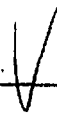


INIS-inf--6722



BK3705071

2

12/9/79 RHM

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB

ESTÁGIO ATUAL DAS APLICAÇÕES DE TRAÇADORES RADIOATIVOS
EM ESTUDOS DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE
NA CETESB

WLADIMYR SANCHEZ - EDMUNDO GARCIA AGUDO

SUPERINTENDÊNCIA DE TECNOLOGIA
GERÊNCIA DE APOIO TECNOLÓGICO

SETEMBRO DE 1979

Í N D I C E

1.0 - HISTÓRICO	02
2.0 - ESTUDOS EFETUADOS ENTRE 1975 a 1978	04
2.1 - Emissário Submarino de Esgoto	04
2.2 - Determinação dos Tempos de Trânsito das Águas de Rios e de Reservatórios	06
2.3 - Medições de Vazão Líquida	07
2.4 - Determinação de Tempos de Detenção	10
2.5 - Localização, Cadastro e Identificação de Liga ções Clandestinas de Esgoto.	12
2.6 - Estudo da Dispersão Longitudinal de Poluentes no Rio Paraíba do Sul	15
2.7 - Estudo do Transporte Sólido de Fundo, no Rio Paraná e em Algumas Sub-bacias	16
2.8 - Ensaio de Solda, por Gamagrafia, em Tubula ções de Sistema Adutor de Água, de Gasodu tos e de Oleodutos	17
3.0 - ESTUDOS A SEREM DESENVOLVIDOS	20
3.1 - Previsão e Controle da Poluição das Águas Sub terrâneas	20
4.0 - PERSPECTIVAS FUTURAS	21

A EVOLUÇÃO DO USO DAS RADIAÇÕES IONIZANTES EM ESTUDOS DESENVOLVIDOS PELA CETESB

WLADIMYR SANCHEZ - EDMUNDO GARCIA AGUDO

1.0 - HISTÓRICO

Em 1971, a CETESB assinou um convênio de assistência técnica mútua, com o Instituto de Energia Atômica, IEA, hoje IPEN, autarquia associada a Universidade de São Paulo, tendo por objetivo a formação de equipe de pesquisadores, para programar e efetuar estudos oceanográficos, necessários ao projeto e a escolha do local de instalação do emissário submarino de esgotos, das cidades de Santos e São Vicente.

A equipe mista, IEA-CETESB, adaptou a tecnologia utilizada nos países desenvolvidos às condições locais, introduzindo contribuições próprias, em alguns casos. A tecnologia dos traçadores radioativos permitiu local o melhor ponto para a descarga dos esgotos, na Baía de Santos, levando-se em conta as características físicas do corpo d'água receptor.

Esse trabalho encerrou-se em 1973, mas a equipe formada foi novamente acionada, para se estudar a viabilidade técnica de construção de um emissário submarino para o Guarujuá, pesquisa que se estendeu até o fim do mesmo ano.

Paralelamente, surgiram outros estudos semelhantes, em Maceió (Alagoas) e Fortaleza (Ceará). O crescimento do

volume de trabalho, nesse campo, e a perspectiva de se utilizar radioisótopos na obtenção de parâmetros ligados a diversos estudos de comportamento do meio ambiente, levou a diretoria da CETESB a optar pela constituição de uma equipe própria, que pudesse aplicar, de imediato, a tecnologia dos radioisótopos.

Em 1975, criou-se na CETESB a Gerência de Aplicação de Radioisótopos - GAR, alocada na Superintendência de Tecnologia, para atingir os objetivos seguintes:

- aplicar radioisótopos, na solução de problemas de engenharia ambiental, quando as técnicas convencionais se mostrassem insatisfatórias;
- aplicar a técnica de gamagrafia, no controle da qualidade de juntas soldadas, em tubulações de aço, pertencentes a sistemas adutores de água;
- implantar metodologia e formar uma equipe para estudos de oceanografia física, por meio do uso de traçadores radioativos, corantes e de técnicas convencionais.

A evolução do ritmo de trabalho desenvolvido pela CETESB, na parte relativa ao controle da qualidade das águas, mostrou a necessidade de se manter, na GAR, duas atividades distintas, mas interdependentes:

- 1 - estudos e análises de dados hidrológicos, propriamente ditos;
- 2 - aplicação de técnicas específicas para a complementação desses estudos.

Formou-se, então, a Gerência de Apoio Tecnológico - GAT, em substituição a GAR, com a finalidade de:

- 1 - coletar dados e informações e efetuar medições que permitiam estudar as características hidráulicas e hidrológicas de cursos d'água, levando-se em conta os critérios de avaliação da qualidade das águas;
- 2 - aplicar as tecnologias das radiações ionizantes e dos traçadores corantes, principalmente na obtenção de parâmetros indispensáveis aos estudos de avaliação da qualidade das águas.

2.0 - ESTUDOS EFETUADOS ENTRE 1975 e 1978.

2.1 - Emissários Submarinos de Esgoto.

Nas investigações efetuadas nos litorais das cidades de Maceió (Alagoas) e Fortaleza (Ceará) utilizou-se a técnica dos traçadores radioativos para a obtenção de dados que permitiram determinar os parâmetros de projeto, necessários a escolha do melhor local para a disposição oceânica final dos esgotos dessas cidades, ao dimensionamento do emissário submarino (comprimento e diâmetro) e a fixação do número e dimensões dos bocais dos difusores. Os parâmetros estudados formam: declínio bacteriano e diluição física, difusão turbulenta e correntes superficiais.

Nos estudos de declínio bacteriano e diluição física, optou-se pela técnica de lançamento contínuo de solução radioativa, homogeneizada com um campo de esgoto, já existente. Utilizando-se de um poço de visita da rede de esgoto, próximo ao mar, injeta-se, com vazão constante q , durante certo tempo t , uma concentração conhecida C_0 de ^{82}Br , que possui 36 horas de meia vida. Depois de estabilizado o regime de lançamento no mar, os operadores aproximam-se do ponto inicial de amostragem, com pequeno barco de alumínio onde se instala um conjunto de detecção de radioatividade. Com movimento lento, para não perturbar o campo da mistura esgoto-solução radioativa, o barco desloca-se, em sentido transversal ao deslocamento da mancha, até que o detector de radioatividade indique o ponto de máxima concentração. Nesse local, simultaneamente, os coletores recolhem amostras d'água para a determinação da concentração de

coliformes fecais, determinam a posição do barco, com sextante, jogam no mar pequena quantidade (100ml, aproximadamente), de solução saturada de corante (rodamina B) e anotam a hora. A rodamina destina-se a formar uma pequena mancha colorida que permite o acompanhamento visual do deslocamento do ponto de amostragem, facilitando sua localização nas amostragens posteriores. Entre duas coletas sucessivas, o barco afasta-se suficientemente da mancha, para evitar a perturbação do fenômeno. Quando o corante atinge o seu limite de detecção visual lança-se nova quantidade, no centro da mancha anterior, para prosseguimento dos trabalhos. Sendo a coleta de amostras realizada no ponto de máxima concentração radioativa, o valor de diluição, medido "in situ", corresponde a diluição mínima do campo de esgoto, na secção transversal considerada.

O declínio bacteriano segue a lei de Chick e depende da diluição física que ocorre no campo de esgoto, por misturação oceânica e da mortandade provocada pela ação bactericida, da água do mar. Para se determinar a taxa de mortandade é preciso separar o efeito da diluição física, medido pela técnica radioisotópica.

Para se determinar os coeficientes de difusão turbulenta e a velocidade superficial das correntes utiliza-se a técnica de lançamento puntiforme e instantâneo de certa concentração de ^{82}Br , em pontos pertencentes a uma rede de amostragem, escolhidos convenientemente. Junto com o radioisótopo lança-se uma solução saturada de rodamina B e um corpo a deriva, para facilitar o acompanhamento visual da mancha e estudar a ação dos ventos.

sobre o corpo a deriva. Detectores de radiação, posicionados em um barco oceanográfico, permitem detectar as posições, espacial e temporal, da mancha originada. Durante a varredura o barco descreve trajetórias retilíneas, perpendiculares a direção de deslocamento da mancha radioativa, separadas por trinta metros, aproximadamente. Anotam-se as posições do barco, no início e no fim de cada trajetória, por meio de sextantes e o horário respectivo, para as correções decorrentes do decaimento radioativo e da velocidade da corrente. Os dados obtidos permitiram desenhar curvas de isoconcentrações radioativas, a partir das quais se calcularam:

- . a variância do campo de esgoto, σ_{rc}^2 ;
- . o tempo de difusão, t ;
- . a difusividade aparente, K ;
- . a escala do fenômeno de difusão, l .

A velocidade do centro de gravidade da distribuição que representa a mancha radioativa corresponde a velocidade superficial de deslocamento da massa d'água considerada.

2.2 - Determinação dos Tempos de Trânsito das Águas de Rios e de Reservatórios.

O tempo de trânsito das águas de rios ou represas é parâmetro importante no estudo do comportamento sanitário desses sistemas hídricos. O tempo de trânsito deve se referir ao movimento conjunto da massa d'água e não ao da crista hidráulica, provocada pelas variações de vazão, porque os poluentes se distribuem no seio da massa líquida. O tempo de trânsito tem importância direta nos problemas seguintes:

- . desoxigenação, que ocorre na autopurificação orgânica;
- . definição de trechos em que ocorre sedimentação e acumulação de lodos;
- . determinação da taxa de inativação bacteriana;
- . determinação de parâmetros hidráulicos tais como volume da massa d'água, profundidade média etc, que influem na reacração.

A técnica dos traçadores é muito simples e baseia-se no lançamento instantâneo e puntiforme de uma solução radioativa, em trecho do corpo d'água que será estudado. Em secções transversais, a jusante do ponto de lançamento, escolhidas convenientemente, detecta-se a passagem da mancha radioativa, por meio de uma sonda cintiladora, mergulhada no escoamento. O sinal elétrico obtido é encaminhado para um registrador gráfico que permite o acompanhamento visual do desenho da curva de concentração radioativa versus tempo de passagem. O tempo de trânsito da massa d'água marcada representa o intervalo de tempo transcorrido entre os instantes de lançamento e o que representa o centro de gravidade da curva de passagem do traçador radioativo pela secção transversal de amostragem. Entre 1975 e 1978, efetuaram-se medições de tempo de trânsito, em diferentes regimes de vazão, nos rios: Atibaia, Moji-Guaçu, Pardo, Sorocaba, Jundiaí, Tietê, Pinheiros, Paraíba do Sul, Jaguari, Tavares e Represas Billings, Pirapóra e Bragantina.

2.3 - Medições de Vazão Líquida.

Para se avaliar o acompanhamento sanitário de um rio é indispensável conhecer-se a carga poluidora por ele transportada, que é função da vazão líquida

da e da concentração de elementos presentes, considerados poluidores. Em córregos, rios de pequeno porte e escoamentos industriais, com grandes concentrações de sólidos, e regimes turbulentos, é inconveniente e inadequado a instalação de réguas ou a medição de vazão pelas técnicas convencionais. Assim, a CETESB optou pelo uso dos radioisótopos, em medição desse tipo de vazão líquida, que proporciona ainda:

- . erros que podem chegar a ser inferiores a 1% , no processo de medição;
- . medições em regime de 24 horas contínuas;
- . redução dos custos globais de medição;
- . excelente reprodutibilidade, determinações rápidas e seguras.

Levando-se em conta a precisão desejada e a importância do processo separam-se os objetivos das medições de vazão de três categorias distintas a saber:

- 1) calibração de Calhas Parshall e outros instrumentos para medição contínua de vazão;
- 2) determinação da magnitude de despejos industriais;
- 3) caracterização de cargas poluidoras transportadas por cursos d'água de pequeno e médio porte.

Os resultados altamente positivos obtidos em medições de vazão destinadas a calibração das Calhas Parshall das Estações de Tratamento de Esgotos (ETE) de Vila Leopoldina, Pinheiros e Mairiporã e das Estações de Tratamento d'água (ETA) do Alto da Boa Vista, pertencentes à SADESP, mostraram que a técnica cumpre perfeitamente os requisitos de aferição e por isso deve ser indicada como a melhor alternativa para a calibração

primária de calhas de todos os portes.

Seguindo-se esta linha de trabalhos, efetuou-se em fevereiro de 1979, a calibração do medidor de vazão tipo Venturi instalado na entrada da ETA Guarau, da SABESP. A vazão máxima medida nesta ocasião foi de $16\text{m}^3/\text{s}$.

O motivo da medição foi a dificuldade existente em fechar o balanço hídrico da estação de tratamento.

Os valores de vazão medidos diferiram em até 27% do indicados no painel de controle da estação.

Por outro lado, a equação do Venturi obtida a partir dos dados experimentais, diferiu apenas de 1,5% da indicada pelo fabricante para aquele instrumento em particular.

Os despejos industriais caracterizam-se, em sua maior parte, pela natureza diversa e pelo regime de descargas variáveis no tempo, com pontos de despejo que impedem a instalação de vertedores e de calhas. Para a caracterização das cargas poluidoras é indispensável acompanhar, por longo período, a descarga do escoamento, porque ela apresenta picos consideráveis em relação ao valor médio diário. A medição efetuada com radioisótopos, em regime de 24 horas contínuas, permite registrar os picos de descarga, proporcionando informações para a coleta de amostras destinadas as análises físico-químicas e bacteriológicas, indispensáveis a caracterização da carga máxima de poluentes transportadas pelo escoamento.

A técnica radioisotópica de medição de vazão permitiu que a CETESB efetuasse o levantamento de descargas líquidas, provenientes de 100 indústrias, aproximadamente, apenas no ano de 1977, em regimes de escoamento que variaram de alguns litros por minuto até cerca de $5,0\text{m}^3/\text{s}$, com grande rapidez, baixo custo e precisão adequada.

Em cursos d'água de médio e pequeno porte torna-se difícil medir vazão, com precisão, utilizando-se das técnicas convencionais. Esses pequenos cursos d'água recebem, frequentemente, descargas provenientes de galerias de águas pluviais que transportam esgotos domésticos e industriais, provenientes de ligações inadequadas. A técnica radioisotópica permite obter medições corretas das descargas desses rios, a maioria deles canalizados e encobertos pelos asfalto, usando-se os poços de visita, para o lançamento contínuo da solução radioativa e para as detecções e coleta de amostras subsequentes, ao longo do escoamento.

A CETESB também efetuou medições de vazão nos rios Teitê e Piracicaba, em regimes que variaram de $80\text{ m}^3/\text{s}$ a $150\text{m}^3/\text{s}$ utilizando-se radioisótopos.

2.4.- Determinação de Tempos de Detenção...

É importante a determinação de tempos de detenção de águas, em reservatórios de abastecimento populacional ou em lagoas de estabilização de esgotos, para estudos de engenharia de meio ambiente. O risco de proliferação de microorganismos aumenta consideravelmente, quando se trata de águas estagnadas ou de renovação lenta. O conhecimento do tempo de detenção real, em lagoas de estabilização, é indispensável para o estudo de otimização do sistema de tratamento de esgoto.

Os cálculos teóricos levam em conta a existência de um tempo de detenção nominal, considerado como a relação entre volume e vazão. Esse tempo baseia-se no conceito de que toda a água do reservatório se renova por igual, isto é, que um elemento do líquido que entra no reservatório, em dado instante, não sairá antes de toda a água armazenada anteriormente. Esta hipótese não é real.

Marcando-se a água de entrada com um traçador radioativo, em quantidade conhecida, é possível de terminar experimentalmente a renovação de água, detectando-se a passagem da nuvem radioativa pela secção de controle, na saída do reservatório.

Obtém-se uma curva de concentração radioativa versus tempo de passagem que permite desenhar uma outra, tendo por ordenadas o produto concentração x tempo e por abcissa o tempo de passagem. A relação entre as áreas dessas duas curvas corresponde ao tempo de detenção. Essa técnica permitiu que se estudasse o mecanismo de transporte de cargas poluidoras provenientes do rio Juqueri através da represa Pirapóra e do Tietê e Pinheiros, até a Billings

No caso particular do reservatório Billings, a determinação experimental da distribuição de tempos de residência, constitui-se em aplicação pioneira, em consequência do volume de água armazenada e da técnica utilizada.

A capacidade do reservatório é de $1,2 \times 10^9 \text{ m}^3$, e a vazão média afluente é de $70 \text{ m}^3/\text{s}$.

Para a medição dos tempos de detenção, utilizaram-

se 100Ci de trítio, na forma de água tritiada. As amostras retiradas das diversas secções de controle, foram enriquecidas eletroliticamente, sendo posteriormente medidas com espectrômetro de cintilação líquida.

As máximas concentrações medidas foram de 300 U.T. (Unidades de Trítio) na primeira secção, distante 2 km do ponto de lançamento, e de 30 UT na saída do reservatório. (A concentração natural de trítio nas águas superficiais da região oscila entre 10 e 30 UT).

O tempo de retenção obtido foi de 3,3 meses.

2.5 - Localização, Cadastro e Identificação de Ligações Clandestinas de Esgoto.

O lançamento indevido de esgotos domésticos, sanitários e industriais, em galerias de águas pluviais, que convergem para canais de drenagem ou para cursos d'água ocorre com grande frequência, principalmente nos grandes centros urbanos, onde o ritmo de crescimento populacional, supera de muito, a construção de redes de esgoto. Por diversas circunstâncias, o esgoto acaba sendo lançado nas galerias de águas pluviais que convergem para cursos d'água, formadores de lagos destinados a recreação da população em praças públicas, para reservatórios de abastecimento d'água de consumo humano, para as praias etc, contribuindo para o aumento da poluição.

A CETESB desenvolveu uma metodologia apropriada para se detectar contribuições significativas de esgotos, domésticos ou industriais que convergem para as galerias de águas pluviais. A técnica consiste em medir, com radioisótopos, a vazão que escoia pela galeria, tomando-se por referência, todos os poços de visita disponíveis. Um aumento de vazão, em determinado trecho, pode significar contribuições de esgoto ou de água não contaminada. Para analisar essas duas alternativas efetuam-se, simultaneamente com as medições de vazão, coletas de amostras d'água, para análises físico-químicas e bacteriológicas.

É fato comprovado que os coliformes fecais constituem-se no melhor indicador de contaminação das águas, por esgotos domésticos. A sensibilidade do método dessa análise é muito elevada, pois, pequena contribuição de esgoto doméstico produz aumento acentuado na concentração de coliformes.

O resultado das análises físico-químicas e bacteriológicas permite identificar o tipo de contribuição que o escoamento da galeria de águas pluviais recebe, industrial ou doméstico.

A segunda fase consiste em separar as zonas suspeitas e com o auxílio de plantas de cadastro de ligações domiciliares e industriais, da rede normal de esgoto e das galerias, estudar as diferentes hipóteses, reduzindo a área de investigação.

Quando se trata de esgotos residenciais, a técnica consiste em lançar uma pequena quantidade de solução radioativa no vaso sanitário, acionar a

descarga e detectar a presença da radioatividade, na galeria de águas pluviais ou no esgoto. Para isso, dispõe-se de duas sondas detectoras, uma colocada na rede de esgoto e outra na galeria, que permitem definir para onde converge o esgoto. Essa operação é simples, permitindo inspecionar grande número de residências em poucas horas de trabalho.

Quando se trata de instalações industriais, lança-se a solução radioativa no ponto mais próximo da saída dos despejos e detecta-se de maneira análoga.

A técnica também permite quantificar uma eventual contribuição de esgoto proveniente de extravasão da rede coletora normal. Os trabalhos desenvolvidos pela CETESB, nessa área de atuação foram:

- localização e identificação de ligações de esgoto que convergem para o córrego do Sapateiro, formador dos lagos do Parque Ibirapuera;
- identificação das ligações clandestinas de esgoto que convergem para o Córrego do Sapateiro, desaguando na Praia do Gonzaguinha, em São Vicente;
- localização, identificação e cadastramento das ligações clandestinas de esgoto que convergem para o Canal de Drenagem Número Três e daí para as Praias de José Menino e Gonzaga, em Santos;
- localização, identificação e cadastramento das ligações clandestinas de esgoto que convergem

para o Canal de Drenagem Número Oito e daí para o Estuário de Santos;

- localização, identificação e cadastramento das ligações clandestinas de esgoto que convergem para o Canal de Drenagem Número Cinco e daí para a Praia do Embaré, Santos.

2.6.- Estudo da Dispersão Longitudinal de Poluentes no Rio Paraíba do Sul.

A concentração de determinado poluente, lançado em um curso d'água, reduz-se por misturação turbulenta, por difusão molecular, por ação química, por biodegradação, por sedimentação e por evaporação. A ação de cada um desses parâmetros, na redução da concentração do poluente, depende fundamentalmente da sua natureza.

É indispensável conhecer-se o coeficiente de dispersão longitudinal, para o estudo da diminuição da concentração de poluentes que não são biodegra^dáveis, como alguns sais de metais pesados solúveis. Em uma seção transversal qualquer, a jusante do ponto de lançamento, a velocidade de escoamento varia, no espaço e no tempo. A dispersão é proveniente de vórtices que aparecem no movimento turbulento, entre camadas de fluido, que se movimentam com velocidades diferentes. O vórtice dispersa a energia de transporte do fluido retendo certa massa de poluente no seu interior.

O cálculo teórico do coeficiente de dispersão lon^gitudinal é impreciso, em decorrência das hipóteses admitidas para simplificar a formulação matemática. Por isso, a medição, "in situ", por meio

de traçadores radioativos, proporciona resultados mais reais e confiáveis.

O lançamento puntiforme e instantâneo de uma solução radioativa gera uma onda, que se homogeneiza com o escoamento considerado. A detecção dessa onda, em secções situadas a jusante, permite obter curvas de variação da concentração em função do tempo de passagem, de formas assimétricas e que são melhor representadas por uma distribuição Pe arson, do tipo III, que permite calcular o coefi ciente de dispersão.

Utilizando-se esta técnica mediram-se os coefici entes de dispersão longitudinal, para estudo de qualidade da água, nos rios;

- Paraíba do Sul, trecho compreendido entre as ci dades de Cachoeira Paulista e Queluz;
- Rio Jaguari, no trecho compreendido entre o ca nal de fuga da Usina Hidrelétrica e a confluên cia com o Rio Paraíba do Sul, e nos rios Atiba ia, Jundiá, Moji e Sorocaba.

2.7 - Estudo do Transporte Sólido de Fundo, no Rio Parana e em Algumas Sub-bacias.

A descarga sólida transportada por um curso d'água é parâmetro de fundamental importância, que preci sa ser bem determinado, quando se pretende proje tar e construir usinas hidrelétricas. Existem di versos métodos de cálculo, para a avaliação do transporte sólido de fundo, todos eles baseados em formulação matemática empírico teórica, com re

sultados práticos incertos, de difícil comprovação e sem reprodutividade. O critério de se atribuir que a vazão sólida de fundo corresponde a 20% da descarga em suspensão é inadequado.

A técnica radioisotópica basea-se na retirada de certa quantidade do material do leito, para ser marcado com radioatividade e na subsequente deposição desse material no seu local primitivo. O material marcado (areia, lama ou lodo) homogeneiza-se com o resto do leito passando a ter o mesmo comportamento físico e hidráulico. Por meio de sondas detectoras de radioatividade que se deslocam junto ao leito é possível mapear todo o caminhamento do material e construir curvas de isoconcentração, semelhantes a curvas de nível. O estudo dos deslocamentos da massa marcada, no espaço e no tempo, permitem calcular a vazão sólida de fundo, com precisão bem superior a dos métodos convencionais de avaliação.

Essa técnica simples e de baixo custo tem sido utilizada para a determinação do transporte sólido de fundo nos Rios Paranã e Piratíy (Paraguai) com o objetivo de fornecer dados para a avaliação da vida útil do reservatório de Itaipu.

2.8 - Ensaio de Solda, por Gamagrafia, em Tubulações de Sistema Adutor de Água, de Gasodutos e de Oleodutos.

A radiação gama, emitida por isótopos radioativos, é física e radiograficamente equivalente a radiação X, produzida por aparelhos médicos e industriais, possibilitando seu uso no controle da qualidade de materiais utilizados em projetos

de engenharia sanitária. A gamagrafia, é pois uma técnica de ensaio não destrutivo que utiliza a propriedade de penetração da radiação eletromagnética gama, para inspecionar a estrutura interna de materiais, detectando presença ou ausência de discontinuidades que podem afetar o comportamento da peça em trabalho.

Para se ensaiar soldas, em tubulações de sistemas adutores d'água, a CETESB deu preferência a técnica de gamagrafia, pelos motivos seguintes:

- independe de fonte elétrica, para o funcionamento;
- robustez do equipamento, proporcionando vida útil maior;
- facilidade e simplicidade de operação;
- custo relativamente baixo;
- gastos de manutenção praticamente inexistentes;
- de leve peso, portátil; sendo deslocada facilmente para lugares de difícil acesso;
- permite a realização de exposições panorâmicas;
- as regras de segurança em operação são relativamente simples.

Por meio do uso de fontes radioativas seladas, de ^{192}Ir , realizou-se o controle da qualidade de soldas, em juntas de tubulações de aço, para as empresas seguintes:

- CAEMO - Companhia de Água e Esgoto do Município de Osasco: 8640 gamagrafias;
- SEMASA - Serviço Municipal de Águas de Santo André: 15.936 gamagrafias;
- SANEPAR - Companhia de Saneamento do Paraná: 6321 gamagrafias;

- COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento:
36.842 gamagrafias;
- COMGÁS - Companhia de Gás de São Paulo: 18.364
gamagrafias;
- PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A.: 15.362 gama
grafias;
- CAESB - Companhia de Água e Esgoto de Brasi
lia: 15.200 gamagrafias;
- SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Es
tado de São Paulo: 8640 gamagrafias;
- CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Ceará:
3469 gamagrafias.

3.0 - ESTUDOS A SEREM DESENVOLVIDOS.

3.1 - Previsão e Controle da Poluição das Águas Subter_urâneas.

As águas subterrâneas, do aquífero Botucatu, constituem-se em fonte preciosa para o abastecimento de muitas cidades do interior paulista. A interiorização do parque industrial paulistano e o crescimento do índice de poluição dos rios, de corrente do aumento populacional, são parâmetros importantes, para gerar preocupações sobre a evolução do ritmo de contaminação desse aquífero paulista. A recarga do aquífero, por água contaminada, principalmente por defensivos agrícolas e resíduos industriais, levou a CETESB a elaborar estudos específicos, para a proteção desse manancial de águas de abastecimento para consumo humano.

As técnicas que se baseiam no emprego dos isótopos naturais e radioativos serão ferramentas importantes nas investigações das condições de recarga do aquífero, na área que corresponde a baía hidrogeológica dos Rios Moji-Guaçu e Pardo. Elas permitirão a obtenção de parâmetros importantes para os estudos seguintes:

- Variações estacionais da infiltração;
- Identificação da recarga do aquífero;
- Determinação da velocidade de infiltração da água;
- Estudo da dispersão dos poluentes no aquífero.

4.0 - PERSPECTIVAS FUTURAS.

Os radioisótopos constituem-se em tecnologia muito útil na obtenção de parâmetros indispensáveis a estudos de comportamento do meio ambiente, que tem por objetivo reduzir os índices de poluição.

Entretanto, o uso dessa tecnologia não deve ser generalizado. Seu emprego deve se ater aos casos em que as técnicas convencionais não podem ser aplicadas ou quando elas conduzem a resultados insatisfatórios. Os principais fatores que implicam nessa filosofia de trabalho são:

- embora sendo de execução simples, a técnica, para ser bem aplicada, necessita mão de obra qualificada;
- ela está sujeita a normas especiais de segurança, elaboradas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Essa filosofia de trabalho não implica na estagnação do ritmo de utilização de radioisótopos, na CETESB, para os estudos de meio ambiente. Ao contrário, ela será utilizada em ritmo crescente, em novos estudos, cujas soluções demandam o conhecimento preciso da dinâmica do sistema considerado, mas nem sempre os radioisótopos são a melhor escolha na resolução deste tipo de problemas. Nos últimos anos vem-se utilizando, cada vez com maior êxito, os traçadores fluorescentes nos estudos de parâmetros hidráulicos de cursos d'água pouco poluídos, em substituição aos traçadores radioativos.

A CETESB consciente das vantagens dessa complementação, está também desenvolvendo estudos tendentes a adaptar essa metodologia a nossas condições de trabalho, para escolher sempre a técnica mais apropriada a cada problema específico.

