

Programa para gerenciamento de águas e efluentes nas indústrias, visando ao uso racional e à reutilização

José Carlos Mierzwa

*Engenheiro Químico, Doutorando no Depto de Eng. Hidráulica e Sanitária - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária - São Paulo - CEP - 05508-900*

Ivanildo Hespanhol

Professor de Engenharia Ambiental - Departamento de Eng. Hidráulica e Sanitária - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

RESUMO: O aumento da demanda dos recursos hídricos para o abastecimento público, bem como as restrições impostas pelas normas referentes ao controle ambiental, tanto com relação à captação de água, quanto para a liberação de efluentes para o meio ambiente, vem obrigando todos os setores industriais a fazer uma reavaliação dos seus sistemas de captação e utilização dos recursos hídricos e também dos seus sistemas de coleta, tratamento e liberação de efluentes. Dentro deste contexto, é necessário que se desenvolvam alternativas com o objetivo de se racionalizar a utilização dos recursos hídricos. Esse trabalho apresenta uma proposta de um Programa para Gerenciamento de Águas e Efluentes nas Indústrias, visando ao uso racional e à reutilização, que leve em consideração os aspectos legais, institucionais, técnicos e econômicos relativos ao consumo de água e liberação de efluentes para o meio ambiente, técnicas de tratamento disponíveis e reutilização.

ABSTRACT: The increasing demand on water demand for public and industrial consumption, as well as restrictions imposed by new environmental legislation, with regard to the water withdraw and effluent discharge, are obligating the industrial sector to review their water withdraw policy and effluent collection, treatment and discharge systems. Therefore, it becomes necessary to develop new alternatives aiming to the rationalization of the water resources use. This work presents a proposal for a industrial water and wastewater management program, focusing on the rational use and reuse, taking in account the related legal, institutional, technical and economical aspects.

PALAVRAS-CHAVE:

gestão ambiental, águas, efluentes industriais, reutilização

1 - OBJETIVO

Este trabalho tem por objetivo apresentar as etapas envolvidas na elaboração de um programa para o gerenciamento de águas e efluentes nas indústrias, com o objetivo de promover o uso racional e a reutilização dos mesmos, dentro dos processos industriais desenvolvidos na instalação, visando à maximização dos recursos hídricos disponíveis, bem como à minimização dos impactos negativos ao meio ambiente.

2 - INTRODUÇÃO

Considerando-se a limitação de reservas de água doce no planeta (Figura 1), o crescente aumento pela demanda de água para consumo humano, a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público, bem como as restrições que vêm sendo impostas com relação à liberação de efluentes para o meio ambiente, torna-se necessária a adoção de estratégias que visem maximizar a utilização dos recursos hídricos e minimizar os impactos negativos relativos à geração de efluentes pelas indústrias. (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 1991; CETESB, 1992a; CETESB, 1992b; HESPANHOL, 1997; SÃO PAULO, 1992)

A atual filosofia adotada pelas indústrias considera sistemas independentes para o gerenciamento de água para consumo, bem como para o gerenciamento dos efluentes a serem liberados para o meio ambiente.

No que se refere ao tratamento de água para consumo, o gerenciamento adotado consiste basicamente de sistemas de tratamento, que utilizam processos físicos químicos, visando adequar as características físicas, químicas e biológicas da água, às necessidades de processo.

Para os efluentes, o gerenciamento comumente adotado é o denominado "end of the pipe treatment", ou seja, neste tipo de gerenciamento, todos os efluentes gerados nos diversos processos desenvolvidos na indústria, bem como os de origem sanitária, são coletados e encaminhados por uma tubulação, para um ponto único, denominado sistema de tratamento de efluentes, no qual adotam-se técnicas de tratamento que visem adequar esse efluente, aos padrões estabelecidos em normas. (KINDSCHY et al., 1997)

Esta filosofia foi herdada dos primórdios do desenvolvimento industrial e mostrou-se adequada para as condições da época, em função do número reduzido de indústrias, disponibilidade de recursos hídricos, bem como padrões de qualidade ambiental não muito restritivos, ou em muitos casos inexistentes.

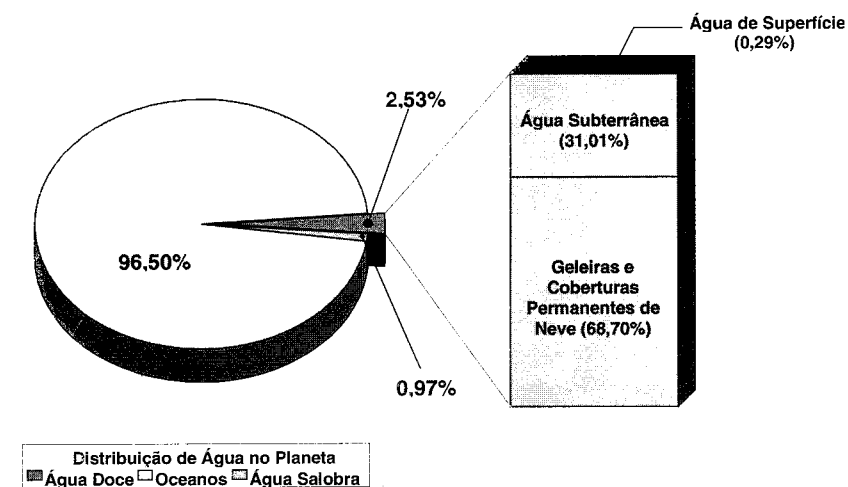


Figura 1: Disponibilidade de água no Planeta (MAYS, 1996)

3 - DESENVOLVIMENTO DO PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES

Considerando-se a situação atual, ou seja, o aumento do número de instalações industriais, a escassez de recursos hídricos, priorizando-se o abastecimento público, a crescente preocupação com relação às questões ambientais por parte da população e por fim a elaboração e publicação de normas bastante restritivas com relação aos padrões e controle da qualidade ambiental, o modelo de gerenciamento de água e efluentes citado anteriormente necessita de uma reformulação, pois não se adequa a esta nova condição.

Para que sejam atendidas as diretrizes de maximização do uso dos recursos hídricos e minimização dos impactos negativos relativos à geração e liberação de efluentes, torna-se necessário o desenvolvimento de um programa de gerenciamento de águas e efluentes nas indústrias, que ao contrário da filosofia anterior, considera a água para consumo industrial e os efluentes gerados nos processos industriais, em um sistema único, que deverá ter interface direta com os processos industriais.

Esse programa de gerenciamento deve levar em consideração os aspectos legais, institucionais, técnicos e econômicos relativos ao consumo de água e liberação de efluentes para o meio ambiente, técnicas de tratamento disponíveis e reutilização.

4 - ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS

Um dos primeiros passos para o estabelecimento de um Programa de Gerenciamento de Água e Efluentes nas indústrias, bem sucedido, está diretamente vinculado ao conhecimento das normas ambientais relacionadas à utilização de recursos hídricos, bem como daquelas relacionadas à liberação de efluentes para o meio ambiente. Nestas normas poderão ser obtidas todas as informações relacionadas à outorga para a utilização dos recursos hídricos, órgãos responsáveis pela concessão de licenças, bem como padrões de emissão de efluentes e de qualidade para o recurso hídrico selecionado. É muito importante que o responsável pelo desenvolvimento do programa de gerenciamento esteja sempre atualizado com relação às normas sobre recursos hídricos e qualidade ambiental (MCLAUGHLIN et al., 1992).

Esta atualização é de fundamental importância, para que a empresa não

seja surpreendida, antecipando-se às mudanças que possam ser exigidas pelos órgãos de controle envolvidos.

5 - ASPECTOS TÉCNICOS E ECONÔMICOS

Com relação aos aspectos técnicos, é de fundamental importância o comprometimento da alta administração da empresa que pretende aplicar o programa, devendo a mesma definir um responsável ou responsáveis, para o seu desenvolvimento e implantação.

O responsável ou responsáveis pelo desenvolvimento e implantação de um programa de gerenciamento de águas e efluentes deve ter bem caracterizados os processos desenvolvidos na indústria, com indicação dos pontos de consumo de água e geração de efluentes, grau de qualidade exigido para a água que será consumida e principais substâncias que entrarão em contato com esta água, quando a mesma não for incorporada ao produto final (BERGLUNG & LAWSON, 1992; BENFORADO et al., 1991).

Estas informações irão possibilitar o desenvolvimento de um programa para uso racional da água, produzindo-se apenas a quantidade necessária de água para cada aplicação, possibilitando-se o uso em cascata, ou seja, utilizar-se a água descartada de um processo, com requisitos de melhor grau de qualidade, em processos onde o grau de qualidade para a água seja menos restritivo.

No caso dos efluentes, após uma caracterização adequada dos pontos de geração, bem como da composição estimada para os mesmos, poder-se-á então, verificar a viabilidade de reutilização dentro dos processos desenvolvidos, ou então em estabelecerem-se os critérios para coleta e tratamento desses efluentes, evitando a mistura de pequenos volumes de efluentes com alta concentração de contaminantes, com grandes volumes de efluentes com baixa concentração de contaminantes, o que pode inviabilizar, técnica e/ou economicamente, o tratamento do efluente.

Com base nos critérios de coleta, bem como nos requisitos estabelecidos nas normas ambientais pertinentes, procura-se definir a metodologia para o tratamento dos efluentes em questão.

Outro aspecto fundamental no estabelecimento de um programa de gerenciamento desse tipo está relacionado com o conhecimento técnico dos responsáveis pela sua implantação, bem como com a habilidade destas pessoas em se relacionarem com os responsáveis pelas áreas a serem afetadas por esse programa, uma vez que o seu sucesso está vinculado a uma ação participativa, onde todos os esforços devem ser canalizados para um objetivo comum, relacionado ao desenvolvimento tecnológico e proteção ambiental.

Com relação aos aspectos econômicos,

baseando-se nas informações técnicas obtidas, procura-se otimizar os sistemas de tratamento de água e efluentes, produzindo-se apenas as quantidades de água estritamente necessárias, maximizando-se a reutilização, bem como submetendo-se ao tratamento aquelas correntes que realmente necessitem e que não possam ser reutilizadas.

6 - TÉCNICAS DE TRATAMENTO

Atualmente existem disponíveis um grande número de técnicas de tratamento, aplicadas tanto para água, quanto para os efluentes.

Estas técnicas de tratamento vão das tecnologias mais simples, até aquelas enquadradas como tecnologias avançadas, destacando-se as seguintes (KIANG & METRY, 1982; MARTIN & JOHNSON, 1987; SANKS, 1978)

- Filtração;
- Adsorção em Carvão Ativado;
- Precipitação Química, Coagulação/Floculação e Sedimentação;
- Flotação;
- Tratamento Biológico;
- Oxidação/Redução Química;
- Ozonização;
- Troca Iônica;
- Tecnologias de Separação por Membranas (Ultrafiltração, Osmose Reversa, Eletrodialise e Pervaporação);
- Extração por Solventes;
- Evaporação;
- Incineração de Líquidos;
- Imobilização; e
- Outras.

Estas tecnologias podem ser utilizadas isoladamente, ou então, podem-se desenvolver sistemas que utilizem uma combinação entre duas ou mais técnicas, para a obtenção de melhores resultados. (MIERZWA, 1996).

Os critérios para a escolha de uma determinada tecnologia, bem como a definição de um sistema de tratamento devem ser definidos com base nas necessidades de cada indústria, onde devem ser considerados fatores como, ramo de atividade, localização geográfica, recursos hídricos disponíveis, processos produtivos, possibilidade de reutilização da água ou modificação do processo e restrições com relação à liberação de efluentes para o meio ambiente.

Como a premissa básica desse programa de gerenciamento está relacionada com a utilização racional dos recursos hídricos disponíveis, a opção pelo tratamento de uma determinada corrente líquida, caracterizando a mesma como efluente, deverá ser feita quando não houver qualquer alternativa de reutilização, seja por questões técnicas ou econômicas. O que reforça a importância do conhecimento técnico das pessoas envolvidas na implantação do programa de gerenciamento, bem como da interação harmônica entre estas pessoas com os responsáveis pelas áreas a serem afetadas, uma vez que o desempenho de todo o programa está diretamente associado a esses dois fatores.

7 - REUTILIZAÇÃO

Considerando-se que o principal objetivo de um programa de gerenciamento de água e efluentes é o de se promover o uso racional dos recursos hídricos, a reutilização da água, bem como dos efluentes tratados, é o parâmetro com o qual se poderá mensurar a eficiência e o sucesso do programa proposto.

Esta afirmação é justificada, uma vez que a reutilização conduz a uma redução na captação de água, bem como na liberação de efluentes.

Esses dois fatores contribuem para o equacionamento dos problemas relacionados à escassez de recursos hídricos e às restrições impostas pela legislação ambiental, o que poderá ser decisivo para a sobrevivência da indústria ou para manutenção do seu nível de competitividade.

8 - PROPOSTA DE UM PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS E EFLUENTES

Com base no exposto anteriormente, verifica-se que um programa de gerenciamento de águas e efluentes deve contemplar as seguintes etapas:

- 1) Avaliação da quantidade e qualidade de água a ser consumida pela indústria;
- 2) Conhecimento das normas ambientais referentes à captação de água e controle de efluentes;
- 3) Análise dos processos desenvolvidos pela instalação, com a identificação dos pontos de consumo de água e geração de efluentes;
- 4) Otimização dos processos onde ocorram elevados consumos de água ou geração de efluentes;
- 5) Definição das tecnologias a serem adotadas para a produção de água para consumo, na quantidade e qualidade necessárias;
- 6) Verificação da possibilidade de reutilização de água em cascata, sem a necessidade de tratamento prévio;
- 7) Caracterização das correntes de efluentes remanescentes, verificando-se a possibilidade de reutilização dentro do processo, ou então, recuperação de algum composto, componente ou subproduto de interesse;
- 8) Definição de procedimentos para a coleta dos efluentes ainda existentes, buscando-se o agrupamento das correntes com características similares, segregando-se aquelas com alta concentração de contaminantes e pequenos volumes das correntes mais diluídas;
- 9) Identificação de tecnologias de tratamento, adequadas para as correntes de efluente identificadas;
- 10) Definição de um sistema de tratamento de efluentes, considerando-se as tecnologias de tratamento mais adequadas;
- 11) Identificação de oportunidades para reutilização do efluente tratado;

- 12) Estabelecer critérios e procedimentos para controle e monitoração dos efluentes a serem liberados para o meio ambiente, com o objetivo de garantir que sejam atendidos todos os requisitos estabelecidos nas normas ambientais vigentes;
- 13) Promover uma avaliação contínua de todos os procedimentos utilizados no programa de gerenciamento, visando a sua atualização e identificação e correção de falhas, para que o mesmo possa ser aperfeiçoado.

Na Figura 2 encontra-se uma representação na forma de diagrama, das principais etapas de um Programa para Gerenciamento de Águas e Efluentes.

9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação desse programa de gerenciamento de águas e efluentes pode ser feito para novas instalações industriais, ou então, para indústrias que já se encontram em operação. Neste caso, deve-se tentar, na medida do possível, aproveitar ao máximo as estruturas para tratamento de água e efluentes já existentes, dando-se ênfase às etapas de otimização de processos e reutilização de água e efluentes.

Esse programa de gerenciamento de águas e efluentes está englobado em um conceito muito mais amplo, que seria um programa de gestão ambiental, que tem por objetivo a utilização racional de todos os recursos naturais, o que garantirá para as presentes e futuras gerações, uma melhor qualidade de vida.

Desta forma, é necessário que se insira em qualquer programa de gerenciamento de águas e efluentes, a filosofia de prevenção da poluição, promovendo-se uma atualização contínua dos procedimentos e tecnologias utilizadas, a fim de garantir o seu sucesso, adaptando o mesmo a novas exigências que venham a ser impostas.

10 - REFERÊNCIAS

- BENFORADO, D. M.; RIDLEHOOVER, G., GORES, M. D. Pollution prevention: one firm's experience. *Chemical Engineering*, p. 130-133, September 1991.
- BERGLUNG, R. L., LAWSON, C. T. Prevention pollution in the CPI. *Chemical Engineering*, p. 120-127, September 1992.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS Projeto de Lei no 1164-E, de 1991 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
- CETESB Legislação Federal: Controle da Poluição Ambiental. São Paulo, 1992a (Série Documentos).
- CETESB Legislação Estadual: Controle da Poluição Ambiental. São Paulo, 1992b (Série Documentos).

HESPANHOL, I Esgotos como recurso hídrico - Parte I, dimensões políticas, institucionais, legais, econômico financeiras e sócio-culturais. *Engenharia. Revista do Instituto de Engenharia*, v. 55, n. 523, p. 45-58, Sept/Oct. 1997.

KIANG, Y. H., METRY, A.A. *Hazardous waste processing technology*. Ann Arbor Science, 1982. 549 p.

KINDSCHY, J. W., KRAFT, M., CARPENTER, M. *Guide to hazardous materials and waste management*. Solano Press Books, 1997. 345 p.

MARTIN, E. J.; JOHNSON, Jr, J.H. *Hazardous waste management engineering*. New York: Van Nostrand, 1987. 520 p.

MAYS, L.W. Water resources: an introduction. In: WATER RESOURCES HANDBOOK, McGRAW-HILL, 1996. 693 p.

MCLAUGHLIN, L. A., MCLAUGHLIN, H. S., GROFF, K. A. Develop an effective wastewater treatment strategy. *Chemical Engineering Process*, p. 34-42, September 1992.

MIERZWA, J. C. *Estudo sobre tratamento integrado de efluentes químicos e radioativos, introduzindo-se o conceito de descarga zero*. São Paulo: 1996 Tese (Mestrado) Universidade de São Paulo. 171 p.

SANKS, R.L. *Water treatment plant design for the practicing engineer*. Ann Arbor Science, 1978. 845 p.

SÃO PAULO. Leis, decretos, etc. - "Legislação Básica Sobre Recursos Hídricos" - Conselho Estadual de Recursos Hídricos - CRH: São Paulo, 1992.

VERSÃO REVISADA RECEBIDA EM 06/11/1999

ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:

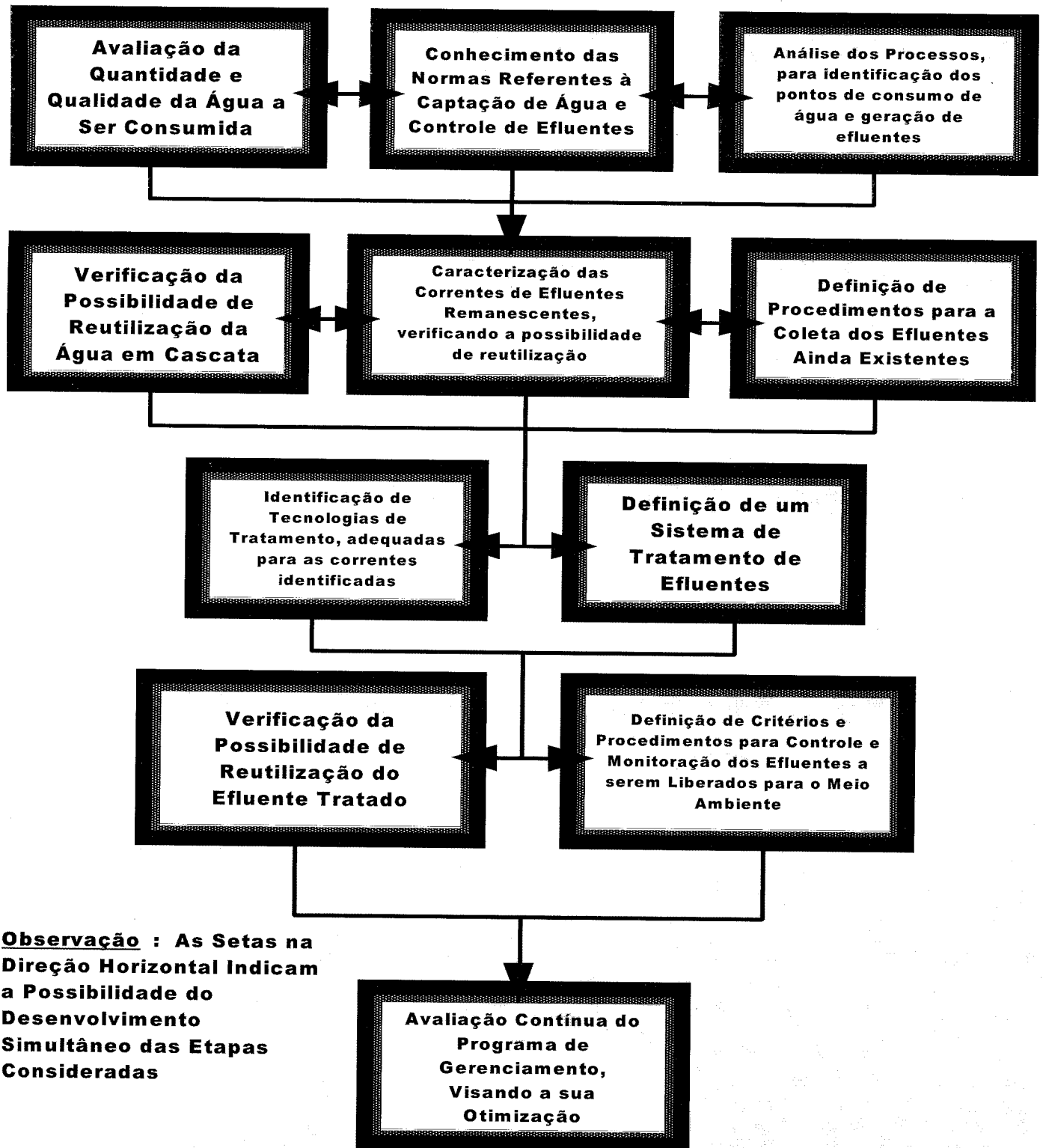
Prof. José Carlos Mierzwa

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 - Cidade Universitária
São Paulo - CEP - 05508-900

Prof. Ivanildo Hespagnol

Av. Prof. Almeida Prado, 271 - Cidade Universitária
São Paulo - CEP 05508-900





Observação : As Setas na Direção Horizontal Indicam a Possibilidade do Desenvolvimento Simultâneo das Etapas Consideradas

Figura - 2: Representação das etapas de gerenciamento de águas e efluentes