



## IV-038 - SIG COMO FERRAMENTA DE APOIO À GESTÃO DO USO INDUSTRIAL DA ÁGUA E GERAÇÃO DE EFLUENTES

**Elicelma CARVALHO<sup>(1)</sup>**

Geógrafa Ucsal 2008, Pesquisadora da Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos (TECLIM), Projeto ECOBRASKEM, Departamento de Engenharia Ambiental, (EP/UFBA).

**Asher KIPERSTOK**

Eng.º Civil, Technion, 1974; Mestrado em Engenharia Química, UMIST, Inglaterra, 1994; Doutorado em Engenharia Química, UMIST, 1999; Coordenador do Projeto ECOBRASKEM e do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais nos Processo Produtivo.

**Ricardo Araújo KALID**

Eng.º Químico, UFBA, 1988; Mestrado em Engenharia Química, UFBA, 1991; Doutorado em Engenharia Química, USP, 1999; Professor do Departamento de Engenharia Química da UFBA. Coordenador do Projeto FAFEN.

**Karla Patricia ESQUERRE-OLIVEIRA**

Eng.ª Química, UFAL, 1998; Mestrado e Doutorado em Engenharia Química, UNICAMP, 2000 e 2003; Pós-doutorado em Engenharia Sócio-Ambiental, Universidade de Hokkaido, Japão, 2003-2005; Professora do Departamento de Engenharia Química, Pesquisadora do Projeto ECOBRASKEM.

**Mário Cezar Oliva de MATTOS**

Eng.º Químico – Universidade Federal da Bahia (UFBA). Consultor em tratamento de água industrial. Pesquisador da Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos (TECLIM), Departamento de Engenharia Ambiental, (EP/UFBA)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Aristides Novais, 630; Federação – Salvador – BA – Brasil – CEP: 40210-6300– Tel: +55(71)3283-9892 – e-mail: [elicelmasantos@ufba.br](mailto:elicelmasantos@ufba.br).

### RESUMO

Este trabalho teve como objeto de estudo o aplicativo de geoinformação implantado em três indústrias do Pólo Petroquímico de Camaçari, Bahia, Brasil, desenvolvido para ser utilizado como uma ferramenta na identificação de oportunidades de reuso/reciclagem de água. A importância da implantação do Sistema de informação Geográfica (SIG) nas empresas verificou-se diante da necessidade de uma ferramenta que corroborasse nas investigações de oportunidades de reuso/reciclagem dos efluentes gerados, analisando a distribuição das correntes na área de estudo. A implantação do SIG se deu através da construção de uma plataforma SIG criando um banco de dados, com base no que é fundamentalmente comum a cada corrente estudada, a localização geográfica. O sistema apresentou-se satisfatório na medida em que além da apresentação da empresa, permite o monitoramento das correntes, a saber, o manuseio das informações sobre cada objeto de estudo, por meio das diversas ferramentas oferecidas pelo software. A partir da consolidação de uma plataforma SIG pode-se realizar consultas e fazer análises das correntes, obtendo-se respostas imediatas para a otimização gestão hídrica da planta. Foram consideradas ainda as informações referentes às características hidrológicas básicas da área. Para tanto, o sistema mostrou-se relevante na aplicação para a ecologia industrial, respondendo as expectativas do projeto e viabilizando a construção. As plataformas de estudos no futuro podem sofrer alterações de atualização com o mapeamento de novos aspectos que sejam tidos como relevantes para novos estudos. A plataforma pode ainda ser usada como um instrumento de gestão de água e efluentes, necessitando para isso da atualização da mesma.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geoinformação, Água, Otimização e Indústria.

### INTRODUÇÃO

A preocupação com a questão ambiental sensibiliza os olhares para a atual organização do espaço produtivo gerando uma insatisfação com os resultados provocados pelas ações antrópicas no meio ambiente. Provocando uma reflexão sobre a forma como os bens naturais têm sido dilapidados, sendo, portanto, levantadas várias questões, tais como: a) como os recursos naturais têm sido usados? ; b) o ritmo de consumo atual poderá ser sustentado para a manutenção desses padrões atuais? ; c) considerando que esses padrões sejam mantidos,



quais são as previsões mais favoráveis para a disponibilidade da água no planeta? d) como podemos garantir que futuramente teremos oferta de recursos, diante desse patamar de consumo de água?

Buscando contribuir para o esclarecimento desses questionamentos e visando minimizar a geração de efluentes em processos industriais para promover a otimização ambiental com uso racional da água, energia e resíduos em processos produtivos de empreendimentos industriais de grande porte, foi criada, em 1997, a Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos (TECLIM) juntamente com o departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Bahia.

O TECLIM busca promover interação universidade-indústria na realização de pesquisas em desenvolvimento de Produção mais Limpa (P+L), contribuindo com alternativas para uma produção mais eficiente nas indústrias, fomentando a pesquisa acadêmica e maior eficiência no uso dos recursos hídricos na capital baiana, onde se concentra as indústrias do estado baiano, propondo para isso atender as demandas de produção de modo que sejam preservadas as características geoambientais da região, esse paradigma guia as ações para o desenvolvimento de inovações baseado na aplicação do conceito de P+L.

As parcerias são desenvolvidas no Pólo Petroquímico de Camaçari localizando-se na RMS. Parte da água usada pela indústria é captada nos corpos hídricos superficiais e/ou subsuperficiais uma parte da água que é captada aproximadamente para o consumo de uma das empresas corresponde a 4300 m<sup>3</sup>/h do aquífero da São Sebastião sob o distrito industrial; e da Barragem do Joanes II. Essas captações representam 90% da demanda de água bruta atual do Pólo Industrial de Camaçari (Oliveira et al., 2008). Essas captações reduzem o nível de oferta de água para a população e no caso das captações subterrâneas reduzem o nível do lençol freático, além de gerar efluente.

Compreender a distribuição dos dados oriundos dos fenômenos ocorridos no espaço constitui um grande desafio para a explicação de questões centrais das diversas áreas do conhecimento. Estudos dessa natureza têm se tornado cada vez mais comuns, devido à disponibilidade de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), que permitiu a visualização (topologia) espacial das informações, e esses sistemas tem tido seu uso difundido na gestão espacial de grandes áreas como, municípios, regiões, contribuindo para os estudos de caracterização da população, índices de qualidade de vida, entre outros.

Nesse contexto, a apresentação de mapas vinculados a banco de dados, torna-se mais eficaz, à medida que vincula a informação ao mapa, proporcionando uma percepção visual da distribuição espacial do problema e sendo muito útil na tradução dos padrões existentes com considerações objetivas e mensuráveis.

De acordo com LISBOA (1996), na representação do espaço geográfico temos um conjunto de ferramentas computacionais, equipamentos, metodologias, dados e pessoas (usuário), perfeitamente integrados, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento e análise de dados georreferenciados, bem como a produção de informação derivada de sua aplicação.

MENDES (2001) considera o Geoprocessamento como uma ferramenta que disponibiliza as observações do mundo real, de maneira simplificada e reduzindo a escala dos dados a elementos geométricos para os quais existem atributos relacionados que caracterizem estas observações. Considera ainda que a utilidade do geoprocessamento reside em sua capacidade de elaborar modelos, ou seja, construir modelos do mundo real a partir da base de dados digitais e utilizar estes modelos para simular o efeito de um processo específico, no tempo, para um determinado cenário.

O presente trabalho busca apresentar a aplicação do Sistema de Informação Geográfica (SIG) a otimização do uso da água na indústria, em um projeto cooperativo entre Universidade-Empresa. A implantação de um sistema de informações fundamentando-se na criação do aplicativo SIG para a representação da área estudada, capturando os aspectos físicos relevante ao estudo, construindo assim um sistema similar ao mundo real.

As atividades que compõem os projetos de otimização do uso da água e energia incluem: inserção dos conceitos de Produção Limpa através da capacitação permanente e em larga escala dos funcionários; construção e implantação de Balanço Hídrico detalhado que considera incertezas de informações; implementação de um Banco de Idéias digital que considera aspectos culturais, ambientais e econômicos na avaliação do potencial/dificuldade de uma oportunidade; implantação de um sistema de informações geográficas (SIG) identificando as fontes produtoras e consumidoras de água; otimização das redes de



transferência de massa; análise da inserção da empresa no ciclo hidrológico regional e a elaboração de projetos conceituais de minimização do uso da água e geração de efluentes.

Neste artigo iremos descrever as atividades metodológicas desempenhadas para o desenvolvimento do aplicativo SIG, utilizado como uma ferramenta na identificação de oportunidades de reuso/reciclagem de água, e, conseqüentemente, como apoio à gestão do consumo da água na indústria e redução de efluentes.

## METODOLOGIA

A construção da plataforma de sistema de informação para gestão industrial de água e efluentes é organizada em três etapas, a primeira refere-se à reprodução fidedigna do universo de análise (as empresas), nesse estágio foram caracterizadas as empresas considerando os elementos que foram abordados em cada estudo. Tais elementos incluem fontes geradoras de água e efluentes, fontes consumidoras de água e características hidro e hidro-geológicas específicas do local e da região.

A segunda etapa refere-se à criação e implementação do banco de dados com informações levantadas em fontes de dados variadas ou coletadas, foram inseridas ainda as informações referentes ao consumo hídrico regional. A terceira etapa é responsável pela identificação e análise das oportunidades relacionadas ao uso racional da água e minimização na geração de efluentes, assim como pela integração dos dados de projetos conceituais que investigaram as oportunidades são cadastrados no SIG. Nesse estágio o SIG passa a ser um elemento contínuo, a partir daí os dados novos são adicionados os novos elementos e se propõe ainda o uso da ferramenta como sistema de gestão e/ou acompanhamento.

### Primeira fase: Representação espacial da área em estudo

O plano de trabalho para a implementação da plataforma do sistema de informações inicia-se com a coleta do material analógico e digital disponível para cada área de produção, esta é gerada por sua vez através da construção de arquivos vetoriais e/ou digitalização. Os dados digitais descrevem a empresa com base na topologia física do empreendimento, nessa fase são definidas as áreas e as subáreas de produção. Em seguida são tratados os dados digitais da planta com base nos princípios da cartografia digital e ajustados. São eleitos e distribuídos os pontos de controle na área de interesse para efeito da referência espacial, por fim, foram coletados os pontos controles via GPS (Global Position System) e agregadas as referências espaciais as unidades produtivas. Foram agregadas as características do modelo de projeção cartográfica devem ser adotadas de forma a adequar às informações vetoriais a projeção. Foi incluindo, representação do regime de distribuição hídrica para o abastecimento da Região Metropolitana do Salvador (RMS).

O produto resultante dessa fase são as estruturas vetoriais e *raster*, as estruturas vetoriais são elementos discretos representados por pontos e linhas sendo identificados por uma série de coordenadas. A estrutura *raster* se refere à representação de dados no espaço como uma matriz (ou malha) de elementos (MENDES e CIRILO, 2001).

Com as estruturas finalizadas são inseridas as correntes investigadas no balanço hídrico, ou seja, para cada ponto onde existe um medidor, ou onde é medida uma vazão online é adicionado o corresponde no sistema de informações, na próxima fase será adicionada a informações levantadas nas campanhas de medição.

### Segunda etapa: Construção e implementação do Banco de Dados

O banco de dados é um sistema cujo objetivo global é registrar e manter informação (PAREDES, 1994). O Banco de dados foi elaborado no Excel e exportado para o arquivo nativo do SIG, após a compilação, tratamento e análise dos dados, foram criados os caminhos de comunicação entre as informações tratadas (banco de dados) e a interface espacial do software do SIG gerada na etapa 1.

Como não existia, para grande parte das correntes industriais, um medidor de vazão instalado nas linhas de fluxo de água e efluente, os dados das vazões obtidas no balanço hídrico da empresa, e que continham uma composição de dados levantados através de medidores portáteis, as vazões de algumas correntes foram calculadas através de balanços de massa, via dados de projeto ou informações coletadas nas unidades através de entrevista com as pessoas que convivem na área industrial.

A existência de um procedimento de reconciliação de dados permitiu o fechamento do balanço hídrico e, assim, o fornecimento de dados de vazão e informações relacionadas à incerteza associadas à medição. Esse procedimento aumenta a confiabilidade da informação disponibilizada no banco de dados atualizados garantido, dessa forma à confiabilidade da informação. Constatam ainda informações relacionadas a medidas de segurança das correntes, derivadas dos limites de especificação. Essas informações são essenciais para o desenvolvimento de projetos de intervenção em processos, pois permitem inferir a respeito das restrições de cada processo tais informações são necessárias na etapa de investigação de oportunidades remotamente.

Nas empresas onde foi implantado o sistema optou-se por iniciar o cadastro das correntes nas áreas onde havia a disponibilidade de consulta de profissionais com experiência de operação na planta. Também com esta experiência facilitaria a construção do banco de dados para as demais unidades. Esse procedimento foi realizado para todas as áreas de produção que possuem correntes cadastradas no balanço hídrico.

### Terceira etapa: Inserção dos resultados parciais dos estudos conceituais

Nesta etapa são agrupados os resultados dos projetos conceituais para que haja o cruzamento das informações coletadas em campo pela equipe técnica na elaboração dos estudos conceituais. Para a inserção de projetos conceituais foi promovida a compatibilização dos novos dados (etapas 1 e 2, para cada projeto conceitual), ajustes os novos dados a escala de trabalho.

Foram inseridos os resultados do desenvolvimento de avaliação de oportunidades provenientes dos seguintes estudos: (a) avaliação do balanço hídrico da empresa, considerando os fluxos de água, efluente e vapor, composição; (b) levantamento da composição das correntes aquosas, DQO, estado do fluxo, temperatura, pH e sólidos suspensos; (c) projetos conceituais, por exemplo, captação da água da chuva no estacionamento, aproveitamento da água de chuva para lavagem do pátio, entre outros.

## RESULTADOS

Nas empresas foram cadastradas as correntes aquosas, e os sistemas de captação e produção de efluentes, com a unidade de tratamento de água, poços de monitoramento de qualidade da água, barreira hidráulica, entre outros. Na RMS foram mapeados alguns dos sistemas de captação de água das empresas e os corpos hídricos, barragens, estações de tratamento responsáveis pelo abastecimento na região e o destino dessa água, poços de captação, corpos receptores de efluentes, limite da bacia hidrográfica, são consideradas algumas fontes consumidoras do setor produtivo entre outros.

A plataforma disponibiliza a sua localização de cada categoria estudada, possibilitando a realização de consultas por localização direta das correntes, relação com vizinhança, localização por distâncias das outras, localização de equipamentos adjacentes, localização das unidades mais próximas por união espacial, entre outros. Estabeleceu ainda a inserção das empresas no cenário hídrico regional.

Na Figura 1 é apresentada uma das empresas, nesta empresa foram cadastradas 550 correntes, 12 poços de extração de bombeio e 80 piezômetros.

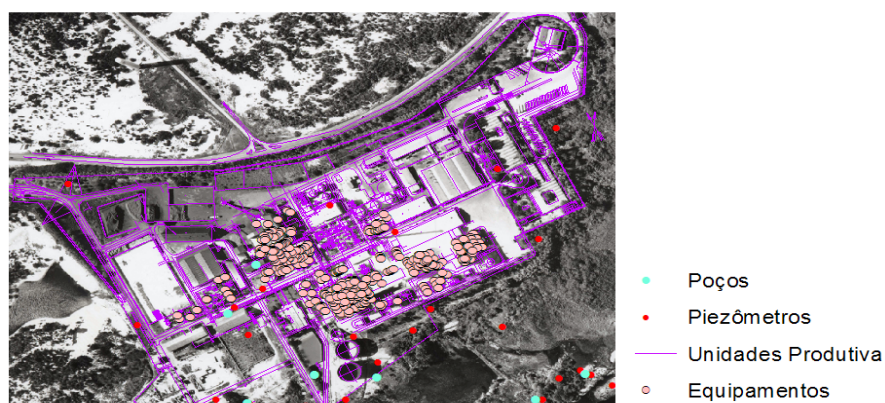
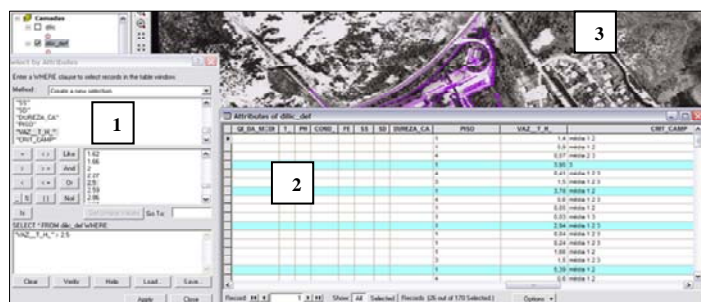


Figura 1 Área de atuação fábrica. Fonte: TECLIM, 2009.



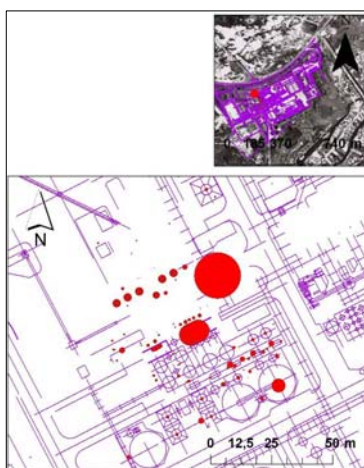
As associações que estão disponíveis no SIG permitem o estudo da logística dos projetos de reuso, reciclo e minimização do uso da água. Permitindo ainda verificação preliminar da instalação de sistemas alternativos para fornecimento de água e disposição de efluentes possibilitando uma avaliação mais precisa do ponto de vista logístico, em um tempo inferior ao exigido para coletar o dado na planta. Dessa forma, facilitou-se a comparação e identificação das melhores possibilidades minimização do uso da água e reuso/reciclo em relação a todas as correntes.

Na Figura 2 é apresentado um exemplo de consulta ao banco de dados das características de uma corrente (foi estabelecida para essa consulta uma equação de restrição para vazão maior que um valor X, janela 1 na figura abaixo), mostrando a interface com a recuperação das informações para análise, nesse banco de dados temos a origem e o destino do efluente.



**Figura 2. Tela para consulta no banco de dados no software SIG, (1) modo de consulta aos dados; (2) banco de dados; (3) dados representados espacialmente Fonte: TECLIM, 2009.**

Na Figura 3 temos a utilização de propriedades de consulta por classificação da vazão, observe nesse mapa que as correntes foram classificadas de acordo com o numérico da vazão. Esse é um dos recursos, mas existem outros, o destaque dessa ferramenta é que seu uso promove uma otimização do tempo e do esforço.



**Figura 3: Classificação da vazão, por proporcionalidade. Fonte: TECLIM, 2009.**

A elaboração de modelos, para um determinado cenário, constitui um instrumento muito eficaz para analisar tendências e determinar os fatores que as influenciam ou expor as possíveis consequências da tomada de decisão ou de projetos que repercutem na utilização e ordenação de recursos, (MENDES e CIRILO, 2001).

Os resultados indiretos dizem respeito à disponibilização de um sistema com os dados levantados, onde é possível a construção de cenários diversificados, para a verificação de novos cenários, que se encontram disponíveis na plataforma.



## CONCLUSÃO

Contudo a inserção do SIG em estudos de otimização industrial mostra-se importante para apoiar os aspectos de logística e se mostrou ainda um mecanismo de apoio a gestão do uso de água, importante. Entretanto é indispensável a idéia de que esse dados são estáticos, e apenas representam ao comportamento do uso da água em tempos específicos. A plataforma do sistema é alimentada pelas pesquisas de uso da água, e para a atualização desses dados é necessária a atualização dos níveis de informações e inserção da mesma no sistema.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a industria Lyondell, Carafba Metais, e Unidade de Insumos Básicos, BRASKEM, pela oportunidade disponibilizada para a pesquisa da otimização ambiental dentro das empresas. Em particular agradecemos aos funcionários das empresas que cooperaram conosco.

A universidade Federal da Bahia, aqui representada pelo TECLIM pela iniciativa de desenvolvimento de um estudo dessa magnitude.

As agências financiadoras pela disponibilização das bolsas de estudos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PAREDES, E. A. Sistema de Informação Geográfica - Princípios e Aplicações, São Paulo: Érica, (1994).
2. MENDES, C. A. & CIRILO, J. A. Geoprocessamento em Recursos Hídricos: Princípios, Integração e Aplicação, Porto Alegre: ABRH, (2001).
3. KIPERSTOK, A. F. Prata da Casa Construindo Produção Limpa na Bahia- Fundamentos de Produção Limpa, Salvador, (2008).
4. OLIVEIRA-ESQUERRE, K. P.; KIPERSTOK, A.; COHIM, E.; KALID, R.; SALES, E. A., PIRES, V. M.; Taking advantage of storm and waste water retention basins as part of water use minimization in industrial sites. Aceito em primeira etapa para publicação no Resources, Conservation & Recycling Journal, março de 2008.
5. KIPERSTOK, A.; KALID, R.; SALES, E.; OLIVEIRA-ESQUERRE, K. P.; SOUZA, L.; MATTOS, M. C.; CARVALHO, E.; TEIXEIRA, L. S.; BRAGA, B.; ASSIS, B.; SILVA, S.; MENDES, C.; PIRES, V. M.; MOCOCAIN, F.; HORTÉLIO, S.; ANDRADE, S.; Metodologia Teclim e o Projeto Ecobraskem: Otimização ambiental do uso da água e geração de efluentes. Submetido para publicação na Revista Tecbahia (2008).
6. LISBOA, J. F. e IOCHPE, C. – Introdução a Sistemas de Informações Geografias com Ênfase em Banco de Dados. Universidade de Buenos Aires, Argentina, (1996).