

AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO NA ÁREA DA USINA DIESELÉTRICA DA CEEE SANTA VITÓRIA DO PALMAR-RS

Geól. Marcos Imério Leão¹ Eng. Nelson O. Luna Caicedo¹ Eng. Jorge Carvalho²

Resumo - O presente estudo de “AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO NA USINA DIESELÉTRICA DE SANTA VITÓRIA DO PALMAR, RS” resultou da solicitação da CEEE, Companhia Estadual de Energia Elétrica, ao IPH, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS, em março de 1998, para caracterizar a contaminação produzida pelos derrames de óleo diesel e óleo lubrificante da usina nas áreas contíguas, tendo em vista a falta de dados científicos detalhados, que subsidiassem a adoção de eventuais medidas preventivas e/ou mitigadoras por parte da CEEE.

Abstract - The present study “EVALUATION OF THE CONTAMINATION IN THE DIESELÉTRIC PLANT AT SANTA VITÓRIA DO PALMAR, RS, resulted from a request from CEEE (State Company for Electricity Generation) to IPH (Hydraulic Research Institute of UFRGS) in March 1998 to characterise contamination produced by spillages of diesel oil and lubricating oil from the plant, taking account of the lack of detailed scientific data to provide the eventual basis for preventive and/or mitigating action by CEEE.

Palavras-chave - Contaminação, água subterrânea, óleo diesel

¹ Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS, Av. Bento Gonçalves 9500, Caixa Postal 15029, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS. Fone: (051)316.6655- 3166416. Fax: (051)316.6565. E-mail: imerio@if.ufrgs.br : caicedo@if.ufrgs.br

² Companhia Estadual de Energia Elétrica – CEEE. Rua Cel. DeDeus 1357, CEP 96230-000, Santa Vitória do Palmar, RS, Fone: (053)9833398

INTRODUÇÃO

Em 1974, a CEEE, instalou no município de Santa Vitória do Palmar, para geração de energia elétrica, grupos geradores, que operam com óleo combustível, água para resfriamento e óleo lubrificante. Os excedentes líquidos da operação e manutenção dos grupos de geração, provocam derrames superficiais, os quais, na época das chuvas, são transferidos para fora da Usina, deixando manchas de óleo ao longo dos formadores do sistema de drenagem superficial (ruas, canais naturais e artificiais). A CEEE preocupada com os aspectos ambientais produzidos por esses derrames, contratou o IPH/UFRGS, para realizar um estudo de avaliação da contaminação provocada pela Usina. O estudo foi direcionado para atender de forma exaustiva e objetiva, os itens solicitados pelo Ministério Público da Comarca de Rio Grande, RS, na sua ação movida pela comunidade de Santa Vitória do Palmar, no Rio Grande do Sul.

O funcionamento dos grupos geradores, consome diariamente de 15.000 a 20.000 litros de óleo diesel, podendo chegar a 35.000 litros na época da colheita do arroz, onde a demanda elétrica praticamente dobra à normal. Também, são consumidos diariamente para lubrificação, em torno de 500 litros de óleo, e para resfriamento dos grupos geradores aproximadamente 30.000 litros de água. Tanto o óleo diesel como o óleo combustível e a água de refrigeração, provocam excedentes líquidos que se espalham na superfície do terreno.

Parte dos excedentes líquidos da operação dos grupos geradores, são conduzidos, por tubulações, até um tanque subterrâneo de armazenamento onde a água e o óleo convivem formando uma interface, com o óleo ficando por cima da água por ser mais leve. A água e o óleo são separados por bombeamento individual de cada face na caixa de coleta. A água vai para fora da usina e percorre o sistema de drenagem superficial das áreas contíguas à Usina, e o óleo é conduzido por tubulações internas para tanques superficiais de armazenamento, localizados dentro da área da usina. O processo de separação do óleo e da água é manual, a sentimento do operador da bomba de sucção. O óleo recuperado é posteriormente vendido sob forma de sucata, atingindo um volume de 300 a 500 litros por dia.

A outra parte dos excedentes líquidos da operação dos grupos de geração, a taxa de contaminação do solo e da água do subsolo, estimada em 5 litros de óleo por dia, é derramada na superfície do terreno e infiltrada na camada de solo superficial. A contaminação da superfície do terreno, se mostra mais crítica na época das chuvas de longa duração, freqüentes nessa região na época do inverno. O solo após a saturação, perde a capacidade de infiltração, passando a formar escoamento superficial, carregando uma mistura de óleo e água pela rede de drenagem natural (cursos de água) e artificial (ruas e drenos superficiais), deixando manchas de óleo de cor preta a marrom escuro, características da contaminação por óleo.

A contaminação da água subterrânea, somente pode acontecer quando os excedentes da infiltração, a taxa de recarga natural, atingirem valores apreciáveis, valores que são baixos nessa área pela presença da camada de argila localizada imediatamente abaixo da camada superficial de solo, ou caso haja uma ruptura da camada de argila. Foi

feita a amostragem da água subterrânea através de uma rede de piezômetros instalados para essa finalidade. Como a contaminação se dá basicamente por óleos derivados do petróleo, a análise de hidrocarbonetos totais e o teor de óleos e graxas vegetais e animais, são bons estimadores da contaminação subterrânea e sua extensão.

O estudo foi direcionado para atender, de forma exaustiva e objetiva, os itens solicitados pelo Ministério Público da Comarca de Rio Grande, RS, na sua ação movida pela comunidade de Santa Vitória do Palmar, RS, objetivando:

- colher informações sobre a contaminação do solo e da água do subsolo;
- propor um plano de medidas preventivas e/ou remediadoras

A Usina Dieselétrica de Santa Vitória do Palmar, objeto deste estudo, está localizada na sede do município de Santa Vitória do Palmar, no estado do Rio Grande do Sul (figura 1). A Usina ocupa uma área de 4 hectares, sendo limitada pelas ruas Cel. DeDeus e Bento Gonçalves, estando situada no bairro Coxilha.

GEOLOGIA REGIONAL

A região em estudo encontra-se situada no extremo sul do Brasil, onde ocorrem sedimentos de idades Holocênica e Pleistocênica. Segundo Villwock & Tomazelli (1995), a região está inserida na Planície Costeira, e classificada, conforme a ocorrência de sedimentos, em Sistema Laguna-Barreira III e Sistema Laguna-Barreira IV.

O Sistema Laguna-Barreira III é constituído por depósitos praias marinhos e eólicos e de retrabalhamento eólico atual. O Sistema Laguna-Barreira IV é constituído por depósitos lagunares, praias, eólicos, paludais, deltáicos e fluviais.

Na área da Usina Dieselétrica de Santa Vitória do Palmar, ocorrem depósitos de areias finas, areias siltico-argilosas e argilas. A seqüência sedimentar que ocorre na área, não apresenta grandes variações na granulometria das camadas.

AValiação da Contaminação na Usina

Para efetuar a caracterização hidrogeológica e hidroquímica do aquífero visando a avaliação da contaminação produzida pela Usina Dieselétrica, foram empregadas as seguintes técnicas: instalação de piezômetros, métodos geoeletricos (sondagens elétricas verticais), ensaios de infiltração e teste do piezômetro, coleta de amostras de água superficial e subterrânea, teste de bombeamento, coleta de amostras de solo em furos de sondagem e descrição geológica da área perfurada.

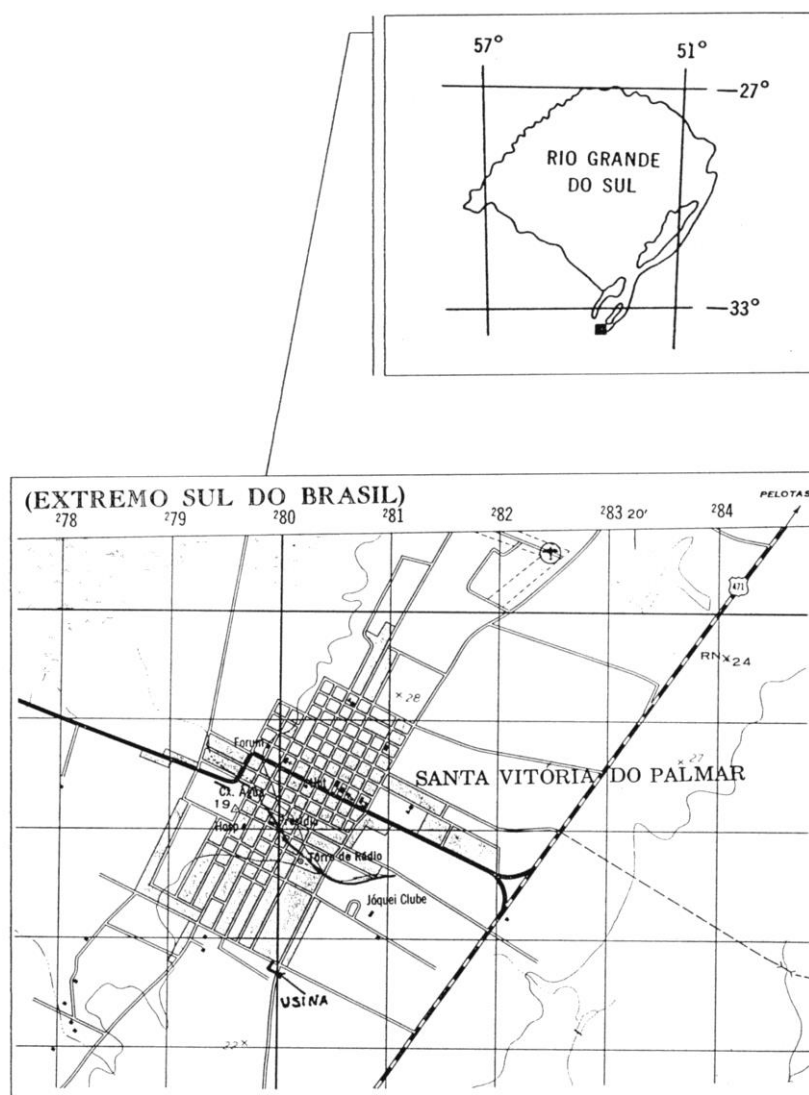


Figura 1 - Localização da área dentro do Estado e no município

Instalação de piezômetros

Com a finalidade de se conhecer o comportamento das águas subterrâneas na área da Usina e no seu entorno, foram selecionados oito locais para perfuração de piezômetros. As perfurações dos piezômetros foram feitas fora da área da Usina, evitando-se assim que os mesmos se transformassem em pontos de contaminação. Foram perfurados piezômetros no entorno da Usina, na Av. Bento Gonçalves na direção do arroio que drena a cidade, na rua Campos Neutrais e no Posto de Saúde. Além dos oito piezômetros, foram selecionados três poços existentes na região, duas cacimbas e um poço tubular.

Os piezômetros foram construídos com PVC, com diâmetro de 2 polegadas, e a parte filtrante foi feita através de furos no PVC e recobertos com *bedim* para evitar a entrada de areia no piezômetro. Os piezômetros, após serem perfurados, receberam uma base de cimento, foram identificados numericamente e, foram nivelados topograficamente. As perfurações dos piezômetros mostraram a seguinte seqüência litológica:

0,0 m -	0,60 m -	solo arenoso escuro
0,60 m -	3,50 m -	argila arenosa cinza
3,50 m -	6,00 m -	areia argilosa
6,00 m -	11,00 m -	areia clara

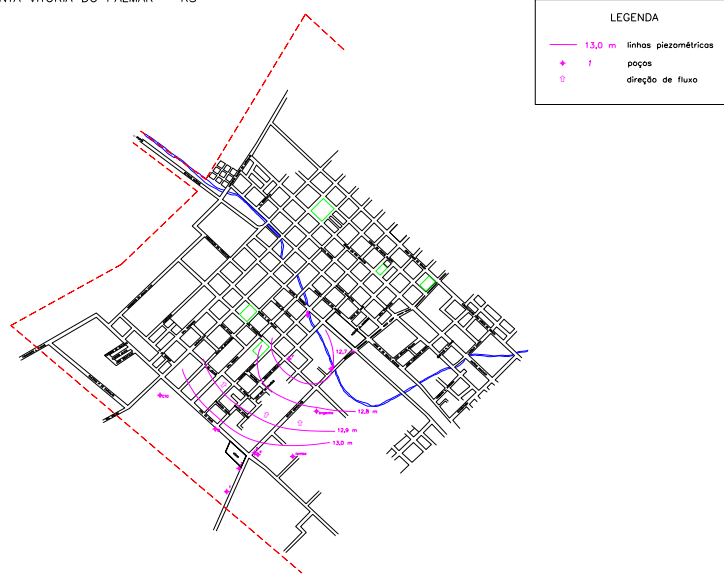
A seqüência litológica mostra que há uma espessa camada de argila que funciona como uma capa protetora contra a infiltração de qualquer líquido. Esta seqüência é típica de área litorânea, onde ocorrem sedimentos praias e lagunares de idade Quaternária, que de maneira geral, são compostos por areias finas, areias siltico-argilosas e argilas. Os níveis das águas subterrâneas, nos piezômetros, estão entre 5,0 m e 12,0 m de profundidade.

Com o objetivo de se aumentar o número de pontos monitorados, selecionou-se mais três pontos; um poço tubular na área do tambo de leite pertencente ao Engenho, e duas cacimbas, uma no Engenho de arroz e outra no CTG.

Foram instaladas duas réguas linimétricas no Arroio que drena a cidade de Santa Vitória, uma régua na altura da Av. Bento Gonçalves e outra na altura da rua Campos Neutrais, com a finalidade de se comparar os níveis das águas subterrâneas com as do Arroio.

A localização dos piezômetros pode ser vista no Mapa Piezométrico. Esse mapa mostra o sentido regional do fluxo das águas subterrâneas (figura 2).

Fig. 2. – MAPA PIEZOMÉTRICO DA ÁREA DE ESTUDO
EM SANTA VITÓRIA DO PALMAR – RS



Métodos Geoeletricos

Dentre os procedimentos empregados na caracterização hidrogeológica da área da Usina e seus arredores, foram utilizados os métodos geofísicos geoeletricos, através da técnica de Sondagem Elétrica Vertical (SEV). Esta técnica foi empregada com os objetivos de: (1) definir a profundidade do freático, na área da Usina e seus arredores, para a elaboração do Mapa Piezométrico; (2) auxiliar na caracterização litológica de subsuperfície. A opção por esta técnica justifica-se pelos seguintes motivos:

- constitui-se num procedimento de investigação geofísica bastante rápido e versátil, pouco afetado pelas dificuldades operacionais impostas pela operação da Usina;
- permite detalhamento litológico, separando materiais argilosos e arenosos, o que levou ao conhecimento do aquífero em profundidades maiores;
- trata-se de uma técnica mundialmente consagrada para a determinação da posição do nível da água, cuja informação é fundamental para a elaboração do Mapa Piezométrico;
- permite a obtenção de resultados com uma precisão totalmente compatível com as escalas dos produtos requeridos neste trabalho.

As atividades geofísicas foram executadas por firma especializada e desenvolvidas na parte interna (pátio) da Usina e nos seus arredores.

Utilizou-se um poço da CORSAN – Companhia Riograndense de Saneamento, localizado na Av. Bento Gonçalves, próximo da Usina, com 38,7 metros de profundidade, para comprovação dos estudos geoeletricos, com a seqüência litológica abaixo descrita:

Tabela 1 – Descrição litológica do poço G377/ CORSAN

NÍVEL	PROF. (m)	MATERIAL
1)	0 a 1 m –	areia siltosa
2)	1 a 2,8 m –	areia argilosa
3)	2,8 a 7 m –	argila
4)	7 a 12,3 m –	areia média pouco argilosa
5)	12,3 a 19,4 m -	areia média
6)	19,4 m –	nível d'água
7)	19,4 a 37,6 –	areia média
8)	37,6 a 38,7 –	argila arenosa

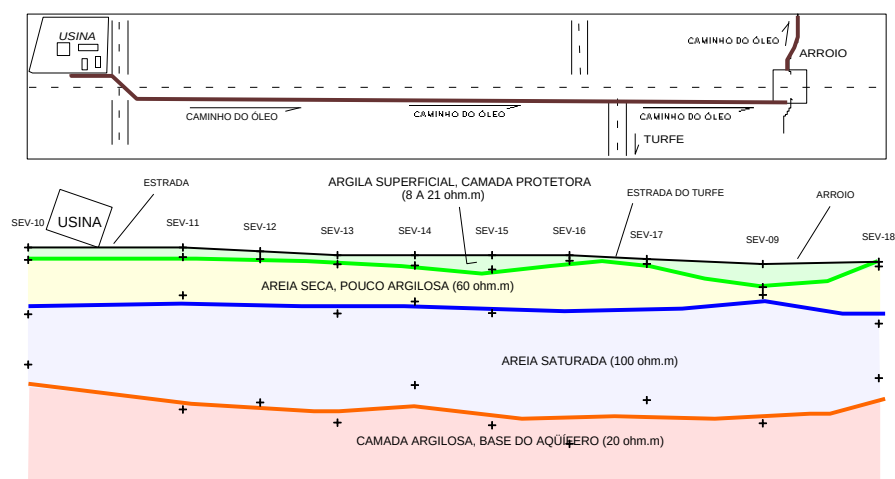


FIGURA 3. SEÇÃO LONGITUDINAL - USINA ATÉ O ARROIO

Delimitação do aquífero

O uso combinado dos métodos elétrico e sísmico permitiu determinar com relativa segurança três níveis bem definidos na seqüência (figura 3). O primeiro corresponde à profundidade da base da camada argilosa superficial (3 na descrição do poço G377, Tabela 1). O segundo, corresponde ao nível d'água no interior da camada de areia média, separando seco de saturado (6 na descrição do poço G377, Tabela 1). O terceiro nível corresponde à profundidade da base do aquífero (limite entre 7 e 8 na descrição do poço G377).

A eletroresistividade definiu o primeiro nível, correspondendo à base da camada argilosa superficial. Essa apresentou em toda área estudada uma espessura média de 2,5 metros (mínimo de 1,2 e máximo de 7 metros).

O segundo nível foi melhor determinado pela sísmica, que indicou uma profundidade média para o nível d'água de 12,9 metros, variando entre 7,7 e 19,5 metros.

O terceiro nível, correspondente a base do aquífero, foi definido pela eletroresistividade. A profundidade média encontrada foi de 38,8 metros, e a variação entre 30 e 57 metros.

Ensaio de infiltração e teste do piezômetro

Foi também feita coleta de dados de infiltração e teste do piezômetro visando a caracterização hidráulica do solo na área da Usina. Os dados de infiltração foram colhidos através do método dos cilindros concêntricos, o qual utiliza cilindros metálicos de 3 mm de espessura e 30 cm de altura, com diâmetros de 30 e 50 cm, respectivamente. Aos dados de infiltração foram ajustados a equação de Kostiakov (Cauduro e Dorfman, 1987), tanto para a lâmina total infiltrada, como para a velocidade de infiltração média. Na tabela 2, mostra-se o local do ensaio, o tipo de solo, as equações ajustadas para a lâmina infiltrada e a velocidade de infiltração média, e o valor da infiltração básica.

Tabela 2. Ensaio de Infiltração. Parâmetros de Kostiakov

Local	Tipo de solo	Lâmina(mm)	Infiltração(mm/h)	I.Básica(mm/h)
P1	Argiloso	$L = 22,9 t^{0,19}$	$I = 261,06 t^{-0,81}$	8,49
P2	Argiloso	$L = 33,10 t^{0,28}$	$I = 556,08 t^{-0,72}$	17,26

I. Básica = Infiltração Básica

Os parâmetros da equação de Kostiakov acima encontrados, caracterizam solos com baixa capacidade de infiltração da água da chuva. Isto leva-nos a concluir que o grosso das chuvas tombadas na área da Usina transformam-se em escoamento superficial.

O método do piezômetro, para medir a condutividade hidráulica do solo, foi empregado porque o freático encontra-se à profundidade de 12 m, aproximadamente. Como a camada de solo, no caso a camada de argila localizada a 0,25 m abaixo da superfície do terreno, está acima do freático, o método consiste em abrir um poço, enchê-lo com água e medir a velocidade de rebaixamento do seu nível. Na tabela 3, mostra-se o local do ensaio, o método de cálculo utilizado e o valor da condutividade hidráulica saturada.

Tabela 3 Condutividade hidráulica saturada (cm/s) da camada a 25 cm de profundidade.

Local	Método de Ferris	Método de Bouwer	Método de Cooper
P1	$1,385 \times 10^{-5}$	$8,000 \times 10^{-4}$	$3,54 \times 10^{-4}$
P2	$1,385 \times 10^{-5}$	$2,445 \times 10^{-3}$	$5,67 \times 10^{-4}$

Os valores de condutividade hidráulica acima encontrados, caracterizam solos argiloarenosos com baixa mobilidade de água, constituindo-se em barreiras impermeáveis ou quase impermeáveis, que impedem o deslocamento vertical da água da chuva em direção ao freático. Isto permite concluir que a recarga natural ao freático é extremamente baixa, consequentemente, a recarga de água e óleo, produzida pela operação da Usina, fica dificultada por essa camada argilosa de solo, diminuindo o risco de contaminação da água subterrânea.

Teste de aquífero por bombeamento e recuperação

Foram estimados o coeficiente armazenamento e a transmissividade do reservatório de água subterrânea mais superficial, o freático, com maior risco de contaminação. Os testes de aquífero por bombeamento conduzidos em campo, permitiram medir os rebaixamentos no próprio poço, para posterior comparação com os rebaixamentos calculados por equações matemáticas, tais como os métodos de Theis (McWhorter e Sunada, 1977). A tabela 4 mostra o local onde foi realizado o teste, o aquífero controlado pelo poço, a fase do teste e a descarga utilizada. Os valores da transmissividade e armazenamento foram estimados pelo método de Theis.

Tabela 4 - Teste de aquífero por bombeamento

Local	Aquífero	Fase do teste	Q(m ³ /min)	T(m ² /min)	S
Engenho	Freático	Bombeamento	0,06	0,0031	0,13
Engenho	Freático	Recuperação	0,06	0,0058	0,29

Os valores de transmissividade média de 0,0045 m²/min, ou 6,50 m²/dia, caracterizam aquíferos com baixa capacidade de transmissão e produção de água subterrânea. Já em relação ao coeficiente de armazenamento o valor é alto, ou seja alta capacidade de retenção de água, que é uma característica da argila.

Amostragem de água subterrânea

Foram coletadas amostras de água subterrânea nos piezômetros P3, P5, P6 e nas cacimbas do Engenho de arroz e do CTG, para análise de parâmetros físico-químicos em laboratório, e no campo com o auxílio equipamento HORIBA, foram medidos valores de: pH, condutividade elétrica, temperatura e salinidade.

Após essas leituras, as amostras foram convenientemente adequadas para transporte até o laboratório de análise química do Centro de Ecologia da UFRGS para análise de óleos e graxas vegetais e animais e hidrocarbonetos minerais.

A amostragem foi feita em duas oportunidades, no mês de novembro de 98, no começo do verão com chuvas muito escassas, e no mês de maio de 99, com temperaturas mais amenas e chuvas mais frequentes. A segunda amostragem foi feita com a finalidade de comprovar a grandeza dos valores encontrados na primeira amostragem, bem como para verificar os valores dos pontos brancos, isentos de contaminação. Assim, foi escolhida e analisada a água das cacimbas do Engenho e do CTG, distantes 500 e 900 metros, respectivamente, da Usina da CEEE. Estes locais foram escolhidos pelas poucas chances de contaminação superficial e subterrânea apresentadas. As tabelas 5 e 6 mostram os valores dos parâmetros medidos no campo, e os valores de óleos e graxas e de hidrocarbonetos analisados em laboratório.

Tabela 5 - Resultado da análise de amostras de Água Subterrânea (Nov. 98)

Local	P3	P5	P6	Engenho	CTG
Ph	5,72	6,23	6,22	5,96	-
Condutividade ($\mu\text{mhos/cm}$)	297	390	435	384	-
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	20,3	19,0	19,0	20,2	-
Salinidade (%)	0,01	0,01	0,01	0,01	-
Óleos e Graxas (mg/L)	5,4	3,8	2,4	4,0	-
Hidrocarbonetos (mg/L)	3,6	2,2	1,0	1,6	-

Tabela 6 - Resultado da análise de amostras de Água Subterrânea (Maio 99)

Local	P3	P5	P6	Engenho	CTG
Ph	6,13	6,18	6,23	6,03	6,13
Condutividade ($\mu\text{mhos/cm}$)	324	289	488	407	266
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	18,4	18,7	19,2	18,3	18,2
Salinidade (%)	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Óleos e Graxas (mg/L)	2,5	3,1	5,7	2,7	3,0
Hidrocarbonetos (mg/L)	2,2	3,0	3,9	2,4	2,3

O estudo das tabelas acima permite tirar as seguintes conclusões: a condutividade que expressa a habilidade da água em conduzir a corrente elétrica, devido a presença de substâncias ionizadas dissolvidas, apresenta na água amostrada do aquífero, alta condutividade, porém abaixo do limite tolerável de 500 $\mu\text{mhos/cm}$. Entretanto, a salinidade que é proporcional à condutividade, é aceitável em todos os piezômetros observados.

A temperatura da água dos aquíferos apresenta valores satisfatórios e normais. Na primeira campanha a temperatura média observada foi em torno de 20°C, enquanto que na segunda campanha foi em torno de 18°C.

O potencial de hidrogênio pH, que expressa a concentração de íons hidrogênio de uma solução, apresentou nas duas campanhas valores em torno de 6,0. Em ambas as campanhas, os valores de pH encontrados, estão dentro dos limites admissíveis que variam entre 5,5 e 9,5.

Em relação aos teores de óleos e graxas vegetais e animais, os valores encontrados nas cacimbas do Engenho e do CTG são relativamente altos. Isso acontece em função das cacimbas serem precariamente protegidas e estarem expostas, principalmente, ao vento carregado com poeira de origem animal e vegetal, além da existência de silos para estocagem de arroz, bem como instalações de tratamento e carregamento de gado para o abate. Por outro lado, os valores encontrados nos piezômetros P3, P5 e P6, são muito parecidos com os valores encontrados nas cacimbas do Engenho e do CTG, indicando que a água do freático apresenta os mesmos teores,

mesmo nestes piezômetros, especialmente instalados para o estudo, localizados muito perto do fonte de contaminação, ao longo do sistema de drenagem superficial.

Os teores de hidrocarbonetos minerais encontrados nas cacimbas do Engenho e do CTG apresentam também valores relativamente altos. Isto se deve ao fato de usarem bombas submersas e à falta de proteção sanitária das cacimbas. A água delas retirada, serve para lavagem de veículos e maquinários agrícolas e para irrigação de pastagens. No caso da cacimba do CTG, deve-se destacar que, pelo fato de estar localizada a oeste da Usina, onde os ventos predominantes levam consigo as partículas resultantes da exaustão dos geradores termoelétricos, que produz chuva ácida, os teores de hidrocarbonetos são relativamente altos. Os valores encontrados nos piezômetros, refletem a influência do dreno que conduz os efluentes, no caso do P3, e do arroio Santa Vitória, no caso do P5 e P6, localizados em planícies aluvionares, mostrando uma leve contaminação nessas áreas, principalmente por existir uma ligação hidráulica entre o freático e o arroio Santa Vitória. Na época das chuvas e quando ocorre uma precipitação mais intensa, o nível das águas do arroio se eleva rapidamente fazendo com que as águas do arroio alimentem o freático. Em condições normais o freático alimenta o arroio.

Na campanha de maio de 99, as amostras de água subterrânea, serviram para a determinação de teores de metais por Espectrofotometria de Absorção Atômica. Os valores encontrados, foram comparados com os valores recomendados pela Resolução CONAMA número 20 para águas de abastecimento de Classes 1 e 2. Os valores da tabela 7 mostram que as águas do freático são satisfatórias em relação ao: Cromo (Cr), Cádmio (Cd), Níquel (Ni), Manganês (Mn) com exceção do P6. Por outro lado, os valores não são satisfatórios em relação ao Cobre (Cu), Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb). Nota-se também que em relação ao Mercúrio, os valores encontrados nas cacimbas do Engenho (ENG) e do CTG são elevados, acreditando seja pelos mesmos motivos apontados em relação aos óleos e graxas vegetais ou animais e hidrocarbonetos. Em relação ao Chumbo, nesses pontos os valores são pequenos comparados com os encontrados nos piezômetros especialmente construídos para este estudo.

Tabela 7 – Resultados Análise de Metais nas Águas Subterrâneas (Maio/99)

Local	Cr(µg/l)	Cu(µg/l)	Cd(µg/l)	Ni(µg/l)	Zn(mg/l)	Mn(mg/l)	Hg(µg/l)	Pb(µg/l)
P-3	1,18	57,0	0,123	Nd	0,049	0,019	0,090	17,2
Engº	0,805	3,33	0,171	Nd	0,035	0,033	0,386	2,64
P-5	0,955	21,5	0,119	Nd	0,062	0,081	0,107	38,9
P-6	2,20	25,2	0,213	2,62	0,094	0,298	0,412	52,5
CTG	0,875	7,90	0,075	Nd	0,057	0,031	0,388	2,48

Amostragem de água superficial

Foram realizadas duas campanhas, uma em novembro de 98 e outra em maio de 99, na mesma época em que foram feitas as campanhas de coleta de água subterrânea.

Foram coletadas amostras de água superficial em pontos estratégicos ao longo da drenagem superficial por onde escoam os efluentes. São eles: na saída dos efluentes

líquidos junto à Usina, na foz do dreno superficial que conduz esses efluentes até o arroio Santa Vitória, no arroio Santa Vitória a montante da confluência com o dreno superficial e no mesmo arroio a jusante da mesma confluência.

Os valores apresentados nas tabelas 8 e 9, podem ser comparados com os padrões de efluentes líquidos lançados na natureza. O padrão estabelecido pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental), órgão oficial do Estado do Rio Grande do Sul, responsável pela licença de operação de instalações industriais, é de 25 mg/l para óleos e graxas vegetais ou animais, e de 10 mg/l para hidrocarbonetos minerais. Estes limites não foram ultrapassados pelos valores observados nos pontos estratégicos, na campanha de novembro de 98, devido à ausência de chuvas na época. Já no caso da campanha de maio de 99, esses valores foram ultrapassados muitas ordens de grandeza principalmente no dreno superficial que conduz os efluentes até o arroio, isto se deve à forte chuva ocorrida na noite anterior à coleta, produzindo escoamento superficial e aumentando a concentração do efluente. Deve-se salientar, mais uma vez, que esses padrões são de efluentes líquidos, limitando o uso das águas do dreno superficial e do arroio Santa Vitória ao consumo e uso humanos.

Tabela 8. Resultado da análise de amostras de Água Superficial (Nov. 98)

Local	Saída Usina	Foz Dreno	Arroio (M)	Arroio (J)
Óleos e Graxas (mg/l)	5,0	8,4	9,6	24
Hidrocarbonetos (mg/l)	3,0	3,4	6,4	23

M = Montante; J = Jusante

Tabela 9. Resultado da análise de amostras de Água Superficial (Maio 99)

Local	Saída Usina	Foz Dreno	Arroio (M)	Arroio (J)
Óleos e Graxas (mg/l)	9,4	528	-	24
Hidrocarbonetos (mg/l)	5,2	113	-	23

M = Montante; J = Jusante

Na campanha de maio de 99 foi feita a determinação de metais dos efluentes líquidos, ao longo de pontos estratégicos do escoamento superficial em direção à Lagoa Mirim. Os valores da tabela 10 mostram que os teores são satisfatórios em relação aos metais analisados: Cromo (Cr), Cádmio (Cd), Níquel (Ni), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb). Entretanto, esses valores não recomendam o uso dessas águas superficiais para o consumo humano.

Tabela 10. Resultados Análises de Metais nas Águas Superficiais (Maio/99)

Local	Cr(µg/l)	Cu(µg/l)	Cd(µg/l)	Ni(µg/l)	Zn(mg/l)	Mn(mg/l)	Hg(µg/l)	Pb(µg/l)
Usina	1,25	23,5	0,209	Nd	0,374	0,390	2,45	12,6
Arroio	15,7	21,4	0,184	3,0	0,094	0,389	0,066	67,5
Arr/Js	8,2	12,7	0,122	5,65	0,115	0,013	0,364	14,4

Arr/Js = Arroio Jusante

Amostragem de solo em furos de sondagem

A coleta de amostras de solo foi feita através da perfuração de 20 (vinte) furos de sondagem dentro e no entorno da Usina. Esta atividade foi executada com o auxílio de perfuratriz de pequeno porte utilizando-se o sistema percussivo.

Um amostrador com diâmetro de uma polegada, cravado no solo com o auxílio de martelo pneumático possibilitou a amostragem e descrição da estratigrafia do solo, bem como análise tátil-visual e olfativa do mesmo.

A amostragem foi feita em diferentes profundidades, considerando a variação de litologia e/ou grau de contaminação. Foram coletadas e adequadas convenientemente, um total de 87 amostras de solo, para o transporte até o laboratório do Centro de Ecologia da UFRGS para análise de óleos e graxas e hidrocarbonetos.

Os levantamentos efetuados no local objetivaram a caracterização subsuperficial da área sob o ponto de vista geológico e hidrogeológico definindo as camadas constituintes do subsolo, a identificação e quantificação relativa dos indícios de combustíveis no solo através das análises tátil-visuais e olfativas do solo.

Dentro dos limites da usina, as sondagens foram locadas nos pontos onde foi possível se observar um maior acúmulo de óleo e graxa na superfície do terreno. Esses locais coincidiram com as áreas da usina onde se processa a queima, armazenamento e transporte de combustíveis. As sondagens visaram cercar estas estruturas e delimitar a extensão destas manchas em subsuperfície.

Como o objetivo era justamente avaliar as extensões vertical e horizontal da contaminação oriunda de superfície, julgou-se como sendo o limite inferior da sondagem o ponto onde não era possível sentir-se qualquer efeito olfativo-visual e textural da suposta contaminação.

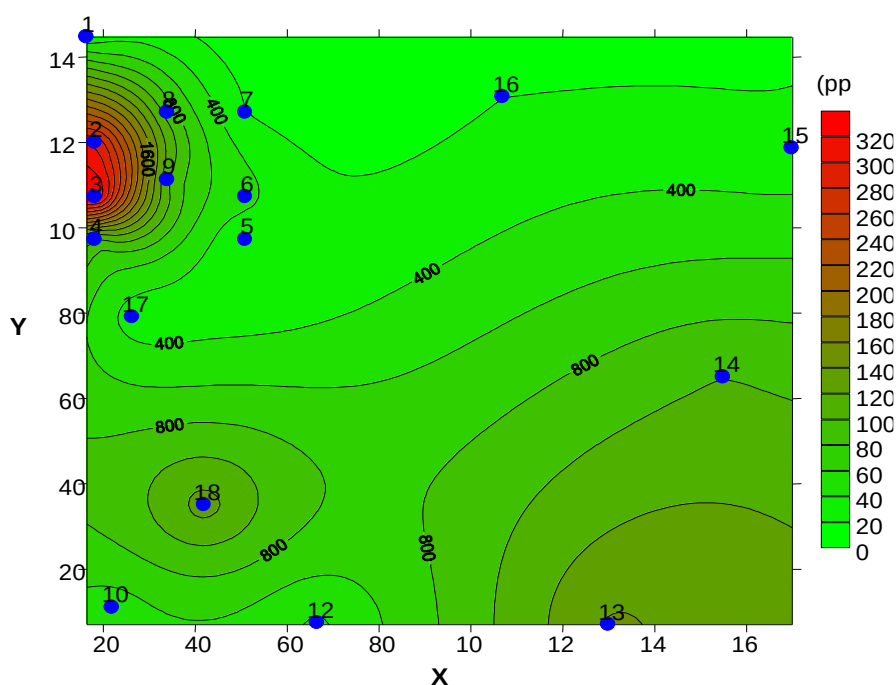
Os perfis foram divididos em intervalos de acordo com mudanças de pelo menos uma das características citadas acima. Cada intervalo destes foi devidamente amostrado, embalado e identificado para posterior análise química.

Avaliação da Contaminação do Solo

Praticamente todas as sondagens efetuadas nos limites da usina e próximas as estruturas de estocagem, armazenamento e processamento de óleo, apresentaram indícios visuais-olfativos de contaminação. Esta contaminação manifesta-se através de forte cheiro e de uma impregnação de coloração cinza escura no solo. As camadas mais afetadas são as mais superficiais e permeáveis, isto é, o óleo tende a saturar as lentes mais arenosas. De certa forma a estratigrafia das camadas sondadas apresenta-se bastante homogênea, e a contaminação, com base nos critérios adotados, não ultrapassa a profundidade de 1,20 m. As sondagens realizadas fora dos limites da usina apresentam esta mesma tendência. Em nenhuma das sondagens foi encontrado o freático, porém em algumas delas foi detectado uma saturação por água e óleo superficiais devido a barreira impermeável imposta pelas camadas argilosas subseqüentes.

Os resultados das análises mostraram dois grandes focos de contaminação tanto por óleos e graxas, como por hidrocarbonetos. Tais focos estão localizados, junto aos tanques de armazenamento de óleo diesel e sucata de óleo, e junto à área dos geradores, sendo que a concentração da primeira área é muito maior que a da segunda.

Com a finalidade de representar a variação espacial das concentrações médias dentro da área da Usina, foi utilizado o aplicativo SURFER, baseado em princípios geoestatísticos, e mostram, mais uma vez, a presença dos dois grandes focos de contaminação dentro da área da Usina, anteriormente mencionados, figura 4.



Obs.: A variável Z corresponde a média dos resultados da análise

Figura 4 . Contaminação por hidrocarbonetos

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Trata-se de um caso de contaminação do solo, da água do subsolo e da água superficial do sistema de drenagem que transporta os efluentes da Usina até a Lagoa Mirim, último reduto da rede de drenagem superficial.

O solo contaminado encontra-se principalmente dentro da Usina, em vários graus de saturação por óleo, tanto na área de estocagem de diesel, quanto na área ocupada pelos geradores. Na primeira, a contaminação por hidrocarbonetos e óleos e graxas, é muitas ordens de grandeza maior que na segunda.

Externamente à usina, o solo também encontra-se contaminado ao longo das calhas da rede de drenagem superficial, composta por canais artificiais e naturais, ruas e avenidas que transportam óleo dissolvido, principalmente durante a época das chuvas.

Além das áreas mencionadas, parte do óleo derramado desde o início da operação da Usina, deve ter sido depositado na Lagoa Mirim, último reduto do sistema de drenagem superficial, dissolvido na água ou constituindo parte dos sedimentos de fundo.

A água do freático, reservatório de água subterrânea que fica mais perto da superfície do terreno, também está contaminada por hidrocarbonetos provenientes do petróleo e óleos e graxas vegetais ou animais, bem como por metais pesados tais como: Cobre (Cu), Mercúrio (Hg) e Chumbo (Pb). Estes índices desaconselham o uso desta água para consumo humano. Por outro lado, essas águas podem ser usadas para finalidades menos nobres, tais como, lavagem de carros e maquinários de lavoura, lavagem de pátios, calçadas e ruas, etc.

Nos aquíferos mais profundos, onde a CORSAN retira água para abastecimento público, de acordo com informações da própria, não foi constatada a existência de contaminação. Dentro da área da Usina, existe um poço da CORSAN, com 39 metros de profundidade, construído em 1968, atualmente em uso, retirando uma vazão de 18 m³/h, sem apresentar até presente data, qualquer indicio de contaminação.

As águas superficiais que saem da Usina, foram tratadas como efluentes, sem possibilidade de utilização, no estado atual de pureza, para o abastecimento público. A área estudada não possui mananciais superficiais com boa qualidade. O Arroio Santa Vitória, que atravessa a cidade e desemboca na Lagoa Mirim, pode ser denominado de “cloaca a céu aberto”, onde são lançados, além dos efluentes da Usina, esgotos domésticos, efluentes industriais, efluentes de postos de gasolina, efluentes de agro indústrias, além de ser receptor de todo tipo de lixo urbano (plástico, vidro, ferro, aço, alumínio, madeira, etc.).

As ações de prevenção devem considerar o maior controle dos derrames de óleo, principalmente na área de estocagem.

As ações de remediação, devem considerar a limpeza da área contaminada, incluindo a área da usina e o sistema de drenagem superficial. A remoção de solo contaminado deve ser seguida pela substituição por solo seco não contaminado.

O solo removido deve ser estocado cuidadosamente em lugares adequados, que poderá ser na área da Usina, onde deve sofrer processos de tratamento biológico ou

químico. A degradação biológica envolve o uso de hidrocarbonetos como fonte de energia das bactérias para a produção de compostos simples tais como H_2O e CO_2 a partir de moléculas complexas. A degradação química tenta tratar os contaminantes no local, através de injeção de substâncias químicas apropriadas. Estas substâncias químicas são geralmente adicionadas através de uma rede de poços de injeção.

A área escolhida para o tratamento, deve ser confinada sub-superficialmente com materiais de baixa permeabilidade, tanto nos lados como no fundo, de formas a evitar o espalhamento lateral e inferior, em direção a outros estratos, principalmente inferiores. A contaminação superficial, originada pela chuva, pode ser evitada cobrindo superficialmente o solo contaminado com materiais naturais ou artificiais, de modo a evitar a infiltração, e tendo um eficiente sistema de drenagem superficial que retire a água da chuva tombada na área, o mais rapidamente possível. O sucesso no desempenho dos selos superficiais diz respeito com a manutenção. Danos podem ser provocados pela erosão, dissecação com rachaduras, subsidência de camadas, destruição provocada por animais e plantas e deterioração de materiais.

Recomenda-se que seja feito um estudo da área da foz do Arroio Santa Vitória na Lagoa Mirim, para determinar qual o impacto causado pelo óleo proveniente da Usina. Para realização desse estudo, deve-se fazer um levantamento dos tipos de efluentes despejados no Arroio desde a Av. Bento Gonçalves até a foz na Lagoa Mirim.

Recomenda-se a adoção de medidas administrativas ou ações institucionais que podem ser tomadas para evitar problemas de saúde pública. As medidas administrativas visam proteger pontos de exposição potencial de água subterrânea contaminada. Focalizando, portanto, as fontes e os pontos de exposição, do que os contaminantes propriamente ditos. A seguir, são sugeridas algumas delas:

- evitar o uso do aquífero superficial nas áreas vizinhas a drenagem que sai da Usina até o Arroio Santa Vitória e, principalmente, ao longo do mesmo.
- monitoramento da qualidade das águas subterrânea e superficial, através da medida de níveis dos poços e coletas de água a cada 2 meses, para análises químicas de óleos e graxas, hidrocarbonetos e metais, pelo período de 12 meses.
- prevenir a população do risco à saúde, através de notificações, sobre o uso doméstico e consumo da água contaminada para a saúde humana.

BIBLIOGRAFIA

- BEDIENT, P.B. and others. 1993. Groundwater Contamination. Transport and Remediation. Prentice Hall, New Jersey.
- CAUDURO, F. A., Dorfman, R. 1990. Manual de ensaios de laboratório e de campo para irrigação e drenagem. Porto Alegre: IPH/UFRGS. 216 p.
- CONAMA – Resoluções . Conselho Nacional de Meio Ambiente.
- DOMENICO, P.A. and Schwartz, F.W., 1990. Physical and Chemical Hydrogeology, Wiley, New York.
- FETTER, C.W., 1993. Contaminant Hydrogeology. Macmillan, New York.

- McWHORTER, D.B., Sunada, D.K. 1977. Groundwater hydrology and hydraulics. Fort Collins: Water Resources Publications. 290p.
- SSMA- Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente. Portaria nº 05/89.
- U.S. Environmental Protection Agency, 1990. The National Water Quality Inventory. Washington, DC.
- VILLWOCK & TOMAZELLI, 1995. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. CECO/IG/UFRGS. Notas Técnicas, nº 8, Dezembro 1995.