afetar a taxa de partição. A constante da Lei de Henry para 1,1-dicloroeteno, de 0,19 m^3/mol , (Pankow & Rosen, 1988), indica uma rápida volatilização a partir da água. Esta é a razão pela qual não se observa comumente este composto em altas concentrações em água de superfície.

1,1-dicloroeteno é rapidamente transformado na troposfera onde a oxidação por radicais de hidroxila é o processo de transformação dominante. Estudos em processos de remoção atmosféricos indicam que, uma vez na atmosfera, o 1,1-dicloroeteno não é co-precipitado com as chuvas ou por adsorção pelo material particulado atmosférico (EPA, 1980).

Em águas subterrâneas, a bio-transformação é o processo dominante, embora provavelmente não seja tão relevante em águas de superfície aeróbias. Bio-transformação em solo não foi estudado extensivamente, apesar de existir indícios sobre

a possibilidade de degradação por bactérias metanogênicas. Águas superficiais ou subterrâneas contaminadas com 1,1,1-tricloroetano, tetracloroetileno, 1,1,2-tricloroetileno e 1,2-dicloroetano podem representar uma fonte adicional de 1,1-dicloroetano por decloração sob condições bióticas ou abióticas (Back et al., 1990; Lesage et al., 1990; McCarty et al., 1986).

O potencial de exposição humana é maior nos locais de produção, formulação ou transporte do 1,1-dicloroetano. Exposição profissional pode ocorrer por inalação ou contato dérmico. A população em geral pode ser exposta por inalação ou ingestão de água contaminada. Maior risco de exposição decorre da proximidade de áreas contaminadas, especialmente as pessoas que consomem água de fontes subterrâneas. Dados quantitativos sobre níveis de exposição humana a 1,1-dicloroetano são limitados.

Clorofórmio

Clorofórmio também é conhecido como triclorometano ou cloreto de metila. É um líquido incolor com um agradável odor não irritante e de gosto ligeiramente adocicado. Sua queima somente ocorre em altas temperaturas.

Clorofórmio foi um dos primeiros anestésicos inalantes usados em cirurgias. A maior parte do clorofórmio encontrado no ambiente provem de emissões industriais. Aplicação de praguicidas a base de clorofórmio é uma das possíveis fontes de emissão para o solo, onde poderia ocorrer a volatilização para a atmosfera ou infiltração atingindo as águas subterrâneas. Clorofórmio também é comumente detectado em efluentes de estações de tratamento de águas e esgotos que se utilizam de processos de cloração.

Assinalando uma pressão de vapor de 159 mm Hg à 20°C, a presença de clorofórmio na atmosfera ocorre quase totalmente na fase vapor (Boublik et al., 1984). Devido sua solubilidade em água, quantidades significativas de clorofórmio podem ser removidas da atmosfera pelas chuvas. Isto é confirmado pelos resultados de análises em água pluvial (Kawamura & Kaplan, 1983). Na atmosfera, clorofórmio pode ser transportado a longas distâncias antes de finalmente ser degradado por reações fotoquímicas com a participação de radicais livres como a hidroxila. A reação fotoquímica na fase vapor de clorofórmio, com radicais de hidroxila, é o processo de degradação dominante na atmosfera. À 25°C, a constante para este processo foi experimentalmente determinada como sendo da ordem de $1,0 \times 10^{-13} \text{ cm}^3/\text{mol}\cdot\text{segundo}$, que corresponde a uma meia-vida de 80 dias, tendo como base dias com 12 horas iluminado pelo sol em uma atmosfera típica que contém 1×10^6 radicais/cm³ de hidroxila (Hampson, 1980; Singh et al., 1981).

A degradação microbiana, apesar de possível, somente ocorre em níveis reduzidos devido à toxicidade de clorofórmio. Devido a sua alta volatilidade, o mecanismo de transporte predominante nas camadas superficiais do solo é a volatilização, com resultados semelhantes para diversos tipos de solo (Park et al., 1988). Assinalando um coeficiente de adsorção de carbono orgânico em solo de 45, clorofórmio não apresenta adsorção significativa em sedimentos ou no material particulado suspenso (Sabljić, 1984). Devido a sua baixa adsorção em solo e baixa - porém significativa - solubilidade em água, clorofórmio apresenta alta mobilidade em solo, atingindo as águas subterrâneas, onde assinala alta persistência.

Em amostras de água potável nos EUA foram detectados níveis de até 311 ppb, embora a maioria das concentrações informadas são menos de 50 ppb, variando entre 2 e 44 ppb. Águas de captação subterrânea contaminadas com chorumes de aterros sanitários e em áreas contaminadas podem apresentar teores de clorofórmio bem mais elevados (Sawhney, 1989). Aeração e uso de águas subterrâneas contaminados com

clorofórmio são uma fonte potencial de emissão à atmosfera (Crume et al., 1990), como por exemplo durante banhos e cozimento.

Populações de maior potencial de risco à exposições são os trabalhadores e populações nas proximidades de indústrias e instalações que fabricam ou usam clorofórmio, incineradores, unidades de tratamento de água e esgoto, indústrias de papel e celulose, bem como pessoas que consomem águas de captação subterrâneas em áreas contaminadas.

Tetracloroetano

Tetracloroetileno é um composto orgânico volátil amplamente distribuído no ambiente. É libertado ao ambiente por emissões industriais, materiais de construção e produtos de uso doméstico. As emissões ocorrem principalmente para a atmosfera, mas esta substância também é liberada para os corpos hídricos e solo pelos esgotos e efluentes onde, em função de sua alta pressão de vapor e da constante da Lei de Henry, normalmente volatiliza rapidamente para a atmosfera. Tetracloroetileno apresenta relativamente baixa solubilidade em água e tem mobilidade de médio para alta em solo. Por esta razão, não se espera que seu tempo de residência em ambientes de superfície seja mais que alguns dias. Porém, persiste na atmosfera durante vários meses e pode também persistir durante vários meses nas águas subterrâneas.

Devido sua persistência ambiental sob certas condições, o potencial para exposição humana pode ser significativo.

A meia-vida de degradação prevista para o tetracloroetileno na atmosfera indica provável transporte global de longo alcance (Classe & Ballschmiter, 1986). Dados de monitoramento demonstraram que o tetracloroetileno está presente na atmosfera mundial e em locais remotos transportados a partir de fontes de emissão antropogênicas.

Tetracloroetileno foi detectado em várias amostras de água de chuva. Porém, sua relativamente baixa solubilidade em água sugere que sua remoção da atmosfera pelas chuvas ocorra muito lentamente.

Este comportamento é consistente com o alto valor da constante da Lei de Henry. Outros fatores que influenciam as taxas de volatilização são: temperatura ambiente, movimento e profundidade da água, movimento de ar associado, e relação superfície: volume.

Adsorção de compostos orgânicos ao solo é mais evidente quando relacionada ao conteúdo de carbono orgânico do solo (Kenaga, 1980; Urano & Murata, 1985; Zytner et al., 1989a). Com base no teor de carbono orgânico (K_{OC}), determinou-se o coeficientes de adsorção do tetracloroetileno ao solo variando entre 177 a 534 (Seip et al., 1986; Zytner et al., 1989a). Estes valores são indicativos de mobilidade em solo de média a alta (Kenaga, 1980; Swann et al., 1983).

VI. ROTAS DE EXPOSIÇÃO

6.1. Identificação e Avaliação de Rotas de Exposição

Uma Rota de Exposição é um processo que permite o contato dos indivíduos com os contaminantes originados em uma fonte de contaminação por poluentes. Não é simplesmente um compartimento ambiental (solo, ar, água, etc) ou uma via de exposição (inalação, ingestão, contato, etc); pelo contrário, inclui todos os elementos que ligam uma fonte de contaminação com a população receptora. A rota de exposição é composta pelos seguintes cinco elementos: Fonte de contaminação, Compartimento ambiental e mecanismos de transporte, Ponto de exposição, Via de exposição e População receptora. Estes elementos podem ocorrer no presente, no passado e/ou no futuro.

As diferentes rotas de exposição, mesmo que tenham um mesmo contaminante em comum, podem significar diferentes problemas de saúde. Mesmo assim, um compartimento ambiental específico ou uma via de exposição, podem chegar a ser parte de múltiplas rotas de exposição e mecanismos de transporte diferentes podem dar lugar a que as pessoas se exponham à distintas concentrações dos contaminantes.

As rotas de exposição podem ser categorizadas como completas ou potenciais. Cada rota completa ou potencial representa uma condição de exposição passada, presente e/ou futura. Qualquer contaminante associado com as rotas, sejam completas ou potenciais, requererá uma avaliação posterior na seção de Implicações à Saúde Pública. Uma **rota de exposição completa** é aquela em que seus cinco elementos ligam a fonte de contaminação com a população receptora. Sem importar que a rota seja passada, presente e/ou futura, em todos os casos em que a rota seja completa, a população será considerada exposta. Existe uma **rota de exposição potencial** quando não é possível se caracterizar um ou mais componentes de uma rota de exposição. Assim, por exemplo, uma forte contaminação de uma área numa região deserta, sem qualquer população a grandes distâncias, será considerada como potencial, pois não apresentaria os componentes: população exposta e ponto de exposição.

É preciso, no entanto, observar que a não existência de dados ambientais não indica, necessariamente, que uma rota de exposição não exista (ou tenha existido) de forma completa.

Assim, no caso do *site* no Bairro Mansões Santo Antônio, originado pelas emissões da empresa Proquima, apesar da inexistência de dados ambientais no passado (e a impossibilidade de sua elaboração no presente) existem indícios claros de rotas de exposição completas que serão detalhadas adiante.

6.2. Rotas de Exposição no Bairro Mansões Santo Antônio

6.2.1. Rota: Atmosfera

Quanto às emissões para o compartimento atmosférico, devemos diferenciar os processos industriais quanto à intensidade e extensão.

a) Emissões para o ambiente de trabalho e vizinhança imediata

As formulações de detergentes, desengraxantes, decapantes, desmoldantes e desodorizantes, pela forma de manipulação à frio (mistura dos componentes em tanques), bem como pela baixa volatilidade dos componentes da mistura, não devem ter provocado emissões para atmosfera além da área fabril e sua vizinhança imediata. Algumas formulações continham também solventes orgânicos mais voláteis, inclusive os clorados como clorofórmio, cloreto de metila e monocloro benzeno. Outros procedimentos à frio, como a purificação por filtragem em filtro prensa, envolviam substância altamente tóxicas como *ascarel*³

Contaminantes de Interesse: ácido fosfórico, tiuréia, soda líquida, soda em escamas, barrilha, oléina, acetona, acetato de sódio, metil etil cetona, etileno glicol, metanol, cloreto de vinila, clorofórmio, isopropanol, parafina clorada, benzeno, ácido acético, ácido sulfônico, tricloroetileno, nomilfenoletoxilato, isobutilglicol, xileno sulfonato de sódio, sal quartenário de amônio, leve e *tall oil*⁴ e aguarráz. Além desses devem ser

³ **Ascarel** é um óleo à base de PCBs (bifenilas policloradas) que até sua proibição em 1989 era usado como isolante em geradores e capacitores, pois só queima se elevado a temperaturas acima de 1.400 graus. Sua composição contém

⁴ O *tall oil* é a designação para um líquido escuro, com forte odor proveniente da produção de papel pelo processo *Kraft*. Este material é utilizado como carga para vários produtos como tintas, vernizes, emulsões, lubrificantes e sabões. A sua composição básica é uma mistura de resinas ácidas como o ácido abiético e ácidos graxos, como os ácidos oléicos e linoléicos.

consideradas as matérias primas, sujas, contaminadas, de composição incerta, à base de solventes clorados e aromáticos, óleos usados (inclusive **ascarel**)⁵.

População sob exposição: Ex-trabalhadores da Proquima, residentes do entorno imediato e freqüentadores da academia de tênis.

Local da exposição: no ambiente de trabalho na Proquima e na sua vizinhança imediata (academia de tênis).

Via de exposição: contato dérmico e inalação de vapores e gases.

Classificação da rota: completa. Apesar da inexistência de dados sobre as concentrações de gases e vapores, os procedimentos de manipulação (alimentação manual das substâncias para tanques abertos) e os relatos dos ex-trabalhadores assinalando vazamentos e derrames constantes indicam exposições acima do tolerável.

Temporalidade da exposição: passado, durante a época de funcionamento da Proquima, de 1973 a 1996.

b) Emissões para o ambiente de trabalho e para o entorno da Proquima

Os procedimentos destilativos, à quente, da forma como eram realizados na Proquima resultavam na emissão constante de gases e vapores dos resíduos reciclados na empresa.

Afora isto, a utilização de resíduos como combustível nas caldeiras, pela Proquima, gerava a emissão de fuligem negra, resíduo da combustão incompleta, com composição desconhecida, porém de alto poder tóxico. Neste contexto, por precaução, devido a utilização de resíduos contendo compostos organoclorados, não se deve excluir a possibilidade de geração de compostos altamente tóxicos como as dioxinas.

Pela composição dos ventos dominantes na região de Campinas, nas direções sul-norte e sudeste-noroeste, deve-se considerar, além do ambiente representado pela área de atuação da Proquima, as áreas do entorno nestas direções como as de maior exposição.

No entanto, segundo informações de antigos residentes e de professoras da escola infantil Curumim (na época de atuação da Proquima, localizava-se na Rua Jasmim, contrária à direção dos ventos predominantes), sentia-se fortes odores provenientes das emissões de substâncias químicas da Proquima. Estas emissões para o ar ambiente podiam ser originadas dos lançamentos de efluentes ilegais da empresa na rede de águas pluviais da Rua Hermantino Coelho que deságua no córrego.

Contaminantes de Interesse: acetona, metil etil cetona, etileno glicol, metanol, cloreto de vinila, clorofórmio, isopropanol, parafina clorada, benzeno, ácido acético, ácido sulfônico, tricloroetileno, isobutilglicol. Além desses, decorrentes das manipulações à frio, devem ser consideradas as matérias primas, sujas, contaminadas, de composição incerta, à base de solventes clorados e aromáticos e óleos usados (inclusive **ascarel**).

População sob exposição: Ex-trabalhadores da Proquima e residentes nas áreas do entorno, principalmente os residentes nas direções dos ventos dominantes, bem como os residentes e transeuntes da Rua Hermantino Coelho e suas imediações expostos às emanções da rede de águas pluviais contaminadas pela Proquima.

Local da exposição: no ambiente de trabalho na Proquima e nas áreas do entorno imediato da Proquima, principalmente na Academia de Tênis, bem na Rua Hermantino

⁵ A aguarrás mineral, também conhecida como Mineral Spirit, é composta por uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos, com faixa de destilação compreendida entre 151°C e 204°C. A aguarrás é usada como desengordurante de couros e na limpeza industrial de máquinas, peças metálicas e ferramentas, bem como na formulação de tintas e como diluente de resinas e vernizes. Também é componente na fabricação de ceras para assoalhos e na formulação de produtos para limpeza e polidores.

Coelho e suas imediações onde ocorriam as emanações da rede de águas pluviais contaminadas pela Proquima.

Via de exposição: contato dérmico e inalação de vapores e gases. Contato dérmico, ingestão e inalação de material particulado proveniente das emissões de fuligem pela queima de resíduos nas caldeiras.

Classificação da rota: Apesar da inexistência de dados sobre as concentrações de gases e vapores, os procedimentos de manipulação (alimentação manual das substâncias para tanques abertos) e os relatos dos ex-trabalhadores assinalando vazamentos e derrames constantes indicam exposições acima do tolerável para os ex-trabalhadores, deve-se estabelecer duas rotas:

- **completa** para os ex-trabalhadores da Proquima e freqüentadores da Academia de Tênis.
- **potencial** para os residentes nas áreas do entorno, principalmente os residentes nas áreas na direção dos ventos predominantes, bem como os residentes e transeuntes da Rua Hermantino Coelho, e suas imediações, expostos às emanações da rede de águas pluviais contaminadas pela Proquima.

Temporalidade da exposição: passado, durante a época de funcionamento da Proquima, de 1973 a 1996.

6.2.2. Rota: Água

6.2.2.1. Água para consumo humano

É comum a preocupação com a água para consumo humano em áreas com solo contaminado, mesmo com a existência de abastecimento pela rede pública. As tubulações subterrâneas da rede de água estão sujeitas a situações de depressão ou ausência de carga nas redes de distribuição de água potável (por exemplo: ruptura de linhas ou cortes de fornecimento) quando será possível a migração de poluentes para dentro das tubulações e sua conseqüente distribuição e consumo por parte da população.

Os dados de monitoramento da qualidade da água para consumo humana fornecida pela SANASA indicam que a água da rede pública, inclusive as águas tratadas nas ETAS 3 e 4 (que abastecem a área do bairro Mansão Santo Antônio) apresenta qualidade dentro dos padrões de potabilidade determinados pela Portaria 518 do Ministério da Saúde.

Amostras coletadas nos reservatórios de água no subsolo do bloco habitado, em 26/07/2002 e analisadas pelo Laboratório Tasqa, detectou teores de diclorometano próximos do limite máximo da Portaria 518/MS e acima das concentrações da água fornecida pela SANASA, levantando a hipótese de contaminação das águas deste reservatório.

Entretanto, laudos recentes produzidos pelo laboratório da SANASA não detectaram a presença deste contaminante nas águas destes reservatórios.

A presença de benzeno e tolueno, em concentrações acima dos padrões de potabilidade determinados pela Portaria 518, em uma única amostra coletada no apartamento nº 4 do bloco A, pode ser fruto de uma contaminação pontual durante a coleta ou devido ao manuseio destas substâncias pelos residentes, comuns em produtos de limpeza.

Entretanto, pela existência de tubulações e reservatórios de água em área com solo contaminado, deve-se admitir a possibilidade de uma contaminação futura, exigindo monitoramento permanente da qualidade destas águas até que ocorra a eliminação dos focos de contaminação.

Desta forma, pode-se estabelecer a existência de **rota de exposição potencial futura** para a rota água da rede pública na área.

Contaminantes de Interesse: cloreto de vinila, 1,1-dicloroeteno, trans-1,2-dicloroeteno, 1,1-dicloroetano, cis-1,2-dicloroetano, clorofórmio, 1,2-dicloroetano, tetracloroeto de carbono, benzeno, tricloroeteno, 1,1,2-tricloroetano e tetracloroeteno.

População sob exposição: Residentes e consumidores das águas da rede pública no Condomínio Parque Primavera.

Local da exposição: Nas residências do Condomínio Parque Primavera.

Via de exposição: Ingestão, inalação e contato dérmico com água contaminada.

Temporalidade da exposição: Futuro para residentes e consumidores das águas da rede pública no Condomínio Parque Primavera.

Classificação da rota: Potencial futura para residentes e consumidores das águas da rede pública no Condomínio Parque Primavera.

6.2.2.2. Água subterrânea

Informações colhidas entre moradores e ex-trabalhadores da Proquima assinalam que a maioria dos resíduos gerados pela empresa eram destinados a “*poços sumidouros*” (poços absorventes), construídos em diversas áreas da empresa.

Esta forma de emissão irregular, por meio dos poços de absorção, persistiu pelo menos até 19 de janeiro de 1996, quando, em resposta à carta da Cetesb, e após mais de 20 anos de funcionamento, a Proquima informa que “tendo em vista a impossibilidade de descarte direto dos efluentes líquidos industriais, iremos canalizar e armazenar em tanque para posterior destilação”.

Os dados ambientais até então produzidos para o compartimento ambiental água subterrânea, além de não explicitar a real dimensão e origem da contaminação, não apresentavam os requisitos de qualidade e suficiência exigidos pela metodologia de avaliação de risco da ATSDR.

Desta forma, a equipe de avaliação de risco à saúde humana teve que produzir os dados que julgava necessários. Os procedimentos e metodologias de amostragem e análise química utilizados são apresentados no “Protocolo de amostragem”. Os resultados e avaliações sobre os dados analíticos produzidos são apresentados e discutidos no capítulo “Contaminantes de interesse”.

As maiores concentrações dos contaminantes encontrados nos resultados analíticos assinalam contaminação, para a maioria dos contaminantes, superiores em muitas vezes aos valores de referência: Cloreto de vinila (3536 vezes); tetracloroeto de carbono (254 vezes); benzeno (250 vezes); Cis-1,2-dicloroeteno (192 vezes); tricloroeteno (58 vezes); tetracloroeteno (30 vezes); 1,1-dicloroeteno (54 vezes); clorofórmio (30 vezes) e Trans-1,2-dicloroeteno (12 vezes).

Com base nos novos dados produzidos, comparando-se os resultados analíticos com os valores de referência utilizados (Portaria 518/MS e a lista holandesa), a seguir, são assinalados os componentes e classificação da rota de exposição determinada.

Contaminantes de Interesse: cloreto de vinila, 1,1-dicloroeteno, trans-1,2-dicloroeteno, 1,1-dicloroetano, cis-1,2-dicloroetano, clorofórmio, 1,2-dicloroetano, tetracloroeto de carbono, benzeno, tricloroeteno, 1,1,2-tricloroetano e tetracloroeteno.

População sob exposição: Conforme assinalam os resultados analíticos produzidos pela Ambios, a contaminação ainda não chegou nas águas das nascentes localizadas à jusante da Proquima. No entanto, como demonstram as concentrações de alguns contaminantes detectadas nos piezômetros instalados pela Ambios, é somente uma questão de tempo para que isto ocorra.

Por outro lado, foi constatada forte contaminação dos contaminantes de interesse no poço tubular profundo que operava na garagem da empresa Transporte Gardênia. Informações indicam que as águas desta captação era utilizadas para consumo humano. Desta forma, são as seguintes as **populações expostas**:

- **Passado:** Existem informações contraditórias sobre o período e uso das águas contaminadas do poço tubular profundo existente na empresa Transporte Gardênia. Caso tenha havido realmente uso humano das águas desta captação, houve exposição humana dos trabalhadores desta empresa no período entre 1994 (construção do poço) até a data da interdição desta captação (2002).
- **Futuro:**
 - Pessoas que venham a se utilizar das águas de captação subterrânea à jusante da Proquima, principalmente os residentes nas ruas Augusto Silva e José de Freitas Amorim, ou outras populações que venham a existir na área e consumir águas subterrâneas contaminadas; e
 - Pessoas que venham a se utilizar das águas do córrego.

Local da exposição:

- Poços de captação de água subterrânea contaminada; e
- Água do córrego que venha a ser utilizada para consumo humano.

Via de exposição: Ingestão, inalação e contato dérmico com a água contaminada.

Classificação da rota:

- **completa** para trabalhadores da garagem da empresa Transporte Gardênia até a data da interdição desta captação (2002).
- **Completa** para pessoas que, no futuro, venham a se utilizar das águas de captação subterrânea à jusante da Proquima.
- **Potencial** pessoas que venham a se utilizar das águas do córrego.

Temporalidade da exposição:

- **Passado** para pessoas que consumiram água contaminada do poço de captação da garagem na empresa Transporte Gardênia.
- **Futuro** para pessoas que, no futuro, venham a se utilizar das águas de captação subterrânea à jusante da Proquima e para pessoas que venham a utilizar águas do córrego.

6.2.3. Rota: Solo

6.2.3.1. Solo superficial

O solo mais superficial até 8 (oito) cm é o que apresenta maior possibilidade de exposição por contato direto, bem como é desta camada de solo que ocorre a mobilização de material particulado suspenso de granulometria mais fina que, por inalação, se alojará nos pulmões por longos períodos, resultando na absorção eficiente dos contaminantes. Por esta razão a camada mais superficial de até 8 cm de profundidade é a de maior importância nos estudos de avaliação de risco à saúde humana (ATSDR, 1992).

Nos estudos anteriores, somente duas amostras foram coletadas da camada mais superficial de solo, de 0,0 a 50 cm. Estes dados não atendem plenamente aos requisitos da metodologia da ATSDR.

A equipe de avaliação de risco não pode produzir dados novos sob os critérios da ATSDR, pois a área industrial da Proquima, como medida preventiva exigida pela Cetesb, para evitar o contato direto, a emissão de vapores e gases, bem como o arraste de partículas a partir do solo contaminado, foi coberta com uma camada de 30 cm de espessura de argila compactada e pedriscos.

A amostragem de solo no lote 5 também é impossível pelos fortes impactos no solo superficial resultantes da construção do Condomínio Parque Primavera.

Desta forma, somente como referência, as duas amostras de solo “superficial” analisadas - somente na área industrial da Proquima - indicaram concentrações elevadas dos metais cádmio e cobre, porém dentro dos valores de referência utilizados. Das

substâncias orgânicas somente os parâmetros tetracloroetano e TPH (hidrocarbonetos totais de petróleo) apresentaram valores acima das referências utilizadas.

Estes dados devem ser avaliados com cautela, desde o ponto de vista de avaliação de riscos à saúde humana, principalmente dos ex-trabalhadores da Proquima, devido aos seguintes fatores:

- O número de amostras não é significativo nem representativo da real situação de contaminação do solo da área da Proquima;
- A maioria dos contaminantes manipulados apresentavam características de alta volatilidade e a amostragem do solo, realizada 5 anos após a paralisação da empresa, não poderia indicar a real contaminação da época de atuação da Proquima; e
- A forma de amostragem com coleta de amostras até 50 cm de profundidade pode resultar em “diluição” das camadas mais superficiais (mais contaminadas).

Desta forma, apesar da ausência de dados, pode-se supor a existência de solo superficial contaminado com concentrações acima de normas aceitáveis para todos os contaminantes manipulados de forma inadequada na Proquima.

A seguir, são assinalados os componentes e classificação da rota de exposição a partir do solo superficial contaminado.

Contaminantes de Interesse: ácido fosfórico, tiuréia, soda líquida, soda em escamas, barrilha, oléina, acetona, acetato de sódio, metil etil cetona, etileno glicol, metanol, cloreto de vinila, clorofórmio, isopropanol, parafina clorada, benzeno, ácido acético, ácido sulfônico, tricloroetileno, nomilfenoletoxilato, isobutilglicol, xileno sulfonato de sódio, sal quartenário de amônio, leve e *tall oil* e aguarráz. Além desses devem ser consideradas as matérias primas, sujas, contaminadas, de composição incerta, à base de solventes clorados e aromáticos, óleos usados (inclusive **ascarel**).

População exposta: Ex-trabalhadores da Proquima, residentes e frequentadores da academia de tênis.

Local da exposição: no ambiente de trabalho na Proquima e na sua vizinhança imediata (academia de tênis).

Via de exposição: ingestão de solo, contato dérmico, inalação de vapores, gases e material particulado a partir do solo contaminado.

Classificação da rota:

- **Completa** para os ex-trabalhadores da Proquima; e
- **Potencial** para residentes e frequentadores da academia de tênis.

Temporalidade da exposição: passado, durante a época de funcionamento da Proquima, de 1973 a 1996.

6.2.3.2. Solo Profundo

Geralmente, para estudos de avaliação de riscos à saúde humana em áreas contaminadas, os dados de interesse limitam-se ao solo superficial.

No entanto, durante a construção dos blocos de apartamento do Condomínio Parque Primavera, os trabalhadores da Concima estiveram diretamente expostos a solos de maiores profundidades. Devem também ser incluídos na avaliação de exposição aos contaminantes os trabalhadores da firma que realizou as sondagens de reconhecimento para a Concima.

No lote 4, local onde a Proquima concentrava suas atividades industriais, com relação à presença de metais pesados nas amostras de solo, os resultados das análises químicas apresentaram concentrações abaixo dos limites de intervenção para o padrão Cetesb. Os parâmetros tetracloroetano, 1,1,2-Tricloroetano e xileno total apresentaram concentrações muito acima dos valores de referência. O contaminante 1,1,2,2-

tetracloroetano, apesar de não constar entre os compostos referenciados, apresentou concentração de até 2.600 µg/kg.

No lote 5, local onde foram construídos os blocos de apartamentos do Condomínio Parque Primavera, as amostras de solo não apresentaram concentrações de contaminantes acima dos valores de referência.

Desta forma, pelos dados existentes, deve-se concluir que não houve rota de exposição para os trabalhadores da Concima envolvidos na construção do Condomínio Parque Primavera, nem dos trabalhadores que realizaram as sondagens.

VII. IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE

7.1. INTRODUÇÃO

Este capítulo é composto de três seções. Na primeira seção - AVALIAÇÃO TOXICOLÓGICA - são discutidos os possíveis efeitos adversos de cada contaminante de interesse, nas condições em que foram encontradas na área estudada, sobre o organismo humano. Na seção seguinte - AVALIAÇÃO DOS EFEITOS NA SAÚDE - analisam-se os dados disponíveis sobre a saúde das populações expostas. Na terceira seção - RESPOSTA ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE COM A SUA SAÚDE - tenta-se responder às questões levantadas pela comunidade e apresentadas nos capítulos anteriores.

7.2. EXPOSIÇÃO

Para que se proceda à avaliação toxicológica, é necessário que tenha sido caracterizada a contaminação ambiental. Para isto, é preciso a identificação dos contaminantes de interesse e a análise de todas as possíveis rotas de exposição humana, desde os focos de emissão dos diversos contaminantes, todos os caminhos percorridos até atingir a população exposta, tanto os atuais quanto os passados e futuros. Nos capítulos anteriores foram relatadas as ações realizadas para atingir estes objetivos, com a realização de revisão dos estudos existentes e análise cuidadosa da sua metodologia e resultados e várias visitas de inspeção a área contaminada.

Como referido anteriormente, contaminantes definidos como de interesse são aqueles que apresentarem concentrações nos meios examinados (solo, ar, água) acima dos valores de referência e constituírem rota de exposição, ou seja, entrarem em contato com a população. Vale salientar que os contaminantes são considerados de interesse na medida em que podem produzir efeitos adversos, atuais ou futuros, sobre a saúde humana.

Em muitos casos, como agora em Campinas, no *site* da Proquima, a existência de evidências de emissões relevantes de contaminantes devido, por exemplo, a procedimentos e processos industriais comprovadamente inadequados, reforçadas por testemunhos de ex-trabalhadores e residentes próximos aos locais de emissão, também devem ser avaliadas como critério na escolha dos contaminantes de interesse.

No caso do *site* da Proquima, as evidências de emissões relevantes, com exposições de humanos a contaminantes de alta agressividade a saúde, pode também ser comprovada pela ocorrência de vazamentos resultando em incêndio e explosões de grandes impactos.

Conforme visto nos capítulos anteriores, no caso da contaminação ambiental gerada pela empresa Proquima, foram estabelecidas as seguintes rotas de exposição:

COMPLETAS no PASSADO:

1. Pelo AR (durante a época de funcionamento da Proquima, 1973 a 1996)

Populações expostas: ex-trabalhadores da Proquima e moradores e freqüentadores da academia de tênis vizinha (1983 a 1996).

Vias de exposição: estas pessoas estavam expostas por meio da inalação de vapores e gases originários da volatilização dos compostos processados nas atividades industriais da empresa, contato dérmico e ingestão da fuligem, decorrente da queima de resíduos como combustíveis nas caldeiras.

2. Pelo SOLO (durante funcionamento da Proquima, 1973 a 1996)

Populações expostas: ex-trabalhadores da Proquima .

Vias de exposição: estas pessoas estavam expostas por meio da ingestão de partículas do solo, contato dérmico e inalação de vapores, gases e poeiras provenientes do solo contaminado.

3. Pela ÁGUA SUBTERRÂNEA

Populações expostas: trabalhadores da empresa de transportes Gardênia

Período de exposição: existem contradições nas informações sobre o período e uso das águas desta captação. Algumas informações indicam que, devido aos fortes odores de substâncias químicas, esta captação teria sido desativada logo após sua construção.

Outras informações indicam a utilização das águas principalmente para a lavagem dos ônibus, mas também para uso humano (banho e cocção) até a data de interdição pela Secretaria Municipal de Saúde de Campinas, em abril de 2002.

Vias de exposição: caso a utilização das águas desta captação para consumo humano tenha realmente ocorrido, estas pessoas estavam expostas por meio da inalação de vapores, contato dérmico e ingestão da água contaminada.

COMPLETA no FUTURO:

Pela ÁGUA SUBTERRÂNEA

Populações expostas: pessoas que venham a utilizar às águas subterrâneas à jusante da Proquima, para quaisquer fins, já comprovadamente contaminadas segundo as avaliações ambientais atuais realizadas.

Vias de exposição: dependendo da forma de utilização, inalatória, cutânea e/ou oral.

POTENCIAIS NO PASSADO:

1. Pelo AR (durante a época de funcionamento da Proquima, 1973 a 1996)

Populações expostas: moradores no entorno da Proquima, com residência na direção dos ventos predominantes, norte/noroeste, ou vizinhos à Rua Hermantino Coelho e suas imediações, ou freqüentadores desta área.

Vias de exposição: estas pessoas estavam expostas por meio da inalação de vapores e gases originários da volatilização dos compostos processados nas atividades industriais da empresa, contato dérmico e ingestão da fuligem decorrente da queima de resíduos como combustíveis nas caldeiras. Também estavam expostas às emanações da rede de águas pluviais contaminadas pela empresa que corriam ao ar livre ao longo da Rua Hermantino Coelho.

Embora a análise dos mecanismos de transporte dos contaminantes de interesse definidos, com características de alta volatilidade e baixa densidade, indique uma faixa de dispersão aérea, ao nível do solo, menor para estes compostos, podemos estabelecer a existência de exposição a partir dos relatos dos moradores e freqüentadores da área à época.

2. Pelo SOLO (durante funcionamento da Proquima, 1973 a 1996)

Populações expostas: habitantes e freqüentadores da academia de tênis.

Vias de exposição: estas pessoas estavam expostas por meio da ingestão de partículas do solo, contato dérmico e inalação de vapores, gases e poeiras provenientes do solo contaminado.

Embora a análise dos mecanismos de transporte dos contaminantes de interesse definidos, com características de alta volatilidade e baixa densidade, indique uma faixa de dispersão aérea menor para estes compostos, podemos estabelecer a existência de exposição a partir dos relatos dos moradores da academia de tênis, à época.

POTENCIAIS NO FUTURO:

1. Pela ÁGUA SUBTERRÂNEA

Populações expostas: pessoas que venham a se utilizar das nascentes de águas subterrâneas à jusante da Proquima, ou das águas do córrego, ainda não contaminadas, segundo as avaliações ambientais atuais realizadas, porém situadas na direção da pluma de contaminação.

Vias de exposição: dependendo da forma de utilização, inalatória, cutânea e/ou oral.

2. Pela ÁGUA DE CONSUMO HUMANO

Populações expostas: residentes e consumidores das águas da rede pública no Condomínio Parque Primavera, ainda não contaminadas, segundo as avaliações ambientais atuais realizadas, porém com tubulações e reservatórios de água situados em solo contaminado.

Vias de exposição: oral, cutânea ou inalatória.

O cálculo das doses de exposição é realizado a partir dos dados de contaminação ambiental, ou seja, a partir das concentrações encontradas dos contaminantes no solo, ar, água ou alimentos, que entram em contato com a população e que ultrapassam os níveis de segurança estabelecidos. São necessárias estimativas da ingestão de água e solo, absorção dérmica, volume de ar inalado, frequência e duração da exposição, entre outros itens, para cada rota completa e potencial. Além disso, a população exposta é dividida em faixas etárias, considerando o peso corporal médio.

No caso Proquima, não é possível realizar o cálculo das doses de exposição, porque não existe exposição, NO PRESENTE, aos compostos tóxicos existentes no solo profundo e água subterrânea. Embora exista no subsolo uma grande quantidade de substâncias tóxicas, armazenadas nos poços sumidouros, estas não estão entrando em contato com a população, porque não chegam ao solo superficial, não contaminam a água de uso domiciliar e não há alimentos gerados ali. A água subterrânea contaminada também não é utilizada, atualmente, para quaisquer fins de consumo humano, portanto não existindo exposição humana.

As rotas estabelecidas NO PASSADO para o ar e solo superficial contaminados, não têm as concentrações dos contaminantes de interesse nestes meios quantificadas. Isto não invalida, é importante destacar, a definição destas rotas como completas, baseado nas amplas evidências dos relatos dos trabalhadores, mas impede o cálculo das doses de exposição.

A rota estabelecida NO FUTURO, para água subterrânea, embora havendo determinação das concentrações atuais dos contaminantes, não tem uso presente pela população, não sendo possível prever quais os contaminantes, populações e concentrações futuras, no caso de uma exposição.

Desta forma, as considerações de saúde neste relatório são baseadas nas informações de exposição apresentadas pela comunidade, moradores e ex-trabalhadores da Proquima e Gardênia, informações acerca do potencial tóxico e efeitos carcinogênicos e não carcinogênicos dos contaminantes de interesse estabelecidos e dados de saúde existentes.

7.3. A POPULAÇÃO

Para uma análise mais detalhada da exposição humana e seus efeitos sobre a saúde devemos analisar a população em relação a vários aspectos, constituindo-se esta em várias sub-populações ou grupos. É importante dividir a população exposta entre moradores e trabalhadores, embora ocasionalmente os dois se confundam. A atividade laborativa propicia formas e níveis de intensidade de exposição diferentes daquela que ocorre quando somente da habitação na área contaminada. A atividade física decorrente do trabalho aumenta a frequência respiratória e, conseqüentemente, a inalação de gases ou poeiras. Facilita também o contato próximo com produtos.

No presente caso, os relatos dos ex-trabalhadores da Proquima são de exposição intensa aos produtos manipulados, durante todo o período de trabalho, devido às péssimas condições de trabalho existentes. Não haviam roupas, instalações sanitárias e local para alimentação adequadas, segundo os relatos colhidos pelo CRST/Campinas. A exposição aos compostos era generalizada, independente do processo produtivo específico em que o trabalhador estivesse envolvido, já que não havia sistemas de proteção coletiva como enclausuramento ou vedação dos processos. Práticas como lavagem manual de tambores e desmãos conseqüentes ao manuseio inadequado de produtos tóxicos, são referidos durante entrevistas com os trabalhadores.

Outros grupos que merecem atenção especial, são as ditas populações susceptíveis. Uma população susceptível exibe respostas diferentes ou mais acentuadas a uma determinada substância química do que a maioria das pessoas expostas ao mesmo nível da substância no meio ambiente. Entre as razões para esta susceptibilidade estão: herança genética, mecanismos imunológicos de defesa ou mecanismos enzimáticos ainda não totalmente ativos ou já em processo de desgaste, estado nutricional e de saúde, entre outros. Estes fatores vão contribuir para uma diminuição da capacidade do organismo de detoxificar ou excretar as substâncias químicas contribuindo para o aumento do seu potencial tóxico. Entre os grupos populacionais particularmente susceptíveis aos contaminantes de interesse definidos estão as crianças e idosos, mulheres (Vahter et al., 2002) pessoas com doenças genéticas ou disfunções renais ou hepáticas e alcoólatras e fumantes.

Ao estudar os efeitos dos contaminantes sobre a saúde de uma população exposta deve-se estratificá-la por faixa etária. Há freqüentemente diferenças no metabolismo dos xenobióticos entre crianças e adultos. Se estas diferenças tornam as crianças mais ou menos susceptíveis, dependendo se as enzimas envolvidas atuarão na detoxificação ou na formação de novos metabólitos tóxicos a partir do composto químico original. A vulnerabilidade, freqüentemente, depende do estágio de desenvolvimento. Há períodos críticos no estágio de desenvolvimento de uma determinada estrutura orgânica ou funcional, no qual ela é mais sensível a lesão, tanto no período pré como no pós-natal. O dano pode não ser evidente até um estágio bastante posterior da vida. Podem também haver diferenças na capacidade de excreção, em particular em recém-nascidos que têm menor capacidade de filtração glomerular e reabsorção tubular. Crianças e adultos podem também diferir na sua capacidade de reparar danos teciduais a partir de insultos químicos. As crianças têm também maior tempo de vida para expressar o dano ocorrido, onde esta característica é particularmente relevante para câncer.

Nas vizinhanças da empresa Proquima funcionou uma escola, no período de 1984 a 1997 (13 anos), cujos responsáveis referiam odor forte advindo das instalações da empresa. É provável que estes odores fossem secundários às emanações da rede de águas pluviais contaminadas pela empresa que corria ao longo da Rua Hermantino Coelho, fato que ocorreu até a empresa fechar, em 1996. As crianças freqüentadoras desta escola estiveram expostas a estes odores, não sendo possível determinar sua freqüência e intensidade. As características deste grupo etário indicam uma

susceptibilidade aos contaminantes definidos, mesmo sem definição quanto à dose de exposição.

7.4. EFEITOS SOBRE A SAÚDE

Os efeitos adversos que têm sido referidos ao longo deste trabalho serão considerados segundo a capacidade do agente químico produzir câncer e/ou efeitos adversos sistêmicos.

7.4.1. Câncer

A ocorrência do câncer associado com a exposição ambiental a compostos químicos em geral não apresenta um padrão patognômico, com tipo, localização ou órgão-alvo específico. Assim, um agente químico é considerado carcinogênico quando aumenta a ocorrência de câncer ao ser administrado a animais, em comparação com controles não tratados. Uma das grandes dificuldades do estudo da carcinogenicidade das substâncias químicas é a escassez de dados em humanos. A maior parte dos agentes, quando há informações, é extraída de dados de experimentos em animais. Para a extrapolação desses dados para humanos, além das diferenças entre as espécies, são utilizados experimentos que usam grandes doses em animais submetidos a curtos períodos de exposição. Para minimizar essas dificuldades diversas instituições internacionais desenvolveram modelos para permitir que se faça, dentro de incertezas aceitáveis, essa extrapolação dos dados em animais para situações de exposição humana (ATSDR, 2001).

Compostos químicos com potencial genotóxico podem induzir ao desenvolvimento de alterações carcinogênicas em múltiplos tecidos e espécies, por alterações nas informações codificadas no DNA. Embora teoricamente limites possam existir para todos os mecanismos de carcinogênese, devido aos mecanismos homeostáticos e de reparação celular, para químicos genotóxicos assume-se que não existe limite seguro de exposição (Hallenbeck, 1993; IPCS, 2000a).

Compostos organoclorados parecem induzir seus efeitos carcinogênicos por meio de um mecanismo epigenético ao invés de um mecanismo genotóxico. Uma das teorias propostas para explicar a promoção do câncer por este mecanismo, seria de que estas substâncias produziram um efeito sobre a superfície da membrana celular que resultaria em diminuição da comunicação intercelular, levando a interrupção do controle sobre a proliferação de células anormais (neoplásicas). Carcinógenos genotóxicos podem exercer seus efeitos após uma única exposição e, em baixos níveis, os efeitos são irreversíveis e causam câncer em muitos órgãos (ATSDR, 1996).

Da mesma forma, a OMS/IARC determina que quando um composto é considerado carcinogênico para animais, mesmo que em um único sítio e após exposição a altas doses, as ações de saúde a serem realizadas devem considerar a possibilidade de desenvolvimento de câncer em múltiplos sítios em populações humanas expostas (IARC, 1999).

Para que uma única célula torne-se cancerígena, é necessária uma série de modificações. Uma substância química é dita cancerígena quando é capaz de produzir dano ao funcionamento normal da célula capaz de participar da série de eventos que ocorrem entre a célula normal até tornar-se cancerígena. Um carcinógeno pode participar da origem do câncer de duas formas diferentes. Como iniciador do tumor ele produz alterações mutagênicas que preparam a célula para tornar-se cancerosa. Por si, só essas substâncias não são capazes de gerar câncer, mas modificam a célula permanentemente de tal forma que quando entram em contato com promotores de tumor essas células são então transformadas, não importa o tempo que tenha decorrido entre os dois eventos.

No mecanismo normal de divisão celular há genes que inibem a divisão e há genes que a estimulam. Ocorre câncer quando há mutação em um dos genes que controlam esses mecanismos. Os genes que inibem a divisão celular são chamados de genes supressores de tumor e o gene alterado que hiperativa o estímulo a divisão celular é chamado oncogene.

As substâncias químicas podem atuar promovendo mutações genéticas e chegar a essas alterações permanentes. Aqui estão a maior parte das substâncias carcinogênicas. Têm-se sempre poucas evidências de carcinogenicidade em humanos (é preciso que ocorram em torno de sete mutações específicas, em uma única célula), porém podem ocorrer após uma única exposição, mas é mais garantido que ocorra após exposições repetidas por um período longo de tempo. Se as características físico-químicas da substância fazem com que tenham uma longa meia-vida, portanto persista muito tempo sem se metabolizar, e também facilitem sua acumulação nos organismos vivos, então haverá mais substância no interior do organismo para promover tais mutações genéticas.

De toda forma, o câncer é sempre um evento muito raro e pode ocorrer longe do momento de exposição. Essa é uma das razões inclusive pela qual o câncer causado por substâncias químicas ser pouco diagnosticado, pois é difícil realizar onexo-causal.

As substâncias são classificadas segundo sua carcinogenicidade. Aqui utilizaremos a classificação elaborada pela Agência de Proteção Ambiental Americana (Environmental Protection Agency - EPA) e pela Agência Internacional de Investigação do Câncer (International Agency for Research on Cancer - IARC).

Estas classificações estão baseadas, em sua maioria, em experimentos com animais. A classificação dos contaminantes, de acordo com estas duas agências, é apresentada na **tabela 7.1**.

Tabela 7.1. Classificação segundo potencial carcinogênico dos contaminantes de interesse, Campinas - SP, 2005.

SUBSTÂNCIA	EPA	IARC	TIPO
CLORETO DE VINILA	A	1	Angiosarcoma de fígado em humanos (IRIS, 2000)
TETRA-CLORETO DE CARBONO	B2	2B	Carcinomas hepatocelulares em roedores (IARC, 1999; IRIS, 1992).
Cis - 1,2 DICLOROETENO	D	3	
Cis - 1,2 DICLOROETENO	*		
TRICLOROETENO	*	2A	Tumores hepáticos em camundongos (IARC, 1995)
1,2 DICLOROETANO	B2	2B	Indução de vários tipos de tumores em ratos e camundongos tratados por "gavage" e papilomas pulmonares em camundongos após aplicação tópica (IRIS, 1991).
BENZENO	A	1	Leucemia em humanos (IARC, 1987)
TRICLOROMETANO	B2	2B	Tumores hepáticos e renais em roedores (IRIS, 2004)
1,1,2 - TRICLOROETANO	C		(IRIS, 1994).Carcinomas hepatocelulares e feocromocitomas em camundongos.
TETRA-CLORETO	B2	2A	Tumores hepáticos em camundongos, tumores renais em ratos machos e leucemia em ratos machos e fêmeas (ATSDR, 1997)

* em revisão (IRIS, 2004)

O **benzeno** pode causar câncer dos órgãos formadores do sangue. Tanto a IARC como a EPA determinaram que o benzeno é cancerígeno para os seres humanos. Exposição por longo tempo a níveis relativamente altos de benzeno no ar pode causar câncer dos órgãos formadores do sangue. Esta condição é chamada de leucemia. A

exposição ao benzeno tem sido associada com o desenvolvimento de um tipo particular de leucemia, chamada leucemia mielóide aguda.

Câncer de fígado e rins desenvolveram-se em ratos e camundongos que comeram e beberam comida e água com grandes quantidades de **clorofórmio** por longo tempo (ATSDR,1997a). Há evidências suficientes para concluir que os tumores hepáticos e renais induzidos pelo clorofórmio são produzidos pela exposição a doses elevadas, causando citotoxicidade e proliferação celular regenerativa mantida. O metabolismo da citocromo P-450 oxidase que causa a lesão oxidativa e determina o crescimento celular, toxicidade celular e morte, é comum a seres humanos e roedores. Não existem dados que indiquem que este modo de ação observado em roedores não possa ocorrer também em humanos. O clorofórmio não parece ter potencial genotóxico, sendo um fraco mutagênico com baixo potencial de interação com o DNA (IRIS, 2004).

Cloreto de Vinila é determinado como carcinógeno humano devido a evidência epidemiológica consistente de associação causal entre exposição ocupacional por via inalatória a cloreto de vinila e o desenvolvimento de angiosarcoma hepático; evidência consistente de carcinogenicidade em ratos, camundongos e hamsters tanto por exposição por via oral como inalatória; e potencial mutagênico e formação de aductos de DNA pelo composto e seus metabólitos a partir de numerosos testes *in vitro* e *in vivo*. Outros tumores hepáticos como carcinoma hepatocelular e colangiocelular também têm sido associados com exposição ocupacional. Cânceres de sistema nervoso central e sistemas hematopoiético e linfático também podem ocorrer em humanos após exposição ocupacional por via inalatória (ATSDR, 2004). O câncer ocorre por mecanismo genotóxico (IRIS, 2000).

Três estudos de coorte, com exposição humana a **tricloroetano**, também denominado, tricloroetileno, indicaram um excesso de risco para câncer hepático e de vias biliares (23 casos observados – 12,87 esperados). Estes estudos também mostraram um risco pouco elevado para linfoma não Hodgkin's (27 casos observados – 18,9 esperados). Vários estudos mostraram associação entre ocorrência de câncer em diferentes sítios (tumores renais, pulmonares, hepáticos, linfomas) com exposições por vias inalatória e oral a partir de experimentos em ratos e camundongos (IARC, 1995). Embora tricloroetileno por si possa não ser genotóxico, a evidência de que alguns de seus metabólitos o sejam sugere que efeitos genotóxicos possam ocorrer em pessoas expostas a esta substância (ATSDR, 1997: 151).

Em dois estudos de coorte e um estudo caso-controle de exposição humana ao **tetracloro de carbono** uma fraca associação, com ocorrência de linfoma não Hodgkin, foi sugerida, porém nenhum destes estudos distinguiu exposição específica a esta substância. Estudos em animais com exposição por várias rotas mostram neoplasias de fígado em ratos e camundongos e de mama em ratos, após injeção subcutânea e incidência aumentada de feocromocitomas em camundongos, após inalação (IARC, 1999).

1,1,2-Tricloroetano é classificado como possível carcinógeno humano (IRIS,1994). É estruturalmente relacionado ao 1,2 dicloroetano, provável carcinógeno humano. Estudos em ratos mostram ocorrência de tumores em várias localizações: carcinoma de córtex adrenal, carcinoma renal, adenoma de túbulo renal e hemangiosarcomas de baço, pâncreas, abdômen e tecido subcutâneo. Não é mutagênico em estudos com Salmonella typhimurium.

Existe evidência consistente para associação positiva entre exposição humana a **tetracloroetano** e risco para câncer cervical, de esôfago e linfoma não Hodgkin's, a partir de cinco estudos de coorte. Os riscos relativos para câncer de esôfago relatados em ois estudos foram 2,6 e 2,1. Estudos experimentais em camundongos e ratos, com

exposição por vias oral e inalatória, mostraram aumento da incidência de adenomas e carcinomas hepatocelulares e leucemia (IARC, 1995).

7.4.2. Efeitos não cancerígenos

A investigação de saúde das populações expostas a compostos tóxicos esbarra em uma série de dificuldades relacionadas ao perfil toxicológico dos compostos e as características da população. O grau e tipo de intoxicação a serem observados dependem da interação entre estes dois aspectos. A forma como o composto se encontra no ambiente e a via como ele penetra no organismo humano, sua metabolização, excreção, meia-vida, associados ao período fisiológico, às características culturais e ao estado de saúde das populações expostas determina a ocorrência de diferentes padrões de adoecimento.

Os compostos químicos apresentam um amplo espectro de efeitos lesivos sobre o organismo humano cujo tipo de manifestação clínica a ser observado dependerá de características do composto (formulação, toxicocinética, toxicodinâmica) da exposição (tempo, dose) e do indivíduo. A interação entre estes fatores determinará a ocorrência de um determinado tipo de efeito, que pode ser imediato ou tardio, aparecendo anos após a exposição, com manifestações clínicas inespecíficas, como a neuropatia retardada causada pelos agrotóxicos organofosforados.

Freqüentemente, as características da exposição determinam que as manifestações clínico-patológicas ocorram tardiamente (anos depois) ou apenas na prole das pessoas expostas. As principais manifestações associadas com este tipo de exposição e o desenvolvimento de câncer e de alterações mutagênicas ou teratogênicas, são resultado da interação de diferentes fatores para os quais a exposição a compostos químicos representam um risco adicional para o seu desenvolvimento.

Para a compreensão dos processos de adoecimento associados com a exposição crônica a compostos químicos é necessário conhecer o perfil toxicológico e os estudos existentes acerca do seu potencial lesivo sobre a saúde. Na ausência de informações referentes à toxicidade sobre a saúde humana, as ações de saúde propostas devem ser baseadas nas informações decorrentes dos estudos experimentais em animais, considerando-se as determinações do princípio da precaução.

7.4.2.1 BENZENO

O benzeno penetra no organismo por meio da inalação de ar contaminado, da ingestão de produtos contaminados (alimentos, água, poeiras) e por absorção dérmica pelo contato com produtos contendo benzeno, como gasolina. Cerca da metade do benzeno que penetra pelo organismo é eliminado sem ser absorvido, não chegando até a corrente sanguínea. A quantidade que é absorvida pode ser temporariamente estocada na medula óssea ou no tecido adiposo, ou ser convertida em metabólitos do benzeno no fígado e medula óssea. Alguns dos efeitos mais nocivos do benzeno são devido a estes metabólitos. A maioria desses é eliminada pela urina, cerca de 48h após a exposição.

Quando inalado agudamente, exposições breves (5-10 minutos) a níveis muito altos (10.000 – 20.000ppm), pode resultar em morte. Níveis mais baixos (700 – 3.000ppm) podem causar sonolência, tonteira, taquicardia, cefaléia, tremores, confusão e perda da consciência. A ingestão de alimentos ou água com níveis altos de benzeno pode causar vômitos, irritação gástrica, tonteira, convulsões, taquicardia, coma e morte. Com níveis menores os efeitos não são conhecidos. Benzeno na pele pode causar rubor (vermelhidão) e coceira. Nos olhos pode causar irritação e lesão da córnea.

O benzeno tem efeito nocivo sobre os tecidos que produzem as células do sangue, em especial a medula óssea, podendo causar interrupção da produção e diminuição destas células. Diminuição das células vermelhas (hemácias) pode causar

anemia. Redução em outros componentes pode causar sangramento excessivo. O benzeno também pode ser lesivo ao sistema imunológico, aumentando a chance de infecções e diminuindo as defesas contra o câncer. Os efeitos da exposição humana ao benzeno a partir da ingestão de alimentos ou água contaminados são desconhecidos, porém em animais pode causar lesão ao sangue e sistema imunológico e mesmo câncer.

A exposição ao benzeno pode ser nociva aos órgãos reprodutores. Algumas mulheres trabalhadoras que respiraram altos níveis de benzeno por muitos meses tinham irregularidade dos seus períodos menstruais e diminuição do tamanho dos seus ovários. Entretanto os níveis exatos de exposição foram desconhecidos e os estudos não provaram que o benzeno causou este efeito. Não é conhecido que efeitos a exposição ao benzeno pode ter sobre o desenvolvimento do feto em mulheres grávidas ou sobre a fertilidade masculina. Estudos em animais grávidos mostram que respirar benzeno tem efeitos nocivos no desenvolvimento do feto como baixo peso, atraso na formação óssea e lesão da medula óssea.

Benzeno pode ser dosado no sangue, no entanto como ele desaparece rapidamente, a dosagem pode ser acurada somente para exposições recentes. No organismo o benzeno é convertido para produtos chamados metabólitos. Certos metabólitos do benzeno como fenol, ácido mucônico e S-fenil-N-acetil cisteína (PhAC) podem ser mensurados na urina. A dosagem do ácido mucônico na urina é o mais sensível e adequado indicador de exposição ao benzeno. No entanto, sua presença na urina também pode resultar da ingestão de ácido sórbico, uma substância que é comumente usada como preservativo em alimentos. Ele também é encontrado em níveis mais elevados em fumantes. A dosagem de benzeno no sangue ou seus metabólitos na urina não pode ser usado para fazer previsões acerca da ocorrência de futuros efeitos sobre a saúde (ATSDR, 1997).

7.4.2.2. TRICLOROMETANO (ATSDR,1997)

O Triclorometano, usualmente conhecido como **clorofórmio** é absorvido por via dérmica, oral e inalatória. Tem ação tóxica sobre o sistema nervoso central, fígado, e rins. Clorofórmio inalado atua como depressor do sistema nervoso central. O fígado é o órgão-alvo primário da toxicidade do clorofórmio em humanos e animais, após exposição oral e inalatória. Toxicidade hepática tem sido observada em humanos expostos a níveis de clorofórmio tão baixos quanto 2 ppm no local de trabalho e em várias espécies animais após inalação e exposição oral.

Estudos em animais indicam que o clorofórmio atravessa a placenta e tem efeitos fetotóxicos e teratogênicos. Ele se acumula no fluido amniótico e nos tecidos fetais. Diferentes efeitos adversos sobre o desenvolvimento podem resultar do período de exposição *in útero*. Não existem estudos conclusivos sobre ocorrência de efeitos adversos sobre o desenvolvimento em humanos, porém não é possível afastar um potencial lesivo deste composto, sozinho, ou em associação com outros halometanos orgânicos (ATSDR, 1997: 148).

A exposição ambiental humana ao clorofórmio representa uma combinação de exposição por via inalatória, a partir do ar poluído com hidrocarbonetos halogenados voláteis, oral, a partir de fontes de água clorada, e dérmica, oriunda de fontes de água contaminada, piscinas, etc. Os efeitos letais e hepatotóxicos do clorofórmio foram aumentados pela interação com DDT em estudos com ratos, e nefrotoxicidade foi agravada em camundongos após interação com solventes.

Clorofórmio pode ser dosado no ar expirado, fluidos corporais e tecidos. Sua presença pode resultar do metabolismo de outros hidrocarbonetos clorados. Biomarcadores de exposição são inespecíficos, abrangendo sinais e sintomas clínicos em sistema nervoso central, cefaléia, tonteira e fadiga ; níveis de enzimas hepáticas para

avaliação da função hepática; dosagem de β -2-microglobulina para avaliação da função renal; e teste de retenção da sulfobromoftaleína.

O MRL para exposição crônica (acima de 365 dias) estabelecido para o triclorometano, por via oral foi 0,02 ppm, baseado no LOAEL de 2 ppm para efeitos hepáticos em humanos, dividido por um fator de incerteza de 100 (10 para uso do LOAEL e 10 para variabilidade humana). O MRL exposição crônica por via inalatória foi 0,01 mg/kg/dia baseado no LOAEL de 15 mg/Kg/dia para efeitos hepáticos em cachorros, dividido por um fator de incerteza de 1000 (10 para uso do LOAEL, 10 para extrapolações interespecies e 10 para variabilidade humana).

7.4.2.3. 1,2-DICLOROETANO

Dicloroetano pode causar efeitos adversos sobre a saúde agudos, ou em longo prazo, a partir de sua inalação, ingestão ou contato dérmico. O fígado, rins e sistemas neurológico, imunológico e cardiovascular são os principais alvos de sua ação tóxica. Exposição aguda a altas doses pode causar depressão do sistema nervoso central, náuseas, vômitos, opacidade da córnea, bronquite, insuficiência respiratória, congestão pulmonar, lesões do miocárdio, gastrite hemorrágica e colite, aumento no tempo de coagulação sanguínea, lesão hepatocelular, necrose renal e alterações histopatológicas no tecido cerebral.

Óbito foi freqüentemente atribuído a arritmia cardíaca. Estudos em animais não indicam toxicidade reprodutiva, porém sobre o desenvolvimento, em doses abaixo daquelas que são tóxicas para a mãe, indicam que 1,2-Dicloroetano, e alguns metabólitos, são mutagênicos e capazes de formar aductos de DNA, fornecendo evidências suficientes para classificá-lo como provável carcinógeno humano.

1,2 Dicloroetano pode ser dosado no ar expirado (traço – 0,2 ppb), sangue e urina logo após exposição (ATSDR, 2001). Pode também ser realizada dosagem de tioéters, logo após exposição, porém são inespecíficos. Biomarcadores de exposição são inespecíficos, abrangendo sinais e sintomas clínicos em sistema nervoso central, cefaléia, tonteira e fadiga; níveis de enzimas hepáticas para avaliação da função hepática; macromoléculas em células renais para avaliação da função renal.

O MRL para exposição crônica (acima de 365 dias) estabelecido para o 1,2-Dicloroetano por via oral foi 0,6 ppm, baseado no NOAEL de 50 ppm para efeitos hepáticos dividido por um fator de incerteza de 90 (3 para extrapolações interespecies, após ajuste dosimétrico, 10 para variabilidade humana e 3 como um fator modificador para deficiência do banco de dados). O MRL exposição intermediária por via inalatória foi 0,2 mg/kg/dia, baseado no LOAEL de 58 mg/Kg/dia para efeitos renais em ratos, dividido por um fator de incerteza de 300 (3 para o uso do LOAEL mínimo, 10 para extrapolações interespecies e 10 para variabilidade humana).

7.4.2.4. CLORETO DE VINILA (ATSDR, 2004)

A exposição a altos níveis (>8.000ppm) está associada com sinais de intoxicação como tonteiras, sonolência e cefaléia. Estudos em animais mostram perda da consciência com exposição a níveis acima de 25.000ppm. Exposições agudas a níveis muito altos de cloreto de vinila (>30.000ppm) causam irritação pulmonar e renal, inibição da coagulação sanguínea e arritmias cardíacas (em cachorros, com níveis acima de 100.000ppm) podendo levar ao óbito.

Exposição humana crônica causa alterações histopatológicas características no fígado: fibrose extensa do septo e ductos do sistema porta e regiões peri-sinusoidais intralobulares, degeneração hepatocelular, dilatação sinusoidal e hipertrofia e hiperplasia de hepatócitos e células sinusoidais. Estas alterações na estrutura hepática

observados em trabalhadores expostos a cloreto de vinila, desenvolvem-se na ausência de efeitos mensuráveis na função hepática como determinados pelos testes laboratoriais existentes. Estudos recentes mostram morbidade e mortalidade relacionada a cirrose, hipertensão porta e fibrose, nestes trabalhadores. Efeitos tóxicos adicionais sobre o sistema nervoso, neuropatia periférica, e função reprodutiva masculina em homens, diminuição dos níveis de androgênio com queixas de impotência e perda da libido em trabalhadores, também têm sido relatados (ATSDR, 2004). Estudos em animais mostram atraso no desenvolvimento e incidência aumentada de malformações como dilatação do ureter. Níveis aumentados de complexos imunes circulantes e imunoglobulinas têm sido observados em trabalhadores expostos ao cloreto de vinila.

Uma síndrome conhecida como doença do cloreto de vinila tem sido observada em alguns trabalhadores expostos a altos níveis (>1.000ppm). Esta doença manifesta-se de forma similar a esclerose sistêmica e inclui os seguintes sintomas e sinais: fenômeno de Raynaud's (dedos pálidos com alterações da sensibilidade e desconforto), acroosteólise (reabsorção das terminações ósseas dos dedos dos pés ou das mãos), dor articular e muscular, deposição de colágeno aumentada, diminuição da elasticidade e alterações cutâneas *escleroderma-like*.

7.4.2.5. TRICLOROETENO (ATSDR, 1997)

Em roedores, tricloroetileno é rapidamente absorvido a partir do trato gastrointestinal e por meio dos pulmões, enquanto a absorção dérmica de vapor é mínima. Sua principal via de metabolização é oxidativa com formação de ácidos cloroacéticos. Uma via metabólica secundária, em roedores e humanos é por meio da formação de ácidos mercaptúricos.

A toxicidade aguda do tricloroeteno em humanos e roedores é baixa. Após administração de doses elevadas, de forma repetida, em roedores, observam-se lesões em fígado e rins (camundongos e ratos) e em pulmões (camundongos). Exposição ocupacional humana repetida não parece ter efeitos tóxicos sobre fígado e rins. A maioria das informações acerca dos efeitos desta substância sobre o organismo humano advem de estudos de caso e experimentos descrevendo estes efeitos após inalação. O efeito primário da exposição ao tricloroetileno é sobre o sistema nervoso central, incluindo cefaléia, vertigem, fadiga, perda de memória recente, depressão do sistema nervoso central e anestesia.

Estudos não mostram efeitos tóxicos sobre o sistema reprodutor humano. Tricloroeteno é metabolizado para ácido tricloroacético na placenta ou feto de muitas espécies. Há pouca evidência de efeitos tóxicos sobre o desenvolvimento de ratos ou camundongos. Estudos de aberrações cromossômicas, aneuploidia, alterações de cromátides irmãs em linfócitos periféricos de trabalhadores, foram inconclusivos.

7.4.2.6. TETRACLORETO DE CARBONO (ATSDR, 2003)

O tetracloreto de carbono tem efeito depressor sobre o sistema nervoso central e irritante sobre trato gastrointestinal, sob altos níveis de exposição. A maioria dos seus efeitos tóxicos são relacionados à sua metabolização por via das oxigenases do sistema citocromo P-450. O fígado, seguido pelos rins, são os órgãos mais sensíveis a ação tóxica do tetracloreto de carbono. Induz proliferação de células hepáticas e síntese de DNA.

Estudos em animais e observações de exposição humana indicam que os principais efeitos adversos, após inalação e exposição oral, são depressão do sistema nervoso central e dano hepático e renal. Absorção cutânea causa irritação local e efeitos gastrointestinais como náuseas e vômitos e polineurite em humanos e dano hepático em animais. Em estudos em animais, efeitos sobre os rins são observados em maiores doses

que sobre o fígado. Alterações hepáticas encontradas em menores doses são acúmulo de lipídeos em hepatócitos resultando em vacuolização celular e degeneração gordurosa. Em maiores doses observa-se necrose hepatocelular (morte celular), fibrose e cirrose. Degeneração de células tubulares e acúmulo de gordura tem sido observado em rins animais.

Exposição humana por via inalatória, em intensidade suficiente para causar insuficiência renal (uremia e retenção de eletrólitos), pode causar também lesão pulmonar secundária. Efeitos sobre o sistema nervoso central seguintes à exposição oral ou inalatória incluem cefaléia, fraqueza, letargia, visão borrada e coma. Exposição em altos níveis, por qualquer destas vias resulta em efeitos hematológicos leves, anemia em humanos e animais e redução da função plaquetária (coagulação) em animais. Supressão da função imunológica (redução na atividade das células formadoras de anticorpos do tipo IgM, atividade das células T, número de linfócitos) tem sido observado em animais após exposição oral de curta a moderada duração.

Os dados existentes são inadequados para estabelecer toxicidade reprodutiva ou sobre o desenvolvimento em humanos. Em animais, após exposição por via inalatória com duração intermediária, observou-se diminuição da fertilidade e atrofia testicular. Tem efeito mutagênico e motiva aneuploidia em vários estudos em sistemas *in-vitro*.

7.4.2.7. TETRACLOROETENO

Tetracloroeteno é rapidamente absorvido após inalação e a partir do trato gastrointestinal, mas a absorção dérmica a partir da fase gasosa é mínima. Sua biotransformação é dose-dependente e varia entre espécies. Duas vias metabólicas têm sido demonstradas em roedores: oxidação catalisada pelo citocromo P450 e, como uma rota menor, a conjugação pelo glutatone.

Tetracloroeteno tem baixa toxicidade aguda para humanos e animais. Após exposição repetida o principal órgão alvo é o fígado em camundongos e o rim em ratos. Estudos têm mostrado alterações na qualidade do esperma e na fertilidade entre trabalhadores com limpeza a seco. Estudos em mulheres expostas em lojas de limpeza a seco mostram aumento do número de abortos espontâneos, embora possa haver também exposição a outros solventes. Atravessa a placenta de ratos e é metabolizado na placenta ou feto para ácido tricloroacético. Parece ter baixa toxicidade em ratos e coelhos em desenvolvimento (IARC, 1995).

7.5. DADOS DE SAÚDE EXISTENTES

A equipe do Centro Municipal de Saúde Taquaral, da Prefeitura de Campinas, realizou em março de 2002 um cadastramento dos moradores no entorno da empresa Proquima.

Em setembro do mesmo ano, foi realizado novo cadastramento com investigação de dados de saúde (morbidade e mortalidade). Foram selecionados 60 moradores para avaliação de saúde, com base nos seguintes critérios: residência a mais de 10 anos na área e uso de água de captação subterrânea. Esta avaliação de saúde consistiu de exame clínico e coleta de exames laboratoriais. Os exames laboratoriais realizados dosaram creatinina sérica, glutamato-oxalacetato transaminase (TGO), glutamato-piruvato transaminase (TGP), gama glutamil transferase (γ GT), fosfatase alcalina, antígeno carcinogênio embrionário e alfa feto proteína. Estes exames foram realizados em 24 moradores. A revisão dos prontuários e resultados dos exames feitos, à época, não evidenciou dados representativos de qualquer efeito específico sobre a saúde.

O Centro de Referência em Saúde do Trabalhador (CRST) do município de Campinas realizou, durante o ano de 2002, uma avaliação de saúde dos trabalhadores

das empresas Proquima (16 trabalhadores), JL Construtora (7 trabalhadores) e Transportes Gardênia (8 trabalhadores). Foi realizado exame clínico, dosagens laboratoriais e de biomarcadores de exposição (triclorocompostos totais urinários, fenol urinário, ácido hipúrico, ácido metil-hipúrico e metanol). A avaliação atual dos prontuários é inconclusiva quanto à identificação dos efeitos sobre a saúde porque a maioria dos trabalhadores não permaneceu em acompanhamento na unidade.

No entanto, os profissionais responsáveis pelo atendimento destes trabalhadores referem à verificação de eventos mórbidos graves, incluindo processos cancerígenos, em trabalhadores que permaneceram em acompanhamento, que podem estar relacionados à exposição ocupacional ocorrida no passado.

Entrevistas com moradores e frequentadores da área no entorno da empresa, durante a época de funcionamento da mesma, referiram sintomas como lacrimejamento, ardência visual, irritação de garganta, irritação nasal, cefaléia, associados com a fumaça e odor forte proveniente da Proquima. Estas duas últimas referências são amplamente comprovadas pelos registros na Cetesb das reclamações da população, iniciadas em 1979 até 1996. Estes sintomas são indicativos não só de exposição aos compostos, mas também absorção dos mesmos com quadro de intoxicação aguda leve decorrente.

7.6. RESPOSTAS ÀS PREOCUPAÇÕES DA COMUNIDADE

Esta seção tem o objetivo de tentar esclarecer algumas dúvidas da população, dentro do escopo de ação deste relatório. Durante as várias visitas realizadas houve oportunidade de entrar em contato com moradores e lideranças locais que conversaram a respeito das ansiedades e preocupações da comunidade, como relatado nos capítulos anteriores. Ao longo deste relatório, se teve o cuidado de nortear as pesquisas e estudos no sentido de não só estabelecer o risco existente para a população exposta, mas também procurar as respostas a estas questões apresentadas.

a) *Como vou saber que estou contaminado?*

As atividades da Proquima encerraram-se há 19 anos. Não há exposição atual a nenhuma das substâncias analisadas. Pelas características bioquímicas destas substâncias, elas não se acumulam nos tecidos corporais, ossos e gordura. Portanto, não é possível dosá-las no organismo atualmente e as pessoas que foram expostas a elas no passado, devem ter suas condições de saúde avaliadas e monitoradas, independente da identificação destas substâncias no seu organismo.

b) *Que outros efeitos sobre a saúde, além de câncer, podem ocorrer?*

Estas substâncias têm efeito sobre vários sistemas do organismo. O benzeno tem potencial lesivo sobre os sistemas reprodutor e imunológico. O clorofórmio e o cloreto de metila são lesivos sobre o sistema nervoso, rins e fígado. Vários contaminantes determinados na área de estudo alteram o desenvolvimento do feto em estudos em animais. É importante lembrar que os efeitos das interações (ação conjunta) destas substâncias sobre o organismo humano é pouco conhecido, especialmente quando em situações de exposição por longo tempo, a baixas doses.

7.7. IMPLICAÇÕES PARA A SAÚDE - CONCLUSÃO

A determinação das implicações para a saúde das populações expostas, decorrentes da contaminação ambiental da área, é baseada no estabelecimento de exposição aos compostos químicos manipulados na empresa. Esta exposição foi decorrente tanto de falhas no controle de segurança do trabalho durante os processos produtivos, como da manipulação inadequada dos resíduos decorrentes do mesmo. A

magnitude desta exposição, assim como a definição de todos os compostos químicos para os quais esta ocorreu, é impossível de se estabelecer no presente.

No entanto, os documentos existentes são abundantes em informações que comprovam que as populações referidas estiveram expostas a compostos químicos perigosos e nocivos a sua saúde. Estas informações são de duas fontes principais: dados ambientais dos estudos de avaliação de risco e relatos dos ex-trabalhadores e moradores.

Sob esta condição de exposição no passado, não é possível estabelecer as doses de exposição aos contaminantes de interesse, às quais estas populações estiveram expostas, sendo impossível definir no momento presente se estas não ultrapassavam os valores de referência ou valores de ingestão diária aceitável.

Mesmo a realização, no presente, de dosagens no sangue destes compostos, não refletirão a magnitude da exposição passada, pelo intervalo de tempo decorrido e o processo de metabolização e excreção dos mesmos. No entanto, a ausência dos compostos no organismo no presente, não exclui a possibilidade de sua presença no passado e da ocorrência de efeito tóxico lesivo no presente ou no futuro.

Não se pode estabelecer a existência de exposição apenas a partir da determinação dos compostos ou seus metabólitos no organismo. Em exposições passadas, dependendo do intervalo de tempo decorrido entre a dosagem dos compostos e a interrupção da exposição, e das características do processo metabólico das substâncias e do organismo dos indivíduos, estes podem não ser mais “dosáveis” nos indivíduos, ou estarem dentro dos valores de referência aceitáveis. Sob esta condição, o estabelecimento da relação causa/efeito - a relação entre os efeitos encontrados na população exposta com os níveis de exposição - pode ser difícil de realizar.

A relação dose-resposta para a ocorrência de um determinado efeito tóxico de um composto é construída a partir de estudos experimentais realizados *in vitro* e em animais em laboratórios. Poucos são decorrentes da observação dos efeitos em populações humanas, pelas dificuldades inerentes a este processo. Aos valores encontrados decorrentes destes estudos são acrescentados fatores de incerteza para extrapolação inter-espécies (IRIS, 1993). O tempo de exposição para observação do efeito tóxico, apenas em poucos experimentos ultrapassa o período de 2 anos, situação bastante distinta do tempo de exposição observado no presente caso (a empresa Proquima funcionou durante um período de 23 anos). A lesão é investigada em alguns órgãos-alvo definidos ou efeitos definidos, teratogênico, mutagênico, carcinogênico. Um dos problemas decorrentes deste procedimento é a ocorrência de efeitos tóxicos em outros órgãos que não foram pesquisados, fenômeno que tem sido observado inclusive em relação a alguns medicamentos e determinado a interrupção do seu uso pela população.

As respostas observadas nestes estudos são resultantes de experimentações com doses de uma única substância. Nas situações de exposição humana, como a do presente caso, a exposição ocorre a múltiplas substâncias. Geralmente são compostos que interagem com o meio e que penetram no organismo humano por diferentes vias, podendo desenvolver múltiplas formas de interação dos seus mecanismos de ação, metabolismo e efeitos.

Interações toxicológicas podem aumentar ou diminuir a aparente toxicidade de uma mistura em relação ao esperado, com base nas relações dose-resposta dos componentes da mistura (ATSDR, 2001b). Em relação ao aumento de toxicidade quando da exposição a mais de um composto, é admitida a possibilidade de ocorrência de: (i) efeitos aditivos – conseqüente a exposição a duas ou mais substâncias, as quais atuam conjuntamente, mas não interagem, sendo geralmente o efeito total a soma simples dos efeitos decorrentes da exposição separada às substâncias sob as mesmas condições; (ii) efeitos combinados – efeitos sucessivos ou simultâneos de dois ou mais

compostos no organismo pela mesma rota de exposição; (iii) efeitos sinérgicos – efeito biológico decorrente da exposição simultânea a duas ou mais substâncias que é maior do que a simples soma dos efeitos que ocorrem seguinte a exposição separadamente a estas substâncias; ou (iv) potencialização, onde uma substância em uma concentração ou dose que por si não tem um efeito adverso acentua o dano causado por outra substância (IUPAC, 1993) .

Assim, embora a análise da relação dose-resposta para identificação do efeito tóxico permaneça válida como indicador de ações de investigação, apresenta limites como norteador de medidas de monitoramento a saúde e de identificação do dano à saúde em populações expostas.

A contaminação dos meios ambientais por produtos tóxicos pode determinar a exposição humana a compostos químicos com variados potenciais lesivos ao organismo humano. A investigação e o monitoramento da saúde de uma população deve ser baseado na identificação da exposição por meio do estabelecimento de rotas de exposição.

A justificativa para o acompanhamento de saúde destas populações não deve ser baseada na presença da doença ou de um biomarcador de exposição. Populações expostas a contaminantes ambientais apresentam um risco adicional de adoecimento. A forma como este vai se manifestar é fruto das diferentes histórias de vida e da multiplicidade de interações dos compostos químicos com o organismo humano.

Afirma-se, assim, que a possibilidade de ocorrência de lesão sobre a saúde a longo prazo, com efeitos carcinogênicos e não-carcinogênicos, aponta para a necessidade de monitoramento permanente e amplo das condições de saúde desta população, ao longo de toda a sua vida, já que a expressão clínica do dano a saúde pode ser multivariado e tardio. Na possibilidade de ocorrência de um dano grave e irreversível a saúde, a falta de certeza científica absoluta não pode ser o fator impeditivo para que sejam adotadas medidas eficazes de prevenção.

VIII. CONCLUSÕES e RECOMENDAÇÕES

8.1. Principais Informações para a Caracterização de Risco no Bairro Mansões Santo Antônio

Na área do entorno da empresa Proquima, no Bairro Mansões Santo Antônio, existem evidências de exposições passadas e, potencialmente, futuras. Não existem riscos à saúde humana, a partir de rotas estabelecidas de exposição no presente.

- **Exposições passadas (durante a época de funcionamento da Proquima, 1973 a 1996)**
 - Houve exposição dos ex-trabalhadores da empresa Proquima às matérias-primas, produtos e resíduos produzidos na empresa, por meio do solo e ar contaminados.
 - Houve exposição dos trabalhadores da empresa Transporte Gardênia aos contaminantes de interesse identificados na água subterrânea do poço local.
 - Houve exposição dos moradores e freqüentadores da academia de tênis vizinha à empresa Proquima, aos resíduos produzidos na empresa, por meio do ar contaminado.
 - É provável que tenha havido exposição dos moradores no entorno da Proquima, com residência na direção dos ventos predominantes, norte/noroeste, ou vizinhos à Rua Hermantino Coelho e suas imediações, ou freqüentadores desta área, aos resíduos produzidos na empresa, por meio do solo e ar contaminados.

- É provável que tenha havido exposição dos habitantes e freqüentadores da academia de tênis vizinha, aos resíduos produzidos na empresa, por meio do solo contaminado.
 - As exposições referidas são em relação a substâncias cujas concentrações no meio ambiente não foram estimadas no passado. No entanto, são comprovadas pela descrição do processo de trabalho, relatos dos trabalhadores e moradores e grau de contaminação dos meios ambientais (solo e água subterrâneos) observados no presente.
 - Estas exposições podem ter causado efeitos adversos à saúde nas populações expostas. Os efeitos adversos à saúde podem ter ocorrido como resultado dos efeitos tóxicos não carcinogênicos ou da toxicidade carcinogênica dos contaminantes de interesse definidos.
 - Não existem dados sobre os efeitos à saúde específicos para as populações expostas ou, quando existem, são insuficientes, dado às incertezas sobre todos os contaminantes potenciais
- **Exposições presentes:**
 - Dados disponíveis não indicam que os seres humanos estão sendo expostos a níveis de contaminação que pudessem causar efeitos adversos à saúde.
 - **Exposições futuras:**
 - Existirá exposição futura das pessoas que venham a utilizar às águas subterrâneas à jusante da Proquima, contaminadas com os resíduos da empresa Proquima.
 - Existe a possibilidade de exposições futuras das pessoas que venham a utilizar as águas das nascentes à jusante da Proquima ou das águas do córrego, e residentes e consumidores das águas da rede pública no Condomínio Parque Primavera, ainda não contaminadas segundo as avaliações ambientais atuais realizadas.

8.3. Definição da Categoria de Risco na Área do Bairro Mansões Santo Antônio

Em função do conjunto dos dados avaliados, a equipe de avaliação de risco define a área como **Categoria B - Perigo para a Saúde Pública**.

Esta categoria é utilizada para as áreas que apresentam um perigo para saúde pública como resultado de exposições a longo prazo à substâncias perigosas.

A definição de categoria B, para a área de Mansões Santo Antônio é baseada nos seguintes critérios:

1. Existe evidência de que tenham ocorrido exposições no passado; e
2. As exposições estimadas são relativas as substâncias que, em concentrações tais no meio ambiente e exposições a longo prazo (maiores de 1 ano), podem causar efeitos adversos à saúde em qualquer segmento da população exposta. O efeito adverso para a saúde pode ser devido à toxicidade carcinogênica ou não carcinogênica de uma exposição química. Para um efeito tóxico não carcinogênico, a exposição precisa exceder o MRL crônico estabelecido nos perfis toxicológicos da ATSDR ou outros valores comparáveis.

As exposições referidas são em relação as substâncias cujas concentrações no meio ambiente não foram estimadas no passado. Portanto, não é possível calcular a dose de exposição correspondente e correlacionar com os parâmetros de segurança estabelecidos (MRL, RfD e outros) para efeitos não carcinogênicos. No entanto, a equipe de avaliação de risco considerou esta exposição ocorrida no passado, com magnitude tal que supere estes parâmetros, comprovada pela descrição do processo de

trabalho, relatos dos ex-trabalhadores e moradores e grau de contaminação dos meios ambientais (solo e água subterrâneos) observados no presente.

A equipe de avaliação de risco considerou também que esta exposição ocorrida no passado foi a contaminantes com potencial carcinogênico comprovado, inclusive por meio de mecanismo genotóxico, para o qual o potencial lesivo não existe dose mínima estabelecida.

8.4. RECOMENDAÇÕES

8.4.1. Recomendações de Saúde

Estas recomendações de saúde se referem às seguintes populações:

1. ex-trabalhadores da empresa Proquima.
2. trabalhadores da empresa Transportes Gardênia até o ano de 2002 (data do fechamento do poço tubular profundo).
3. moradores e freqüentadores da academia de tênis vizinha à empresa Proquima, durante o período de funcionamento da Proquima (1973 a 1996).
4. moradores no entorno da Proquima, com residência na direção dos ventos predominantes, norte/noroeste, ou vizinhos à Rua Hermantino Coelho e suas imediações, ou freqüentadores desta área, durante o período de funcionamento da Proquima (1973 a 1996).

Nos Estados Unidos, quando um local é considerado **CATEGORIA B - Perigo para a saúde pública**, a ATSDR elabora recomendações para mitigar os riscos à saúde oriundos do local. As recomendações emitidas pela avaliação de saúde devem ser consistentes com o grau de perigo e as preocupações temporais que apresentam as exposições a substâncias perigosas no local.

Com base no grau de perigo que apresenta o local e a presença de rotas de exposição completas atuais, passadas ou futuras suficientemente definidas, podem ser recomendadas as seguintes ações de saúde pública:

Estudos de indicadores biológicos de exposição; Provas biomédicas; Estudo de caso; Estudo de prevalência de sintomas e enfermidade; Investigação de saúde comunitária; Registros; Vigilância específica do lugar; Sistema voluntário de acompanhamento informado de residentes; Investigação de grupo (cluster); Revisão de estatísticas de saúde; Educação de profissionais de saúde; Educação para a saúde; e/ou Investigação aplicada específica de uma substância.

O processo de adoecimento é particular de cada pessoa, sendo conseqüente a fatores de caráter coletivo como o meio ambiente, e o contexto social, econômico, histórico e cultural de uma dada sociedade. É também determinado por outros fatores de caráter individual, como o mapa genético de cada um, a carga genética que herdamos de nossos antepassados, o estado nutricional, de desenvolvimento e o grau de maturidade do nosso organismo. A junção destas duas ordens de fatores é que determina a relação entre saúde e doença em uma pessoa, e explica porque alguns adoecem e outros não, quando expostos à substâncias químicas, e porque podem ocorrer patologias diferentes em pessoas expostas ao mesmo composto.

A certeza de que estamos diante de uma população que foi exposta ao risco de dano à saúde, associado à compreensão da ocorrência de diferentes padrões de adoecimento, recomendam o acompanhamento específico e diferenciado e assessoria permanente a estas pessoas. No entanto o estabelecimento de uma categoria de perigo para uma determinada área, como recomendado pela ATSDR, e a definição das recomendações pertinentes deve levar em conta todos os fatores e condições apresentados ao longo do estudo.

Estas são questões que devemos levar em conta para a tomada de decisões, em um estudo de avaliação de risco a saúde humana. Além disso, para as recomendações devemos também considerar todas as populações expostas no passado, presente e futuro.

Pelas considerações acima expostas são propostas as seguintes recomendações de saúde:

1. Identificação, busca e avaliação de saúde de todos ex-trabalhadores da empresa Proquima.
2. Identificação, busca e avaliação de saúde de todos trabalhadores da empresa Transportes Gardênia no período entre 1994 (data provável de início da captação de água subterrânea) e 2002 (ano da interdição do poço).
3. Identificação, busca e avaliação de saúde de todos os moradores e freqüentadores da academia de tênis vizinha à empresa Proquima, durante o período de 1973 a 1996.
4. Identificação, busca e avaliação de saúde de todos os moradores no entorno da Proquima, com residência na direção dos ventos predominantes, norte/noroeste, ou vizinhos à Rua Hermantino Coelho e suas imediações, ou freqüentadores desta área, durante o período de 1973 a 1996.
5. Não recomendamos o estudo de indicadores biológicos de exposição pela sua não aplicabilidade neste caso;
6. Organização, implantação e implementação de um programa de vigilância e assistência à saúde específico para estas populações que contemple os seguintes aspectos:
 - Formação e capacitação de profissionais e membros da comunidade (agentes comunitários de saúde e Programa Saúde da Família) para a prevenção e identificação precoce da ocorrência de eventos mórbidos associados com a exposição aos compostos identificados;
 - Construção de um sistema de informações em saúde, com o objetivo de monitorar todos os eventos relacionados à saúde desta população;
 - Monitoramento das populações expostas para acompanhamento e identificação precoce dos agravos à saúde decorrentes da contaminação ambiental (sistema voluntário de acompanhamento informado de residentes; Investigação de grupo – cluster, etc.);
 - Estabelecimento de parcerias com instituições de saúde e ensino para: oferecer assistência especializada e investigações em subgrupos populacionais específicos (gestantes, crianças, ex-trabalhadores, etc.); e realizar pesquisas que contribuam para a melhoria da assistência a saúde destas populações e o aumento do conhecimento científico existente;
 - Estabelecimento de um programa de educação ambiental e comunicação de risco para a população a fim de que ela possa apropriar-se de conhecimentos para melhor conduzir-se, com autonomia, para a proteção e promoção de sua saúde.

8.4.2. Recomendações de Ações Ambientais

Diante dos dados ambientais levantados, principalmente aqueles que determinam a existências de rotas (potenciais ou completas) de exposição humana aos contaminantes decorrentes das atividades da empresa Proquima, e das suas migrações e transformações no ambiente posteriores, considera-se:

- Apesar de não serem significativos quanto aos riscos imediatos de explosão, as medições no PID no Condomínio Parque Primavera acusaram acúmulo de gases

no limite recomendável em medições realizadas no início do monitoramento, nos meses de novembro e dezembro de 2001.

- Da mesma forma, mesmo em valores não significativos, as medições de gases voláteis apresentaram valores crescentes e com proliferação em diversos pontos de medição. A origem dos gases como sendo resultado do aquecimento e fadiga dos materiais componentes de tubos, conexões e fios elétricos dos pontos amostrados não parece convincente pela não repetibilidade do fenômeno. O mais provável é que os gases voláteis orgânicos são provenientes da contaminação (comprovada) do solo e que **devem continuar sendo monitorados até a remediação definitiva da área.**
- A contaminação das águas subterrâneas está definitivamente comprovada. Os contaminantes que ultrapassaram os valores de referência utilizados são os seguintes: Cloreto de vinila, 1,1-dicloroetano, Trans-1,2-dicloroetano, 1,1-Dicloroetano, Cis-1,2-dicloroetano, Clorofórmio, 1,2-dicloroetano, Tetracloroetano, Benzeno, 1,2-dicloropropano, Tricloroetano, 1,1,2-tricloroetano, Clorobenzeno, Tolueno, Tetracloroetano, 2,4,6-Triclorofenol, Pentaclorofenol e TPH.
- Pelos dados obtidos neste estudo, observa-se que as maiores concentrações de muitos contaminantes nas águas subterrâneas superam em centenas de vezes os valores de referência. No caso do contaminante cloreto de vinila, a maior concentração encontrada, 73.250 µg/L, é 14.650 vezes maior que o valor de referência utilizado (5 µg/L).
- É interessante notar que a maior concentração ocorre no ponto de amostragem PM-16, aproximadamente 450 metros distante das instalações da antiga Proquima, praticamente na esquina da rua Hermantino Coelho com a rua Clóvis Teixeira. Neste ponto também são detectadas concentrações muito acima dos valores de referência para os contaminantes clorofórmio (30 vezes) e 1,1,2-tricloroetano (8 vezes). Devemos lembrar, neste contexto, o testemunho de ex-trabalhadores da Proquima que assinalavam a existência de uma tubulação clandestina (cano de ferro de 4 polegadas de diâmetro), enterrada, que, a partir da Proquima e ao longo da rua Hermantino Coelho, conduzia os efluentes da empresa diretamente para o córrego que flui nas proximidades.
- Outra observação importante é que as concentrações mais elevadas se distribuem de forma irregular em vários dos pontos de amostragem, dentro e fora da área ocupada pela Proquima. Por outro lado, os pontos de amostragem localizados dentro da área da antiga Proquima com as maiores concentrações são os que estão localizados nas imediações dos locais onde os ex-trabalhadores da empresa assinalaram a presença de “poços sumidouros”.

Em função desses resultados, recomendamos que sejam tomadas medidas de remediação em relação aos pontos de maior concentração e acúmulo de contaminantes (“poços sumidouros”) que se constituem em focos primários da contaminação, bem como de focos secundários, principalmente os gerados pelas emissões de efluentes ao longo da rua Hermantino Coelho até o córrego.

Estes locais representam foco de contaminação relevante para as águas subterrâneas com a conseqüente formação de rotas de exposição aos humanos e danos ao meio ambiente.