



**Universidade Federal do Pará**  
**Centro de Geociências**  
Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica

**AVALIAÇÃO DO POTENCIAL POLUIDOR DE CURTUMES  
DO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI E INFLUÊNCIA  
SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS LOCAIS**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA POR

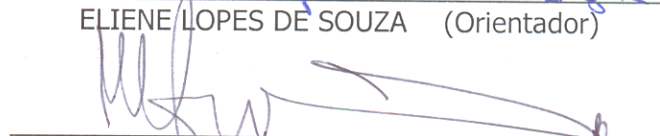
**FHÁBIO GLAYSON REIS PINHEIRO**

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Mestre em  
Ciências na Área de GEOLOGIA.

Data de Aprovação: **20 / 01 / 2005**

**Comitê de Tese:**

  
ELIENE LOPES DE SOUZA (Orientador)

  
WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA

  
SUELY SCHUARTZ PACHECO MESTRINHO

Belém



Dedico esta dissertação à minha família,  
por ter confiado em mim, ao longo destes anos de luta.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de fazer apologia à amizade e à sinceridade, imprescindíveis na vida. Felizmente, as encontrei nas pessoas que mencionarei aqui. Expresso meus sinceros agradecimentos:

A meus pais, Antônia e Armando, pela paciência, confiança e amor dado ao longo de minha existência.

Aos meus avós, Osmar e Maria de Lourdes, por serem o que são e, principalmente por me darem conforto e paz sempre que precisei.

Ao CPGG- UFPA pela oportunidade de poder realizar este trabalho;

À Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo;

À minha noiva, Érica Viana, por ser uma verdadeira amiga, que esteve sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida nestes sete anos de convivência. Te amo;

A meus tios, Elias, Naná, Sérgio e José Maria pelo apoio e incentivo, sempre;

A meu amigo Fábio Henrique pela sua valiosa amizade e por sua contribuição nas campanhas de amostragem;

A Francisco Ribeiro por contribuições e sua amizade ao longo destes anos;

A Aderson David, Kirkpatrik e Luiz Cláudio que me auxiliaram em campanhas de campo;

A Eliene Souza, pela sua orientação no TCC e Mestrado;

Aos colegas do Centro de Geociências, Daniele Gonçalves, Welka Moraes, Raimundo Firmino, Fabrício Dias, Natalina, Elem, Mariane, Cleber Ladeira, Gisele, Valéria, Calaf, Adriana, Marcelo Moreno, Tilico, Davis e àqueles que não mencionei;

Aos amigos Rui, Manoel, Ricardo, Rivaldo, Alexandre, Adriano. STAY HEAVY!;

Enfim a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

"Das coisas que levo na vida,  
o que mais me entristece,  
é que quando acerto  
ninguém lembra e quando erro  
ninguém esquece"

(Anônimo)

## SUMÁRIO

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| DEDICATÓRIA.....                                                 | i   |
| AGRADECIMENTOS.....                                              | ii  |
| EPÍGRAFE .....                                                   | iii |
| LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....                                        | vii |
| RESUMO.....                                                      | 1   |
| ABSTRACT .....                                                   | 2   |
| 1- INTRODUÇÃO .....                                              | 3   |
| 2- O DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI .....                       | 5   |
| 3- OBJETIVOS.....                                                | 7   |
| 3.1- OBJETIVOS GERAIS.....                                       | 7   |
| 3.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                                 | 7   |
| 4- ASPECTOS FISIOGRAFICOS.....                                   | 8   |
| 4.1- CLIMA .....                                                 | 8   |
| 4.2- GEOMORFOLOGIA .....                                         | 8   |
| 4.3- SOLO .....                                                  | 9   |
| 5- GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM ... | 11  |
| 5.1- GEOLOGIA REGIONAL .....                                     | 11  |
| 5.1.1- Formação Pirabas .....                                    | 11  |
| 5.1.2- Formação Barreiras.....                                   | 13  |
| 5.1.3- Sedimentos Pós-Barreiras .....                            | 14  |
| 5.1.4- Sedimentos Holocênicos .....                              | 14  |
| 5.2- HIDROGEOLOGIA.....                                          | 15  |
| 5.2.1- Aquíferos do Quaternário .....                            | 15  |
| 5.2.2- Aquíferos da Formação Barreiras .....                     | 15  |
| 5.2.3- Aquíferos da Formação Pirabas .....                       | 16  |
| 5.2.4- Qualidade das águas.....                                  | 16  |
| 6- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....                                   | 18  |

|                                                                                                           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6.1- VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS.....                                                                   | 18        |
| 6.2- CARGA POTENCIAL POLUIDORA.....                                                                       | 19        |
| 6.3- PROCESSO DA INDÚSTRIA DO COURO, SEUS EFLUENTES E SAÚDE HUMANA.....                                   | 24        |
| <b>7- MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                                                       | <b>27</b> |
| 7.1-LEVANTAMENTO DE DADOS.....                                                                            | 27        |
| 7.2- ANÁLISE DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO SEGUNDO A METODOLOGIA DE HASSUDA (1997).....                        | 29        |
| 7.3- AMOSTRAGEM DE ÁGUA.....                                                                              | 45        |
| 7.4- ANÁLISE DE ÁGUA .....                                                                                | 46        |
| 7.5- AMOSTRAGEM DO SOLO .....                                                                             | 46        |
| 7.6- ANÁLISE DO SOLO .....                                                                                | 47        |
| 7.6.1- Determinação do cromo.....                                                                         | 47        |
| 7.6.2- Determinação indireta de matéria orgânica.....                                                     | 48        |
| 7.6.3- Medida de pH .....                                                                                 | 49        |
| 7.6.4- Mineralogia .....                                                                                  | 49        |
| 7.6.5- Análise granulométrica .....                                                                       | 49        |
| 7.7- VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO .....                                                                    | 50        |
| 7.8- LEVANTAMENTO GEOFÍSICO.....                                                                          | 50        |
| <b>8- RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>                                                                   | <b>52</b> |
| 8.1- DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL DOS CURTUMES. ....                                                  | 52        |
| 8.2- AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL PELOS CURTUMES DO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI ..... | 57        |
| 8.3-HIDROGEOLOGIA LOCAL .....                                                                             | 60        |
| 8.4- ESTUDO DO AQUÍFERO LIVRE .....                                                                       | 62        |
| 8.4.1- Vulnerabilidade à contaminação .....                                                               | 62        |
| 8.4.2- Padrão de fluxo.....                                                                               | 70        |
| 8.4.3- Valores de pH .....                                                                                | 74        |
| 8.4.4- Condutividade elétrica .....                                                                       | 78        |
| 8.4.5- Caracterização e Classificação da água subterrânea .....                                           | 80        |



|                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.5- IGARAPÉS INFLUENCIADOS PELOS CURTUMES E SUAS CLASSIFICAÇÕES<br>SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20..... | 84  |
| 8.6- ESTUDO DA ZONA INSATURADA.....                                                                       | 91  |
| 8.6.1- Características granulométricas e mineralógicas.....                                               | 91  |
| 8.6.2- Teor de matéria orgânica e pH do solo.....                                                         | 93  |
| 8.6.3- Interpretação dos perfis de eletrorresistividade .....                                             | 93  |
| 9- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....                                                                        | 100 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                          | 102 |

## **ANEXOS .....**

|                                                         |     |
|---------------------------------------------------------|-----|
| ANEXO A- FICHA CADASTRAL DE ÁREAS CONTAMINADAS.....     | 111 |
| ANEXO B- FICHA CADASTRAL DE ÁREAS CONTAMINADAS.....     | 119 |
| ANEXO C- FICHA DE PONTUAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS ..... | 126 |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Figuras

|                                                                                                                                                                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 2.1-</b> LOCALIZAÇÃO DA ÁREA. JUNÇÃO DO MAPA DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM COM A ORTOFOTO DO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI-1998. FONTE: CPRM (2001) E COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E ADMINISTRAÇÃO DA ÁREA METROPOLITANA DE BELÉM (CODEM, 1998).....                           | 6  |
| <b>FIGURA 5.1-</b> COLUNA ESTRATIGRÁFICA E CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM. FONTE: CPRM( 2001).....                                                                                                                                                          | 12 |
| <b>FIGURA 8.1-</b> FORMA DE DISPOSIÇÃO DOS EFLUENTES GERADOS PELO CURTUME BRAGANÇA. (A) REPRESENTA A LAGOA DE INFILTRAÇÃO, (B) TRINCHEIRA CONSTRUÍDA PARA LEVAR EFLUENTES AO AFLUENTE DO IGARAPÉ TABOQUINHA E (C) REPRESENTA O LOCAL, ONDE O EFLUENTE ENCONTRA O AFLUENTE DO TABOQUINHA. .... | 56 |
| <b>FIGURA 8.2-</b> MORADOR DO DISTRITO INDUSTRIAL PESCANDO NO IGARAPÉ TABOQUINHA, QUE RECEBE EFLUENTES DE TRÊS CURTUMES E, EM DETALHE, SIRIS, PRODUTO DA PESCARIA. ....                                                                                                                       | 59 |
| <b>FIGURA 8.3-</b> PERFIL LITOLÓGICO DO POÇO TUBULAR DA TRAMONTINA, NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI.....                                                                                                                                                                                   | 61 |
| <b>FIGURA 8.4-</b> MODELO ADOTADO PARA A DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. SIMPLIFICADO DE FOSTER <i>ET AL.</i> (1988). ....                                                                                                                                            | 63 |
| <b>FIGURA 8.5-</b> MAPA GEOLÓGICO DO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI. MODIFICADO DE COSTA (2001).....                                                                                                                                                                                         | 64 |
| <b>FIGURA 8.6-</b> MAPA DE PROFUNDIDADE DA SUPERFÍCIE FREÁTICA.....                                                                                                                                                                                                                           | 65 |
| <b>FIGURA 8.7-</b> MAPA DE VULNERABILIDADE À CONTAMINAÇÃO DO AQUÍFERO LIVRE NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI. ....                                                                                                                                                                          | 69 |
| <b>FIGURA 8.8-</b> MAPA POTENCIOMÉTRICO E PADRÃO DE FLUXO SUBTERRÂNEO PARA O AQUÍFERO FREÁTICO, NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI . OS PONTOS EM LARANJA SÃO PONTOS DE CONTROLE.....                                                                                                         | 73 |
| <b>FIGURA 8.9-</b> DISTRIBUIÇÃO DOS VALORES DE PH DA ÁGUA FREÁTICA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI. AS LETRAS A, B, C, D REPRESENTAM OS CURTUMES COURO DO NORTE, GAB LEATHER, BRAGANÇA E IDEAL, RESPECTIVAMENTE. ....                                                                      | 77 |
| <b>FIGURA 8.10-</b> DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS VALORES DE CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NA ÁGUA FREÁTICA NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI. OS PONTOS EM LARANJA REPRESENTAM OS LOCAIS DAS MEDIDAS.....                                                                                              | 79 |
| <b>FIGURA 8.11-</b> MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA AMOSTRAGEM DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS. A LINHA TRACEJADA EM VERMELHO REPRESENTA A TRINCHEIRA QUE RECEBE OS EFLUENTES DA INDÚSTRIA, DESCARTANDO-OS NOS CORPOS D'ÁGUA. ....                                                               | 82 |
| <b>FIGURA 8.12-</b> ALTERAÇÃO PROVOCADA PELO EFLUENTE NA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO CÓRREGO.....                                                                                                                                                                                               | 86 |
| <b>FIGURA 8.13-</b> ALTERAÇÃO DO PH NATURAL DO AFLUENTE DO IGARAPÉ TABOQUINHA PELOS EFLUENTES DO CURTUME BRAGANÇA .....                                                                                                                                                                       | 87 |
| <b>FIGURA 8.14 –</b> VARIAÇÃO DO PH NO PROCESSO INDUSTRIAL DO COURO; FONTE: JACINTO 2001. ....                                                                                                                                                                                                | 88 |
| <b>FIGURA 8.15-</b> ARGILA E MATÉRIA ORGÂNICA DEPOSITADAS NA MARGEM DE MENOR VELOCIDADE DO CÓRREGO AFLUENTE DO IGARAPÉ TABOQUINHA, PRÓXIMO AO CURTUME BRAGANÇA. ....                                                                                                                          | 89 |

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>FIGURA 8.16-</b> CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DO SOLO SEGUNDO O DIAGRAMA DE SHAPARD.                                                           | 92 |
| <b>FIGURA 8.17-</b> LOCALIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO DOS PERFIS DE ELETRORRESISTIVIDADE.....                                                        | 94 |
| <b>FIGURA 8.18-</b> PSEUDO-SEÇÃO DOS VALORES DE RESISTIVIDADE APARENTE; A) MEDIDO NO PERFIL, B) CALCULADO E C) MODELO DE DISTRIBUIÇÃO. .... | 96 |
| <b>FIGURA 8.19-</b> PSEUDO-SEÇÃO DOS VALORES DE RESISTIVIDADE APARENTE; A) MEDIDO NO PERFIL, B) CALCULADO E C) MODELO DE DISTRIBUIÇÃO. .... | 97 |
| <b>FIGURA 8.20-</b> PSEUDO-SEÇÃO DOS VALORES DE RESISTIVIDADE APARENTE; A) MEDIDO NO PERFIL, B) CALCULADO E C) MODELO DE DISTRIBUIÇÃO. .... | 98 |
| <b>FIGURA 8.21-</b> PSEUDO-SEÇÃO DOS VALORES DE RESISTIVIDADE APARENTE; A) MEDIDO NO PERFIL, B) CALCULADO E C) MODELO DE DISTRIBUIÇÃO. .... | 99 |

## TABELAS

|                                                                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>TABELA 5.2-</b> VALORES MÉDIOS DE PH, $Cl^-$ , Fe e $NO_3^-$ OBTIDOS POR VILHENA <i>ET AL.</i> (1991) EM ÁGUAS DE POÇOS RASOS EM DIVERSOS BAIRROS DE BELÉM. .... | 17 |
| <b>TABELA 6.1-</b> ATIVIDADES ANTRÓPICAS POTENCIALMENTE POLUIDORAS DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, MAIS COMUNS NA AMÉRICA LATINA. FONTE: HIRATA (2000). ....                | 22 |
| <b>TABELA 6.2-</b> CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO DAS CARGAS POTENCIAIS POLUIDORAS ASSOCIADAS COM FONTES PONTUAIS. FONTE: HIRATA <i>ET AL.</i> , (1992). ....         | 23 |
| <b>TABELA 7.1-</b> INDÚSTRIAS INSTALADAS NO DII, EM DESTAQUE A ATIVIDADE A SER ESTUDADA. ....                                                                       | 29 |
| <b>TABELA 7.2-</b> SISTEMA DE PONTUAÇÃO ADOTADO POR HASSUDA (1997). ....                                                                                            | 32 |
| <b>TABELA 7.3-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA O COMPONENTE Ra1 (TIPO E VOLUME DE RESÍDUO NO LOCAL DE DISPOSIÇÃO). ....                                                 | 32 |
| <b>TABELA 7.3-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA O COMPONENTE Ra1 (TIPO E VOLUME DE RESÍDUO NO LOCAL DE DISPOSIÇÃO). ....                                                 | 33 |
| <b>TABELA 7.4-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA O COMPONENTE Ra2 (GRUPO DE SUBSTÂNCIAS QUE PODEM SER ENCONTRADAS). ....                                                  | 33 |
| <b>TABELA 7.4-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA O COMPONENTE Ra2 (GRUPO DE SUBSTÂNCIAS QUE PODEM SER ENCONTRADAS). ....                                                  | 34 |
| <b>TABELA 7.5-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA A COMPONENTE Rb1 (Ar). ....                                                                                              | 35 |
| <b>TABELA 7.6-</b> VALORES DE Rn e Mn PARA COMPONENTES Rb2 (ÁGUAS SUBTERRÂNEAS). ....                                                                               | 36 |
| <b>TABELA 7.6-</b> VALORES DE Rn e Mn PARA COMPONENTES Rb2 (ÁGUAS SUBTERRÂNEAS). ....                                                                               | 37 |
| <b>TABELA 7.6-</b> VALORES DE Rn e Mn PARA COMPONENTES Rb2 (ÁGUAS SUBTERRÂNEAS). ....                                                                               | 38 |
| <b>TABELA 7.7-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA COMPONENTES Rb3 (ÁGUAS SUPERFICIAIS) ..                                                                                  | 38 |
| <b>TABELA 7.7-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA COMPONENTES Rb3 (ÁGUAS SUPERFICIAIS) ..                                                                                  | 39 |
| <b>TABELA 7.8-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA A COMPONENTE Rb4 (SOLO). ....                                                                                            | 40 |
| <b>TABELA 7.8-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA A COMPONENTE Rb4 (SOLO). ....                                                                                            | 41 |
| <b>TABELA 7.9-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA A COMPONENTE Rc (BENS A PROTEGER). ....                                                                                  | 42 |
| <b>TABELA 7.9-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA A COMPONENTE Rc (BENS A PROTEGER). ....                                                                                  | 43 |
| <b>TABELA 7.9-</b> VALORES DE Mn e Rn PARA A COMPONENTE Rc (BENS A PROTEGER). ....                                                                                  | 44 |
| <b>TABELA 7.10-</b> TOTALIZAÇÃO DO SISTEMA DE PONTUAÇÃO PARA O RISCO DE CONTAMINAÇÃO. ....                                                                          | 45 |
| <b>TABELA 8.1-</b> INSUMOS QUÍMICOS UTILIZADOS PELO CURTUME BRAGANÇA .....                                                                                          | 53 |



|                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>TABELA 8.2-</b> PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS NO CURTUME COURO DO NORTE.....                                                                                                                                                                                 | 55 |
| <b>TABELA 8.3-</b> ESQUEMA DE PONTUAÇÃO ADOTADO PARA CALCULAR O RISCO DE CONTAMINAÇÃO DOS CURTUMES DO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI. (A) REPRESENTA CURTUME COURO DO NORTE, (B) GAB LEATHER, (C) BRAGANÇA E (D) CURTUME IDEAL. ....                          | 60 |
| <b>TABELA 8.4-</b> VALORES ATRIBUÍDOS AOS PARÂMETROS G, O E D NA ÁREA ESTUDADA E ÍNDICE DE VULNERABILIDADE CORRESPONDENTE AOS PONTOS ESTUDADOS.....                                                                                                            | 66 |
| <b>TABELA 8.4-</b> VALORES ATRIBUÍDOS AOS PARÂMETROS G, O E D NA ÁREA ESTUDADA E ÍNDICE DE VULNERABILIDADE CORRESPONDENTE AOS PONTOS ESTUDADOS.....                                                                                                            | 67 |
| <b>TABELA 8.5-</b> DADOS UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO MAPA DE PADRÃO DE FLUXO DA ÁREA. ....                                                                                                                                                                     | 71 |
| <b>TABELA 8.5-</b> DADOS UTILIZADOS NA ELABORAÇÃO DO MAPA DE PADRÃO DE FLUXO DA ÁREA. ....                                                                                                                                                                     | 72 |
| <b>TABELA 8.6-</b> VALORES DE PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NA ÁGUA DO AQUÍFERO LIVRE, NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI. OS PONTOS 13, 47 E 49 REFEREM-SE ÀS NASCENTES; OS DEMAIS CORRESPONDEM A POÇOS.....                                                    | 74 |
| <b>TABELA 8.6-</b> VALORES DE PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NA ÁGUA DO AQUÍFERO LIVRE, NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI. OS PONTOS 13, 47 E 49 REFEREM-SE ÀS NASCENTES; OS DEMAIS CORRESPONDEM A POÇOS.....                                                    | 75 |
| <b>TABELA 8.6-</b> VALORES DE PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NA ÁGUA DO AQUÍFERO LIVRE, NO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI. OS PONTOS 13, 47 E 49 REFEREM-SE ÀS NASCENTES; OS DEMAIS CORRESPONDEM A POÇOS.....                                                    | 76 |
| <b>TABELA 8.7-</b> CONSTITUINTES QUÍMICOS (MG/L), PH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (MS) DA ÁGUA DE POÇOS E NASCENTES, SITUADOS NO ENTORNO DO CURTUME BRAGANÇA, E DAS ÁGUAS DE MESA INDAIÁ E NOSSA ÁGUA . ....                                                       | 81 |
| <b>TABELA 8.8-</b> CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DOS IGARAPÉS TABOQUINHA E COURO DO NORTE. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA(CE) EM $\mu\text{S}/\text{CM}$ ; PARÂMETROS QUÍMICOS EM MG/L. ND: NÃO DETECTADO.....                                                       | 85 |
| <b>TABELA 8.9-</b> PARÂMETROS QUÍMICOS (MG/L) DO IGARAPÉ TABOQUINHA, DADOS OBTIDOS POR CORDEIRO (1987) NA BAÍA DO GUAJARÁ, EM ICOARACI, E OS VALORES CORRESPONDENTES ÀS DIFERENTES CLASSES DE ÁGUA DOCE, DE ACORDO COM A RESOLUÇÃO Nº 20 DO CONAMA (1986)..... | 90 |
| <b>TABELA 8.10-</b> RESULTADOS DA ANÁLISE PERCENTUAL DAS FRAÇÕES GRANULOMÉTRICAS DO SEDIMENTO. ....                                                                                                                                                            | 91 |

## RESUMO

O processo utilizado por cerca de 90% das indústrias de couro é o curtimento mineral com sais de cromo, os quais geram resíduos com a presença deste metal que, segundo a Norma Brasileira NBR-10004 da ABNT, são classificados como resíduos Classe I (perigosos) necessitando, portanto, de tratamento e disposição específica. No Distrito Industrial de Icoaraci funcionam quatro curtumes, dos quais três estão localizados à margem do igarapé Taboquinha. Na análise do potencial poluidor dos curtumes adotou-se a proposta de Hassuda (1997), que é a mesma adotada pela CETESB para gerenciamento de áreas contaminadas. O estudo do meio físico compreendeu a determinação da vulnerabilidade do aquífero livre, que varia de moderada (20%) a alta (80%); a determinação do padrão de fluxo subterrâneo, que mostra o direcionamento preferencial das linhas de fluxo para o igarapé Taboquinha e furo do rio Maguari; a elaboração de mapas de pH e de condutividade elétrica, que apresentaram valores de 3,15 a 5,71 e 10 a 352  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente; a determinação dos teores de argila (10 %) e matéria orgânica (0,6 %) do solo. Os valores de pH e de condutividade elétrica nas águas dos igarapés se mostraram bons indicadores da influência dos curtumes. No afluente do igarapé Taboquinha, por exemplo, essa atividade alterou os valores de pH de 3,5 para 9,0 e de condutividade de 32  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para 1690  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Medidas nos poços próximos aos curtumes não mostraram alteração nos valores de pH e de condutividade elétrica, tampouco apresentaram cromo em suas águas. Isto ocorre porque os curtumes despejam seus rejeitos diretamente nos igarapés e seus afluentes, que, atualmente, enquadram-se na Classe IV do CONAMA.

## ABSTRACT

About 90 % of leather tanning industries uses chromium salts in its processes, which generates wastes containing that metal. In agreement with Brazilian standards NBR-10004 from ABNT, this kind of compound is categorized in Class I (dangerous), needing specific treatment and storing. At Icoaraci Industrial District there are four tanneries, three are located nearby Taboquinha River. The pollution possibilities analysis was based in Hassuda (1997) methodology, the same used by CETESB in management of polluted sites.

This work results appointed to: (1) phreatic aquifer vulnerability ranges from moderate (20%) to high (80%); (2) ground water flow pattern shows main flow lines directed to the Taboquinha and Maguari River; (3) the pH and electric conductivity maps showed values ranging from 3.15 to 5.71 (pH) and from 10 to 352  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (electric conductivity); and (4) soils with 0.6% of organic matter and grade of clay 10%.

The pH and electric conductivity values obtained in water from rivers are considered good parameters of tanneries influence. In Taboquinha River that activity changed pH values from 3.5 to 9.0 and conductivity from 32  $\mu\text{S}/\text{cm}$  to 1690  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Samples collected in wells nearby to tanneries did not show anomalous values in pH and electric conductivity as well as did not indicate chromium presence in its waters. It can be explained by the fact the Leather tanning industry pour out its wastes directly in rivers and affluents, which belongs to Class IV in accords to CONAMA.



## 1- INTRODUÇÃO

No Brasil, a indústria de couro é constituída por aproximadamente 450 curtumes, sendo que cerca de 80% são considerados pequenas empresas, com faturamento anual de US\$ 2 bilhões. Vale ressaltar ainda, que existem vários curtumes artesanais sem qualquer registro formal, com a produção voltada principalmente para os mercados regionais (Corrêa, 2002).

A produção brasileira de couros em 2000 foi de aproximadamente 32,5 milhões de peles, com aumento de 8% em relação a 1999, tendência que vem se confirmando desde 1980, quando a produção foi de 13,9 milhões de peles. Atualmente, o Brasil detém cerca de 12% do mercado mundial de couros que é da ordem de 270 milhões de peles por ano (Corrêa, 2002).

O couro é de grande utilidade para a sociedade por estar presente em vários setores como nos esportes, vestuários, indústria automobilística, mobiliário, calçado e setor rural.

Os curtumes são responsáveis por grande parte da geração de resíduos que afetam o meio ambiente e o processo utilizado por cerca de 90% das indústrias que processam o couro é o curtimento mineral com sais de cromo, gerando resíduos com a presença deste metal que, segundo a Norma Brasileira NBR-10004 da ABNT (ABNT, 1987), são classificados como resíduos Classe I (perigosos), necessitando tratamento e disposição específica.

Pode-se citar como exemplo do potencial poluidor a geração de serragem de couro, que é um resíduo em forma de farelo impregnado de sais de cromo altamente tóxicos. Para cada couro curtido ao cromo são gerados de três a quatro quilos de serragem (Corrêa, 2002). Considerando a produção brasileira de 2000 (32,5 milhões de couros), pode-se afirmar que foram geradas entre 97,5 e 130 toneladas de serragem.

No estado do Pará, mais especificamente no Distrito Industrial de Icoaraci, funcionam quatro curtumes que produzem couros *wet-blue*, os quais utilizam cerca de 8,5 toneladas de insumos químicos. Os efluentes gerados são lançados indiscriminadamente nos cursos d'água sem qualquer tratamento prévio,



os curtumes instalados às margens do igarapé Piraíba, denominado pela comunidade local de igarapé Taboquinha.

O igarapé Piraíba vem se tornando alvo de preocupação por parte das comunidades que vivem em seu entorno, ocasionando debate em sessão especial realizada em abril do ano corrente pela Câmara Municipal de Belém. Participaram da sessão os moradores do Distrito Industrial, funcionários dos curtumes, vereadores e representantes da Secretaria Executiva de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM) e da Ordem dos Advogados do Brasil (OAB). Na referida sessão, a comunidade denunciou que os peixes e camarões do rio Piraíba estão morrendo devido à poluição do rio e, conseqüentemente, os pescadores estão sendo obrigados a pescar em locais cada vez mais distantes (Aragão, 2004).

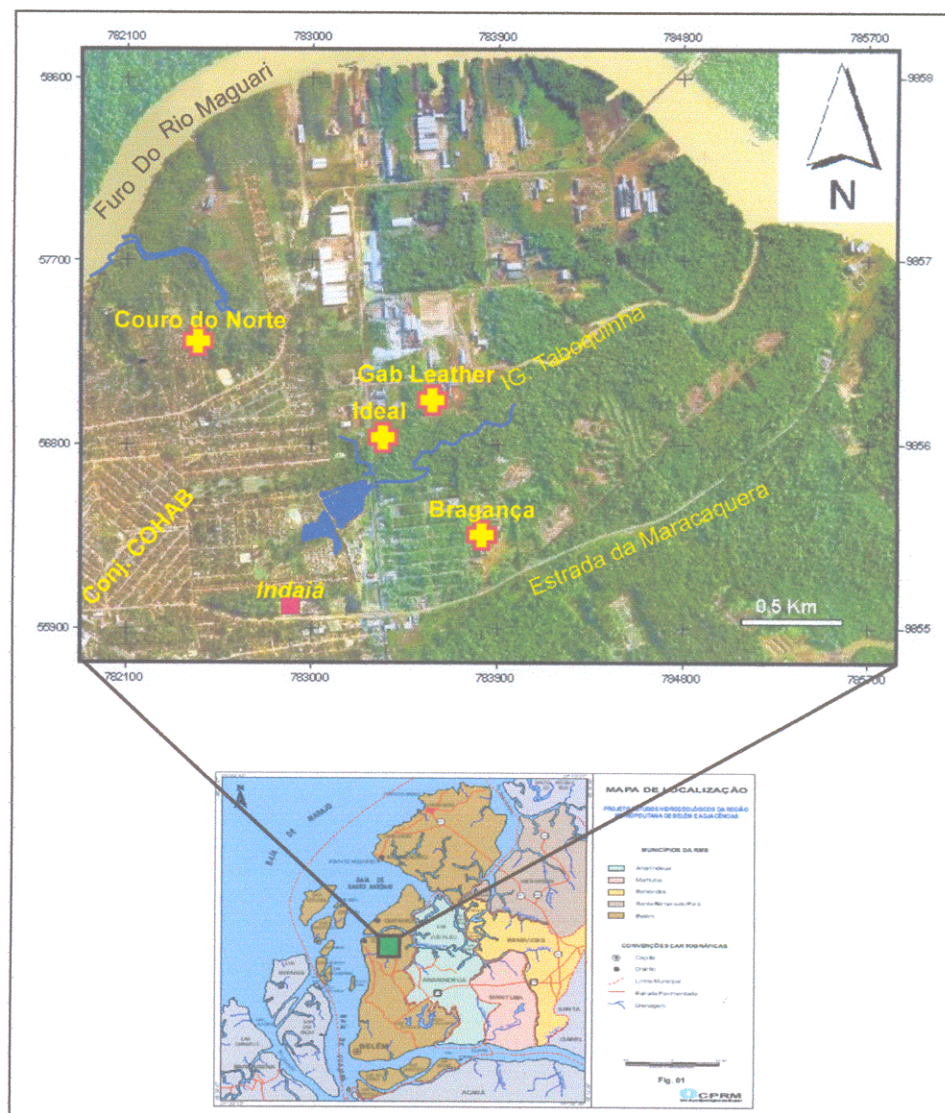
A partir deste quadro, faz-se necessária uma investigação dessas atividades na área, a fim de avaliar sua real interferência no meio físico, recursos hídricos superficiais e subterrâneos. Possibilitando assim, contribuir para futuros trabalhos e ações que visem a melhoria na qualidade de vida.

## 2- O DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI

O Distrito Industrial de Icoaraci situa-se na parte norte da cidade de Belém, foi instalado em 1981, com área de aproximadamente 204 hectares, dos quais 179 ha são destinados à instalação de projetos industriais, enquanto que os 25 ha restante estão reservados para implantação de infra-estrutura, como transporte, serviços e apoio institucional. Apesar de ser um Distrito Industrial ainda ocorre zonas com cobertura vegetal preservada (Figura 2.1)

Segundo informações de líderes comunitários da área, nas imediações do DII vivem cerca de 30 mil moradores que moram no conjunto da COHAB e em ocupações. As ocupações concentram-se principalmente próximas a nascente do igarapé Taboquinha e no entorno do curtume Couro do Norte, não apresentam sistema de saneamento básico e se auto-abastecem de poços escavados e tubulares rasos construídos geralmente próximo às fossas.

O igarapé Taboquinha juntamente com o igarapé que passa por traz do curtume couro do norte constituem as principais drenagens, que deságuam no furo do rio Maguari. No entanto, devido à sua extensão o Taboquinha constitui o principal escoadouro natural da área, tanto da drenagem como de efluentes das indústrias, sobretudo dos curtumes.



**Figura 2.1-** Localização da área. Junção do mapa da Região Metropolitana de Belém com a ortofoto do distrito industrial de Icoaraci-1998. Fonte: CPRM (2001) e Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (CODEM, 1998)

### 3- OBJETIVOS

#### 3.1- OBJETIVOS GERAIS

O principal objetivo do trabalho foi proceder uma avaliação hidrogeológica ambiental do potencial poluidor dos curtumes e, a partir dos resultados, verificar se os bens a proteger são afetados por essa atividade industrial.

#### 3.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a vulnerabilidade natural do aquífero livre no Distrito Industrial de Icoaraci;
- A partir de mapa do fluxo subterrâneo identificar os possíveis locais que poderiam ser atingidos em caso de contaminação do aquífero livre,. Entre esses locais destacam-se as áreas de descarga do aquífero (rios, igarapés, nascentes). Bem como identificar os moradores das áreas à jusante que utilizam água de poços rasos;
- Confeccionar mapas de pH e de condutividade elétrica para auxiliar na determinação da influência do empreendimento no meio físico;
- Definir a concentração natural de cromo total no solo em áreas sem influência do curtume;
- Determinar os valores de Cr total e hexavalente (VI) nas águas dos poços escavados, bem como nos igarapés adjacentes aos curtumes;
- Classificar os igarapés e as águas do aquífero livre segundo a Resolução Nº 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente e a Portaria 518 do Ministério da Saúde de 2004, respectivamente.



## 4- ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

### 4.1- CLIMA

Quanto aos aspectos climáticos, a cidade de Belém apresenta características distintas daquelas comuns à região amazônica, apresentando um clima quente e úmido com baixas amplitudes térmicas e sem estação seca muito bem definida, podendo ainda ser comparado ao tipo Afi de Koppen (Pinheiro, 1987). Estas características podem ser justificadas pela sua posição geográfica (próximo ao oceano Atlântico), sua baixa altitude, seu relevo plano e vegetação arbórea densa (Mazzeo, 1991).

A classificação Afi de *koppen* tem a seguinte descrição:

- A: clima tropical chuvoso, sendo a temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C;
- f: ocorrência de chuvas durante todo o ano, condicionando o tipo de vegetação conhecida como selva tropical, estando o mês de menor cota pluviométrica superior a 60mm;
- i: o clima não conhece variação estacional sensível, uma vez que a oscilação anual de temperatura é inferior a 5 °C.

Analisando o índice pluviométrico diferenciado, cerca de 2800 mm/ano, é possível classificar a região como tendo dois períodos sazonais, denominados popularmente “inverno” (período mais chuvoso) e “verão”. Isto se dá devido à ausência de amplitudes térmicas (1,1 °C) capazes de dividir o ano em estações distintas (Mazzeo, 1991; Nascimento, 1995 e Sauma Filho 1996).

### 4.2- GEOMORFOLOGIA

Segundo a Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém (CODEM, 1975), a Região Metropolitana de Belém apresenta quatro unidades de relevo que são: Terrenos sedimentares do Quaternário-Pleistoceno; Terrenos sedimentares do Quaternário-Holoceno; Zonas rebaixadas e Terraços fluviais inundáveis, e Planícies flúvio-marinhas.

Os Terrenos sedimentares do Quaternário-Pleistoceno constituem a unidade com maior expressão no município de Belém, correspondendo a pediplanos aplainados, observando-se localmente ondulações suaves de topos arredondados. São feições que se sustentam por níveis de concreções ferruginosas e que podem pertencer à base dos sedimentos Pós-Barreiras. Na cidade de Belém, a unidade corresponde às maiores cotas topográficas dos bairros do Marco, Pedreira, e Terra Firme.

Os Terrenos sedimentares do Quaternário-Holoceno correspondem às áreas de baixadas na Região Metropolitana de Belém estando relacionados a antigos depósitos de terraços fluviais. Encontram-se bem representados nos bairros do Jurunas, Terra Firme, Guamá, Batista Campos, Sacramento, Telégrafo e adjacências das vilas de Icoaraci e Mosqueiro

A Zona rebaixada e terraços Fluviais inundáveis correspondem aos depósitos que se sobrepõem aos terrenos Quaternários mais antigos, sendo bem representados nas zonas de baixadas do município de Belém, em zonas onde ocorrem inundações periódicas, por ocorrência de chuvas ou por marés. Relacionam-se às menores cotas topográficas da região (por vezes negativas). A deposição de sedimentos, em geral argilosos, dá-se com o represamento dos rios e igarapés na região, com o aporte da maré alta, sendo por isso encontrados em toda a área, urbanizada ou não.

As Planícies flúvio-marinhas correspondem às áreas de manguezais, praias, rios e igapós, onde se depositam sedimentos modernos.

#### 4.3- SOLO

A Região Metropolitana de Belém (RMB) apresenta sete unidades taxonômicas de solo que são: Latossolo amarelo, Laterita hidromórfica, Concrecionário laterítico, Podzol hidromórfico, Hidromórfico gleizado (IDESP, 1980). O solo Concrecionário laterítico possui maior distribuição espacial na RMB, o Latossolo amarelo ocorre em Ananindeua e Mosqueiro, enquanto que às margens do rio Guamá (baixadas de Belém), ocorre o tipo Gley pouco úmido (Sauma Filho, 1996).

Os solos do tipo Concrecionário laterítico são originados a partir de rochas do Pré-Cambriano, constituindo relevo suavemente ondulado. São solos profundos ou

mediamente profundos, constituídos por partículas minerais finas e concreções ferruginosas abundantes que ocorrem sob forma de arenito ferruginoso, onde o teor de ferro é mais elevado que o de alumínio (EBPT, 1979).

Os Latossolos amarelos são formados em relevo plano. São profundos, argilosos, com baixo conteúdo de carbono orgânico. A origem é associada à sedimentação de argilitos do Terciário (Moreira, 1966).

Os solos do tipo *Gley* húmico originam-se a partir de sedimentos argilo-sílticos e são pouco profundos, formam-se em relevo plano. São pouco permeáveis e predominam às margens dos igarapés.

Em Belém, segundo Moreira (1966), além dos tipos acima, ainda ocorrem três tipos de solos, associados a sua topografia: solos de igapó, que são encharcados, inconsistentes e ácidos; solos de várzea, que ficam encharcados durante o período chuvoso mais intenso; os solos de terra firme, que são secos a soltos, sendo, lixiviados e ácidos devido à intensa pluviosidade.

## **5- GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM**

As formações geológicas e a estratigrafia da região de Belém e adjacências, bem como as litologias que podem constituir aquíferos dentro do arcabouço geológico da cidade Belém, são apresentados na Tabela 5.1.

As variações de fácies das formações se refletem na distribuição espacial dos aquíferos, com profundidades, espessuras e características hidrodinâmicas variáveis. Essas características (condutividade hidráulica, transmissividade e coeficiente de armazenamento) permitem definir a resposta de um aquífero a uma determinada perturbação externa, como um bombeamento.

### **5.1- GEOLOGIA REGIONAL**

A cidade de Belém está assentada sobre um espesso pacote sedimentar, depositado desde o Terciário (Formação Pirabas e Formação Barreiras) até depósitos Quaternários representados por areias, siltes, argilas aluviais e sedimentos areno-argilosos de coloração amarelada, sub-atuais.

#### **5.1.1- Formação Pirabas**

A Formação Pirabas, de origem marinha, ocorre na costa dos estados do Pará, Maranhão e Piauí, sendo que no território paraense esta unidade tem seus afloramentos descontínuos e concentrados na Zona Bragantina, mas com uma extensa ocorrência em sub-superfície (Sauma Filho, 1996). Pode ser encontrada na cidade de Belém em profundidades superiores a 80 metros, (Pereira *et. al* 1994).

Litologicamente, esta formação, com acentuado conteúdo fossilífero, é composta predominantemente por margas, calcários micríticos, bioclásticos, dolomicríticos, biocalcoarenitos estratificados e ocorrências raras de folhelhos cinza-esverdeados e negros com vegetais piritizados. (Almaraz, 1979; Ferreira, 1982; Farias et al. 1992).



| ERA       | PERÍODO     | ÉPOCA                | UNIDADE                  |             | ESPESSURA | SÍNTESE LITOLÓGICA                                                                                                                         | CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS                                                                                                                                                                 |
|-----------|-------------|----------------------|--------------------------|-------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cenozóica | Quaternário | Holoceno-Pleistoceno | Clásticos friáveis       |             | 10m       | Constituem-se de areias variadas e argilas, distribuídas ao longo dos rios, praias e zonas de mangues                                      | Potencialidade hidrogeológica alta para baterias de poços rasos, tendo em vista as boas condições de recarga desse aquífero. Vazão na ordem de 10m³/h                                           |
|           | Terciário   | Mio-Plioceno         | Sedimentos Pós-Barreiras |             | 30m       | Sedimentos argilo-arenosos, variegados, com níveis lateritizados e arenito ferruginoso                                                     | Baixa potencialidade hidrogeológica, contudo muito utilizado pela população. Vazões na ordem de 1 a 3m³/h                                                                                       |
|           |             |                      | Formação. Barreiras      |             | 70m       | Constituídos por argilas vermelhas com níveis caulinizados e areias continentais                                                           | Potencialidade hidrogeológica média, satisfatória para demandas de 20 a 80m³/h. alto teor de ferro na maioria das vezes.                                                                        |
|           |             | Oligo-Mioceno        | Formação Pirabas         | Superior    | 80m       | Constitui a parte marinha da bacia, é caracterizado por calcários, arenitos calcíferos, marga, folhelhos e abundante conteúdo fossilífero. | Boa potencialidade hidrogeológica com vazões da ordem de 100m³/h. Em alguns casos apresenta altos teores de ferro, mas é muito utilizado pelas indústrias                                       |
|           |             |                      |                          | Inferior    | 120m      | Esta unidade é caracterizada por arenitos de granulometria fina a grossa e pelitos associados. São freqüentes níveis conglomeráticos       | Excelente potencialidade hidrogeológica, é a mais promissora dentre as unidades terciárias, sendo muito utilizada no abastecimento público e nas indústrias. Apresenta vazões acima de 200m³/h. |
|           |             |                      |                          | Pré-Pirabas |           | >300m                                                                                                                                      | Arenitos finos com intercalações de siltito e argila                                                                                                                                            |

Figura 5.1- Coluna Estratigráfica e características hidrogeológicas da Região Metropolitana de Belém. Fonte: CPRM( 2001).

### 5.1.2- Formação Barreiras

O termo Barreiras tem sido utilizado para designar os sedimentos que variam de argilitos a conglomerados pouco ou mal selecionados, ocorrentes no litoral brasileiro, desde o estado do Rio de Janeiro até o estado do Pará. Isto ao longo do tempo tem gerado muita discussão.

Segundo Farias *et al.* (1992), na cidade de Belém, a Formação Barreiras abrange cerca de 5% da cidade, aflorando nos bairros da Pedreira, Terra Firme e Tapanã. As suas melhores exposições ocorrem em Outeiro (com estruturas e fósseis preservados) e Santana do Aurá.

A Formação Barreiras é representada por sedimentos continentais argilosos, arenosos a conglomeráticos, de coloração amarelada a alaranjada, com níveis de arenitos ferruginosos, pouco consolidados, com estruturas primárias do tipo estratificações e conteúdo fossilífero vegetal (folhas, galhos e raízes) e animal (*ophiomorphas*), além de estruturas possivelmente tectógenas como microfraturas e microfalhas. (Farias *et al.* 1992).

Os argilitos são de coloração variegada, aparentemente maciços ou pouco laminados, com alguma fração arenosa, com nódulos e seixos de até 6 cm, abundantes no nível conglomerático sotoposto. Os fósseis vegetais (folhas e raízes) são restritos à porção laminada. (Farias *et al.* 1992).

Os arenitos são de coloração predominantemente creme-amarelada, granulometria fina a grossa, chegando a formar blocos de arenitos ferruginosos. Apresentam estratificações cruzada acanalada e sigmoidais, ondulações e seixos de argila. Apresentam ainda fósseis animais (*ophiomorphas*) nas frações areia grossa.

Considerando apenas as características sedimentares texturais e estruturais, bem como a presença ou não de fósseis (Farias *et al.* 1992) subdividiram a Formação Barreiras em seis fácies distintas: argilosa maciça (Agm), conglomerática (Cg), argilosa com laminação plano-paralela (Agl), arenosa com estratificação cruzada sigmoidal (As), arenosa com estratificação cruzada acanalada (Aa), areno-argilosa maciça (Am).

### 5.1.3- Sedimentos Pós-Barreiras

Esta unidade abrange 60 a 70 % da área de Belém/ Outeiro, com seus melhores afloramentos sendo encontrados na praia do Amor, em Outeiro. (Farias *et al.*, 1992).

O Pós-Barreiras é representado por sedimentos arenosos inconsolidados com alguma fração argilosa, coloração variando de creme-amarelada, amarelo-alaranjada a totalmente branca. A granulação varia de fina a média, com seixos milimétricos de quartzo leitoso, além de concreções ferruginosas. São incluídos nesta unidade os arenitos ferruginosos, que estão sob a forma de blocos, sustentados por um matriz areno-argilosa incoesa, já que o contato destes com o topo do Barreiras é erosivo (Farias *et al.* 1992).

Farias *et al.* (1992) subdividiram esta unidade em duas fácies: a do arenito ferruginoso sob a forma de blocos (Af) e a de arenitos, de cor creme-amarelada, amarelo-alaranjada e os de cor branca (Ad).

### 5.1.4- Sedimentos Holocênicos

Na cidade de Belém, o Holoceno é representado por sedimentos aluvionares atuais e sub-atuais, localizados na faixa litorânea e vales de rios e igarapés que drenam Belém.

Os sedimentos que fazem parte desta unidade são areias, siltes e argilas. As areias são finas a médias, de coloração marrom, com siltes e argilas intercalados. As argilas são geralmente de coloração cinza-escura a cinza-clara, apresentando restos de vegetais (galhos e folhas) e comumente estão bioturbadas. Estes sedimentos são observados no período de maré baixa nas bordas de canais estuarinos, braços de rios, "furos", igarapés e praias da cidade (Farias *et al.* 1992). Estes definiram apenas uma fácies nesta unidade, abreviando-a de Agl, representada exclusivamente por argilas cinza, portadoras de restos vegetais, bioturbadas, e geralmente sem estruturas sedimentares.



## 5.2- HIDROGEOLOGIA

### 5.2.1- Aquíferos do Quaternário

Segundo PARÁ (1995), esses aquíferos são do tipo permo-poroso, constituídos pelos sedimentos da Unidade Pós-Barreiras, formada por níveis argilo-arenosos e alúvios e colúvios inconsolidados.

Os aquíferos do Quaternário são representados por areias finas a médias, quartzosas, de origem continental, em geral de planícies aluviais. Sua espessura atinge pouco mais de 10m e em alguns locais a profundidade alcança pouco mais de 20m (PARÁ, 1995).

As informações obtidas sobre as características hidrodinâmicas indicam capacidade específica de 2,4 m<sup>3</sup>/h.m com 8 horas de bombeamento contínuo, para um poço que capta um aquífero de 7 a 16m de profundidade, valor esse bastante razoável (PARÁ, 1995).

Esses aquíferos têm pequena distribuição espacial na área e apresentam grande vulnerabilidade à poluição ou à contaminação, principalmente por fossas e esgotos, devido à sua proximidade da superfície (PARÁ, 1995).

### 5.2.2- Aquíferos da Formação Barreiras

Os aquíferos da Formação Barreiras são os mais explorados na Região Metropolitana de Belém. São constituídos por litotipos de natureza heterogênea, gradando desde argilitos até arenitos com granulometria grossa, intercalados por siltitos e argilitos caulinizados. Os horizontes lateríticos podem apresentar, em alguns locais, cavidades intercomunicantes, constituindo zonas com transmissão de água relativamente elevada (Pereira *et al*, 1994; PARÁ, 1995; Oliveira *et al*.1998). As camadas aquíferas apresentam espessuras reduzidas não permitindo grandes vazões. Frequentemente apresentam teor de ferro incompatível com o recomendado pelo Ministério da Saúde (0,3 mg/L). São aquíferos semi-livres a confinados (Oliveira *et.al*. 1998).



Os aquíferos da Formação Barreiras têm distribuição espacial irregular, sendo muito variáveis em espessura, profundidade, continuidade lateral e características hidrodinâmicas. Têm profundidade máxima em torno de 100m (PARÁ, 1995).

### **5.2.3- Aquíferos da Formação Pirabas**

Segundo Oliveira *et.al* (1998), esta unidade é formada por dois sistemas aquíferos, do tipo multicamadas, denominados de Pirabas e Pré-Pirabas. O primeiro é caracterizado por sedimentos marinhos, fossilíferos, compostos por argilas calcíferas de cor cinza-esverdeada e por leitos de calcário duro, de coloração cinza-esbranquiçada, que se alternam sucessivamente com camadas de arenito calcífero, calcário e folhelho. A produtividade desse aquífero é moderada. Contudo, pode-se esperar boas vazões, principalmente nos arenitos de maior granulação.

O sistema aquífero Pré-Pirabas constitui-se, predominantemente, de camadas repetitivas de arenitos de cor cinza-esbranquiçada, granulação fina a conglomerática, com intercalações mais espessas de argilas e siltitos avermelhados. Esse sistema ocorre abaixo de 180m e tem se mostrado como excelentes aquíferos, com vazões de até 600m<sup>3</sup>/h e água de boa potabilidade, na maioria das vezes com teores de ferro baixíssimos, ou até mesmo com ausência desse elemento (Oliveira *et.al*. 1998).

### **5.2.4- Qualidade das águas**

As características físico-químicas e químicas das águas dos aquíferos que ocorrem na Região Metropolitana de Belém foram estudadas em alguns trabalhos, destacando-se o de Sauma Filho (1996), Vilhena *et al.* (1991) e Roberts (1995). As águas dos aquíferos do Quaternário e do Barreiras são cloretadas-sódicas, apresentam pH ácido e condutividade elétrica em geral inferior a 50  $\mu$ S/cm. Comumente apresentam teores de ferro de até 7 ppm, sendo este constituinte derivado dos sedimentos (Sauma Filho, 1996). As águas dos aquíferos Pirabas são bicarbonatadas-cálcicas, apresentam pH próximo à neutralidade e condutividade elétrica acima de 200  $\mu$ S/cm.

Os valores médios de pH,  $\text{Cl}^-$ , Fe e nitrato( $\text{NO}_3^-$ ) obtidos por Vilhena *et al.*(1991) em águas dos aquíferos Quaternário e Barreiras, em diversos bairros de Belém, são apresentados na Tabela 5.2. De acordo com essa tabela, os teores de nitrato estão acima do limite de potabilidade (10 mg/L de  $\text{N-NO}_3^-$ ) estabelecido pela OMS e pela legislação vigente no país (Resolução Nº 20 do CONAMA, 1986; Portaria 518 do Ministério da Saúde, 2004).

Os teores de  $\text{Cl}^-$  estão bem abaixo do limite de potabilidade (250 mg/L) estabelecido pela Portaria 518. Os teores de Fe mostraram-se abaixo daqueles obtidos por Sauma Filho(1996), estando também dentro do limite de potabilidade (0,3 mg/L).

Tabela 5.2- Valores médios de pH,  $\text{Cl}^-$ , Fe e  $\text{NO}_3^-$  obtidos por Vilhena *et al.* (1991) em águas de poços rasos em diversos bairros de Belém.

| Bairro       | pH   | $\text{Cl}^-$<br>(mg/l) | Fe<br>(mg/l) | $\text{NO}_3^-$<br>(mg/l) |
|--------------|------|-------------------------|--------------|---------------------------|
| Marambaia    | 6,1  | 28,36                   | n.d          | 12,62                     |
| Marco        | 5,97 | 21,27                   | 0,05         | 11,884                    |
| Pedreira     | 4,43 | 42,55                   | 0,038        | 13,867                    |
| Cidade Velha | 6,73 | 15,36                   | 0,125        | 0,804                     |
| Icoaraci     | 4,73 | 4,14                    | 0,188        | 2,491                     |
| Pratinha     | 5,67 | 29,55                   | 0,150        | 6,814                     |
| São Brás     | 6,07 | 31,91                   | 0,150        | 9,341                     |
| Sacramenta   | 4,57 | 47,28                   | n.d.         | 7,502                     |
| Guamá        | 5,53 | 40,44                   | n.d.         | 3,167                     |

## 6- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 6.1- VULNERABILIDADE DOS AQUÍFEROS

O conceito de vulnerabilidade de aquíferos e as bases para a cartografia de vulnerabilidade a contaminantes foram estabelecidos pelos hidrogeólogos franceses J. Margat e M. Albinet no final da década de 60.

O conceito de vulnerabilidade das águas subterrâneas se baseia na suposição de que o meio físico pode propiciar certo grau de proteção contra impactos naturais e humanos, com relação a contaminantes introduzidos no meio subterrâneo. A vulnerabilidade dos aquíferos é definida como a possibilidade de introdução e propagação de contaminantes sob condições naturais, desde a superfície do terreno até o aquífero. O mapeamento da vulnerabilidade é a representação em mapas de vários graus de vulnerabilidade, em função das condições hidrogeológicas do aquífero (Albinet & Margat, 1970)

O conceito de vulnerabilidade evoluiu ao longo do tempo, passando a incluir fatores como grau de proteção contra contaminantes pela camada sobrejacente ao aquífero e potencial de purificação da água contaminada no aquífero, condições de fluxo subterrâneo, condições climáticas, risco de contaminação pelo tipo de uso e ocupação do solo.

Em 1993, o Comitê sobre Técnicas de Avaliação de Vulnerabilidade do Conselho Nacional de Pesquisa (USA) definiu o termo de vulnerabilidade dos aquíferos à contaminação como: “a tendência ou a probabilidade de que contaminantes alcancem uma posição específica no sistema de água subterrânea, depois da sua introdução em algum lugar da superfície”. Foram também apresentados os conceitos de vulnerabilidade específica, que considera os efeitos de um determinado contaminante, e vulnerabilidade intrínseca, que não leva em consideração nenhum fator específico (Vrba & Zoporozec, 1994). Nestes trabalhos se considera a vulnerabilidade à contaminação como “uma característica intrínseca de um aquífero, que determina a sensibilidade deste para ser afetado por uma carga contaminante imposta”.



Os mapas de vulnerabilidade à contaminação são instrumentos básicos para tomada de ações previsivas, preventivas ou corretivas, referentes ao uso e ocupação do solo.

Atualmente, existe uma grande variedade de procedimentos de avaliação da vulnerabilidade. Esses métodos agrupam-se em quatro classes: empíricos, determinísticos, estocásticos e probabilísticos.

Nesta dissertação a avaliação da vulnerabilidade adota o método GOD (Foster *et al.*, 1988 ) que é considerado como método empírico.

O método GOD, para avaliação de vulnerabilidade intrínseca de aquíferos, é um método prático e simples, segundo o qual o grau de vulnerabilidade é resultado do produto dos valores atribuídos a apenas três fatores (Foster, 1987).

A zona não saturada, comumente chamada de zona vadosa, é o intervalo desde a superfície freática até a superfície do terreno. Nessa zona coexistem três fases: o material sólido poroso, de origem geológica ou orgânica; a fase líquida com a água e seus solutos; e a fase gasosa constituída pelo ar, vapor d'água,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $O_2$  e em menores quantidades  $NH_3$ ,  $N_2O$ . Nessa zona, o fluxo é lento e restrito aos poros menores, com uma grande superfície específica, com características aeróbicas, de maior potencial para reações e processos biológicos. Trata-se, portanto, de uma zona propícia à interceptação, atenuação, sorção e eliminação dos contaminantes que se infiltram no sub-solo, como microorganismos patogênicos, metais pesados e outras substâncias químicas inorgânicas, compostos orgânicos naturais e sintéticos.

## 6.2- CARGA POTENCIAL POLUIDORA

O conceito de carga potencial poluidora refere-se à atividade humana que poderá vir a gerar uma poluição e alterar a qualidade das águas subterrâneas acima dos padrões de potabilidade definidos em lei (Portaria 518 do Ministério da Saúde, 2004). É, portanto, um conceito associado a risco e não indica que a atividade, no momento em que se realiza, esteja causando dano a um aquífero específico (Foster & Hirata, 1994)



A contaminação, que representa a presença na água de substâncias químicas ou microrganismos patogênicos, com risco a saúde humana, pode ter origem diversa, mas, segundo Manoel Filho (1997), atualmente os tipos mais comuns estão diretamente relacionados com atividades industriais, domésticas e agrícolas.

Quanto à distribuição espacial as fontes de contaminação podem ser :

- Pontual: quando está concentrada numa pequena superfície, como por exemplo um depósito de rejeito industrial;
- Difusa: quando a contaminação se estende mesmo com baixa concentração, sobre uma extensa superfície, como é o caso de áreas de irrigação, e áreas urbanas, ou áreas com transporte de poluentes por via atmosférica. Para medidas de controle e/ou remediação, é de fundamental importância o reconhecimento da distribuição dos poluentes do meio.

Segundo Hirata (2000), as atividades de maior potencial de contaminação, no contexto latino-americano são os sistemas de saneamento *in situ* ou aquelas que infiltram seus efluentes diretamente no solo, como deposição incorreta de resíduos sólidos, vazamentos de postos de gasolina, entre outros (Tabela 6.1).

Em áreas urbanas, a preocupação principal está voltada para a carga poluidora em zonas residenciais sem esgotamento sanitário, com tanques sépticos e fossas negras. Nesse caso, a carga gerada inclui nutrientes (nitrogênio e fósforo), sais (cloreto), bactérias, vírus e compostos orgânicos sintéticos. Devido à extrema diversidade de atividades, de processos de fabricação e práticas de disposição de efluentes, nas áreas de concentração industrial há maior dificuldade em estimar a carga poluidora, sendo possível apenas estimar o volume de efluente gerado a partir da quantidade de água utilizada sem, no entanto, estabelecer a fração infiltrada no subsolo (CETESB, 1997).

No caso de resíduos sólidos depositados em lixões ou aterros sanitários, o volume de seus lixiviados pode ser estimado com certa segurança, mas, em muitos casos, não há informação confiável sobre a sua composição, tornando-se necessário identificar cada fonte e analisá-las individualmente.

Para cada atividade, é necessário estabelecer quatro características semi-independentes (CETESB, 1997):

- A classe do poluente envolvido, definida quanto à sua tendência à degradação e retardamento devido a processos de troca de cátions, sorção e outros;
- A intensidade do evento de poluição, em termos de extensão da área afetada e da concentração relativa de cada poluente, em relação a valores recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para potabilidade da água;
- O modo de disposição no solo ou subsolo, analisando quanto à carga hidráulica associada e à profundidade de descarga do efluente, e;
- A duração de aplicação da carga poluidora, incluindo o período necessário para que esta atinja o subsolo.

A partir das informações sobre os poluentes envolvidos e de suas concentrações, associadas à carga hidráulica, é possível estabelecer três níveis de risco (reduzido, moderado e elevado), distinguindo-se fontes potencialmente perigosas de outras que não oferecem grandes riscos (Tabela 6.2).

**Tabela 6.1-** Atividades antrópicas potencialmente poluidoras das águas subterrâneas, mais comuns na América Latina. Fonte: Hirata (2000).

| Atividades                              | Característica da carga contaminante |                        |
|-----------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
|                                         | Distribuição                         | Principal contaminante |
| <b>Urbana (a)</b>                       |                                      |                        |
| Saneamento in situ                      | u/r P-D                              | n f o                  |
| Lagoas de oxidação                      | u/r P                                | o f n m                |
| Lixiviados de lixões/aterros sanitários | u/r P                                | o s h m                |
| Tanques de combustíveis                 | u/r P-D                              | O                      |
| <b>Industrial</b>                       |                                      |                        |
| Vazamento de tanques/ tubos (b)         | u P-D                                | o h                    |
| Derramamento acidental                  | u P-D                                | o h                    |
| Lagoas de efluentes                     | u p                                  | o h s m                |
| Lixiviados de resíduos sólidos(chorume) | u/r p                                | o h s m                |
| <b>Agrícola (c)</b>                     |                                      |                        |
| i-Áreas de cultivo                      | r D                                  | n o                    |
| - com agro-químicos                     | r D                                  | n o s                  |
| - e com irrigação                       | r D                                  | n o s                  |
| - com lodos/resíduos                    |                                      |                        |
| ii-Beneficiamento de gado e animais     |                                      |                        |
| - Lagoas de efluentes sem revestimentos | r P                                  | f o n                  |

(a) pode incluir componentes industriais

(b) pode também ocorrer em áreas não industriais

(c) intensificação apresenta aumento no risco de contaminação

u/r urbana/ rural-P/L/D Pontual/Linear/Difuso

n Nutrientes

f Pátogenos fecais

o compostos orgânicos sintéticos e/ou carga orgânica

s salinidade

m metais pesados

hidrocarbonetos

**Tabela 6.2-** Critérios para classificação das cargas potenciais poluidoras associadas com fontes pontuais. Fonte: Hirata *et al.*, (1992).

| Atividades                            | Carga potencial poluidora                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                        |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | Elevada                                                                                                                                                                                                                   | Moderada                                                                                                                                                            | Reduzida                                                                                                                               |
| <b>Atividade industrial</b>           | -episódios de contaminação comprovada<br>-resíduos ou produtos perigosos >1t/dia<br>-infiltração de efluentes industriais em grande quantidade                                                                            | -resíduos ou produtos perigosos <1t/dia<br>-infiltração do efluente em pequena quantidade<br>-infiltração de efluentes domésticos sanitários com >300 trabalhadores | -efluentes ou líquidos domésticos lançados na rede de esgoto<br>-infiltração de efluentes domésticos sanitários com <300 trabalhadores |
| <b>Disposição de resíduos sólidos</b> | -episódios de contaminação comprovada<br>-uso de produtos ou matéria-prima (1) perigosos >1t/dia<br>-deposição inadequada de resíduos classe I (2) >1t/mês, classe II >100t/mês.                                          | -uso de produtos ou matéria-prima perigosos <1t/dia<br>-deposição inadequada de resíduos classe I <1t/mês, classe II <100t/mês.                                     | -disposição final apropriada<br>-resíduos classe III                                                                                   |
| <b>Lagoa de efluentes</b>             | -efluentes contendo substâncias perigosas<br>-substâncias não perigosas e lagoa >1ha                                                                                                                                      | -substâncias perigosas ausentes<br>-1ha > lagoa > 0.1ha                                                                                                             | -substâncias perigosas ausentes<br>-lagoa < 0.1ha                                                                                      |
| <b>Atividade de mineração</b>         | -efluentes perigosos gerados ou uso de substâncias perigosas em grandes quantidades<br>-deposição inadequada<br>-resíduos não perigosos e no entorno com (3) geração de poluentes<br>-área minerada >5% da área municipal | -geração/uso de substâncias perigosas em pequenas quantidades<br>-disposição final adequada                                                                         | -material não perigoso<br>-entorno não sensível à poluição<br>-área minerada <5% da área municipal                                     |

(1) associada com planta industrial

(2) Norma ABNT 10.004, classe I: perigosos; classe II: não inertes; classe III: inertes

(3) Distritos agroindustriais: distritos industriais, possibilidade de recebimento de resíduos



### 6.3- PROCESSO DA INDÚSTRIA DO COURO, SEUS EFLUENTES E SAÚDE HUMANA

O processo de fabricação dos couros inicia, após a esfolagem, com o consumo de água para a lavagem do lado carnal das peles, seguida da imersão em salmoura, para conservação. Segue-se a salga seca, com empilhamento das peças alternadamente com camadas de sal, o que auxilia na desidratação. O próximo uso da água será na fase de **remolho**, que tem como objetivo umectar os couros. No caso dos couros verdes, apenas lava-se a peça para retirar o sangue, enquanto os couros salgados, os seco-salgados e os secos passam por vários banhos ou descansam em molhos (Silva & Simões, 2001 ).

Os pelos e a epiderme são retirados após o **caleiro**, consistindo de um banho de dezessete horas em solução de sulfato de dimetilamina (menos poluente) ou sulfeto de sódio (que pode gerar  $H_2S$  ou  $H_2SO_4$ ), cal e água.

A remoção do sebo e do tecido adiposo é feita na **descarnagem**, via passagem em equipamento de cilindros e facas, sem utilização de água. Na **divisão do couro** em camadas de pele a água também não é utilizada. Já a **purga**, uma limpeza e preparação da pele para o curtimento, consiste de lavagem em água limpa corrente por até uma hora, seguida de lavagem em solução de sais de amônia e enzimas em água, sob agitação em tambores rotativos, durante até cinco horas. Segue-se a **piquelagem**, etapa prévia ao curtimento ao cromo, uma acidificação da pele com ácidos (sulfúrico, clorídrico, láctico ou outros ácidos orgânicos) e cloreto de sódio, em tambores ou tanques (Silva & Simões, 2001).

O **curtimento** propriamente dito tem a finalidade de impedir a putrefação das fibras de couro. Consiste da impregnação com tanino (natural ou sintético), cromo (sais de cromo com  $Cr_2O_3$ ), sais de alumínio, zircônio, formol ou ácido fenossulfônico. Utilizam-se banhos em solução aquosa e estiramento em molduras ou cabides, seguidos de lavagem. Realiza-se o reciclo do tanino e a recuperação do cromo utilizado, o último por reação com carbonato de sódio em vapor, e cal.

Finalmente, o **acabamento** dos couros constitui-se de diversas operações alternativas como prensagem, lavagem, tingimento com corantes sintéticos ou naturais, engraxamento com óleos sintéticos ou naturais, secagem e lixamento.

Em resumo as principais fontes de carga poluidora são as lavagens e o remolho, em termos de volume, e o curtimento em termos de DBO. O volume de água consumido varia de 30 a 100 litros por quilograma de pele tratada. Outros poluente importantes são as substâncias tóxicas (sais de cromo, sulfetos de sódio, cal livre, arsênio), os sabões, que geram espumas, os colóides, que formam depósitos putrefáveis, o ácido titânico (que forma o tanato férrico, que escurece as águas), os sólidos em suspensão, salinidade e pH elevado. Lembrando que os valores dos mesmos variam muito de curtume para curtume, devendo ser especificados por ensaios em cada unidade. Assim, as águas residuárias das indústrias de curtumes constituem-se de cal e sulfetos livres, cromo, matéria orgânica diluída ou em suspensão, elevados teores de sólidos dissolvidos totais, DQO e pH (Braile & Cavalcanti, 1993).

O processo de curtimento, de um modo geral segue as etapas descritas acima. No entanto, um curtume difere do outro no que se refere ao número de peles processadas, tipo e quantidade de insumos químicos utilizados, que geram efluentes com elevadas e quanto à postura em relação ao meio ambiente. Dessa forma, torna-se necessário a descrição detalhada do processo industrial de cada curtume (item 8.1).

Quanto à toxicidade, pode-se relatar os seguintes problemas relacionados à má disposição dos efluentes gerados por essa atividade a população do entorno, abortos, problemas câncer no útero, no seio e gastrintestinal, sangramento nasal, homens podem desenvolver tumores nos rins e deterioração da coluna.

Poluição por curtumes tem sido um grande problema em diversos países. Na Índia, No centro de saúde publica na região da bacia do rio *Palar*, aproximadamente 70% da mortalidade é devida ao consumo de água contaminada, principalmente por curtumes. Entre os sintomas observados tem-se desordem estomacal, desinteria, perda de peso, asma, inchaço e dor nos membros, irritação na pele, dermatites e úlceras de pele. Aproximadamente 22.000 pessoas trabalham em curtumes na bacia do rio *Palar*, as quais estão, portanto, expostas a um grade espectro de doenças. Em junho de 1985

cerca de 30 pessoas morreram de cólera. A principal razão para isto é que a bactéria da cólera se espalha facilmente em águas altamente salinas (Bowonder & Ramana, 1987).

Um exemplo mais recente ocorreu na Argentina, mas precisamente na cidade de Las Toscas, onde um curtume foi acusado de lançar resíduos tóxicos no meio ambiente. Os elevados teores de cromo e fenóis nos rejeitos do curtume seriam responsáveis pelo surgimento de câncer, má-formação genética, irritação nas mucosas, na vista e na pele, além de doenças respiratórias (Valente, 2004).

## 7- MATERIAIS E MÉTODOS

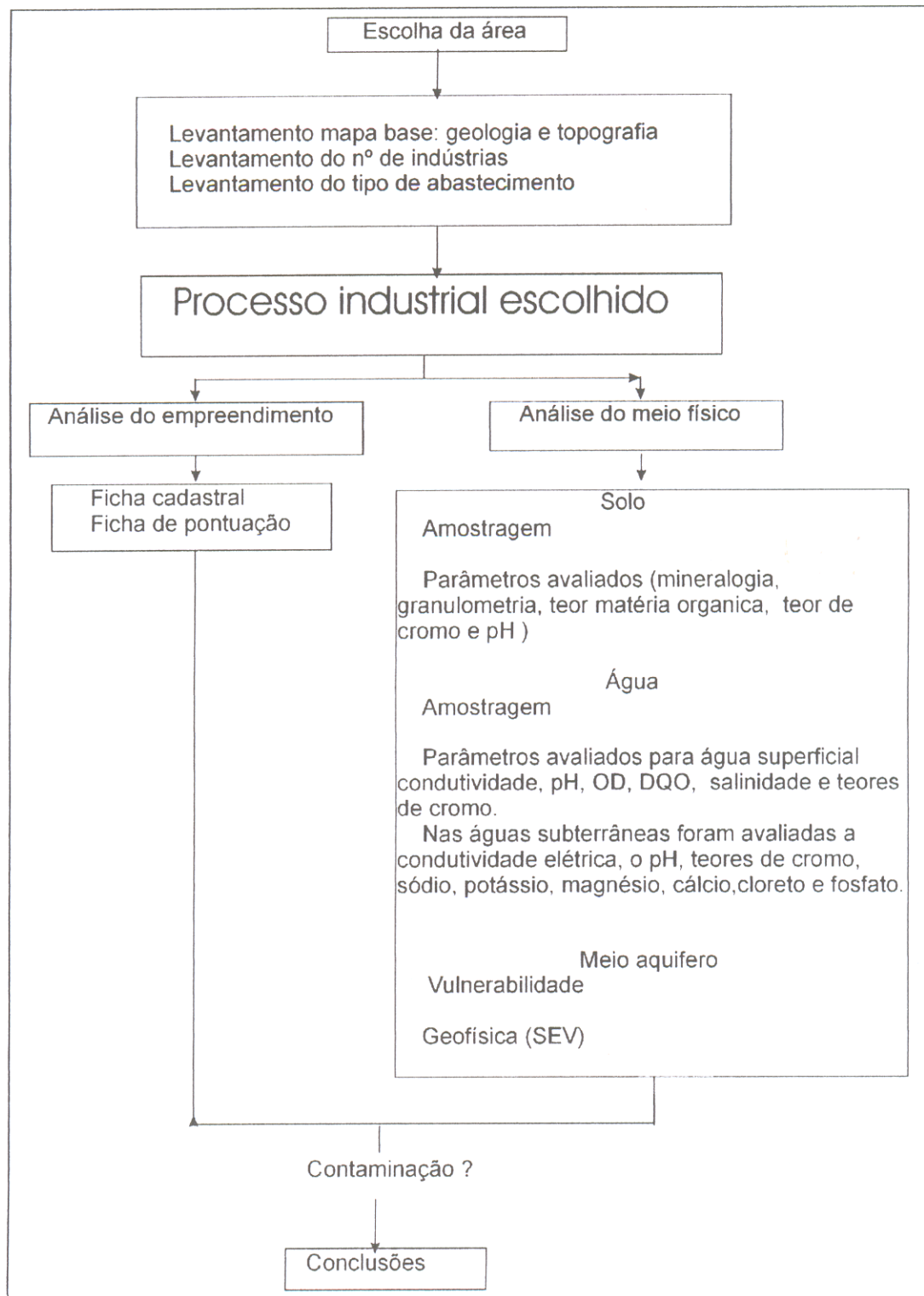
O trabalho desenvolvido compreendeu a análise tanto do empreendimento quanto do meio físico, como propõe a metodologia adotada. Os dados dessa análise foram empregados numa ficha de pontuação a fim de mensurar a probabilidade de empreendimento alterar as condições naturais do meio físico a níveis problemáticos à saúde humana. Todos os passos empregados estão resumidos na Figura 7.1.

### 7.1-LEVANTAMENTO DE DADOS

O trabalho consistiu em levantamento de dados junto à Companhia de Desenvolvimento Industrial do Pará (CDI), à Secretaria Executiva de Tecnologia e Meio Ambiente (SECTAM), e nas secretárias da Prefeitura de Belém, onde foram coletadas informações sobre as empresas instaladas nos Distritos industriais, topografia e fontes de abastecimento local.

Através de consultas nos cadastros da Companhia de Desenvolvimento Industrial do Pará (CDI) foi levantado o número de empresas lotadas no Distrito Industrial de Icoaraci (DII). De acordo com esses dados, até abril de 2002, funcionavam nessa área 28 empresas, desenvolvendo várias atividades como mostra a Tabela 7.1.





**Figura 7.1-** Etapas do desenvolvimento do trabalho.

**Tabela 7.1-** Indústrias instaladas no DII, em destaque a atividade a ser estudada.

| NÚMERO DE EMPRESA | Atividade                  |
|-------------------|----------------------------|
| 3                 | Alimentícia                |
| 1                 | Argila expandida           |
| 1                 | Beneficiamento de Minérios |
| 2                 | Construção civil           |
| 2                 | Construção naval           |
| 1                 | Emulsão asfáltica          |
| 1                 | Esquadrias                 |
| 3                 | Indus. & comércio do couro |
| 14                | madeireira                 |

Fonte: Companhia de desenvolvimento industrial do Pará.

A partir da identificação das atividades foi avaliado o potencial poluidor de cada indústria, considerando principalmente a toxicidade das substâncias químicas envolvidas no processo industrial (matéria-prima e efluentes). A partir dessa avaliação foram selecionados 4 curtumes, sendo três em atividade. Após a seleção foi realizada visita ao campo para investigar o funcionamento da atividade e posterior análise através método de Hassuda (1997).

## 7.2- ANÁLISE DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO SEGUNDO A METODOLOGIA DE HASSUDA (1997)

O trabalho desenvolvido não teve como objetivo principal focar especificamente o risco de contaminação das águas subterrâneas, provocado pelos curtumes instalados no Distrito Industrial de Icoaraci. Isto porque tais riscos não podem ser analisados de maneira isolada, sem considerar os outros elementos que compõem o meio físico, como as águas superficiais, a vegetação e principalmente solo, ou seja, a avaliação do risco de contaminação compreende a identificação das características

naturais do meio ambiente somadas às diversas atividades antrópicas desenvolvidas nesse meio. Na avaliação foi adotado o modelo utilizado por Hassuda (1997) para gerenciar áreas suspeitas ou contaminadas por resíduos sólidos na Região Metropolitana de São Paulo. Esta metodologia é uma adaptação para os padrões nacionais daquela desenvolvida no estado *Nordheim-Westphalen*, na Alemanha.

De acordo com a metodologia adotada por Hassuda (1997), ao assumir a existência de uma substância perigosa, denominada de **r0**, proveniente da disposição de lixo ou solo contaminado, a área pode ser avaliada em três etapas distintas: a liberação de substâncias nocivas provenientes do local (**I**), a entrada nos recursos ambientais dessas substâncias nocivas (**II**) e o transporte (migração) e os efeitos das substâncias nocivas aos recursos ambientais (**III**). A quantificação dos riscos reais existentes no local leva à pontuação dos riscos **rl**, **rII** e **rIII**. Os fatores de atenuação ou de aumento de risco são denominados multiplicadores **m** (**mI**, **mII**, **mIII**). Finalmente, a avaliação do risco se dá através das fórmulas:

$$rl = mI \times r0$$

$$rII = mII \times rl$$

$$rIII = mIII \times rII$$

O cálculo do risco real é obtido através de uma ponderação final (**mIV**), que aborda a importância do recurso ambiental, atingindo a pontuação final **rIV = mIV x rIII**.

A área de disposição de resíduos, pode conter substâncias danosas ao meio ambiente e à saúde pública, ao passo que essas substâncias podem apresentar seus efeitos nocivos somente quando entram em contato com o recurso natural. Portanto, na avaliação de risco para os recursos ambientais e a saúde pública são consideradas três fases, que são:

- Determinação da origem e do volume do grupo de substâncias presentes nos resíduos, caracterizada pela massa de resíduo quanto à sua origem, o volume e o tipo de substâncias. Estas últimas são classificadas de acordo com sua periculosidade, tamanho da área de disposição e toxicidade;
- Determinação da forma de propagação das substâncias nocivas, na qual são avaliados os prováveis caminhos a serem seguidos pela substância originária dos

resíduos, que pode difundir-se através do ar, solo, água superficial, água subterrânea;

- Determinação dos bens a proteger (saúde e vida da população, águas superficiais, águas subterrâneas, matas naturais, entre outros) existentes na área de disposição e em suas adjacências, analisando-se os efeitos que as substâncias causam aos recursos naturais e à saúde pública.

A periculosidade de uma substância, resultante de uma atividade, pode ser avaliada através da periculosidade do local de disposição, de sua forma de propagação e dos efeitos sobre os bens a proteger.

Cada componente de risco é composta por um parâmetro representante de uma ação ou fato (**Rn**), que é multiplicado por um fator de minimização ou de agravamento de risco (**Mn**). Esses dois parâmetros são classificados em três categorias: alto (**3**), médio (**2**) e baixo (**1**). A avaliação de risco é calculada de acordo com a fórmula abaixo.

$$R=(MI \cdot RI) \times (MII \cdot RII) \times (MIII \cdot RIII)= Ra \times Rb \times Rc$$

De acordo com a Tabela 7.2, o fator **Ra** é composto pelas componentes **Ra1**, que corresponde ao tipo e ao volume de resíduos do local de disposição, e **Ra2**, que se refere às substâncias que podem ser encontradas no local. Os valores de **Rn** e **Mn** para esses dois parâmetros encontram-se nas Tabelas 7.3 e 7.4.



**Tabela 7.2-** Sistema de pontuação adotado por Hassuda (1997).

|                                                           |                    |                          |                                |                               |               |
|-----------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------------|---------------|
| Disposição de<br>resíduos<br>(periculosidade)<br>Fator Ra | Ra= Ra1+Ra2        | (Ra1) tipo de<br>resíduo |                                | (Ra2) Grupo de<br>substâncias |               |
| Propagação<br>(Rb)                                        | Rb=Rb1+Rb2+Rb3+Rb4 | (Rb1)<br>ar              | Rb2<br>Água<br>subterrâ<br>nea | (Rb3)<br>Água<br>superficial  | (Rb4)<br>solo |
| Efeitos sobre os<br>bens a proteger<br>(fator Rc)         | Rc=Rc1+Rc2         | (Rc1) dentro da<br>área  |                                | (Rc2) fora da área            |               |

Nos locais de disposição em que resíduos de vários tipos estão misturados; deve-se adotar a pontuação de pior situação ou de maior risco.

**Tabela 7.3-** Valores de Mn e Rn para o componente Ra1 (tipo e volume de resíduo no local de disposição).

(Continua)

| Disposição: tipos de<br>resíduos         | Mn   | Rn |
|------------------------------------------|------|----|
| Industrial                               | 1,90 | 3  |
| Serviço de saúde                         | 1,90 | 3  |
| Domiciliar                               | 1,90 | 2  |
| Mineração                                | 1,90 | 1  |
| Inerte                                   | 1,90 | 1  |
| Varrição                                 | 1,90 | 1  |
| Entulhos                                 | 1,90 | 1  |
| Lodo do tratamento de<br>águas residuais | 1,90 | 2  |
| Outros lodos                             | 1,90 | 3  |

**Tabela 7.3-** Valores de Mn e Rn para o componente Ra1 (tipo e volume de resíduo no local de disposição).

|                                         |      |   |
|-----------------------------------------|------|---|
| (Conclusão)                             |      |   |
| Lodo de drenagem                        | 1,90 | 3 |
| <b>Volume de disposição de resíduos</b> |      |   |
| > 1.000.000 m <sup>3</sup>              | 0,48 | 3 |
| 100.000 – 1.000.000 m <sup>3</sup>      | 0,48 | 2 |
| < 100.000 m <sup>3</sup>                | 0,48 | 1 |

**Tabela 7.4-** Valores de Mn e Rn para o componente Ra2 (Grupo de substâncias que podem ser encontradas).

| (Continua)                                                                |           |                            |                          |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------|--------------------------|
| <b>Grupo de substâncias</b>                                               | <b>Mn</b> | <b>Rn<br/>(confirmado)</b> | <b>Rn<br/>(estimado)</b> |
| Orgânicos halogenados voláteis                                            | 0,95      | 3                          | 2                        |
| Orgânicos não halogenados voláteis                                        | 0,95      | 3                          | 2                        |
| HC clorados voláteis                                                      | 0,95      | 3                          | 2                        |
| Aromáticos clorados voláteis                                              | 0,95      | 3                          | 2                        |
| Aromáticos clorados (PCB)                                                 | 0,95      | 3                          | 2                        |
| Dioxinas e furanos                                                        | 0,95      | 3                          | 2                        |
| Compostos orgânicos nitrogenados, fosfatados, sulfatados (sem pesticidas) | 0,95      | 3                          | 2                        |
| Hidrocarbonetos aromáticos (sem HPA)                                      | 0,95      | 3                          | 2                        |
| Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)                             | 0,95      | 3                          | 2                        |
| Fenóis                                                                    | 0,95      | 3                          | 2                        |

**Tabela 7.4-** Valores de Mn e Rn para o componente Ra2 (Grupo de substâncias que podem ser encontradas).

| (Conclusão)                                                            |      |   |   |
|------------------------------------------------------------------------|------|---|---|
| Derivados de petróleo                                                  | 0,95 | 2 | 1 |
| Alcatrões e produtos similares                                         | 0,95 | 2 | 1 |
| Pesticidas                                                             | 0,95 | 3 | 2 |
| Metais e seus compostos                                                | 0,95 | 3 | 2 |
| Compostos inorgânicos (sem metais)                                     | 0,95 | 2 | 1 |
| Compostos inorgânicos (mais tóxicos, cianetados, fluorados e cromados) | 0,95 | 3 | 2 |
| Outras substâncias                                                     | 0,95 | 2 | 1 |
| Desconhecida                                                           | 0,95 | 1 | 1 |

O fator Rb é constituído pelos componentes Rb1 (possibilidade de propagação no ar), Rb2 (possibilidade de propagação na água subterrânea), Rb3 (possibilidade de propagação na água superficial) e Rb4 (possibilidade de propagação no solo). Os valores de Rn e Mn para os parâmetros acima citados encontram-se nas Tabelas 7.5, 7.6, 7.7 e 7.8.

A propagação de substâncias nocivas através do ar (Rb1), pode se dar através de:

- Ar livre diretamente sobre o local contaminado;
- Ar livre nos arredores do local contaminado;
- Ar nos poros do solo;
- Ar existente nos ambientes fechados no solo ou sobre o solo (porões, clarabóias, etc..)

**Tabela 7.5-** Valores de Mn e Rn para a componente Rb1 (Ar)

| Qualidade do ar do solo                                                | Mn  | Rn |
|------------------------------------------------------------------------|-----|----|
| Análise não realizada                                                  | 0,3 | 2  |
| Contaminada                                                            | 0,3 | 3  |
| Não contaminada                                                        | 0,3 | 0  |
| Desconhecida                                                           | 0,3 | 2  |
| <b>Eventos importantes</b>                                             |     |    |
| Explosão, incêndios, danos à saúde                                     | 0,4 | 3  |
| Emanação perceptível de gases/vapores, dispersão de poeira contaminada | 0,4 | 2  |
| Danos materiais, outros                                                | 0,4 | 2  |
| Danos à vegetação                                                      | 0,4 | 2  |
| inexistente                                                            | 0,4 | 0  |
| <b>Presença de vapores / gases nas edificações vizinhas</b>            |     |    |
| Não                                                                    | 0,4 | 0  |
| Sim                                                                    | 0,4 | 3  |
| Desconhecido                                                           | 0,4 | 1  |
| <b>Distância até a edificação mais próxima</b>                         |     |    |
| < 50m                                                                  | 0,4 | 3  |
| 50-100 m                                                               | 0,4 | 2  |
| > 100                                                                  | 0,4 | 1  |
| Edificações inexistentes                                               | 0,4 | 0  |

As águas subterrâneas atuam como um dos principais meio de entrada e transporte de substâncias contaminantes aos recursos ambientais, sendo que os fatores mais significativos na liberação de substâncias nocivas são:

- Impermeabilização superficial e cobertura intermediária (tipo, qualidade, cobertura vegetal);



- Escoamento das águas superficiais (configurações de superfícies, declividade, drenagem da água, tipo e condições de canais);
- Adições de água (de encostas, fontes);
- Clima (quantidade de chuvas, taxas de evaporação);
- Impermeabilização do fundo (material, declividade );
- Drenagem do fundo ou de camadas intermediárias compactadas (perfil do fundo, distâncias, pressões hidrostáticas, diâmetro e inclinação de canalizações de drenagem);
- Existência e durabilidade de impermeabilizações.

**Tabela 7.6-** Valores de Rn e Mn para componentes Rb2 (águas subterrâneas).

(Continua)

| Contaminação das águas subterrâneas                      | Mn  | Rn |
|----------------------------------------------------------|-----|----|
| Sim, contaminada                                         | 0,5 | 3  |
| Não                                                      | 0,5 | 0  |
| Desconhecida                                             | 0,5 | 2  |
| <b>Uso da água subterrânea afetada pela contaminação</b> |     |    |
| Abastecimento público                                    | 0,4 | 3  |
| Abastecimento domiciliar                                 | 0,4 | 3  |
| Recreação                                                | 0,4 | 3  |
| Irrigação, pecuária                                      | 0,4 | 2  |
| Uso industrial                                           | 0,4 | 1  |
| Desconhecida                                             | 0,4 | 2  |
| inexistente                                              | 0,4 | 0  |
| <b>Textura predominante do solo</b>                      |     |    |
| Arenosa, siltosa                                         | 0,1 | 3  |
| Argilosa                                                 | 0,1 | 0  |
| Desconhecida                                             | 0,1 | 2  |

**Tabela 7.6-** Valores de Rn e Mn para componentes Rb2 (águas subterrâneas).

(Continua)

| <b>Impermeabilização inferior</b>                                                                                                                |     |   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---|
| Inexistente , outros,<br>desconhecida                                                                                                            | 0,2 | 3 |
| Argila ou membrana                                                                                                                               | 0,2 | 1 |
| Argila e membrana, dupla<br>membrana                                                                                                             | 0,2 | 0 |
| <b>Destino final dos líquidos percolados, efluentes, substâncias e materiais</b>                                                                 |     |   |
| Água superficial,<br>infiltração no solo ou em<br>poços                                                                                          | 0,2 | 3 |
| Estação de tratamento                                                                                                                            | 0,2 | 0 |
| <b>Nível sazonalmente mais elevado da água subterrânea</b>                                                                                       |     |   |
| Em contato com<br>resíduo/solo contaminado                                                                                                       | 0,1 | 3 |
| Abaixo dos resíduos/solo<br>contaminado                                                                                                          | 0,1 | 0 |
| Desconhecida                                                                                                                                     | 0,1 | 2 |
| <b>Contexto hidrogeológico</b>                                                                                                                   |     |   |
| Quaternário, Terciário em<br>área de recarga , cárstico,<br>cristalino aflorante,<br>cristalino com manto<br>arenoso em área de<br>descarga      | 0,4 | 3 |
| Terciário em área de<br>descarga, cristalino com<br>manto argiloso em área<br>de recarga, cristalino com<br>manto arenoso em área<br>de descarga | 0,4 | 2 |

**Tabela 7.6-** Valores de Rn e Mn para componentes Rb2 (águas subterrâneas).

(Conclusão)

|                                                   |     |   |
|---------------------------------------------------|-----|---|
| Cristalino com manto argiloso em área de descarga | 0,4 | 1 |
| Desconhecido                                      | 0,4 | 3 |

As águas superficiais, assim como as subterrâneas, são muito importantes no processo de liberação, entrada e transporte de substâncias nocivas, sendo os fatores mais importantes :

- Impermeabilização intermediária e superficial;
- Condições topográficas;
- Adições de água;
- Clima;
- Drenagem de fundo ou de camadas intermediárias compactadas;
- Tipo de enchimento;
- Quantidade de substâncias nocivas.

**Tabela 7.7-** Valores de Mn e Rn para componentes Rb3 (águas superficiais)

(Continua)

| Qualidade da água superficial                         | Mn  | Rn |
|-------------------------------------------------------|-----|----|
| Não utilizada                                         | 0,6 | 0  |
| Sim, utilizada para abastecimento público             | 0,6 | 3  |
| Sim, utilizada para abastecimento domiciliar          | 0,6 | 3  |
| Sim, não utilizada                                    | 0,6 | 1  |
| Sim, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura | 0,6 | 2  |

**Tabela 7.7-** Valores de Mn e Rn para componentes Rb3 (águas superficiais)

(Conclusão)

|                                                                            |     |   |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|---|
| Sim, utilizada para recreação                                              | 0,6 | 3 |
| Desconhecida                                                               | 0,6 | 2 |
| <b>Possibilidade de influência direta da área sobre águas superficiais</b> |     |   |
| Não                                                                        | 0,4 | 0 |
| Sim, utilizada para abastecimento público                                  | 0,4 | 3 |
| Sim, utilizada para abastecimento domiciliar                               | 0,4 | 3 |
| Sim, não utilizada                                                         | 0,4 | 1 |
| Sim, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura                      | 0,4 | 2 |
| Sim, utilizada para recreação                                              | 0,4 | 3 |
| Desconhecida                                                               | 0,4 | 2 |
| <b>Possibilidade de enchente na área e uso da água superficial</b>         |     |   |
| Não                                                                        | 0,3 | 0 |
| Sim, utilizada para abastecimento público                                  | 0,3 | 3 |
| Sim, utilizada para abastecimento domiciliar                               | 0,3 | 3 |
| Sim, não utilizada                                                         | 0,3 | 1 |
| Sim, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura                      | 0,3 | 2 |
| Sim, utilizada para recreação                                              | 0,3 | 3 |
| Desconhecida                                                               | 0,3 | 2 |



O solo possui as seguintes relações com a área de disposição de resíduos :

- O solo contaminado é um recurso ambiental (caso 1);
- O solo a proteger está abaixo do local contaminado e é prejudicado principalmente pelo lixiviado (caso 2);
- O solo a ser protegido é o material de cobertura do local contaminado e pode estar prejudicado principalmente por substâncias nocivas formadoras de gás (caso 3);
- O solo a ser protegido encontra-se na vizinhança do local contaminado (caso 4).

No primeiro exemplo, caso o alvo de investigação seja o próprio solo, a avaliação da liberação assim como a entrada de substâncias nocivas ao recurso ambiental deixa de ser necessária, visto que a contaminação já está caracterizada. Se o foco de risco de contaminação limita-se diretamente com o recurso ambiental, não há área de migração. Logo, a avaliação deve partir das condições mais desfavoráveis (casos 2 e 3). No último caso, deve-se considerar as condições de transporte das substâncias nocivas do local contaminado ao solo.

**Tabela 7.8-** Valores de Mn e Rn para a componente Rb4 (solo).

(Continua)

| Qualidade do ar e do solo                 | Mn  | Rn |
|-------------------------------------------|-----|----|
| <b>Análise (0 a 1 m de profundidade)</b>  |     |    |
| Contaminado                               | 0,5 | 3  |
| Não contaminado                           | 0,5 | 0  |
| Análise não realizada                     | 0,5 | 2  |
| Desconhecido                              | 0,5 | 2  |
| <b>Análise (&gt; 1 m de profundidade)</b> |     |    |
| Contaminado                               | 0,5 | 3  |
| Não contaminado                           | 0,5 | 0  |
| Análise não realizada                     | 0,5 | 2  |
| Desconhecido                              | 0,5 | 2  |
| <b>Eventos importantes</b>                |     |    |
| Recalque, desabamento,<br>erosão          | 0,4 | 2  |

**Tabela 7.8-** Valores de Mn e Rn para a componente Rb4 (solo).

(Conclusão)

|                                            |     |   |
|--------------------------------------------|-----|---|
| Danos à vegetação                          | 0,4 | 2 |
| Dispersão de poeira                        | 0,4 | 1 |
| Danos a animais                            | 0,4 | 2 |
| Danos ao homem                             | 0,4 | 3 |
| Danos materiais                            | 0,4 | 2 |
| Outros, desconhecidos                      | 0,4 | 1 |
| Inexistente                                | 0,4 | 0 |
| <b>Riscos comprovados</b>                  |     |   |
| Não, assegurado por análise                | 0,6 | 0 |
| Sim, para a saúde da população             | 0,6 | 3 |
| Sim, para animais                          | 0,6 | 2 |
| Sim, para a vegetação                      | 0,6 | 2 |
| Desconhecida                               | 0,6 | 2 |
| <b>Impermeabilização superficial</b>       |     |   |
| Membrana ou solo                           | 0,6 | 0 |
| Pavimentação (asfalto ou cimento)          | 0,6 | 1 |
| Aterro argiloso                            | 0,6 | 2 |
| Aterro arenoso                             | 0,6 | 3 |
| Inexistente, desconhecido                  | 0,6 | 3 |
| <b>Danos visíveis (superfície do solo)</b> |     |   |
| Odor, devido à contaminação                | 0,4 | 3 |
| Coloração                                  | 0,4 | 3 |
| Inexistente                                | 0,4 | 0 |

O fator Rc corresponde aos possíveis efeitos de substâncias nocivas sobre os bens a proteger, sendo composto pelas componentes Rc1 (bens a proteger na área de disposição dos resíduos) Rc2 (bens a proteger nas adjacências da área de disposição dos resíduos a um raio de 1000 m de distância), cujos respectivos valores de Rn e Mn encontram-se na Tabela 7.9. A ocupação pelo homem e outros componentes ambientais que se encontram nos locais de disposição de resíduos, assim como em suas adjacências, podem ser direta ou indiretamente atingidos pelas substâncias tóxicas provenientes dos resíduos. De acordo com Hassuda (1997), entende-se por contato direto quando o ser humano ingere água contendo substâncias tóxicas e/ou através de uma simples alergia de pele; enquanto que como exemplo de contato indireto, o autor cita uma substância tóxica que entra na cadeia alimentar e atinge o ser humano. Os bens a proteger considerados pelo autor incluem os recursos naturais como rios, lagos, áreas de proteção ambiental, florestas nativas, além de áreas urbanas como zona ferroviária, rodovia, aeroportos, bairros residenciais. Ou seja, a saúde ambiental em geral.

**Tabela 7.9-** Valores de Mn e Rn para a componente Rc (bens a proteger).

(Continua)

| <b>Áreas com bens a proteger/<br/>ocupação do solo</b> | <b>Mn<br/>(dentro)</b> | <b>Mn<br/>(fora)</b> | <b>Rn</b> |
|--------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|-----------|
| Zona ferroviária                                       | 2,22                   | 1,11                 | 1         |
| Zona viária                                            | 2,22                   | 1,11                 | 1         |
| Estacionamento                                         | 2,22                   | 1,11                 | 1         |
| Aeroporto                                              | 2,22                   | 1,11                 | 1         |
| Área militar                                           | 2,22                   | 1,11                 | 1         |
| Comercial                                              | 2,22                   | 1,11                 | 1         |
| Industrial                                             | 2,22                   | 1,11                 | 1         |
| Área de interesse público                              | 2,22                   | 1,11                 | 1         |

**Tabela 7.9-** Valores de Mn e Rn para a componente Rc (bens a proteger).

(Continua)

|                                                       |      |      |   |
|-------------------------------------------------------|------|------|---|
| Mineração                                             | 2,22 | 1,11 | 1 |
| Residencial com hortas (alta densidade populacional)  | 2,22 | 1,11 | 3 |
| Residencial com hortas (baixa densidade populacional) | 2,22 | 1,11 | 3 |
| Residencial sem hortas (alta densidade populacional)  | 2,22 | 1,11 | 3 |
| Residencial sem hortas (baixa densidade populacional) | 2,22 | 1,11 | 3 |
| Parque, área verde                                    | 2,22 | 1,11 | 2 |
| Parque infantil/escola infantil                       | 2,22 | 1,11 | 3 |
| Área de lazer e desportos                             | 2,22 | 1,11 | 2 |
| Cemitérios                                            | 2,22 | 1,11 | 1 |
| Escola                                                | 2,22 | 1,11 | 2 |
| Hortas                                                | 2,22 | 1,11 | 3 |
| Área de pecuária                                      | 2,22 | 1,11 | 1 |
| Área agrícola                                         | 2,22 | 1,11 | 3 |
| Mata natural                                          | 2,22 | 1,11 | 1 |



**Tabela 7.9-** Valores de Mn e Rn para a componente Rc (bens a proteger).

|                                                   |      |      | (Conclusão) |
|---------------------------------------------------|------|------|-------------|
| Área de proteção ambiental                        | 2,22 | 1,11 | 2           |
| Área de proteção de mananciais                    | 2,22 | 1,11 | 2           |
| Bacia hidrográfica para abastecimento             | 2,22 | 1,11 | 3           |
| Aqüíferos importantes                             | 2,22 | 1,11 | 2           |
| Zona de maior restrição de proteção de mananciais | 2,22 | 1,11 | 3           |
| Área inundável, várzea                            | 2,22 | 1,11 | 2           |
| Represa para abastecimento público                | 2,22 | 1,11 | 3           |
| Água superficial para abastecimento público       | 2,22 | 1,11 | 3           |
| Poço para abastecimento público                   | 2,22 | 1,11 | 3           |
| Poço para abastecimento domiciliar                | 2,22 | 1,11 | 3           |

Finalmente, obtém-se a pontuação dos fatores Ra, Rb e Rc para o risco de contaminação ambiental através do produto final  $R = (Ra1 + Ra2) \times (Rb1 + Rb2 + Rb3 + Rb4) \times (Rc1 + Rc2)$ , que é igual a:  $R = Ra \times Rb \times Rc$ , como apresentado na Tabela 7.10.

**Tabela 7.10-** Totalização do sistema de pontuação para o risco de contaminação.

|                             |                                         |
|-----------------------------|-----------------------------------------|
| Resíduo                     |                                         |
| Origem, composição e volume | $Ra = mI \times RI = 10 \quad \times$   |
| Propagação                  |                                         |
| Ar, água e solo             | $Rb = mII \times RII = 10 \quad \times$ |
| Bens a proteger             | $Ra = mIII \times RIII = 10$            |
| Pontuação final             | $R = Ra \times Rb \times Rc = 1000$     |

### 7.3- AMOSTRAGEM DE ÁGUA

Essa etapa consistiu na coleta de águas no mês de novembro de 2003. A amostragem foi realizada em duas nascentes próximas ao curtume Bragança em todos os poços utilizados para abastecimento domésticos, também próximos ao curtume Bragança, e finalmente nos igarapés Taboquinha e Couro do Norte.

As águas dos poços foram coletadas após o bombeamento e posterior recuperação do nível estático, assegurando que toda a água estagnada fosse substituída pela água da formação geológica. Nas nascentes, as águas foram amostradas nos locais de surgência, enquanto que para amostragem das águas dos igarapés foram utilizados barcos, sendo a coleta feita no centro dos canais, a uma profundidade de 30cm.

Foram utilizados frascos de polietileno previamente lavados com solução de ácido clorídrico a 5%. Antes da coleta todos os recipientes foram lavados com a água a ser coletada. Após a coleta, as amostras foram identificadas e armazenadas sob refrigeração e encaminhadas para o laboratório do Centro de Geociências, onde foram analisadas em um prazo máximo de 24 horas.

#### 7.4- ANÁLISE DE ÁGUA

Nas águas superficiais foram medidos *in situ* o pH, a condutividade elétrica, os sólidos totais dissolvidos (STD), o oxigênio dissolvido e a salinidade. Para tanto foi utilizado o aparelho multiparamétrico da marca multi 340i/set WTW. Com exceção do oxigênio dissolvido os demais parâmetros também foram determinados nas águas dos poços e das nascentes.

Quanto às análises laboratoriais, nas águas superficiais foram determinados a demanda química de oxigênio (DQO) e os teores de cromo (total e hexavalente). Nas águas de poços e das nascentes foram medidos os teores de cromo (total e hexavalente), sódio ( $\text{Na}^+$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ) e fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Todas essas análises seguiram as recomendações da American Public Health Association (1975).

#### 7.5- AMOSTRAGEM DO SOLO

A amostragem de solo teve como objetivo determinar o teor de matéria orgânica, a granulometria (frações areia, silte e argila), o pH, bem como a ocorrência de cromo de origem natural e antrópica.

A seleção da área de amostragem seguiu o procedimento proposto por Singh & Steinnes (1994), que é o mesmo adotado para o Estado de São Paulo (CETESB, 2001). Os autores propõem que solos destinados à avaliação da concentração natural de metais devem ser amostrados em áreas remotas ou com o mínimo de interferência antrópica, selecionando preferencialmente áreas com vegetação nativa ou reflorestamento antigo, minimizando, assim, a possibilidade de escolha de um solo que tenha sofrido efeito antropogênico num passado recente de no mínimo 20 anos.

A área de estudo encontra-se em avançado estágio de ocupação urbana restando, entretanto, alguns locais com vegetação nativa no entorno da indústria estudada. Diante desta peculiaridade, as amostras foram coletadas nessas áreas preservadas, a montante das indústrias. Esse procedimento descarta qualquer possibilidade de contribuição por parte dos curtiúmes, visto que os efluentes são descartados em domínio geomorfológico diferente, com desnível de 3 metros em

relação aos pontos amostrados. Além disso, os pontos de amostragem situam-se a uma distância mínima de 1000 metros, em relação aos cultivos estudados.

De acordo com CETESB (2001), para cada tipo de solo devem ser amostrados 3 glebas, cada uma com área não superior a 20 ha, e com características consideradas homogêneas entre si quanto à cor, textura do solo, topografia, drenagem e cobertura vegetal.

Na área de estudo ocorrem apenas dois domínios pedogenéticos a saber: aqueles derivados da Formação Pós-Barreiras e os derivados dos sedimentos Holocênicos.

O programa de amostragem foi desenvolvido apenas sobre os solos derivados do primeiro domínio citado acima, pois este cobre mais de 85% da área, estando as indústrias do Distrito Industrial de Icoaraci instaladas sobre esse tipo de solo. Desse modo, os resultados alcançados poderão ser utilizados em outras avaliações ambientais que venham a ser desenvolvidas neste Distrito.

Segundo CETESB (2001), no Brasil recomenda-se a coleta de 10 a 30 sub-amostras para formar uma amostra composta, numa área de 15ha. Considerando a escala do trabalho e a uniformidade do terreno, optou-se por uma amostra composta constituída de 10 sub-amostras, coletadas em fevereiro de 2003.

O método de coleta seguiu a recomendação da CETESB (2001), no qual são amostradas duas profundidades fixas, de 0-20 cm (FH-20) e 80-100 cm (FH-80), objetivando conhecer uma possível variação nos parâmetros analisados decorrente das alterações nas características do solo em subsuperfície.

## 7.6- ANÁLISE DO SOLO

### 7.6.1- Determinação do Cromo

A determinação de cromo foi realizada através de absorção atômica com prévia abertura ácida das amostras, seguindo as etapas abaixo especificadas:

- Pesar 0,500 g da amostra;
- Adicionar 5 ml de HCl concentrado, aquecer até secar total;
- Adicionar 10 ml de mistura ácida HF-HClO<sub>4</sub> (10:1), esperar até secar total;



- Adicionar 7 ml da mistura ácida HF-HClO<sub>4</sub> (10:1), esperar até secar total;
- Adicionar 5 ml da mistura ácida HF-HClO<sub>4</sub> (10:1), esperar até secar total;
- Adicionar 5 ml de HCl 1:1 até secar pastosa;
- Adicionar 20 ml de HCl 1%;
- Fazer leitura no espectômetro de absorção atômica.

### 7.6.2- Determinação indireta de matéria orgânica

O método baseia-se na ação oxidante do dicromato de potássio (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) em meio ácido, sobre a fração de solo denominada carbono orgânico (Corg)(Guimarães *et al.*, 1970)

A metodologia exige a preparação das soluções de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,4 N em meio ácido, solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N e solução do indicador difenilamina, a 1 %.

Após o preparo das soluções, iniciou-se a análise, que recomenda os seguintes passos:

- Pesar 0,500 g de amostra de solo, transferir para um erlenmeyer de 250 ml;
- Acrescentar 10 ml de solução de K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 0,4 N, mais 5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>;
- Adaptar um tubo de ensaio cheio de água (funcionando como condensador) no gargalo de cada um dos erlenmeyer
- Aquecer em chapa elétrica, deixar em ebulição por cinco minutos e em seguida deixar esfriar;
- Adicionar 50 ml de água destilada e agitar;
- Acrescentar 2-5 ml de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> e agitar;
- Adicionar 3-5 gotas de difenilamina;
- Titular com a solução de sulfato ferroso amoniacal (SFA) até mudança da coloração azul para verde. Anotar o volume utilizado na titulação;
- Calcular o teor de matéria orgânica a através das equações: %C<sub>org</sub>=0.6 x meqC e %MO=%C<sub>org</sub> x 1.724

### 7.6.3- Medida de pH

O método recomenda as etapas abaixo discriminadas:

- Pesar 10 g de solo, transferir para becker de polietileno de 100 ml;
- Adicionar 25 ml de água deionizada;
- Agitar com bastão de vidro durante 20 minutos;
- Deixar em repouso por uma hora;
- Agitar e fazer leitura no pHmetro

### 7.6.4- Mineralogia

Os minerais foram identificados através de difração de raios-x em amostra total, utilizando-se o método do pó, que consiste numa diminuição prévia na granulometria dos sedimentos, utilizando um gral de ágata.

O equipamento utilizado foi o difratômetro de raio-x *Phillips*, modelo PW 1729, com tubo de cobre, com intervalo de leitura variando de 4 a 60°.

A interpretação dos picos dos difratogramas foi executada com auxílio do software APD da *Phillips*.

### 7.6.5- Análise Granulométrica

A porcentagem de areia, silte e argila nos solos foi determinada segundo a metodologia empregada no laboratório de sedimentologia do Centro de Geociências da UFPa, que consiste nas seguintes etapas:

- Pesar 200 g da amostra totalmente seca, transferir para becker de 1000 ml;
- Acrescentar água, levar para o ultrassom, esperar 5 minutos;
- Passar o material pela peneira de 200 *mesh*;
- O material retido (areia) na peneira é levado à estufa, sendo em seguida pesado;
- Após a pesagem, faz-se o peneiramento para caracterização do tipo de material;
- O material que passou na peneira 200 *mesh* (silte e argila) é levado para centrífuga a uma rotação de 1000 rpm por 2 minutos;

- Separar o resíduo (silte) do material em suspensão (argila);
- Calcular a porcentagem em relação ao peso inicial;
- Construir o gráfico de textura.

## 7.7- VULNERABILIDADE DO AQUÍFERO

Para a determinação dos riscos de contaminação das águas subterrâneas considerou-se a vulnerabilidade natural dos aquíferos existentes na área. A vulnerabilidade foi avaliada com base em 47 pontos distribuídos na área, através do modelo **GOD** (Foster *et al.*, 1988), baseado em três fatores:

- o tipo de ocorrência da água subterrânea, ou seja, se o aquífero é livre ou confinado;
- as características litológicas da zona não saturada;
- a profundidade do nível d'água (quanto maior essa profundidade mais espessa é a zona insaturada).

Os valores atribuídos aos parâmetros GOD do aquífero variam de 0 (zero) a 1(um). O produto destes três fatores fornece uma medida relativa da vulnerabilidade do aquífero. Neste método, a vulnerabilidade do aquífero varia de 0 a 1, com o valor 1 representando a vulnerabilidade mais elevada. São adicionadas letras para especificar o grau de fraturamento (F) e capacidade de atenuação das rochas e solos sobrepostos ao aquífero (A).

## 7.8- LEVANTAMENTO GEOFÍSICO

A presença de ácidos e sais nos efluentes lançados pelos curtumes eleva consideravelmente a quantidade de sólidos totais no solo e água subterrânea, tornando-os eletricamente mais condutivos, ou seja, menos resistivos.

Medidas da condutividade elétrica da água subterrânea ou da resistividade do subsolo podem, portanto, ser usadas para identificar as alterações (possível contaminação) provocadas pelos efluentes lançados por curtumes.

Neste trabalho os perfis foram feitos nos curtiúmes Couro do Norte e Bragança, onde foi aplicado a eletroresistividade, com o método do caminhamento elétrico, sendo a amostragem da resistividade aparente realizada ao longo de perfis com arranjo dipolo-dipolo. A separação entre os eletrodos foi de 5 metros, sendo empregados 5 níveis de amostragem. Este procedimento permitiu a obtenção de uma imagem da subsuperfície ao longo dos perfis, que mostra a distribuição da resistividade nas direções horizontal e vertical.

Foram realizados 5 perfis utilizando o resistivímetro da marca Geostest pertencente ao Departamento de Geofísica da UFPA.



## 8- RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 8.1- DESCRIÇÃO DO PROCESSO INDUSTRIAL DOS CURTUMES.

Para exemplificar a diversidade de insumos químicos utilizados e resíduos gerados pelos curtumes instalados no Distrito Industrial de Icoaraci foram utilizados dados do curtume Bragança e Couro do Norte, obtidos através do Projeto de Engenharia Ambiental (PEA) desses curtumes.

O curtume Bragança situa-se na estrada da Maracaquera, km 2, Distrito Industrial de Icoaraci, ocupando uma área total de 250.000 m<sup>2</sup>, com 10.000 m<sup>2</sup> pertencente à edificação industrial e 1.000 m<sup>2</sup> de área de apoio. Possui 61 funcionários, dos quais 46 trabalham na produção.

A quantidade diária de peles bovinas processadas é de 1.000 unidades, com peso unitário médio de 40 kg. Para atender essa demanda de 40 toneladas de couro verde são utilizados cerca de 8.552 kg de insumos químicos, destacados na Tabela 8.1

Os produtos e sub-produtos gerados diariamente pelo curtume Bragança são 1,8 toneladas de couro *wet-blue*, 2,1 toneladas de raspas curtidas ao cromo, 5,06 toneladas de aparas coletadas para gelatina e 2,5 toneladas de sebo bovino. Para tanto, é necessário seguir diversas etapas descritas no item 6.3.

Terminadas todas as fases da produção e posterior venda do *wet-blue*, restam os resíduos sólidos e os efluentes gerados no processo. O destino dos resíduos sólidos não se sabe bem ao certo, mas possivelmente são enviados para algum lixão ou aterro sanitário, enquanto os efluentes gerados são liberados *in natura* para as drenagens locais.

Os resíduos sólidos gerados no curtume para o processamento de 1000 peles por dia atingem aproximadamente 22 toneladas, sendo: 720 kg de pele bruta, no recebimento; 2.100 kg de carnaça, no pré-descarne; 720 kg de pelos da filtragem, no caleiro; 1.800 kg de lodo do caleiro, 120 kg de aparas caleiradas, no re-descarne; 2.400 kg de carnaça, no re-descarne; 1.800 kg de aparas caleiradas, na divisão.

**Tabela 8.1-** Insumos químicos utilizados pelo curtume Bragança

| Insumos químicos | Quantidade (kg) | Insumos químicos  | Quantidade (kg) | Insumos químicos  | Quantidade (kg) |
|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Igualém MK       | 78              | Amina             | 280             | Sal               | 1.600           |
| Tensoativo       | 145             | Cal               | 1540            | Deslizante        | 08              |
| Molhantes        | 78              | Sulfato de sódio  | 600             | Imprapel CO       | 140             |
| Soda             | 40              | Sulfato de amônio | 400             | Ácido fórmico     | 140             |
| Bactericidas     | 40              | Descalcinante     | 660             | Ácido sulfúrico   | 350             |
| Fungicida        | 30              | Formiato de sódio | 150             | Óxido de Magnésio | 145             |
| Chromosol B      | 2.000           | Óleo catiônico    | 110             |                   |                 |

Segundo o projeto de engenharia ambiental (PEA) do curtume Bragança estes resíduos têm destino certo como: a produção de gelatina a partir das aparas de pele bruta e de caleiradas; a carnaça para a graxaria; os pelos de filtragem e o lodo do caleiro para área agrícola, entre outros. Somam-se a esses resíduos, aparas de couro curtido e resíduo da precipitação/decantação dos efluentes cromados, além do lixo administrativo e sanitário da empresa que são constituídos por papéis, tecidos, plásticos, madeira, metais, vidros, resíduo orgânico de cozinha e refeitório.

Os efluentes gerados no curtume Bragança são os sanitários, em menor proporção, os quais não fazem parte do escopo deste trabalho, e os industriais que dividem-se em efluentes cromados e sem cromo.

Segundo o PEA, os efluentes cromados apresentam vazão diária de 19 m<sup>3</sup> e são originados a partir do curtimento ao cromo, da lavagem do couro ao final do curtimento e no processo de enxugamento do *wet-blue*. Também é importante considerar que tanto aparas de couro curtido quanto os lodos precipitados no curtimento, antes de dado o

destino final são armazenados dentro da área da indústria, podendo, desta maneira, liberar líquidos contendo cromo.

Os efluentes sem cromo provêm do caleiro, do descarte, da divisão, da descalcinação, da purga e outros. A ausência de cromo nesses efluentes não descaracteriza o seu potencial poluidor, visto que são empregados muitos insumos químicos com efeitos toxicológicos superiores aos do cromo.

Toda a água consumida no curtume Bragança é proveniente de poços tubulares que produzem 600 m<sup>3</sup> por dia. Essa água é distribuída no processo de curtimento da seguinte forma: 10 m<sup>3</sup> no pré-descarte, re-descarte e divisão; 32 m<sup>3</sup> no remolho; 66,6 m<sup>3</sup> no caleiro; 75 m<sup>3</sup> na pré-lavagem; 9 m<sup>3</sup> na descalcinação; 5 m<sup>3</sup> na purga; 170 m<sup>3</sup> na lavagem da purga; 61 m<sup>3</sup> na lavagem final e; 5 m<sup>3</sup> no enxugamento.

O caminho dos efluentes gerados no curtume Bragança se inicia com uma canalização por 112 m, até alcançar uma vala construída sem impermeabilização, onde flui por 172 m até uma lagoa. Também foi construída uma trincheira com 22 metros ligando a lagoa a um córrego, afluente do igarapé Taboquinha (Figura 8.1)

O curtume Couro do Norte localiza-se na antiga estrada do Outeiro, Distrito Industrial de Icoaraci, ocupando uma área total de 60.000 m<sup>2</sup>, sendo 5.800 m<sup>2</sup> de área industrial. Possui 50 funcionários, dos quais 40 trabalham na produção.

Diariamente são processados 1.000 unidades de couros verdes e salgados, utilizando 4.845 kg de produtos químicos (Tabela 8.2). Com isso, a unidade obtém como produto 600 couros *wet-blue*. A matéria-prima e os produtos químicos são estocados em área impermeabilizada com cimento, dentro da indústria.

A água consumida pela indústria é proveniente de poço tubular, com produção acima de 300 m<sup>3</sup>/dia para atender à demanda de 0,5 m<sup>3</sup>/couro.

Os efluentes produzidos, como no curtume Bragança, são cromados e sem cromo. Entretanto, neste curtume existe um sistema de tratamento de efluentes com reator de lodo ativado. Segundo a empresa, o tanque tem capacidade de armazenar todo o efluente gerado. Além disso, a empresa afirma que faz a recuperação de pelos, reciclagem dos banhos residuais de curtimento e reciclagem fechada do caleiro.

**Tabela 8.2-** Produtos químicos utilizados no Curtume Couro do Norte

| Produtos químicos  | Quantidade (kg/dia) |
|--------------------|---------------------|
| Sulfeto            | 360                 |
| Aminas             | 75                  |
| Cal                | 750                 |
| Hidróxido de sódio | 75                  |
| Cromo              | 1.200               |
| Sulfato de amônia  | 480                 |
| Ácido sulfúrico    | 240                 |
| Ácido fórmico      | 90                  |
| Sal                | 1.200               |
| Hostapal           | 75                  |
| Dormascal          | 300                 |

Depois de tratado, o efluente é lançado à vazão constante de 20 m<sup>3</sup>/h, durante 15 horas diárias, no igarapé que passa nos fundos do curtume. Segundo o PEA da empresa, apresentado à SECTAM, deveria apresentar as seguintes características físico-químicas:

- Temperatura menor que 25 °C;
- pH entre 6 e 8;
- Materiais sedimentáveis < 1 mg/l após 60 minutos;
- Sólidos em suspensão < 50 mg/L;
- Óleos e graxas < 30 mg/L;
- DBO a 5 dias < 60 mg/L;
- DQO < 150 mg/L;
- Cromo total < 5mg/L;
- Sulfeto < 1 mg/L e;
- Cloreto < 250 mg/l.





**Figura 8.1-** Forma de disposição dos efluentes gerados pelo curtume Bragança. (A) representa a lagoa de infiltração, (B) trincheira construída para levar efluentes ao afluente do igarapé Taboquinha e (C) representa o local, onde o efluente encontra o afluente do Taboquinha.

## 8.2- AVALIAÇÃO DO RISCO DE CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL PELOS CURTUMES DO DISTRITO INDUSTRIAL DE ICOARACI

Atualmente no Distrito Industrial de Icoaraci funcionam os curtumes Couro do Norte, Bragança e Ideal, havendo ainda o Gab leather, desativado.

Conforme especificado no item 7.2, na avaliação do risco de contaminação ambiental adotou-se a metodologia utilizada por Hassuda (1997). Para tanto, foram obtidas informações nas áreas avaliadas, relativas aos denominados critérios principais (CPs), os quais compreendem: tipo de indústria e a área que ocupa; tipo de substâncias utilizadas; ocupação do solo e bens a proteger dentro e fora do empreendimento, e; meio de propagação das substâncias liberadas pela atividade (através do solo, da água subterrânea, água superficial e pelo ar). Essas informações foram repassadas para uma ficha cadastral (FC), a partir da qual foi preenchida uma ficha de pontuação (FP). A pontuação obtida para cada empresa foi atribuída aos bens a proteger (BPs) que incluem: vida e saúde da população; abastecimento de água potável; uso do solo residencial com hortas; recursos hídricos subterrâneos e superficiais; uso do solo agrícola ou pecuária, e; outros bens a proteger. Todos os dados referentes às fichas cadastrais e de pontuação, constam em anexo.

Por se tratar da análise do mesmo empreendimento e, principalmente, por estarem instalados na mesma área (mesmos bens a proteger), os dados obtidos na ficha cadastral dos curtumes são muito semelhantes, sendo:

- *áreas ocupadas pelas empresas:* > 50.000 m<sup>2</sup>; recebendo peso máximo quanto às dimensões.
- *substâncias utilizadas no processo de curtimento:* as substâncias listadas nas Tabelas 8.1 e 8.2 se enquadram como ácidos, bases e compostos inorgânicos de elevada toxicidade. Essas substâncias recebem peso máximo.
- *ocupação do solo e as áreas com bens a proteger dentro do empreendimento:* foram considerados o estacionamento, mata natural, área inundável/várzea, poço para abastecimento domiciliar/industrial. Fora dos empreendimentos foram registrados áreas/bens de interesse público,



mata natural, área de proteção de mananciais, área inundável/várzea e poço para abastecimento domiciliar/ industrial. Dentre os bens a proteger destaca-se o poço para abastecimento que tem maior influência na valoração do risco.

- *propagação via solo*: no caso dos curtumes, os eventos importantes registrados foram danos à vegetação, danos aos animais, danos à saúde e proliferação de vetores.
- *existência de risco comprovado de contaminação*: nos curtumes evidenciaram-se riscos para a vida aquática e para a vegetação. Nas áreas é desconhecido ou inexistente material de impermeabilização da superfície do terreno.
- *propagação via água superficial*: foi constatada a presença de água superficial contaminada utilizada para a recreação e pesca, como mostra a Figura 8.2
- *propagação via água subterrânea*: foi considerada como desconhecida, uma vez que os poços avaliados estavam situados a montante dos curtumes, e por falta de análise a jusante dos curtumes, uma vez que estes possuem terrenos que se prolongam até as margens dos igarapés e seus proprietários não permitiram o acesso à área.
- *destino final dos efluentes*: água superficial e infiltração no solo.
- *nível mais elevado da água subterrânea*: fica em contato com o resíduo/solo contaminado no curtume Bragança, e abaixo nos demais.
- *propagação via ar*: nos curtumes destaca-se a emissão perceptível de gases/vapores, dispersão de poeira contaminada, além do odor insuportável na direção do vento, por mais de 500 metros.



**Figura 8.2-** Morador do Distrito Industrial pescando no igarapé Taboquinha, que recebe efluentes de três curtumes e, em detalhe, siris, produto da pescaria.

A Tabela 8.3 mostra a pontuação final dos riscos de contaminação pelos curtumes, os quais possuem praticamente o mesmo potencial poluidor. Entre os bens a proteger, aqueles que apresentaram maior risco de contaminação foram o abastecimento de água potável e os recursos hídricos subterrâneos e superficiais, visto que suas pontuações ficaram acima do valor crítico de 200. Para o abastecimento de água potável o valor máximo obtido foi de 393,58. Para o recursos hídricos subterrâneos e superficiais a pontuação foi próxima para os 3 curtumes, atingindo um valor máximo de 548,76. Trata-se de valores bem superiores àquele considerado crítico e a partir do qual se faz necessária a adoção de medidas preventivas e/ou corretivas.



**Tabela 8.3-** Esquema de pontuação adotado para calcular o risco de contaminação dos curtumes do Distrito Industrial de Icoaraci. (A) representa curtume Couro do Norte, (B) Gab Leather, (C) Bragança e (D) curtume Ideal.

| Soma               | Curtume       |   | BP1   | BP2    | BP3   | BP4    | BP5   | BP6    |
|--------------------|---------------|---|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| CP1                | A, B, C,<br>D |   | 5,24  | 5,24   | 5,24  | 5,24   | 5,24  | 5,24   |
|                    |               | + |       |        |       |        |       |        |
| CP2                | A, B, C,<br>D |   | 2,85  | 2,85   | 2,85  | 2,85   | 2,85  | 2,85   |
|                    |               | X |       |        |       |        |       |        |
| CP3                | A, B, C,<br>D |   | -     | 9,99   | -     | 9,99   | -     | 3,33   |
|                    |               | X |       |        |       |        |       |        |
| CP4                | A, B, D       |   | 6,24  | 4,67   | 7,47  | 6,60   | 6,04  | 7,20   |
|                    | C             |   | 6,24  | 4,87   | 7,47  | 6,79   | 6,04  | 7,20   |
| Pontuação<br>final | A, B, D       |   | 50,48 | 377,42 | 60,43 | 533,40 | 48,86 | 193,96 |
|                    | C             |   |       | 393,58 |       | 548,76 |       |        |

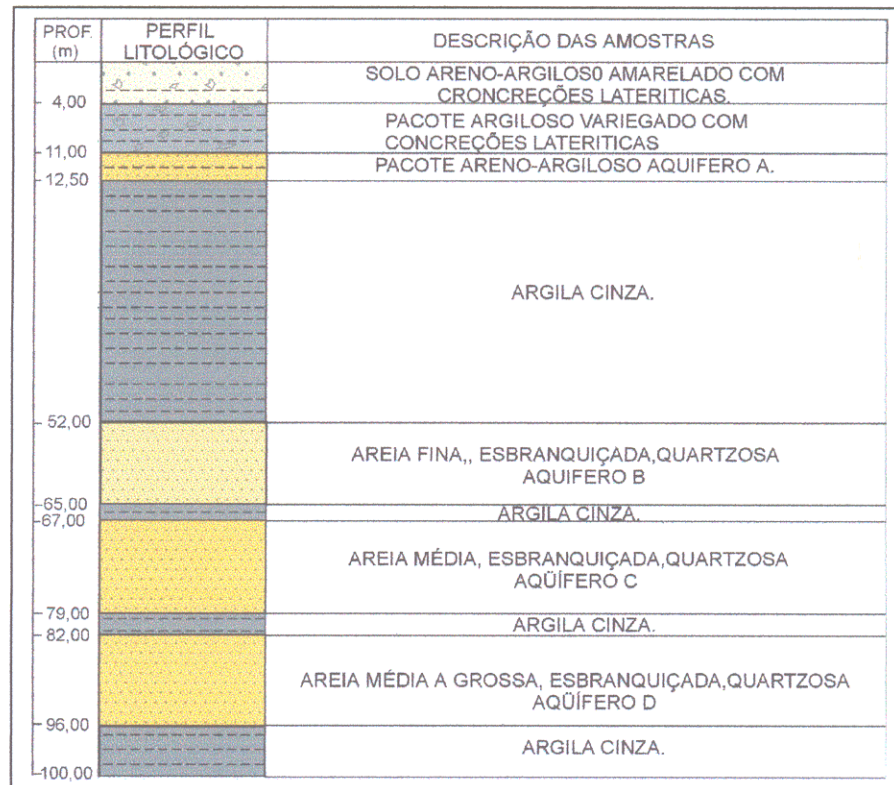
BP- Bens a proteger: 1- Vida e saúde da população; 2- Abastecimento de água potável; 3- uso do solo residencial com hortas; 4- recursos hídricos (subterrâneos e superficiais); 5- uso do solo agrícola ou pecuária; 6- outros bens a proteger

### 8.3-HIDROGEOLOGIA LOCAL

No Distrito Industrial de Icoaraci o abastecimento é feito pela exploração dos aquíferos constituídos pelos sedimentos do Pós-Barreiras e da Formação Barreiras. Os primeiros são do tipo livre, enquanto os da Formação Barreiras são semiconfinados a confinados.

Observações de poços escavados e poços de monitoramento mostram que a espessura da zona insaturada é de 8 m, em locais onde a cota topográfica está próxima a 15 m, e menor que 2 m, em cotas topográficas inferiores a 6 m. Esta espessura da zona insaturada refere-se ao período de maior incidência de chuvas.

Através do perfil do poço tubular construído na Tramontina, com 100 metros de profundidade, foi possível individualizar 4 unidades aquíferas principais como mostra a Figura 8.3.



**Figura 8.3-** Perfil litológico do poço tubular da Tramontina, no Distrito Industrial de Icoaraci

A primeira unidade aquífera ocorre no intervalo de 11 a 12,5 da superfície. Este aquífero, pertencente aos Sedimentos Pós-Barreiras, apesar de ser pouco espesso (1,5 m) é o mais utilizado no Distrito Industrial no abastecimento residencial. A exploração desta unidade é feita por poços escavados e tubulares rasos, sendo os primeiros largamente utilizados na área.

A segunda unidade capaz de fornecer água ocorre no intervalo de 52 a 65 metros de profundidade, portanto, com 13 metros de espessura. Geologicamente, este aquífero pertence ao sistema Barreiras e sua utilização restringe-se a algumas indústrias e ao comércio, sendo portanto pouco utilizado para o abastecimento residencial.

A terceira e a quarta unidades aquíferas ocorrem nos intervalos 67-79 e 82-96 metros de profundidade, respectivamente. Essas unidades, pertencentes ao sistema Barreiras, foram aproveitadas pela Tramontina, produzindo uma vazão de 25 m<sup>3</sup>/h.

De acordo com o apresentado, nota-se que no Distrito Industrial de Icoaraci os principais aquíferos utilizados são do sistema Pós-Barreiras, para consumo residencial, e sistema Barreiras, para utilização industrial, como mostra o poço da Tramontina.

No contexto deste trabalho, o aquífero do sistema Pós-Barreiras é de maior interesse, visto que as atividades de curtição de couro são processadas sobre este sistema e também por sua larga utilização como fonte de abastecimento. Conseqüentemente, uma eventual contaminação deste aquífero poderá afetar muitos usuários.

#### 8.4- ESTUDO DO AQUÍFERO LIVRE

##### 8.4.1- Vulnerabilidade à contaminação

O procedimento adotado na determinação da vulnerabilidade foi o de Foster *et.al.* (1988), mais conhecido como método GOD. Nesse método, G corresponde ao tipo de aquífero a ser protegido, O refere-se ao litotipo da zona insaturada e D, a profundidade da água subterrânea. A cada parâmetro atribui-se um valor que, multiplicados entre si, fornecem o grau de vulnerabilidade para o aquífero estudado (Figura 8.4).

No DII, o litotipo da zona insaturada é caracterizado predominantemente por sedimentos areno-silto-argilosos, os quais ocorrem em 85 % da área. Ocorrem ainda sedimentos recentes ao longo das drenagens, como mostra a Figura 8.5. O índice O atribuído a esses sedimentos foi de 0,6 e 0,5 respectivamente.

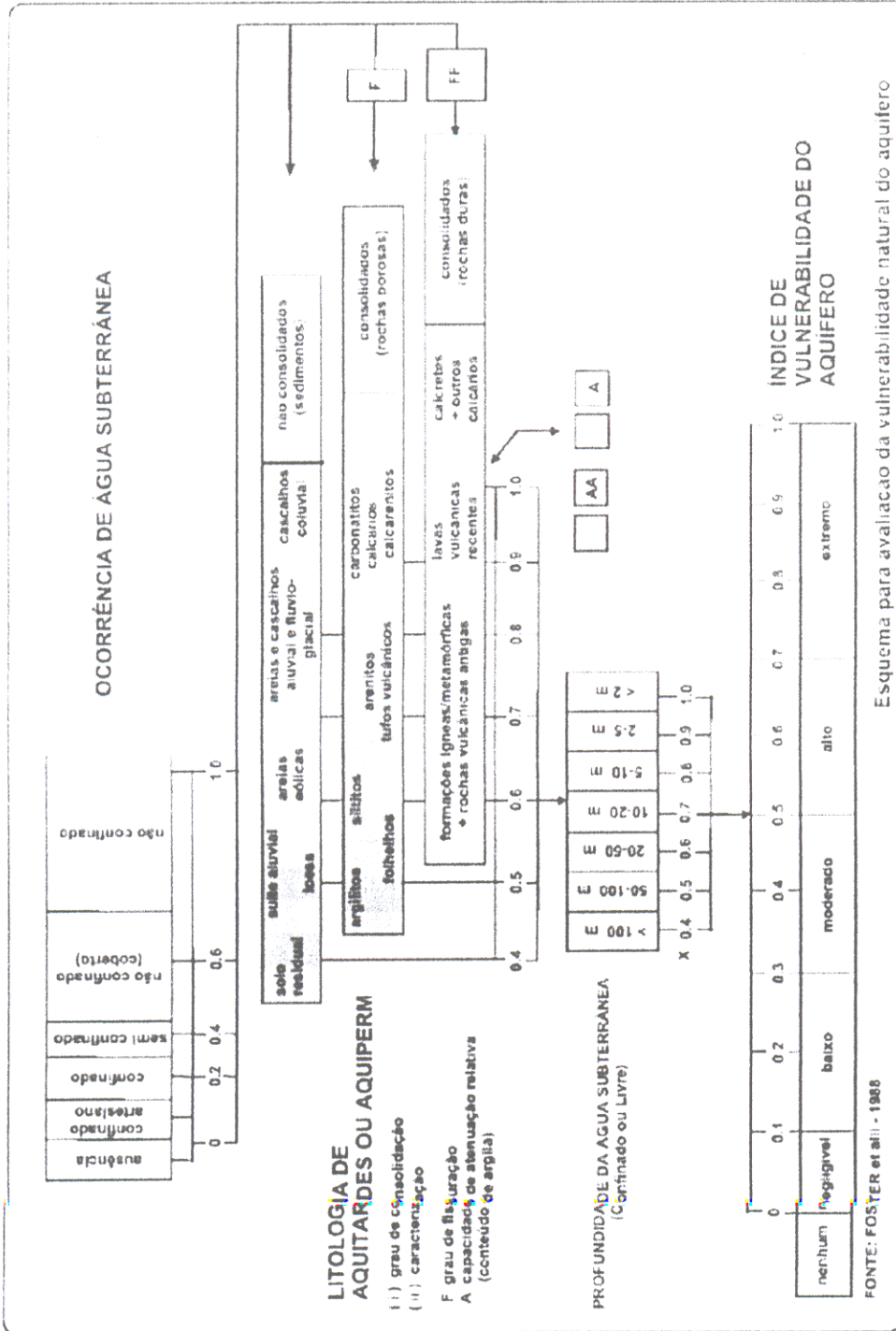
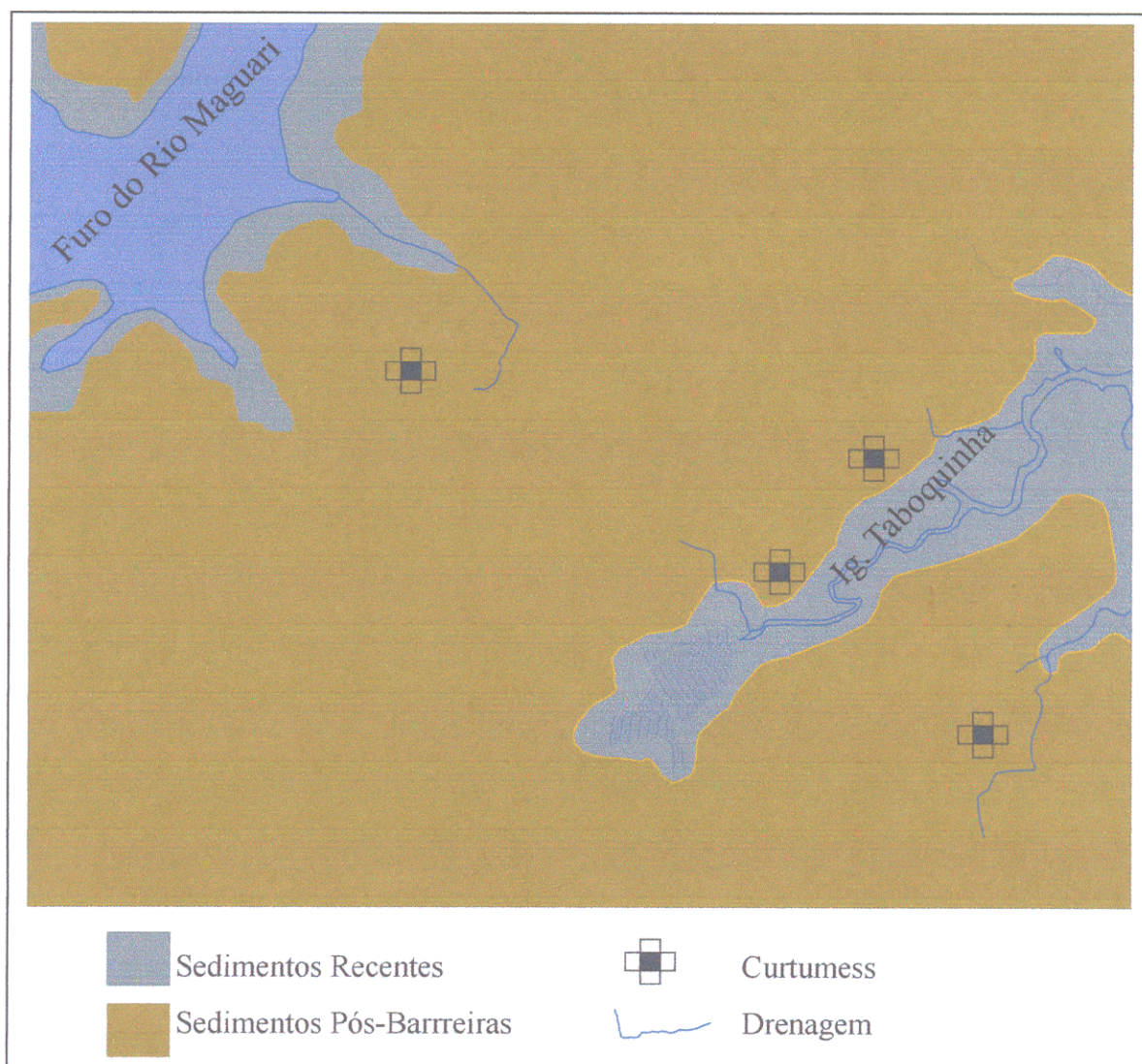


Figura 8.4- Modelo adotado para a determinação da vulnerabilidade das águas subterrâneas. Simplificado de Foster et al. (1988).



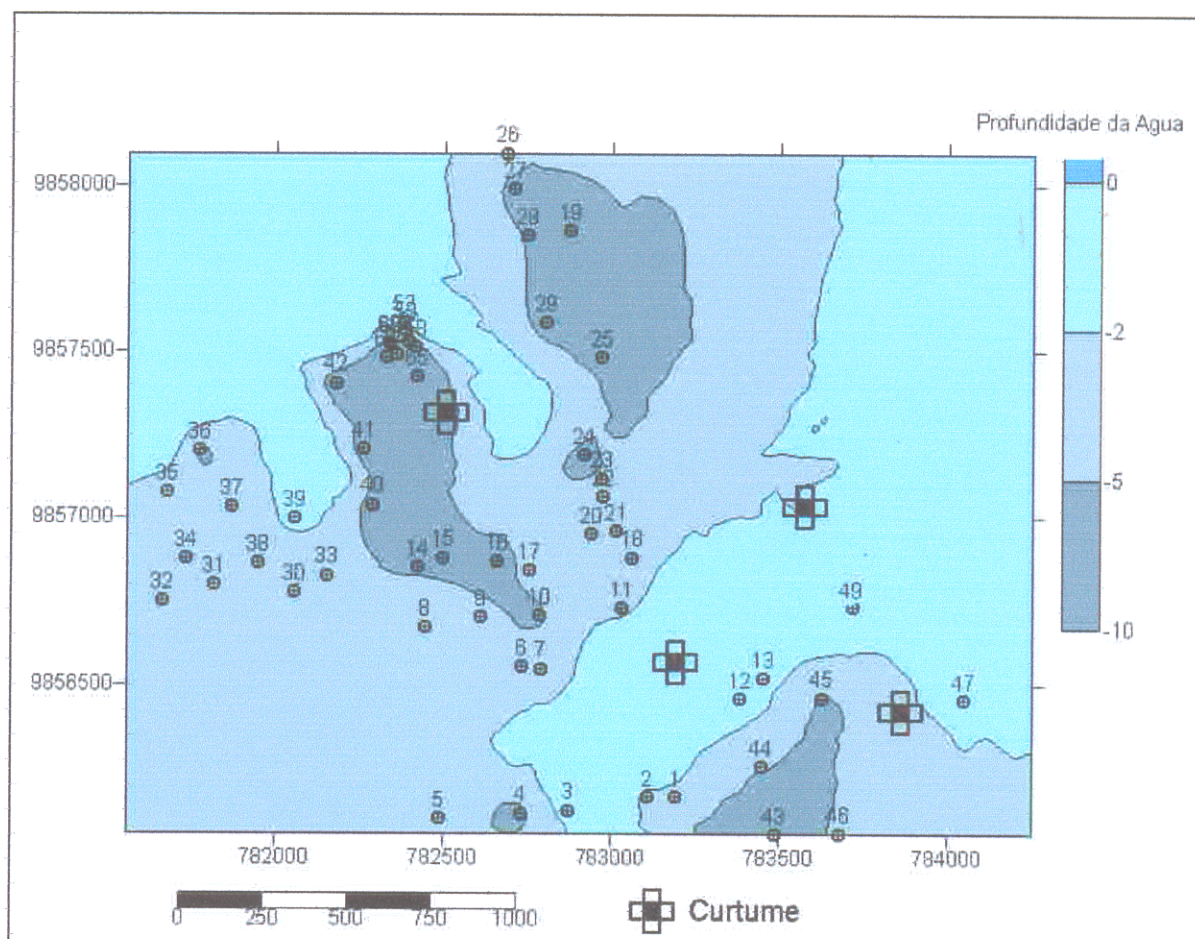


**Figura 8.5-** Mapa geológico do Distrito Industrial de Icoaraci. Modificado de Costa (2001).

A profundidade da superfície freática na área varia de 0, nas nascentes, até 6,38 m, nos poços escavados e tubulares. Portanto, é possível adotar índices 1.0, onde a água ocorre em profundidades inferiores a 2 m, 0.9, para profundidade entre 2 e 5 m, e 0.8, onde a superfície freática situa-se entre 5 e 10 de profundidade. Estes índices são os mesmos adotados pela CPRM no projeto Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém (CPRM, 2001). A partir dos valores de profundidade, mencionados acima, e do mapa de curvas de níveis, foi possível elaborar o mapa de



profundidade da água (Figura 8.6). A inexistência de pontos de controle em certos locais do mapa não prejudica sua precisão, pois a superfície freática está condicionada aos valores altimétricos do terreno e, no mapa, cada domínio geomorfológico local possui medidas. Por exemplo, a profundidade da água de 0-2 m ocorre em locais com curvas de nível inferior a 6 m.



**Figura 8.6-** Mapa de profundidade da superfície freática

A partir dos dados referentes às litologias e ao nível estático foi possível classificar o tipo de ocorrência da água subterrânea, completando assim a matriz com os parâmetros necessários à determinação da vulnerabilidade do aquífero estudado, mostrados na Tabela 8.4.

**Tabela 8.4-** Valores atribuídos aos parâmetros G, O e D na área estudada e índice de vulnerabilidade correspondente aos pontos estudados.

(Continua)

| Pontos | Coordenadas |         | Condição do aquífero (G) | Litologia zona não- saturada (O) | NE (D) | GxOxD |
|--------|-------------|---------|--------------------------|----------------------------------|--------|-------|
|        | X           | Y       |                          |                                  |        |       |
| 01     | 783191      | 9856162 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 02     | 783106      | 9856163 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 03     | 782872      | 9856122 | 1,0                      | 0,6                              | 1,0    | 0,6   |
| 04     | 782733      | 9856113 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 05     | 782489      | 9856098 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 06     | 782731      | 9856557 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 07     | 782789      | 9856549 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 08     | 782445      | 9856672 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 09     | 782611      | 9856704 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 10     | 782786      | 9856707 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 11     | 783028      | 9856729 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 12     | 783381      | 9856460 | 1,0                      | 0,6                              | 1,0    | 0,6   |
| 13     | 783450      | 9856521 | 1,0                      | 0,5                              | 1,0    | 0,5   |
| 14     | 782424      | 9856850 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 15     | 782499      | 9856880 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 16     | 782660      | 9856870 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 17     | 782754      | 9856843 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 18     | 783059      | 9856880 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 19     | 782873      | 9857861 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 20     | 782939      | 9856951 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 21     | 783013      | 9856959 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 22     | 782974      | 9857066 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 23     | 782967      | 9857120 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 24     | 782917      | 9857193 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 25     | 782968      | 9857484 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 26     | 782685      | 9858096 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |
| 27     | 782706      | 9857990 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 28     | 782745      | 9857848 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 29     | 782801      | 9857587 | 1,0                      | 0,6                              | 0,8    | 0,48  |
| 30     | 782059      | 9856778 | 1,0                      | 0,6                              | 0,9    | 0,54  |



**Tabela 8.4-** Valores atribuídos aos parâmetros G, O e D na área estudada e índice de vulnerabilidade correspondente aos pontos estudados.

(Conclusão)

|    |        |         |     |     |     |      |
|----|--------|---------|-----|-----|-----|------|
| 31 | 781818 | 9856800 | 1,0 | 0,6 | 0,9 | 0,54 |
| 32 | 781667 | 9856750 | 1,0 | 0,6 | 0,9 | 0,54 |
| 33 | 782152 | 9856828 | 1,0 | 0,6 | 0,9 | 0,54 |
| 34 | 781734 | 9856878 | 1,0 | 0,6 | 0,9 | 0,54 |
| 35 | 781678 | 9857078 | 1,0 | 0,6 | 0,9 | 0,54 |
| 36 | 781776 | 9857203 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 37 | 781871 | 9857036 | 1,0 | 0,6 | 0,9 | 0,54 |
| 38 | 781950 | 9856863 | 1,0 | 0,6 | 0,9 | 0,54 |
| 39 | 782057 | 9857001 | 1,0 | 0,6 | 1,0 | 0,6  |
| 40 | 782287 | 9857041 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 41 | 782263 | 9857208 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 42 | 782180 | 9857407 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 43 | 783485 | 9856049 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 44 | 783446 | 9856254 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 45 | 783627 | 9856462 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 46 | 783679 | 9856052 | 1,0 | 0,6 | 0,9 | 0,54 |
| 47 | 784049 | 9856454 | 1,0 | 0,6 | 1,0 | 0,6  |
| 49 | 783717 | 9856734 | 1,0 | 0,6 | 1,0 | 0,6  |
| 52 | 782380 | 9857590 | 1,0 | 0,6 | 1,0 | 0,6  |
| 53 | 782382 | 9857566 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 56 | 782394 | 9857534 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 58 | 782413 | 9857515 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 65 | 782419 | 9857427 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 66 | 782356 | 9857491 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 67 | 782326 | 9857485 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 68 | 782336 | 9857528 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |
| 69 | 782340 | 9857523 | 1,0 | 0,6 | 0,8 | 0,48 |

Como mostra a Tabela 8.4, adotou-se em todos os pontos para o índice G valor igual a 1, empregado para aquíferos livres.

A representação espacial do grau de vulnerabilidade na área resultou da interseção dos mapas de cada índice do método, formando assim polígonos. Dessa forma qualquer ponto nesta área terá característica similar, ou seja, mesmos valores para os índices adotados. Na Figura 8.7, apresenta-se o mapa de vulnerabilidade do Distrito Industrial de Icoaraci, obtido por esse método.



Com os 3 parâmetros definidos e multiplicados entre si, foram obtidos os índices de vulnerabilidade final, que variaram de 0,48 a 0,6, indicativos de vulnerabilidade moderada a alta, respectivamente.

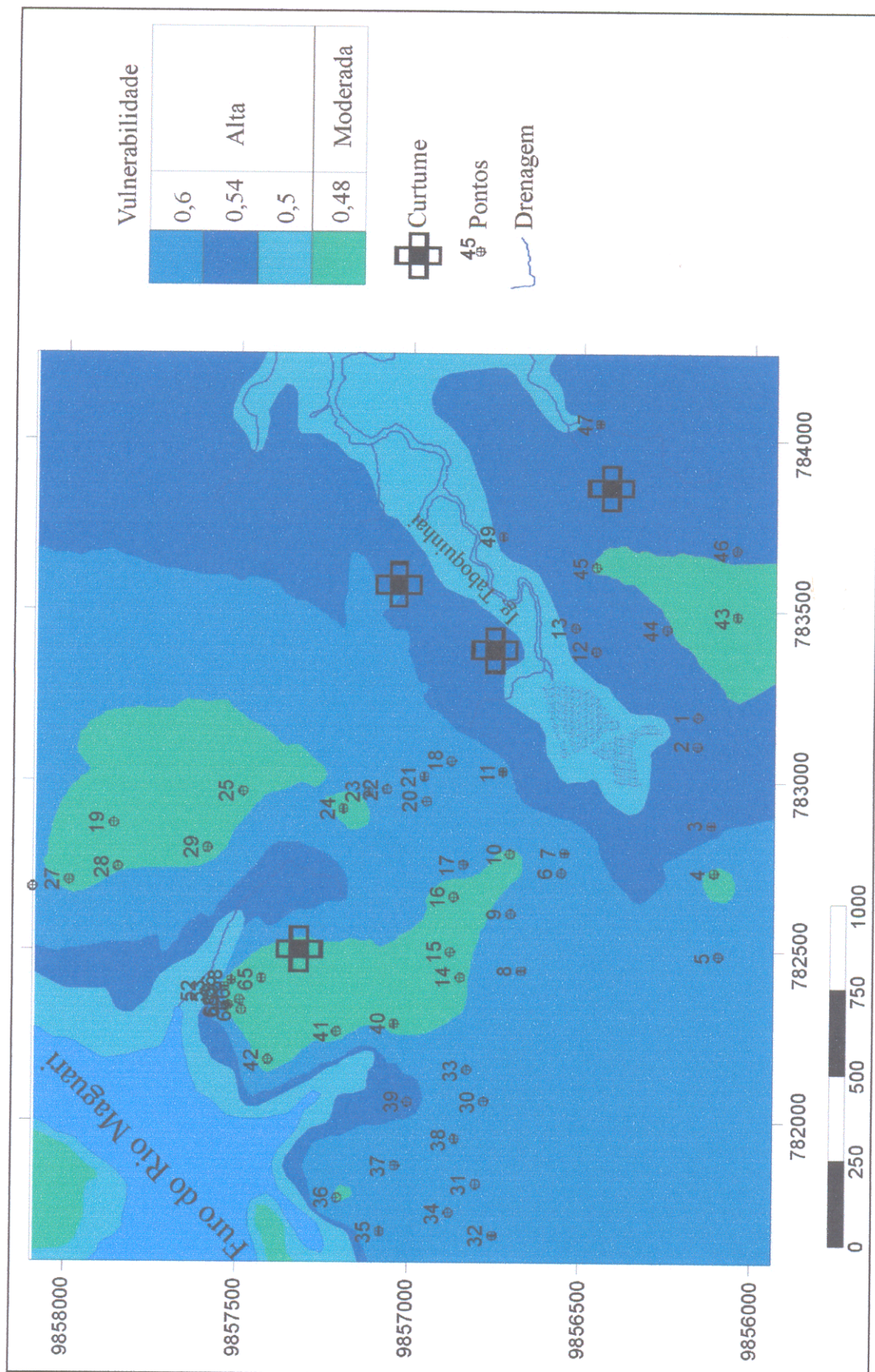


Figura 8.7- Mapa de vulnerabilidade à contaminação do aquífero livre do Distrito Industrial de Icoaraci.

A Figura 8.7 mostra que aproximadamente 80% da área estudada apresenta vulnerabilidade alta e 20% moderada. Com exceção do curtume ideal, todos os curtumes estão instalados em locais com alta vulnerabilidade à contaminação. Esses resultados são semelhantes ao encontrado pela CPRM (2001) ao fazer o mapa de vulnerabilidade para a Região Metropolitana de Belém na escala 1:50.000.

#### **8.4.2- Padrão de fluxo**

O padrão de fluxo subterrâneo foi obtido através de medidas de níveis estáticos em 44 poços (escavados e tubulares rasos) e em 3 nascentes existentes na área. Essa campanha de campo ocorreu no mês de março de 2003, representado assim as características do período chuvoso. Neste período, a superfície freática encontra-se mais próxima da superfície do terreno, ocasionando maior susceptibilidade do aquífero livre a eventos de contaminação, uma vez que a zona insaturada fica menos espessa nessa época do ano. Na bacia do igarapé Mata Fome, no bairro do Tapanã, zona de expansão de Belém, Gaspar (2001) encontrou uma variação sazonal de 1 metro para a superfície potenciométrica. Essa área situa-se a 4 km do Distrito Industrial de Icoaraci.

Os valores de potencial hidráulico foram obtidos a partir das cotas topográficas dos poços e das medidas de nível estático. Esses dados são mostrados na Tabela 8.5. Os dados de potencial hidráulico, listados na Tabela 8.5 foram tratados no *Software Super 8*, a fim de gerar um mapa de isoladores que mostrasse as direções de fluxo subterrâneo preferenciais (Figura 8.8). O método de interpolação adotado foi a *krigragem*, uma vez que, segundo Landim (2001), é o mais adequado para tratar dados geológicos.



**Tabela 8.5-** Dados utilizados na elaboração do mapa de padrão de fluxo da área.

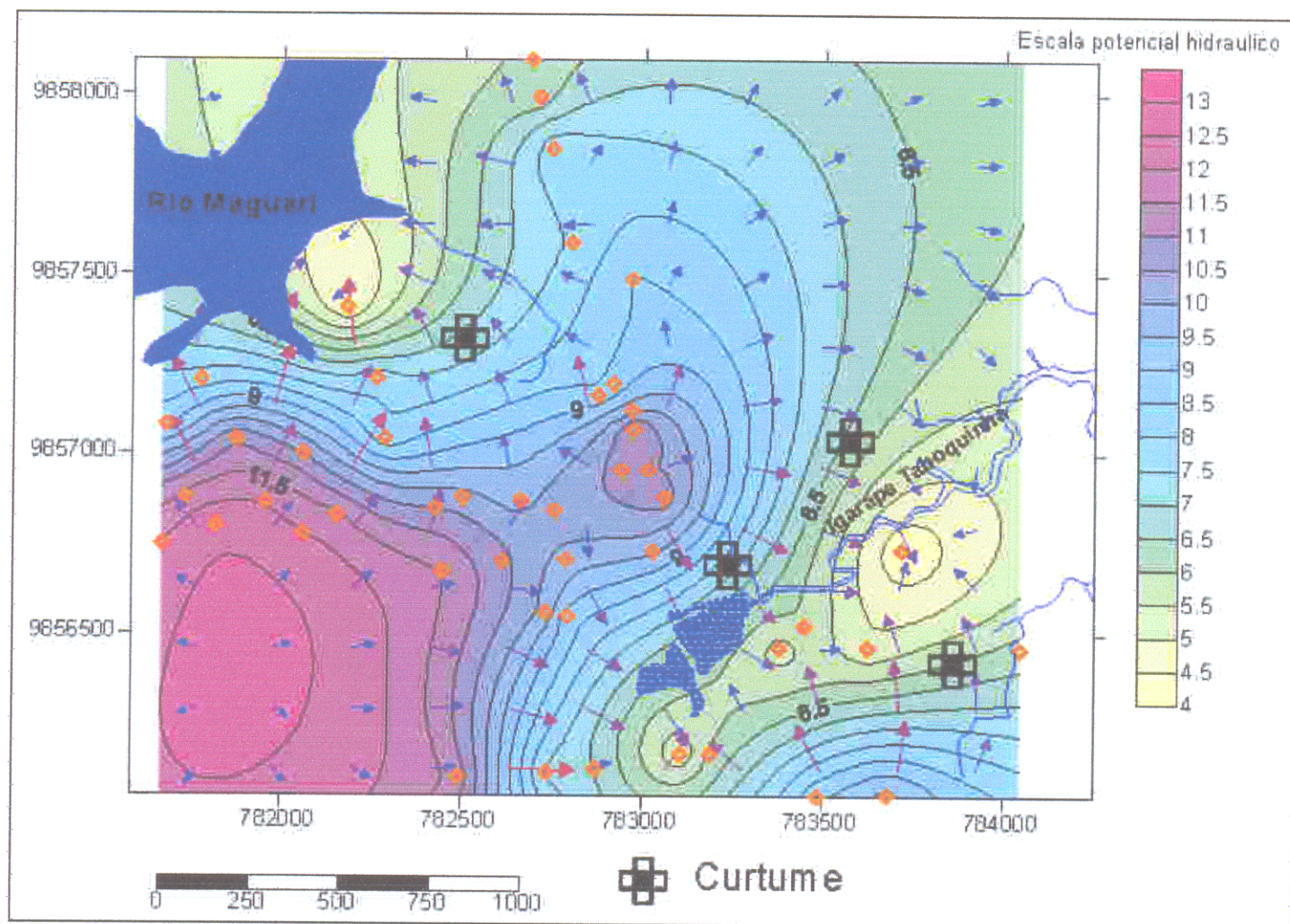
(Continua)

| Ponto | Localização |         | NE (m)   | Topografia | Potencial hidráulico |
|-------|-------------|---------|----------|------------|----------------------|
| 01    | 783191      | 9856162 | 3,02     | 9,20       | 6,18                 |
| 02    | 783106      | 9856163 | 2,59     | 7,70       | 5,11                 |
| 03    | 782872      | 9856122 | 1,00     | 8,00       | 7,01                 |
| 04    | 782733      | 9856113 | 5,7      | 13,10      | 7,4                  |
| 05    | 782489      | 9856098 | 3,66     | 15,00      | 11,34                |
| 06    | 782731      | 9856557 | 4,26     | 14,10      | 9,84                 |
| 07    | 782789      | 9856549 | 5,12     | 13,90      | 8,78                 |
| 08    | 782445      | 9856672 | 4,01     | 15,50      | 11,49                |
| 09    | 782611      | 9856704 | 4,67     | 15,30      | 10,63                |
| 10    | 782786      | 9856707 | 5,22     | 15,00      | 9,78                 |
| 11    | 783028      | 9856729 | 2,42     | 12,00      | 9,58                 |
| 12    | 783381      | 9856460 | 0,75     | 6,00       | 5,25                 |
| 13    | 783450      | 9856521 | Nascente | 6,00       | 6                    |
| 14    | 782424      | 9856850 | 5,11     | 15,60      | 10,49                |
| 15    | 782499      | 9856880 | 5,24     | 15,40      | 10,16                |
| 16    | 782660      | 9856870 | 5,42     | 15,20      | 9,78                 |
| 17    | 782754      | 9856843 | 4,67     | 15,00      | 10,33                |
| 18    | 783059      | 9856880 | 3,75     | 14,50      | 10,75                |
| 19    | 782873      | 9857861 | 5,47     | 14,10      | 8,63                 |
| 20    | 782939      | 9856951 | 4,04     | 14,70      | 10,66                |
| 21    | 783013      | 9856959 | 4,02     | 14,53      | 10,51                |
| 22    | 782974      | 9857066 | 3,85     | 14,90      | 11,05                |
| 23    | 782967      | 9857120 | 4,71     | 14,50      | 9,79                 |
| 24    | 782917      | 9857193 | 5,5      | 14,20      | 8,7                  |
| 25    | 782968      | 9857484 | 5,97     | 14,50      | 8,53                 |



**Tabela 8.5-** Dados utilizados na elaboração do mapa de padrão de fluxo da área.

| (Conclusão) |        |         |          |       |       |
|-------------|--------|---------|----------|-------|-------|
| 26          | 782685 | 9858096 | 3,61     | 9,80  | 6,19  |
| 27          | 782706 | 9857990 | 5,88     | 12,10 | 6,22  |
| 28          | 782745 | 9857848 | 5,14     | 13,00 | 7,86  |
| 29          | 782801 | 9857587 | 6,14     | 13,70 | 7,56  |
| 30          | 782059 | 9856778 | 3,12     | 15,10 | 11,98 |
| 31          | 781818 | 9856800 | 2,83     | 14,85 | 12,02 |
| 32          | 781667 | 9856750 | 2,87     | 15,20 | 12,33 |
| 33          | 782152 | 9856828 | 3,91     | 15,50 | 11,59 |
| 34          | 781734 | 9856878 | 3,36     | 15,00 | 11,64 |
| 35          | 781678 | 9857078 | 4,2      | 13,00 | 8,8   |
| 36          | 781776 | 9857203 | 5,55     | 13,80 | 8,25  |
| 37          | 781871 | 9857036 | 4,04     | 14,95 | 10,91 |
| 38          | 781950 | 9856863 | 3,15     | 15,10 | 11,95 |
| 39          | 782057 | 9857001 | 1,33     | 11,80 | 10,47 |
| 40          | 782287 | 9857041 | 6,38     | 14,50 | 8,12  |
| 41          | 782263 | 9857208 | 6,72     | 14,50 | 7,78  |
| 42          | 782180 | 9857407 | 7,35     | 11,80 | 4,45  |
| 43          | 783485 | 9856049 | 5,13     | 14,00 | 8,87  |
| 45          | 783627 | 9856462 | 5,48     | 10,60 | 5,12  |
| 46          | 783679 | 9856052 | 4,13     | 13,80 | 9,67  |
| 47          | 784049 | 9856454 | Nascente | 6,20  | 6,2   |
| 49          | 783717 | 9856734 | Nascente | 4,10  | 4,1   |



**Figura 8.8-** Mapa potenciométrico e padrão de fluxo subterrâneo para o aquífero freático, no Distrito Industrial de Icoaraci . Os pontos em laranja são pontos de controle.

De acordo com a Figura 8.8 as linhas de fluxo direcionam-se das áreas de potencial hidráulico mais elevado para as drenagens da área, principalmente o rio Maguari e o igarapé Taboquinha. Estes constituem as principais zonas de descargas dos aquíferos livres, juntamente com as nascentes que localizam-se próximo às suas margens.

Quanto à posição dos curtumes, estes estão localizados, de um modo geral, próximo às curvas de 6,5 m, ou seja, todos encontram-se instalados próximo às drenagens existentes, utilizando-as como principais receptores dos efluentes.

O fato de não haver nenhum morador captando água de poços construídos entre o curtume e as drenagens favorece a não ingestão pela população de água contaminada por este empreendimento.

#### 8.4.3- Valores de pH

Em relação às características físico-químicas da água subterrânea, foram medidos o pH e a condutividade elétrica em todo o Distrito Industrial, a fim de conhecer o padrão local para esses dois parâmetros e verificar a possível alteração que os curtumes estariam provocando nos valores naturais. Os dados obtidos encontram-se na Tabela 8.6.

**Tabela 8.6-** Valores de pH e condutividade elétrica na água do aquífero livre, no Distrito Industrial de Icoaraci. Os pontos 13, 47 e 49 referem-se às nascentes; os demais correspondem a poços.

(Continua)

| Ponto | Localização |         | pH   | Cond. Elétrica<br>( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) |
|-------|-------------|---------|------|-----------------------------------------------|
| 01    | 783191      | 9856162 | 4,77 | 81                                            |
| 02    | 783106      | 9856163 | 4    | 123                                           |
| 03    | 782872      | 9856122 | 4,58 | 113                                           |
| 04    | 782733      | 9856113 | 3,86 | 352                                           |
| 05    | 782489      | 9856098 | 3,93 | 249                                           |
| 06    | 782731      | 9856557 | 4,8  | 105                                           |
| 07    | 782789      | 9856549 | 3,85 | 166                                           |
| 08    | 782445      | 9856672 | 3,72 | 316                                           |



**Tabela 8.6-** Valores de pH e condutividade elétrica na água do aquífero livre, no Distrito Industrial de Icoaraci. Os pontos 13, 47 e 49 referem-se às nascentes; os demais correspondem a poços.

(Continua)

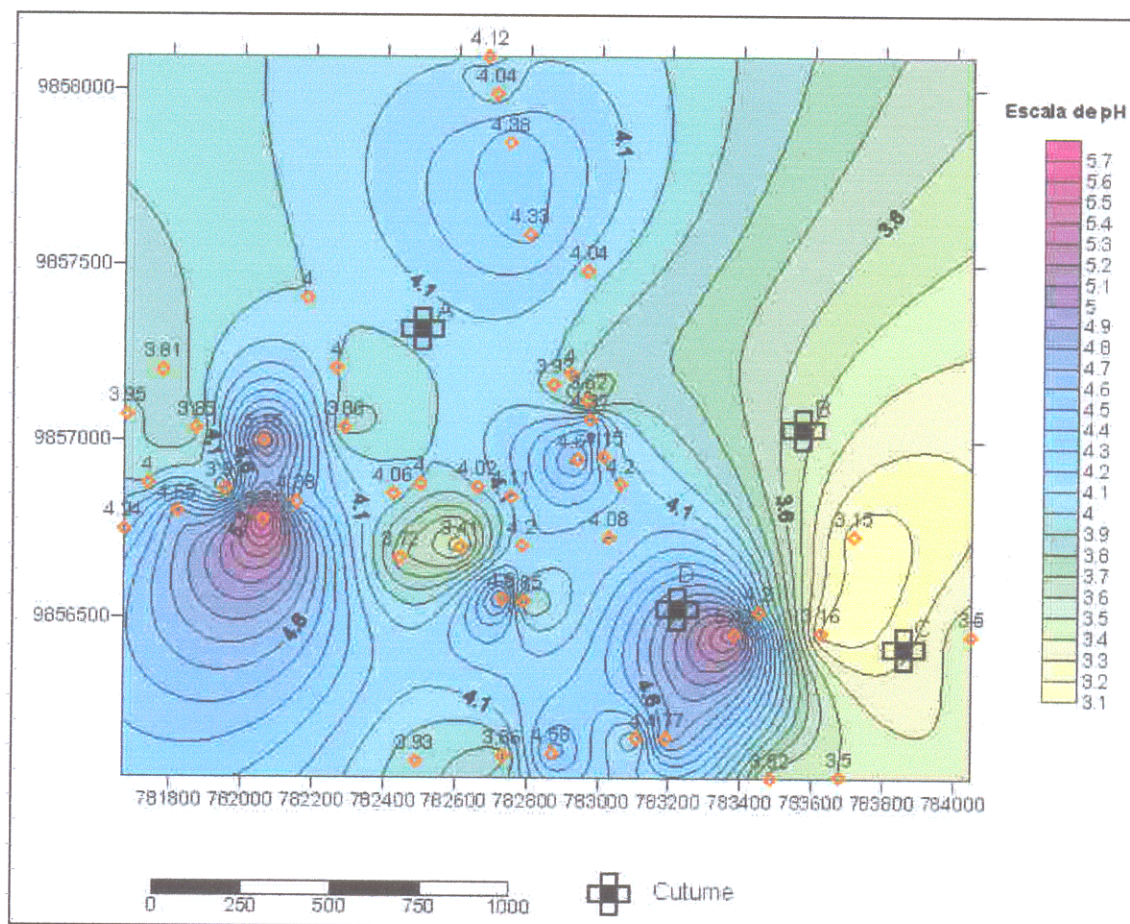
|    |        |         |      |      |
|----|--------|---------|------|------|
| 09 | 782611 | 9856704 | 3,41 | 276  |
| 10 | 782786 | 9856707 | 4,20 | 216  |
| 11 | 783028 | 9856729 | 4,08 | 248  |
| 12 | 783381 | 9856460 | 5,42 | 166  |
| 13 | 783450 | 9856521 | 4,20 | 30   |
| 14 | 782424 | 9856850 | 4,06 | 201  |
| 15 | 782499 | 9856880 | 4    | 174  |
| 16 | 782660 | 9856870 | 4,02 | 162  |
| 17 | 782754 | 9856843 | 4,11 | 219  |
| 18 | 783059 | 9856880 | 4,20 | 213  |
| 19 | 782873 | 9857861 | 3,93 | 180  |
| 20 | 782939 | 9856951 | 4,67 | 111  |
| 21 | 783013 | 9856959 | 4,15 | 190  |
| 22 | 782974 | 9857066 | 4,37 | 107  |
| 23 | 782967 | 9857120 | 3,62 | 157  |
| 24 | 782917 | 9857193 | 4    | 175  |
| 25 | 782968 | 9857484 | 4,04 | 127  |
| 26 | 782685 | 9858096 | 4,12 | 78   |
| 27 | 782706 | 9857990 | 4,04 | 78   |
| 28 | 782745 | 9857848 | 4,38 | 84   |
| 29 | 782801 | 9857587 | 4,33 | 83   |
| 30 | 782059 | 9856778 | 5,71 | 29   |
| 31 | 781818 | 9856800 | 4,24 | 33   |
| 32 | 781667 | 9856750 | 4,65 | 34   |
| 33 | 782152 | 9856828 | 4,38 | 36   |
| 34 | 781734 | 9856878 | 4    | 67   |
| 35 | 781678 | 9857078 | 3,95 | 51   |
| 36 | 781776 | 9857203 | 3,81 | 56   |
| 37 | 781871 | 9857036 | 3,85 | 64   |
| 38 | 781950 | 9856863 | 3,91 | 26   |
| 39 | 782057 | 9857001 | 5,15 | 31   |
| 40 | 782287 | 9857041 | 3,86 | 30   |
| 41 | 782263 | 9857208 | 4    | 31   |
| 42 | 782180 | 9857407 | 4    | 10   |
| 43 | 783485 | 9856049 | 3,52 | 26,7 |
| 44 | 783446 | 9856254 | 3,16 | 31,1 |
| 45 | 783627 | 9856462 | 3,16 | 31,1 |
| 46 | 783679 | 9856052 | 3,5  | 15,1 |
| 47 | 784049 | 9856454 | 3,5  | 62   |



**Tabela 8.6-** Valores de pH e condutividade elétrica na água do aquífero livre, no Distrito Industrial de Icoaraci. Os pontos 13, 47 e 49 referem-se às nascentes; os demais correspondem a poços.

| (Conclusão) |        |         |      |      |
|-------------|--------|---------|------|------|
| 49          | 783717 | 9856734 | 3,15 | 80,9 |
| 53          | 782382 | 9857566 | X    | 208  |
| 56          | 782394 | 9857534 | X    | 236  |
| 59          | 782391 | 9857513 | X    | 117  |
| 65          | 782419 | 9857427 | X    | 253  |
| 66          | 782356 | 9857491 | X    | 200  |
| 67          | 782326 | 9857485 | X    | 162  |
| 68          | 782336 | 9857528 | X    | 203  |

De acordo com a Tabela 8.6 os valores de pH variaram de 3.15, em uma das nascentes, até 5.71, no ponto 31, predominando valores próximos de pH 4,0. A Figura 8.9 mostra a distribuição espacial dos valores de pH na área. Apesar da não ocorrência de pontos de controles nas porções NE e NW do mapa, assume-se que os valores de pH nessas zonas são semelhantes aos das nascentes que ocorrem na área, visto que são áreas de mata, portanto sem influência antrópica.



**Figura 8.9-** Distribuição dos valores de pH da água freática no Distrito Industrial de Icoaraci. As letras A, B, C, D representam os curtiúmes Couro do Norte, Gab Leather, Bragança e Ideal, respectivamente.

Como base na Figura 8.9 a área pode ser dividida em duas zonas de valores de pH. O primeiro domínio de pH é representado por valores inferiores a 4, obtidos em poços situados em locais com baixa densidade populacional e em nascentes. O segundo domínio predominante na área é caracterizado por  $4 < \text{pH} < 5$ . No entanto, em três poços foram registrados valores de  $\text{pH} > 5$ , tratando-se, portanto, de valores anômalos e que não caracterizam um domínio.

Próximo ao curtiúme Couro do Norte, em área bastante povoada, os valores se mostraram próximos de 4. Por outro lado, próximo aos curtiúmes Bragança e Gab Leather, o pH medido foi 3.5. Valores de pH próximos a estes são características das

águas dos aquíferos do Pós-Barreiras e Barreiras, sem influência antrópica (Cabral, 2004). Finalmente, medidas próximas do curtume Ideal, situado próximo a uma invasão, registraram valores de 4.7. Nas proximidades dos curtumes Bragança e Gab Leather o pH de 3.5 reflete as condições naturais da área. Nesse setor leste, a área apresenta baixa densidade populacional, não tendo sido evidenciado influência de fontes de contaminação, como fossas e lançamento de esgotos no solo, sobre a qualidade da água dos poços avaliados.

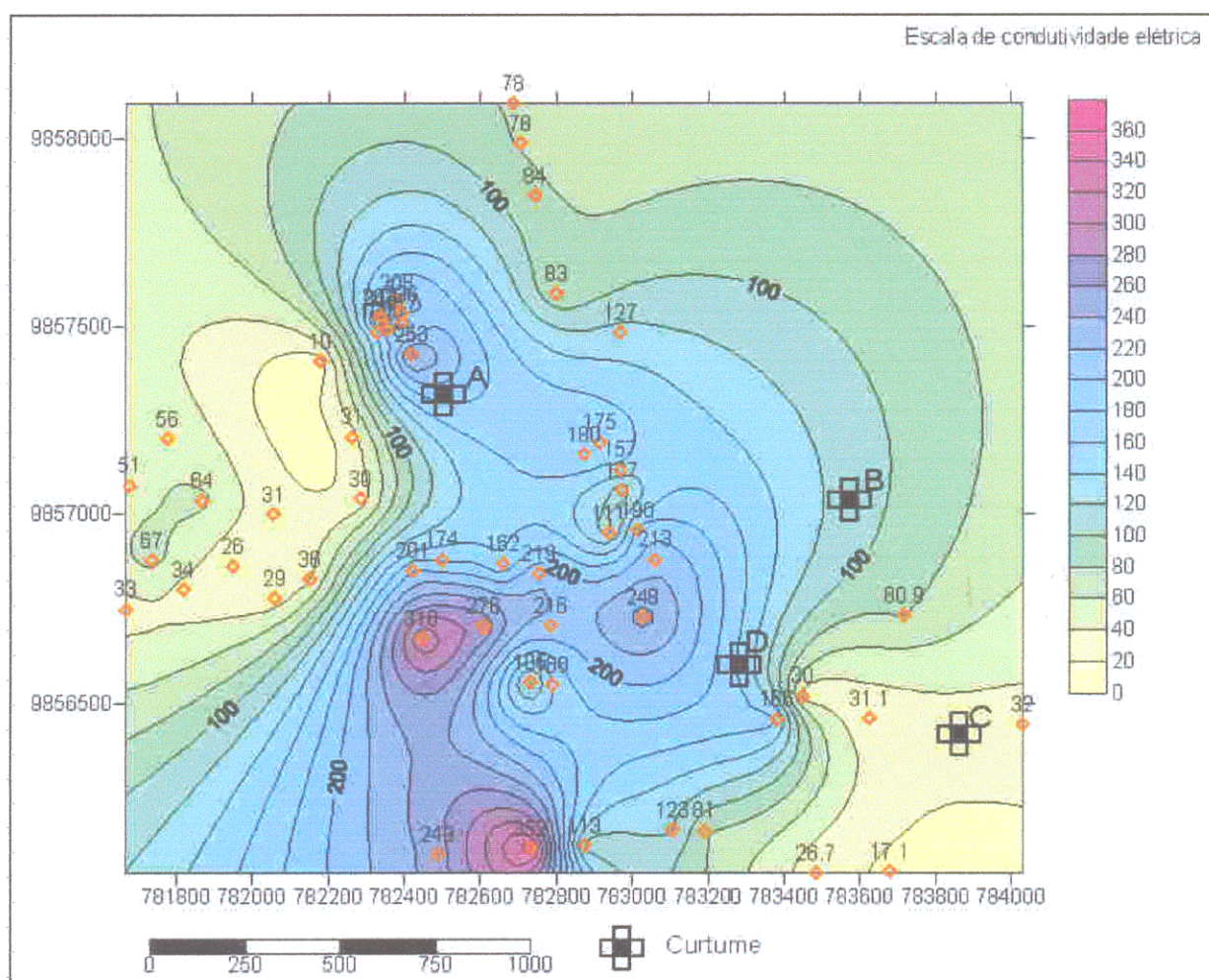
#### **8.4.4- Condutividade elétrica**

A origem da condutividade elétrica nas águas é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Os principais fatores antrópicos responsáveis pela alteração são lançamentos de despejos industriais, esgotos domésticos e de mineração.

Os dados de condutividade apresentados na Tabela 8.7 mostram valores variando de 10 a 352  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Os valores abaixo de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  foram registrados na área pouco ocupada, indicando a condutividade elétrica natural das águas subterrâneas. Similares a condutividade elétrica encontrada por Cabral (2004) para águas subterrâneas dos aquíferos do Pós-Barreiras e Barreiras. Valores próximos a estes também foram obtidos nas nascentes. A Figura 8.10 mostra a distribuição espacial dos valores de condutividade elétrica na área. Como no mapa de pH, na porção NE e NW ocorre mata virgem, portanto os valores de condutividade devem ser semelhantes aos valores das nascentes.

O curtume Ideal localiza-se na zona com maior adensamento populacional, onde o valor de condutividade é 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Por sua vez, o curtume Gab Leather tem como vizinhos madeireiras e uma fábrica de refrigerantes. Nessa área, o valor está entre 100 e 120  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Já o curtume Bragança localiza-se na parte menos ocupada da área em estudo, onde as medidas em nascentes e poços mostram valores de condutividade inferiores a 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .





**Figura 8.10-** Distribuição espacial dos valores de condutividade elétrica na água freática no Distrito Industrial de Icoaraci. Os pontos em laranja representam os locais das medidas.

Investigando a influência que um curtume provocava no aquífero Jaciparana na cidade de Porto Velho (RO) Campos *et.al.* (2003) encontraram valores de condutividade elétrica de 766  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a menos de 100 m a jusante do curtume. Por sua vez, as medidas realizadas a montante do mesmo curtume exibiram valor máximo de 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Isto mostra a grande influência deste empreendimento sobre o meio ambiente.

A alteração nos valores de condutividade elétrica deve-se principalmente ao uso de grande quantidade de sal (NaCl). Nos curtumes do Distrito Industrial de Icoaraci a



quantidade diária utilizada deste produto é de 1.600 Kg. Portanto, a condutividade elétrica constitui uma importante ferramenta de investigação da contaminação das águas subterrâneas por curtumes, por sua versatilidade e precisão.

#### **8.4.5- Caracterização e classificação da água subterrânea**

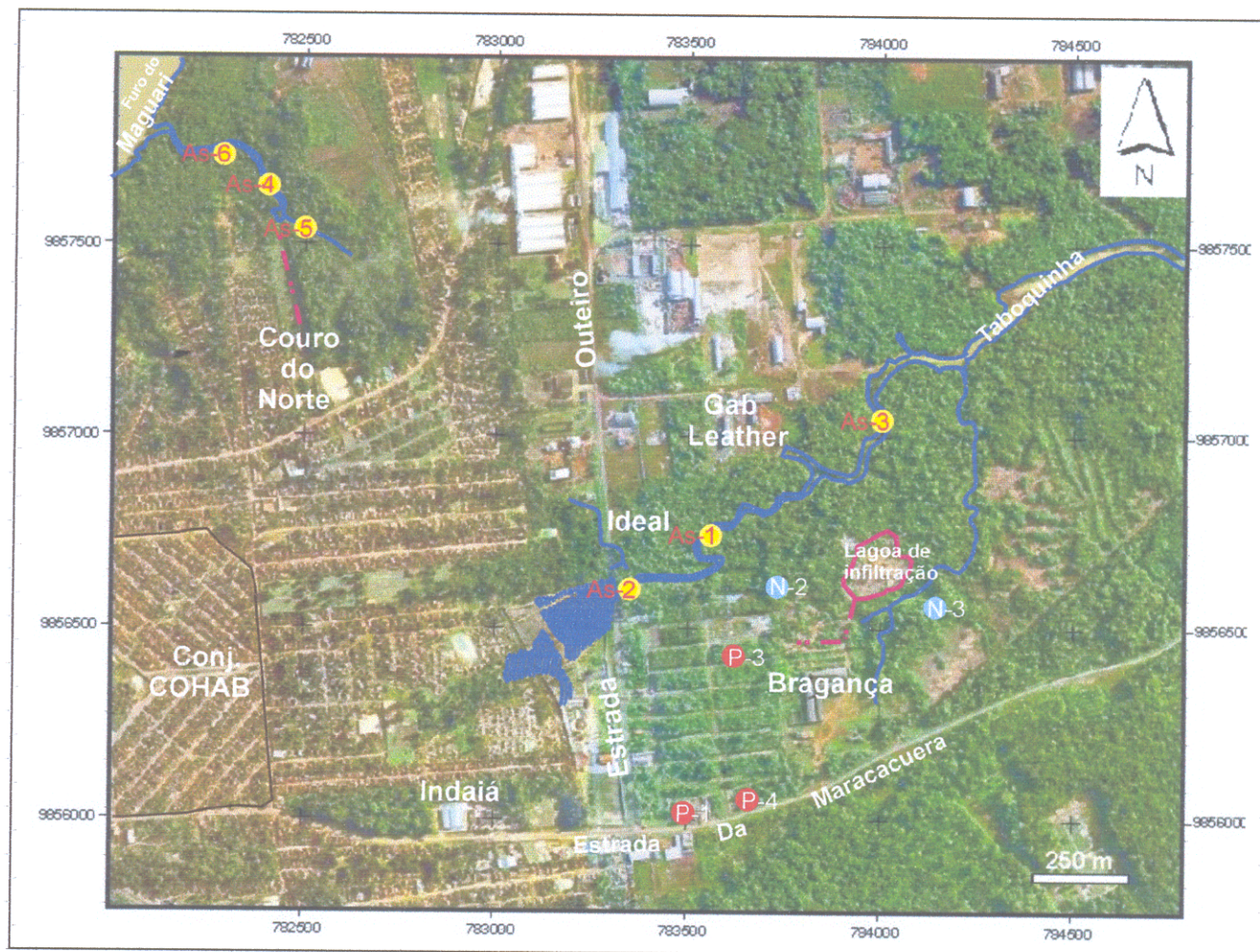
A campanha de amostragem *a priori* pretendia analisar alguns constituintes químicos das águas das nascentes (N-2 e N-3) e dos poços do entorno do curtume Bragança (P-1, P-3 e P-4) utilizadas para consumo pelos moradores dessa área (Tabela 8.7). Pretendia-se também construir poços de monitoramento nos domínios desse curtume para identificar a influência dessa indústria sobre a água do aquífero freático. No entanto, a construção de tais poços não foi possível devido a determinações da empresa. Contudo, as análises físico-químicas feitas permitiram constatar que os poucos moradores próximos ao curtume Bragança não consomem água contaminada por esta indústria (Tabela 8.7), fato também corroborado pela localização dos poços, a montante do curtume.

**Tabela 8.7-** Constituintes químicos (mg/L), pH e condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ) da água de poços e nascentes, situados no entorno do curtume Bragança, e das águas de mesa Indaiá e Nossa Água .

| Pontos                   | Condutividade elétrica | pH   | $\text{Na}^+$ | $\text{K}^+$ | $\text{Mg}^{2+}$ | $\text{Ca}^{2+}$ | $\text{Cl}^-$ | $\text{PO}_4^{3-}$ | $\text{NO}_3^-$ |
|--------------------------|------------------------|------|---------------|--------------|------------------|------------------|---------------|--------------------|-----------------|
| P-1                      | 26,7                   | 3,52 | 3,10          | 0,48         | 0,20             | 1,21             | 2,98          | 0,97               | -               |
| P-3                      | 31,1                   | 3,16 | 4,32          | 0,06         | 0,14             | 0,24             | 1,33          | 0,44               | -               |
| P-4                      | 15,1                   | 3,5  | 1,50          | 0,01         | 0,01             | 0,16             | 1,37          | 1,73               | -               |
| N-2                      | 62                     | 3,5  | 2,15          | 0,08         | 0,21             | 0,08             | 2,48          | 1,79               | -               |
| N-3                      | 80,0                   | 3,15 | 5,84          | 3,59         | 0,59             | 2,46             | 8,15          | 19,47              | -               |
| Indaiá<br>(água de poço) | 164                    | 3,8  | 18,58         | 2,6          | 0,53             | 1,78             | 18,98         | -                  | 38,5            |
| Nossa água<br>(Fonte)    | 28                     | 4,25 | 1,83          | 0,17         | 0,18             | -                | 1,76          | 0,09               | 1,47            |

Com base nos dados apresentados na Tabela 8.7, os parâmetros utilizados na avaliação revelaram valores muito semelhantes aos da Nossa Água, excetuando-se o ponto P-3, que apresenta um leve enriquecimento no teor de sódio. Outra exceção é o ponto N-2, que corresponde a uma nascente localizada no terreno da Fitobel (indústria fitoterápica), adjacente ao muro do curtume Bragança (Figura 8.11). Essa nascente apresentou valores elevados de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{PO}_4^{3-}$  quando comparados com os outros pontos e, principalmente, em relação à outra nascente (N-3), situada mais próxima do curtume, porém a montante de uma lagoa de infiltração dos efluentes desse curtume (Figura 8.11). O teor de fosfato na nascente N-2 pode indicar influência da

indústria fitoterápica nas águas freáticas, visto que a nascente está à jusante dessa indústria.



**Figura 8.11-** Mapa de localização da amostragem das águas subterrâneas e superficiais. A linha tracejada em vermelho representa a trincheira que recebe os efluentes da indústria, descartando-os nos corpos d'água.

Entretanto, para a confirmação dessa hipótese seriam necessárias análises complementares, tanto na nascente como em outros pontos (Figura 8.11).

Em nenhum dos pontos estudados foram constatados teores de cromo total e hexavalente, ficando abaixo do limite de detecção do método analítico utilizado.



O fato de não ter sido encontrada alteração nas águas freáticas pelo curtume Bragança está diretamente relacionado à posição dos pontos amostrados, a montante dessa fonte de contaminação. A jusante desta, entretanto, a situação é consideravelmente diferente como revelou o perfil de eletrorresistividade número 4 (item 8.6.3) que mostra a contribuição dos efluentes para água subterrânea, próximo à lagoa de infiltração do curtume.

Comparando os parâmetros da Tabela 8.7 com os padrões de potabilidade da Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, conclui-se que a água consumida está em conformidade com o que estabelece essa Portaria no que concerne aos teores de cromo.

Se existissem poços de monitoramento à jusante da lagoa de infiltração (Figura 8.11) possivelmente estes mostrariam situação semelhante à encontrada por Bowonder & Ramana (1987), ao estudarem a influência dos curtumes na qualidade da água subterrânea da Bacia do Rio Palar (Índia) no período de 1968 a 1981. Esses autores constataram um grande aumento nos valores de condutividade elétrica (900 para 3.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sólidos totais dissolvidos (650 para 2.000 mg/L) e cloretos (110 para 600 mg/L) nos locais onde funcionavam os curtumes. Também constataram aumento considerável nos níveis de bicarbonatos, cálcio e magnésio. Os autores atribuem essas variações à mudança no processo de curtimento, que passou a ser com sais de cromo.

Comparando-se os valores obtidos nos pontos analisados, com aqueles apresentados em rótulo da água mineral Indaiá, constata-se que esta última apresenta condutividade elétrica e teores de  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  consideravelmente superiores (Tabela 8.7). Tendo em vista que essa indústria encontra-se a montante dos curtumes, a água comercializada pode estar sendo afetada pelas residências situadas em seu entorno. Um dado que reforça essa possibilidade é o teor de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), de 38,5 mg/L, da ordem daqueles encontrado por Cabral (2004) em poços de condomínios, situados nos bairros centrais de Belém. Para efeito de comparação, esse valor de nitrato é cerca de 26 vezes superior ao da água de mesa Nossa Água, que tem sua fonte localizada no município de Benevides, em área de mata nativa, sem residências nas proximidades.



## 8.5- IGARAPÉS INFLUENCIADOS PELOS CURTUMES E SUAS CLASSIFICAÇÕES SEGUNDO A RESOLUÇÃO CONAMA Nº 20.

Como ressaltado anteriormente, na área de estudo os efluentes de curtumes que funcionam no Distrito Industrial de Icoaraci são lançados nos igarapés Taboquinha localizado na parte sudeste-nordeste da área de estudo, e Couro do Norte, a noroeste (Figura 8.11). Em ambos foram coletadas três amostras de água no final do mês de novembro de 2003, com a finalidade de determinar, com base em alguns parâmetros, o grau de influência dos efluentes dos curtumes sobre esses igarapés, haja vista que pelo menos três curtumes lançam seus efluentes diretamente no igarapé Taboquinha sem prévio tratamento, enquanto que o curtume Couro do Norte lança efluente depois da passagem por uma estação de tratamento anaeróbico.

Antes de discutir os dados da amostragem é necessário considerar que ambos os igarapés sofrem influência de maré, com ciclos de enchente e vazante. Quando a maré está em baixa-mar tanto o igarapé Taboquinha quanto o Couro do Norte mantêm seus fluxos apenas como um filete de água que drena em direção ao furo do rio Maguari. Por outro lado, no processo de enchente tornam-se caudalosos, com águas do rio Maguari, provenientes da baía do Guajará. Deste modo, considera-se que as características químicas e físicas naturais destes igarapés são muito semelhantes às do rio Maguari. Portanto, os dados obtidos neste trabalho foram comparados com aqueles apresentados por Cordeiro (1987), que estudou o efeito da salinização do rio Pará no trecho Belém-Mosqueiro. O estudo baseou-se em três estações, dentre estas, uma localizava-se em Icoaraci. Dentre os parâmetros considerados no estudo não houve diferenças significativas entre medidas da preamar e baixa-mar.

Nos dois igarapés, as águas foram coletadas em três pontos distintos (Figura 8.11). Foram determinados pH, condutividade elétrica (CE), STD, Oxigênio dissolvido, DQO, Cr(VI) e Cr<sub>total</sub> e os resultados obtidos são apresentados na Tabela 8.8.

**Tabela 8.8-** Características físico-químicas dos igarapés Taboquinha e Couro do Norte. Condutividade elétrica(CE) em  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; parâmetros químicos em  $\text{mg}/\text{L}$ . nd: não detectado.

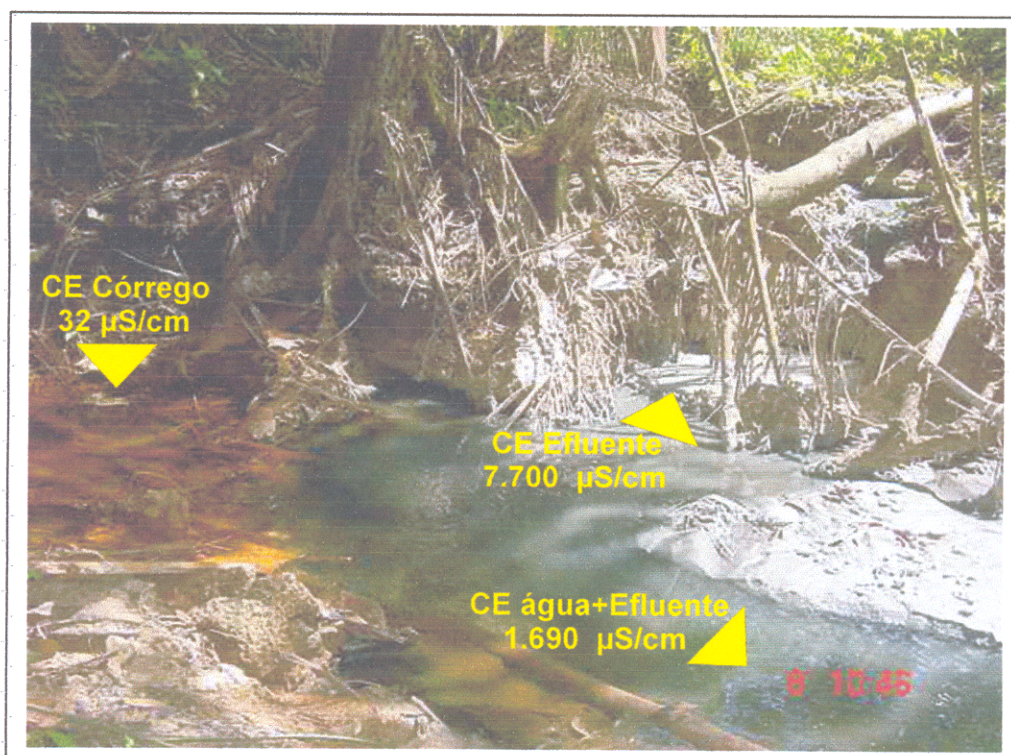
| Parâmetros                                            | Ig. Taboquinha |       |       | Ig. Couro do Norte |       |      | Cordeiro (1987). |        |          |
|-------------------------------------------------------|----------------|-------|-------|--------------------|-------|------|------------------|--------|----------|
|                                                       | 01             | 02    | 03    | 01                 | 02    | 03   | Março            | Agosto | Novembro |
| pH                                                    | 6,57           | 6,8   | 6,65  | 7,31               | 7,05  | 6,73 | 6,0              | 6,5    | 6,5      |
| OD                                                    | 0,80           | 0,25  | 0,97  | 0,60               | 0,40  | 0,86 | -                | 6,7    | 6,45     |
| Salinidade                                            | 0,8            | 1,0   | 1,0   | 0,38               | 0,8   | 0,5  | -                | -      | 0,8      |
| STD                                                   | 956            | 1482  | 1443  | 1195               | 946   | 918  |                  |        |          |
| DQO $\text{Mg}/\text{L}$ $\text{O}_2$ )               | 48,54          | 77,66 | 82,52 | 9,7                | 19,42 | <5   |                  |        |          |
| Cromo ( $\text{mg}/\text{L}$ $\text{Cr}(\text{VI})$ ) | n.d            | n.d   | n.d   | n.d                | n.d   | n.d  |                  |        |          |
| Cromo Total ( $\text{mg}/\text{L}$ $\text{Cr}$ )      | n.d            | n.d   | n.d   | n.d                | n.d   | n.d  |                  |        |          |

De acordo com os dados de concentração de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , salinidade e principalmente condutividade elétrica, Cordeiro (1987) concluiu que a frente salina alcança Mosqueiro em Agosto, enquanto que em Belém e Icoaraci, essa frente chega no mês de Novembro. Ou seja, a frente salina avança lentamente em direção a Belém, com uma defasagem de três meses.

Os teores de DQO no processo de curtimento varia de 15.000  $\text{mg}/\text{L}$  no caleiro a 4.000  $\text{mg}/\text{L}$  no curtimento. Os teores de DQO do igarapé Taboquinha (Tabela 8.8) mostram grande redução em relação as características do efluente, no entanto, ainda estão elevados se comparados com os valores do igarapé Couro norte, que recebe efluentes previamente tratado pela estação de tratamento, e aos valores de 25  $\text{mg}/\text{L}$  que Nozaki & Gomes (2003) encontram no córrego Cleópatra em Maringá (Pr) a apenas 80 metros do ponto de descarga, onde apresentava DQO de 539  $\text{mg}/\text{L}$ . Santos (1997) encontrou valores de DQO no igarapé Taboquinha em novembro de 1996 de 53 a 240  $\text{mg}/\text{L}$ ., isso indica que a baía do Guajará exerce papel fundamental no controle da degradação dos igarapés, pois mesmo após sete anos o valor de DQO medido enquadra-se dentro dos limites encontrados por Santos (1997).



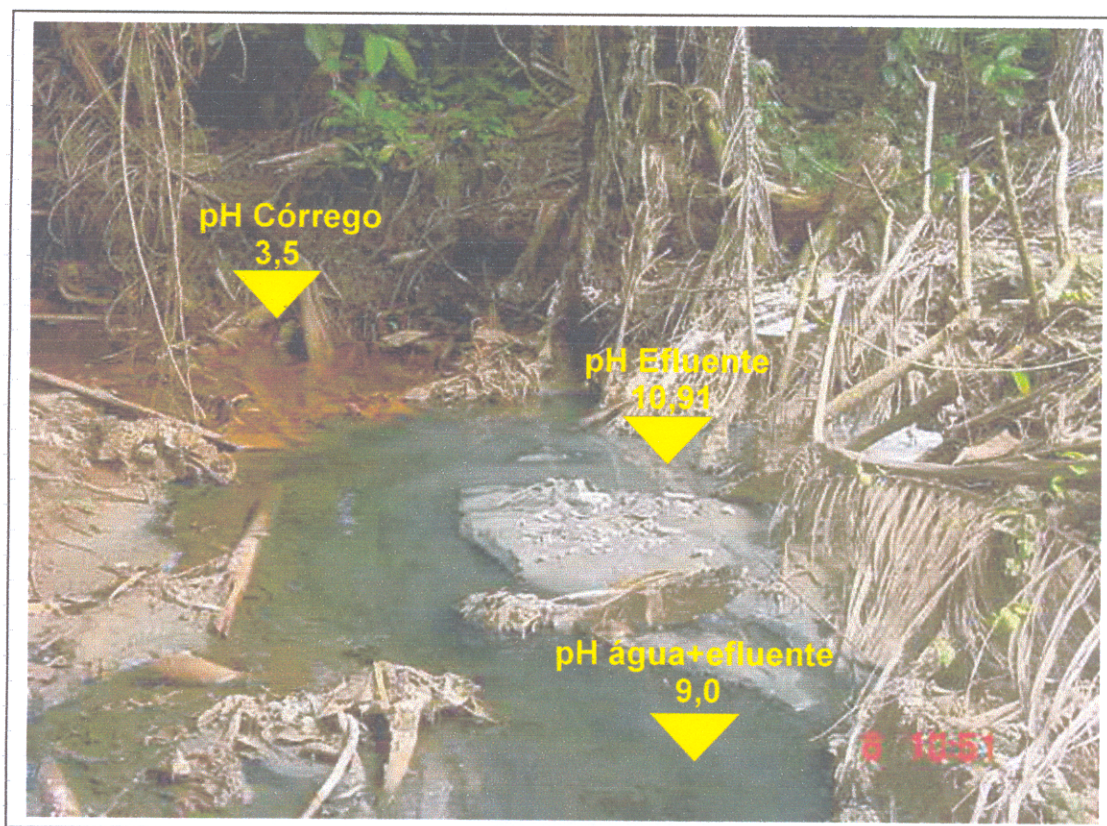
A condutividade elétrica do efluente puro da etapa remolho-caleiro do curtume Bragança, medida na trincheira da lagoa receptora, apresentou valores de  $7700 \mu\text{S}/\text{cm}$ ; ao misturar-se com a água do córrego diminui para  $1690 \mu\text{S}/\text{cm}$ , valor 52 vezes superior à condutividade do córrego (afluente do Taboquinha), que é de  $32 \mu\text{S}/\text{cm}$ . A Figura 8.12 ilustra essa situação.



**Figura 8.12-** Alteração provocada pelo efluente na condutividade elétrica do córrego.

Os valores de pH dos poços e das nascentes não refletiram influência dos curtumes. Contudo, esta atividade pode alterar significativamente as características das águas superficiais da área. Essa situação é ilustrada na Figura 8.13, que mostra o efluente do curtume Bragança com pH 10,91, lançado em um córrego, afluente do igarapé Taboquinha, com pH natural de 3,5. Após a mistura do efluente com a água do córrego, o pH resultante é 9, cerca de três vezes superior aos valores de pH da água do córrego, dos poços e das nascentes do local.

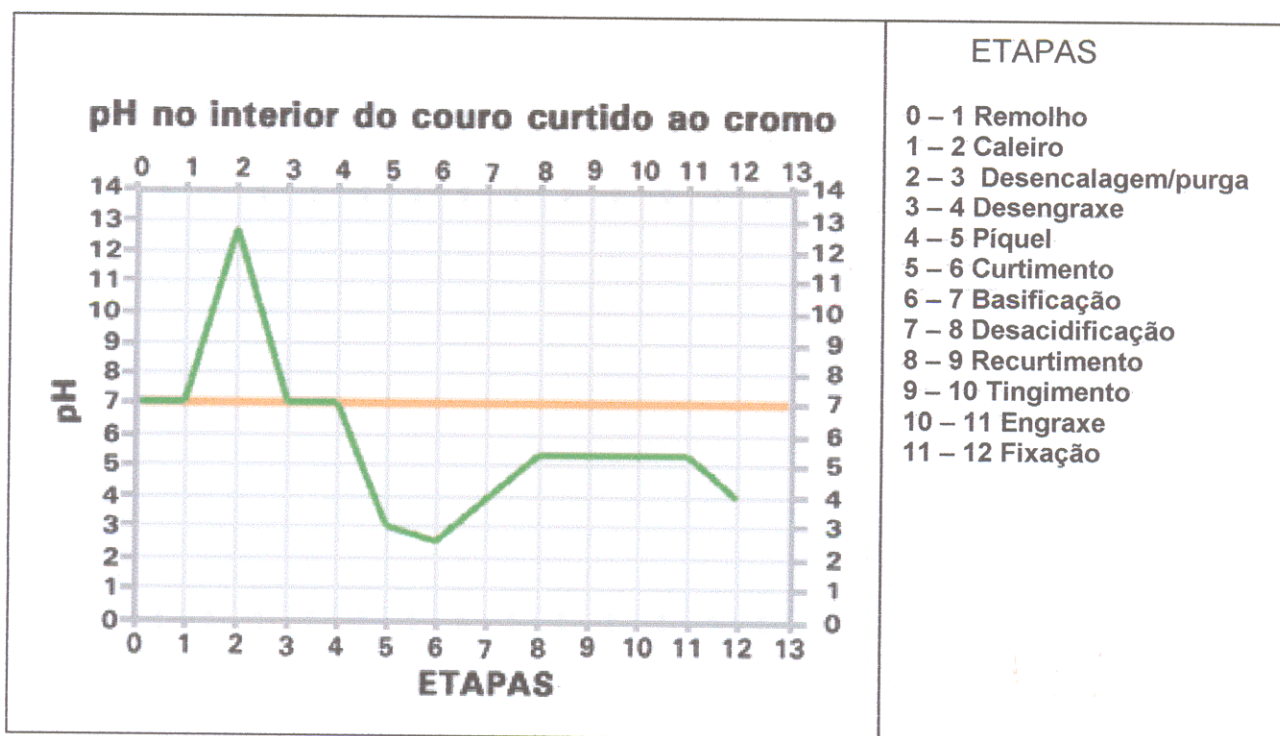




**Figura 8.13-** Alteração do pH natural do afluente do igarapé Taboquinha pelos efluentes do curtume Bragança .

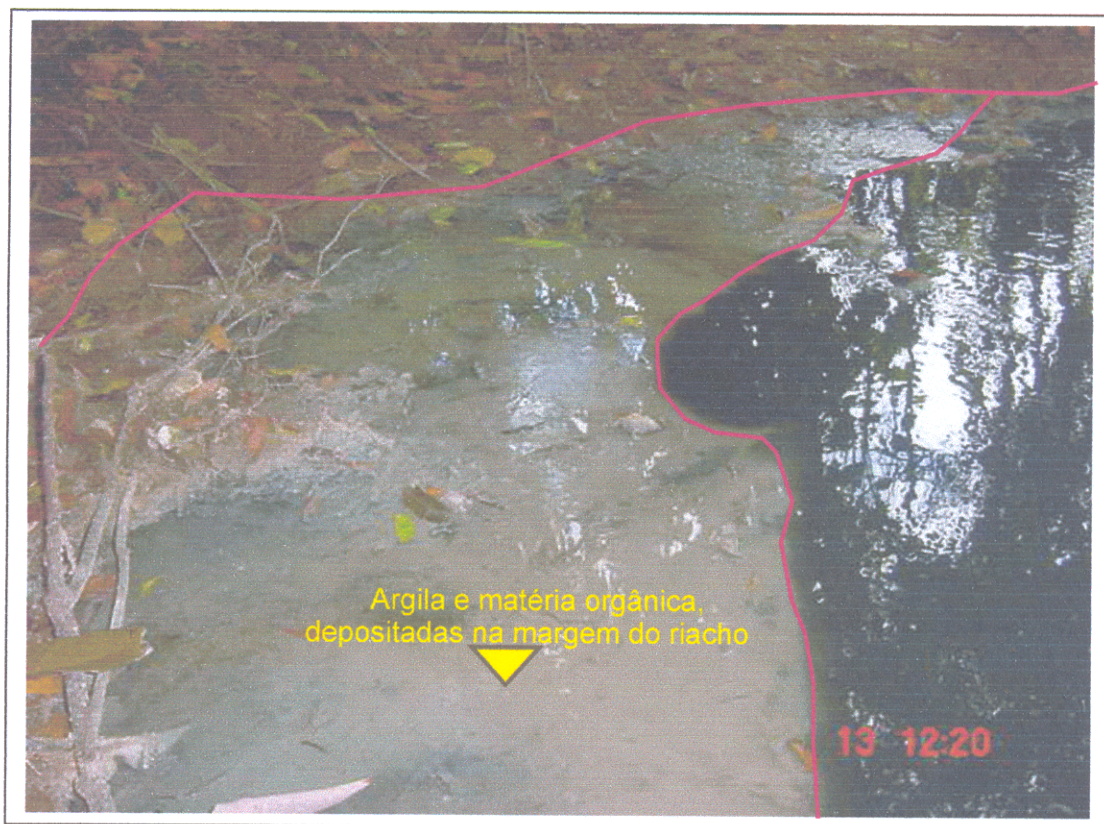
A Figura 8.14 mostra que o processo de curtimento trabalha com uma grande variação de pH. Os extremos ocorrem nas fases de remolho e caleiro, com pH 13, e na fase de curtimento ao cromo, onde o banho é acidificado até pH 2. Com isso, esse empreendimento gera dois tipos de efluentes: um com características ácidas, e outro com características alcalinas. Pelos valores de pH obtidos, o efluente da Figura 8.13 provém das fases de remolho-caleiro.





**Figura 8.14** – Variação do pH no processo industrial do couro; fonte: Jacinto 2001.

De posse destas informações é fácil deduzir que a qualidade da água do corpo receptor não possui comportamento homogêneo, podendo ora estar mais acida que o padrão da área e ora mais alcalina. Essa variação pode ter grande influência no comportamento dos contaminantes. Assim, quando o pH do meio diminuir, aqueles que tendem a ficar adsorvidos em argilas e matéria orgânica, e por ventura se depositem nas margens do igarapé (Figura 8.15), podem ser ressolubilizados e carregados para áreas mais distantes. Além disso, as condições físicas e químicas do córrego se alteram significativamente, podendo afetar algumas espécies de vida daquele ambiente, sensíveis à mudança de acidez.



**Figura 8.15-** Argila e matéria orgânica depositadas na margem de menor velocidade do córrego afluente do igarapé Taboquinha, próximo ao curtume Bragança.

A legislação brasileira, por meio da Resolução nº20/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece parâmetros de qualidade para águas doces, salinas e salobras do Território Nacional, classificando-as em nove classes, segundo seus usos preponderantes. No caso do Igarapé Taboquinha (água doce), as seguintes classificações são possíveis: Classe especial, Classe I, Classe II, Classe III e Classe IV.

A Tabela 8.9 apresenta uma comparação entre os parâmetros sólidos totais dissolvidos, demanda química de oxigênio, oxigênio dissolvido e pH obtidos no igarapé e os respectivos valores estabelecidos pela Resolução acima citada.

O igarapé Taboquinha foi classificado sob duas condições: quando recebe efluentes dos curtumes e quando não recebe estes efluentes, sendo também classificado segundo os dados de Cordeiro (1987).



**Tabela 8.9-** Parâmetros químicos (mg/L) do igarapé Taboquinha, dados obtidos por Cordeiro (1987) na baía do Guajará, em Icoaraci, e os valores correspondentes às diferentes Classes de água doce, de acordo com a Resolução Nº 20 do CONAMA (1986)

| Classificação das águas doces |                    |               |          |           |            |           |
|-------------------------------|--------------------|---------------|----------|-----------|------------|-----------|
| Parâmetros                    | Igarapé Taboquinha | Cordeiro 1987 | Classe I | Classe II | Classe III | Classe IV |
| STD (mg/L)                    | 956-1443           |               | 500      | 500       | 500        |           |
| DQO (mg/L O <sub>2</sub> )    | 48-82              |               | Até 3    | Até 5     | Até 10     |           |
| OD (mg/L O <sub>2</sub> )     | 0,25-0,97          | 6,45          | > 6      | > 5       | > 4        | > 2       |
| pH                            | 6,5-6,8            | 6,5           | 6 a 9    | 6 a 9     | 6 a 9      | 6 a 9     |
|                               |                    |               |          |           |            |           |

Considerando apenas os valores de pH e principalmente oxigênio dissolvido, o igarapé Taboquinha, quando não recebe efluentes das indústrias, enquadra-se como igarapé de água doce pertencente à Classe I, Portanto, poderia ser empregado no abastecimento doméstico, após tratamento simplificado, na recreação, como natação e mergulho, e na irrigação de hortaliças. No entanto, a utilização destas águas para esses fins está completamente comprometida devido ao grande aporte de efluentes domésticos e industriais, que, embora não seja contínuo, altera significativamente a qualidade do igarapé.

O igarapé sob influência dos efluentes das indústrias tem sua classificação rebaixada à água doce de Classe IV, por apresentar valores de STD e DQO bem acima do permitido e valores de oxigênio dissolvido muito baixo, que não se ajusta a nenhuma das Classes. Portanto, quanto ao aproveitamento, esse igarapé pode ser destinado apenas à navegação, para manter a harmonia paisagística e para outros usos menos exigentes.

Segundo a mesma Resolução (Art. 18) os corpos d'água enquadrados nas classes I a VIII podem receber efluentes, desde que, além de atenderem ao disposto no



Art. 21, os limites estabelecidos para as respectivas classes não sejam ultrapassados. Entretanto, esse fato não ocorre na área, haja vista que o igarapé Taboquinha tem sua classe modificada de I para IV, restringindo, sobremaneira, o seu aproveitamento econômico e principalmente social.

## 8.6- ESTUDO DA ZONA INSATURADA

### 8.6.1- Características granulométricas e mineralógicas

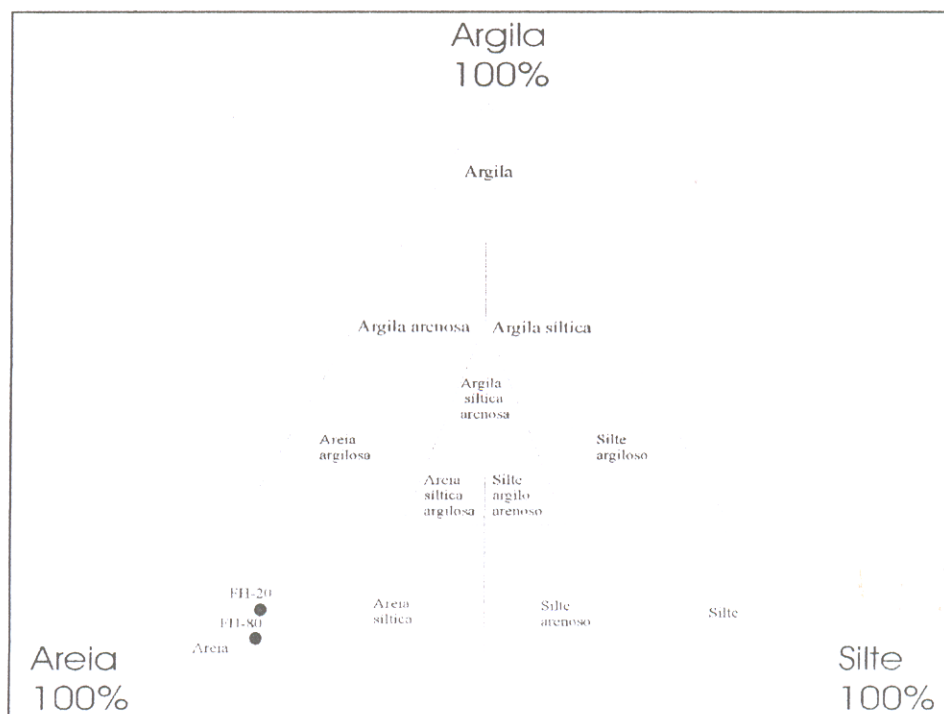
Os resultados da caracterização granulométrica e mineralógica dos sedimentos referem-se a duas amostras compostas resultantes do quarteamento de 10 sub-amostras (item 7.5).

O percentual das frações granulométricas nas amostras FH-20 e FH-80, coletadas nas profundidades 20 e 80 centímetros, respectivamente, é mostrado na Tabela 8.10.

**Tabela 8.10**– Resultados da análise percentual das frações granulométricas do sedimento.

| Amostra composta | Fração argila (%) | Fração silte (%) | Fração areia (%) |
|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| FH-20            | 9,29              | 11,27            | 79,43            |
| FH-80            | 4,44              | 12,93            | 82,62            |

De posse dos dados percentuais foi possível classificar as amostras segundo o diagrama de Shepard como sedimento arenoso, conforme ilustra a Figura 8.16.



**Figura 8.16-** Classificação textural do solo segundo o diagrama de Shepard.

Em estudos de contaminação das águas subterrâneas o conteúdo de argila no solo é um parâmetro importante, pois esta exerce papel fundamental na sorção dos poluentes. A Tabela 8.10 mostra baixo conteúdo de argila, fato que pode favorecer a migração dos contaminantes nos primeiros 80 cm de solo.

De acordo com Fetter (1994) há correlação entre a granulometria do solo a permeabilidade intrínseca e a condutividade hidráulica. Desse modo, a classificação granulométrica do solo estudado fornece permeabilidade intrínseca entre  $10^{-11}$  e  $10^{-9}$   $\text{cm}^2$  e condutividade hidráulica entre  $10^{-6}$  e  $10^{-4}$   $\text{cm/s}$ .

De acordo com os difratogramas de raios-X os sedimentos são compostos basicamente pelos minerais quartzo, caulinita e goethita. A caulinita, como argilo-mineral, detém maior capacidade de troca catiônica (CTC), que representa a quantidade de íons, particularmente cátions, que podem ser adsorvidos e trocados. Embora nas formações geológicas da área ocorra bastante caulinita sua capacidade de

proteger os aquíferos livres é limitada, visto que dentre os argilo-minerais a caulinita é a que apresenta menor CTC (3-15 meq/100g de argila) (Aguilar *et al.*, 2002).

As águas freáticas do Distrito Industrial de Icoaraci ficariam mais protegidas se o argilo-mineral predominante fosse a montmorilonita, que apresenta CTC variando 80-200 (meq/100g de argila) e é um ótimo adsorvente de íons de cromo (Aguilar *et al.*, 2002).

### **8.6.2- Teor de matéria orgânica e pH do solo**

O conteúdo de matéria orgânica do solo atua como um atenuante devido à sua capacidade de sorção com relação a algumas substâncias poluidoras. Enquanto que o pH do solo vai influenciar no transporte do poluente, ou seja, vai aumentar ou diminuir a capacidade de sorção da matéria orgânica.

Os valores de matéria orgânica medidos nas amostras FH-20 e FH-80 foram 0,6% e 0,26% respectivamente, mostrando um decréscimo de 50% no teor de matéria orgânica em 60 cm de perfil do solo. O teor de carbono orgânico nas amostras foi 0,34% na FH-20 e 0,13% na FH-80. Já os valores de pH do solo foram 4,03, na amostra FH-20, e 4,70, na FH-80.

O conteúdo de matéria orgânica é fundamental na capacidade do solo reduzir o cromo hexavalente. No entanto, há um decréscimo de 50 % no teor de matéria orgânica logo nos primeiros centímetros da zona insaturada favorecendo a migração do contaminante para a água freática. Segundo *Kimbrough* (1999) cromatos são relativamente estáveis e móveis em solos arenosos ou que tenham baixo conteúdo orgânico, em pH relativamente baixo, como ocorre na área.

### **8.6.3- Interpretação dos perfis de eletrorresistividade**

Os perfis de resistividade apresentados foram realizados próximos aos curtumes Couro do Norte e Bragança (Figura 8.17). Os dados coletados para gerar os perfis próximos ao curtume Couro do Norte também foram utilizados em um trabalho de



conclusão de curso desenvolvido por Nunes (2003), enquanto que os dados obtidos próximo ao curtume Bragança foram tratados apenas neste trabalho.



**Figura 8.17-** Localização e disposição dos perfis de eletrorresistividade

Nas Figuras 8.18 a 8.21 são apresentadas três seções de resistividades. Nestas, a parte superior representa uma pseudo-seção dos valores de resistividade aparente medidos no perfil, enquanto que a parte central representa uma pseudo-seção dos valores de resistividade aparente calculados para o modelo de distribuição da resistividade, mostrado na parte inferior das figuras. Em cada perfil, a semelhança entre as pseudo-seções de valores medidos e calculados permite que se reconheça se o

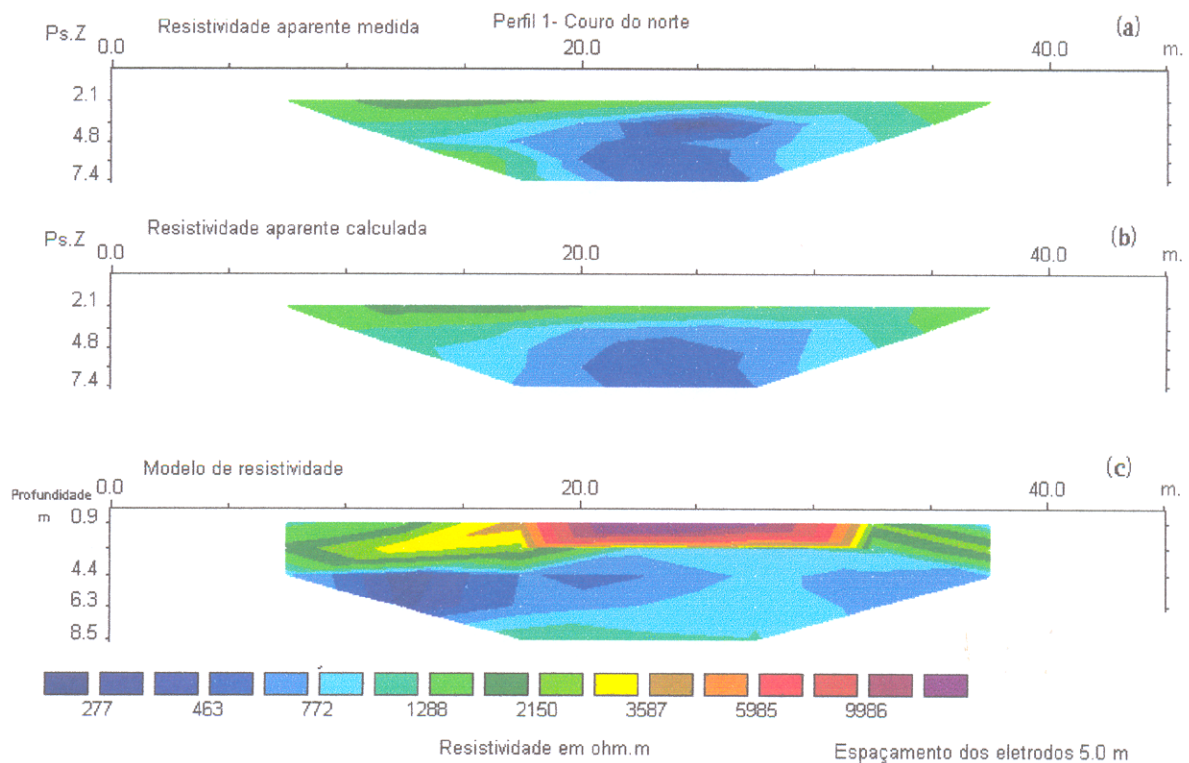
modelo que gerou a pseudo-seção calculada pode representar uma distribuição de resistividade aceitável para a sub-superfície.

No entorno do curtume Couro do Norte foram executados três perfis (Figura 8.17), descritos como:

**Perfil 1-** Realizado na passagem São Francisco, iniciando no muro do curtume. Os valores de resistividade medidos nesse perfil variam de 244 a 1.909 ohm.m, enquanto que os valores interpretados variam de um pouco menos que 277 ohm.m até próximo de 9.986 ohm.m, conforme mostra o modelo da Figura 8.18. No perfil há predominância de altos valores de resistividade próximo à superfície do terreno, principalmente na porção central. Isso ocorre até o intervalo de 3 a 4,5 m de profundidade, onde os valores de resistividade começam a diminuir, até a profundidade de 7 m.

No perfil de valores interpretados (Figura 8.18c), a zona central, rasa, de valores elevados de resistividade, pode ter sido causada por horizontes lateríticos que ocorrem na área. A redução de resistividade que ocorre logo abaixo da profundidade entre 3 e 4,5 metros é coincidente com os valores de profundidade da superfície freática. Destaca-se que na área a água freática apresenta condutividade elétrica máxima de 263  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Tabela 8.6). Os valores de resistividade baixos (menores que 463 ohm.m) não refletem a influência dos efluentes lançados no solo pelo curtume, uma vez que são lançados na trincheira do outro lado do curtume. Portanto, os valores de resistividade medidos, mais provavelmente indicam influência das fossas das casas no aquífero livre.





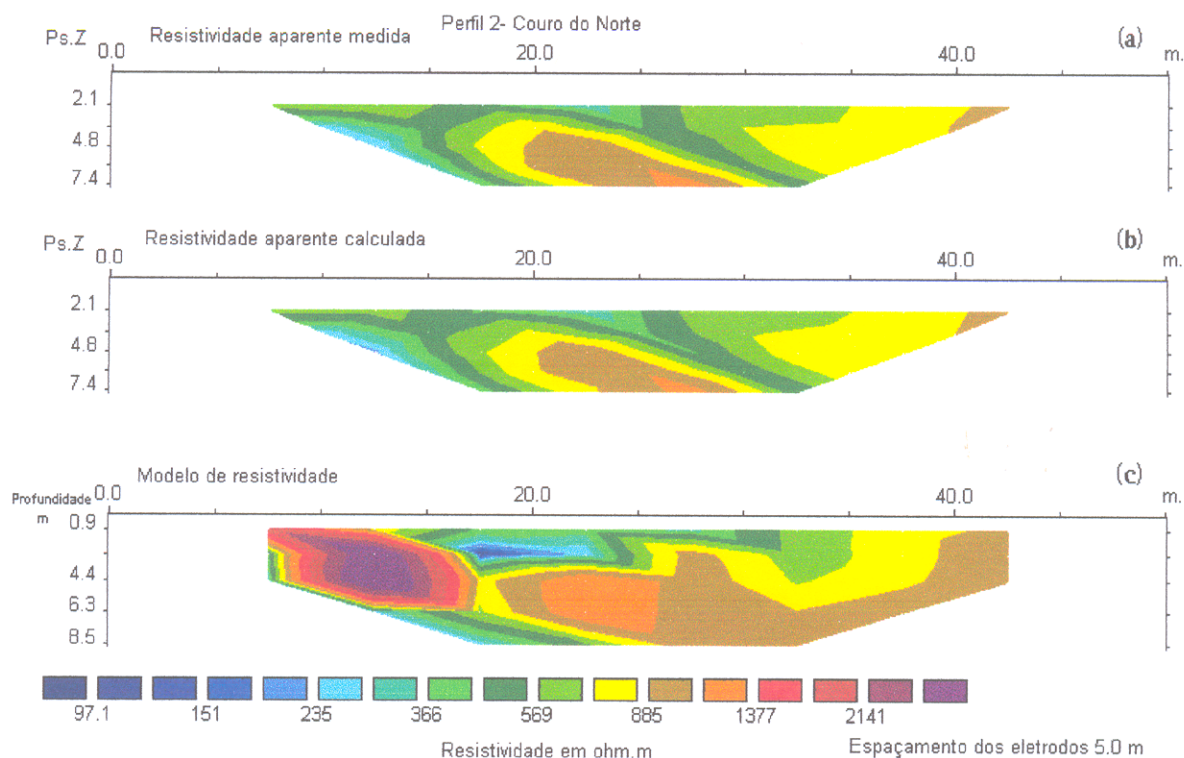
**Figura 8.18-** Pseudo-seção dos valores de resistividade aparente; a) medido no perfil, b) calculado e c) modelo de distribuição.

**Perfil 2-** Realizado a partir do muro do curtume, no terreno da casa nº 17 da Passagem São Francisco. Os valores de resistividade aparente medidos variam de 227 a 1225 ohm.m (Figura 8.19a), enquanto que os valores interpretados variam de 97 a 1.225 ohm.m (Figura 8.19c). Observa-se que nesse perfil os valores mais baixos de resistividade obtidos no modelo (Figura 8.19c) são cerca de três vezes menores que os obtidos no perfil 1.

Na parte inicial do perfil de valores interpretados (Figura 8.19c) observam-se valores elevados de resistividade, chegando a alcançar mais de 2.141 ohm.m, também relacionados aos níveis lateríticos do local. Verifica-se ainda uma pequena faixa com valores de resistividade baixa (inferiores a 235 ohm.m), localizada próxima à posição 20 m, no intervalo de 2 e 3 metros de profundidade. Esses valores baixos de resistividade ocorrem de maneira isolada no perfil e possivelmente estão relacionados à lavagem de louças, observada no local. Neste caso, a água utilizada é infiltrada no solo diminuindo



os valores de resistividade. Nota-se também que o nível freático no local ocorre a 8,5 de profundidade.

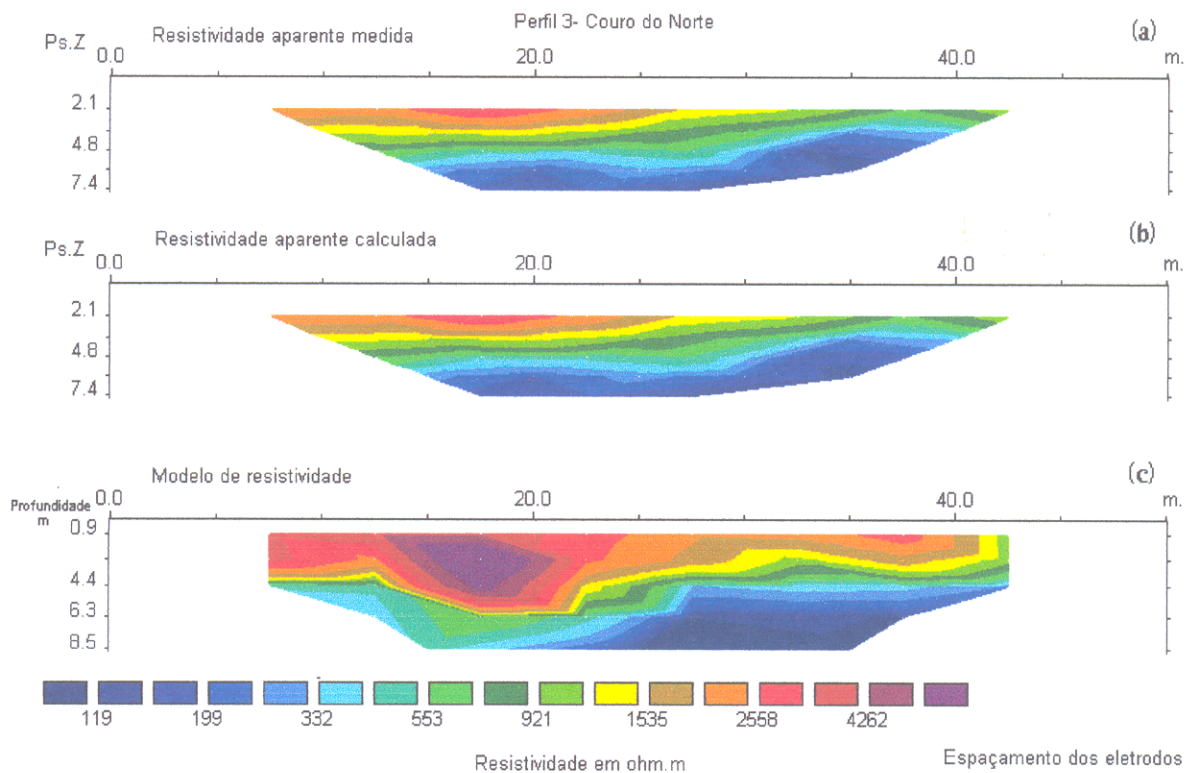


**Figura 8.19-** Pseudo-seção dos valores de resistividade aparente; a) medido no perfil, b) calculado e c) modelo de distribuição.

**Perfil 3-** Realizado a partir do muro do curtume, em direção ao igarapé que passa por atrás do curtume, no final da passagem São Francisco. Caminhando em direção ao igarapé, há uma pequena variação topográfica no terreno. Dessa forma, logo no início o perfil encontra-se em cota mais elevada do que o seu final. Os valores de resistividade aparente medidos variam de 123 a 3200 ohm.m (Figura 8.20a), enquanto que os interpretados (Figura 8.20c) variam de 119 a 4.262 ohm.m.

Os valores de resistividade elevados estão relacionados aos níveis lateríticos que mostram maior espessura no início do perfil, enquanto que os valores baixos de resistividade encontram-se em menores profundidades, em direção ao final do perfil, provavelmente devido à diferença de cota entre os pontos, que faz com que o nível

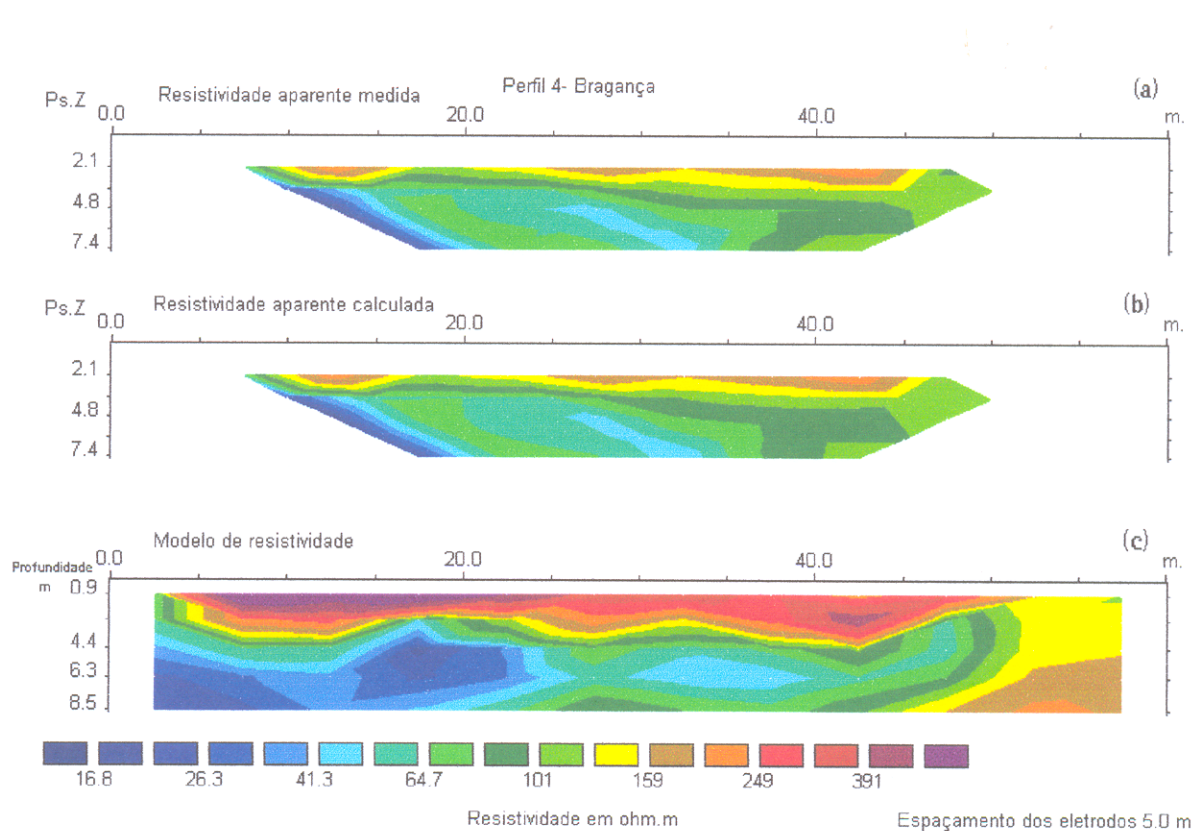
freático se aproxime da superfície do terreno (Figura 8.20c). Esses baixos valores são resultantes da influência da água do igarapé sobre a água freática. Essa afirmação é fundamentada no valor da condutividade elétrica obtida na água de um poço construído na planície de inundação do rio, com valor de  $1.293 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Segundo a proprietária da casa, comumente a água do poço torna-se salobra.



**Figura 8.20-** Pseudo-seção dos valores de resistividade aparente; a) medido no perfil, b) calculado e c) modelo de distribuição.

**Perfil 4-** Realizado num caminho ao lado da lagoa de infiltração do curtume Bragança, iniciado a 2 m da trincheira que escoar os efluentes para a lagoa. Ressalta-se que no dia da medida estava sendo lançado um efluente de cor verde, provavelmente rico em cromo. Os valores de resistividade aparente medidos variam de 26 a 170 ohm.m (Figura 8.21a), enquanto que os interpretados variam de 17 a 500 ohm.m (Figura 8.21c). Nos perfis anteriores, os valores altos de resistividade estavam relacionados a níveis lateríticos, que não ocorrem de forma tão pronunciada no entorno deste curtume.

Os valores interpretados mais elevados estão relacionados à superfície do terreno que tem constituição areno-siltosa, exibindo concreções ferruginosas. A partir de 2 m de profundidade ocorre uma camada contínua com valores de resistividade de 60 ohm.m, característica do aquífero livre na área. Os valores diminuem mais ainda no início do perfil até 20 m, marcando uma zona não contínua, com resistividade de 17 ohm.m. Esta zona demarca a extensão da infiltração do efluente liberado na trincheira. Infelizmente, não foram feitas outras seções no entorno da lagoa de infiltração, para tentar delimitar a pluma de contaminação, porque, a partir daquele dia, o proprietário não permitiu a entrada no terreno da empresa, para qualquer fim.



**Figura 8.21-** Pseudo-seção dos valores de resistividade aparente; a) medido no perfil, b) calculado e c) modelo de distribuição.



## 9- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base nos resultados apresentados as principais conclusões e recomendações são:

- Os curtumes do Distrito Industrial de Icoaraci utilizam cerca de 8,5 toneladas de insumos químicos e geram aproximadamente 22 toneladas de resíduos sólidos por 40 ton de couro produzido. O destino dos resíduos é desconhecido, exigindo fiscalização por parte dos órgãos ambientais;
- A descarga diária de efluentes cromados em um dos curtumes é de 19 m<sup>3</sup>/h. Tendo em vista a baixa vazão dos igarapés que recebem esses efluentes, sem tratamento, é de se esperar uma significativa degradação da qualidade da água dos igarapés;
- Entre os bens a proteger, aqueles que apresentaram maior risco de contaminação foram o abastecimento de água potável e os recursos hídricos subterrâneos e superficiais com pontuação superior a 500, consideravelmente acima do valor crítico (200), a partir do qual se faz necessária a adoção de medidas preventivas e/ou corretivas. Dessa forma fica evidente a necessidade de monitoramento da qualidade da água dos poços que abastecem os funcionários dos curtumes. É igualmente necessário que sejam feitas análises de solos nas áreas desses curtumes com o objetivo de se avaliar os teores de cromo, fenóis, arsênio, entre outros contaminantes;
- No Distrito Industrial de Icoaraci os principais aquíferos utilizados são do sistema Pós-Barreiras, para consumo residencial, e sistema Barreiras, para utilização industrial;
- Aproximadamente 80% da área de estudada apresenta vulnerabilidade alta e 20% moderada. Com exceção do curtume Ideal, os demais estão instalados em locais com alta vulnerabilidade à contaminação.
- A alteração nos valores de condutividade elétrica nas águas dos igarapés deve-se principalmente ao uso de grande quantidade de sal (NaCl), cujo consumo diário atinge cerca de 1.600 Kg ;

- Os poucos moradores do entorno do curtume Bragança não consomem água contaminada por esta indústria, visto que seus poços estão a montante do fluxo subterrâneo local. Entretanto o levantamento geofísico indicou uma significativa contribuição do efluente sobre o aquífero freático, a jusante de um dos curtumes;
- O teor de fosfato na nascente N-2 pode indicar influência da indústria fitoterápica nas águas freáticas, sendo necessária investigação detalhada na área;
- Não foram constatados teores de cromo total e hexavalente tanto nas águas dos poços quanto nas águas dos igarapés. No entanto, esse elemento provavelmente ocorre nos sedimentos de fundo desse corpo d'água, em concentrações que ainda precisam ser determinadas;
- Apesar da contaminação dos igarapés, estes continuam sendo utilizados por moradores da área para banho e pesca, ignorando os riscos sanitários aos quais estão expostos;
- O igarapé Taboquinha tem sua classificação rebaixada à água doce de Classe IV, quando está sob influência dos efluentes das indústrias. No entanto sem influência do curtume o seu enquadramento seria na Classe I. Dessa forma é necessário que os curtumes adotem medidas urgentes visando adequar os seus efluentes aos padrões de lançamento estabelecidos pelo CONAMA;
- Finalmente, é fundamental a consolidação de uma parceria entre instituições de pesquisa locais e secretarias ambientais visando associar o conhecimento técnico-científico à fiscalização e cumprimento da legislação, de modo a garantir o uso sustentável dos nossos recursos hídricos. Dessa forma, situações semelhantes à que foi encontrada no igarapé Taboquinha poderiam ser evitadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, M.R.M.P de; NOVAES, A. C; GUARINO, A. W. S. 2002. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. *Química Nova*, 25, (6B): 1145-1154.
- ALBINET, M & MARGAT, J. 1970. Cartographie de la vulnérabilité a la pollution des nappes d'eau souterraine. *Bull. BRMG*, Orleans, 2 éme, serie, section 3, (4):13-22.
- ALMARAZ, J. S. 1979. *Aspectos geoquímicos e ambientais dos calcários da Formação Pirabas*. Estado do Pará. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro de Geociências. (Tese de Doutorado).
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. 1975. *Standard Methods for the examination of the water and wastewater*. 14 ed. D.C., Washington, 1193 pp
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESTADO DO PARÁ. 1990. Belém, IDESP/Coordenadoria de documentação e informação, 11(1):481-910.
- ARAGÃO, C. 2004. Comunidade discute problema dos curtumes. *Jornal Diário do Pará*, Belém, 2 abr.2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 10004. 1987-*Resíduos sólidos – classificação*. Rio de Janeiro.
- BOWONDER, B. & RAMANA, K.V. 1987. Environmental degradation and economic development: a case study of a marginally productive area. *Applied Geography*, 7:301-315.
- BRAILE, P. M. & CAVALCANTI, J. E. W. A.. 1993. *Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais*. São Paulo. CETESB. 764p.



BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. 2004. *Portaria nº 518, de 25 de março de 2004*. Ministério da Saúde. Brasil. Disponível em <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=10959>> acesso em maio de 2002.

CABRAL, M. N. T. 2004. *Impacto da urbanização na qualidade das águas subterrâneas nos bairros do Reduto, Nazaré e Umarizal- Belém-Pa.* Centro de Geociências/UFPA. 278p (Tese de Doutorado).

CAMPOS, J. C.V., COSTI, A. C. Z., JULIEN, F.F.S., VASCONSELOS, P. J. S. & NASCIMENTO, D.A. 2003. Contaminação da água subterrânea pelas atividades do curtume do bairro Areia Branca, Porto Velho (RO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 9., Belém-Pa, *Livro de resumos expandidos*. Belém, SBGq. p. 26-27.

CETESB, 1992. *Resíduos Sólidos Industriais*. 2ª ed. São Paulo.

CETESB, 1997. *Manual de gerenciamento de áreas contaminadas*. 2.ed. São Paulo. 389p.

CETESB. 2001. *Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo*. São Paulo. 73p.

CODEM. 1998. *Cobertura aéreo-fotogramétrico do município de Belém*. Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém. CD-Room.

CODEM. 1975. *Plano de desenvolvimento da grande Belém: metodologia, estudos básicos, prognósticos de desenvolvimento, sistema*. Belém, Companhia de Desenvolvimento da Área Metropolitana de Belém.

COHAB.1997. *Levantamento do Quadro Ambiental da Região Metropolitana de Belém*. (Relatório Ambiental da RMB).

- CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE- CONAMA. 1986. Resolução nº 20 de 18 de julho de 1986. In: Legislação de conservação da natureza, 4 ed, São Paulo, FBCN/CESP, 720 p.
- COMPANHIA DE PESQUISAS E RECURSOS MINERAIS- CPRM, 2001. *Estudos Hidrogeológicos da Região Metropolitana de Belém e adjacências*. 86p.
- CORDEIRO, C. A. 1987. *Estudo da salinização no estuário do Rio Pará no trecho Belém-Mosqueiro*. Belém, Centro de Geociências/UFPA. 109p. (Dissertação de Mestrado)
- CORRÊA, A. R. 2002. *O complexo coureiro-calçadista brasileiro*. BNDES. Setorial, Rio de Janeiro, n. 14. p.65-92, set.
- COSTA, T.C.D. 2001. *Análise crítica das metodologias gerais de mapeamento geológico visando formulação de diretrizes para a cartografia geotécnica no trópico úmido e aplicação na Região Metropolitana de Belém. Escala 1:50.000*. Belém. Centro de Geociências-Universidade Federal do Pará. 2v (Tese de Doutorado).
- EBPT. 1979. *Sistema viário do Una: estudo preliminar*. Belém. V. 1.
- FARIAS, E.S; NASCIMENTO, F; FERREIRA, M.A.A. 1992. *Estágio de Campo III: Área Belém/Outeiro*. Belém. Universidade Federal do Pará, .247p
- FERREIRA, C. S. 1982. Notas estratigráficas sobre o cenozóico marinho do Estado do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 1º, Belém. *Anais*. Belém, SBG. V. 1, 84- 88 p.
- FETTER, C. W. 1994. *Applied Hydrogeology*. 3 ed. New Jersey: Prentice- Hall, 691 p.

- FOSTER, S. & HIRATA, R. 1994. *Determinação do risco de contaminação das águas subterrâneas: um método baseado em dados existentes*. SP. ed. Instituto Geológico-SMA, São Paulo, 90p. (Bol., 10).
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; ROCHA, G. A. 1988. Risco de Poluição de águas subterrâneas: uma proposta metodológica de avaliação regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 5, São Paulo. *Anais*. Abas. p175-185.
- FOSTER, S. S. D. 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability pollution risk and protection strategy. In: CONF. VULNERABILITY OF SOIL AND GROUNDWATER TO POLLUTANTS, *Proc...*Noordwijk, the Netherlands.
- GASPAR, M. T. P. 2001. *Avaliação dos impactos da ocupação urbana sobre as águas da bacia hidrográfica do Igarapé Mata Fome, Belém-PA*. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 112p. (Dissertação de Mestrado)
- GUIMARÃES, G. de; BASTOS, J. B.; LOPES, E. de C. 1970. *Métodos de análises física, química e instrumental de solos*. Belém, Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do norte 112 p. (Série: Química de Solos)
- HASSUDA, S. 1997. *Critérios para a gestão de áreas suspeitas ou contaminadas por resíduos sólidos: estudo de caso na região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo, IG/USP.142p (Tese de Doutorado).
- HIRATA, R. 2000. Recursos hídricos. In: TEIXEIRA, W (org). *Decifrando a Terra*. São Paulo, Oficina de Texto. USP.558p
- HIRATA, R.C.O. 1994. *Gestão da qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo: bases técnicas para a implantação de uma política de proteção e controle*. São Paulo, Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. (Tese de Doutorado).



HIRATA, R.C.O; BASTOS, C; ROCHA, G. 1992. *Mapa de vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas do estado de São Paulo: relatório final*. IG, São Paulo, DAEE. CETESB. 2v.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 1995. Indústrias Potencialmente Poluidoras. *Cad. Geoc. Rio de Janeiro*. 13: 85-109.

IDESP. 1980. *Reconhecimento dos Recursos Naturais da região Metropolitana da Belém*. Belém, Instituto de Desenvolvimento Social do Pará. Anexo 1. Reconhecimento Hidrológico.

JACINTO, M. A. C. 2001. *Produção de couros*. Gado de corte informa. Reuniões técnicas sobre couro e peles. EMBRAPA. Disponível em <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicações/doc/doc127/10produção.html>>. Acesso em agosto de 2002.

KIMBROUGH, D.E; COHEN, Y; WINER, A. M; CREELMAN, L; MABUNI, C. 1999. A critical assessment of chromium in the environment. *Critical reviews in the environmental science and technology*, 29(1):1-46.

LANDIM, P.M.B. 2001. *Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de Mapas*. DGA, IGCE, UNESP/RIO CLARO, Lab. Geomatemática, Texto didático 02, 20 p. Disponível em <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>>. Acesso em agosto de 2002.

MANOEL FILHO, J. 1997. Contaminação das águas subterrâneas. In: FEITOSA, F. A. C & MANOEL FILHO, J. (Coord). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM, UFPE, LABHID, 412p.

MAZZEO, T.E. 1991. *Avaliação ambiental das vias de drenagem da região metropolitana de Belém-Pa quanto a distribuição dos elementos Ca, Cs, Cr, Cu, Fe,*

- Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Zn. Belém. Universidade Federal do Pará, CG. 141p. (Dissertação de Mestrado).
- MOREIRA, E. 1966. *Belém e sua expressão geográfica*. Belém, Imprensa Universitária. 212 p.
- NASCIMENTO, F. S. 1995. *Dinâmica de distribuição dos poluentes metálicos e orgânicos nos sedimentos de fundo dos canais de drenagem de Belém, PA*. Belém, Centro de Geociências 132 p. (Dissertação de Mestrado).
- NOZAKI, J & GOMES, L. 2003. Tratamento de efluente de curtume e avaliação de impacto ambiental. In: ENCONTRO DE QUÍMICA DA REGIÃO SUL, 11., Pelotas-RS.
- NUNES, L. P. M. 2003. *Avaliação da contaminação do aquífero livre em área do Distrito Industrial de Icoaraci, usando métodos geofísicos elétricos*. Belém. UFPA. Centro de Geociências. 24p. (Trabalho de conclusão de curso).
- OLIVEIRA, J.R; CONCEIÇÃO, A .L; TANCREDI, F.N.S; 1998. Estudo das potencialidades hídricas subterrâneas da região Metropolitana de Belém: In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS; 10., *Água subterrânea e o desenvolvimento*. São Paulo, ABAS.
- PARÁ, Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Urbanismo (SEICOM): 1995. *Plano Diretor de Mineração em Áreas Urbanas da Região Metropolitana de Belém*. Belém. 157p.
- PEREIRA, E. R; OLIVEIRA, W; TANCREDI, A C. F. N. S. 1994. Águas subterrâneas da região metropolitana de Belém: In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4., *Boletim de resumos expandidos*. Belém. SBG. p. 120-123.

- PINHEIRO, R.V.L; 1987. *Estudo Hidrodinâmico e Sedimentológico do Estuário Guajará-Belém (Pa)*. Belém, Centro de Geociências,UFPA.164p. (Dissertação de Mestrado).
- REBOUÇAS, A. M. 1996. *Contribuição ao estudo do comportamento do cromo na zona não saturada e saturada*. SP. Universidade de São Paulo. Instituto de Geociências. 85p. (Dissertação de Mestrado)
- ROBERTS, K. M. W. 1995. *Estudo da qualidade de águas de subsuperfície em área urbana com ênfase para os componentes do ciclo do nitrogênio (águas de poços artesianos em locais selecionados- Belém, PA)*. Inédito.
- SANTOS, M. T. P. 1997 *Avaliação ambiental da matéria orgânica degradada nos canais de drenagem na região metropolitana de Belém, PA*. Belém. Centro de Geociências. 118 p. (Dissertação de Mestrado).
- SAUMA FILHO, M. 1996. *As águas subterrâneas de Belém e adjacências: influência da Formação Pirabas e parâmetros físico-químicos para medidas de qualidade*. Belém. Universidade Federal do Pará. Centro de Geociências. 128 p. (Dissertação de Mestrado).
- SILVA, G. A. da. & SIMÕES, R. A. G. 2001. Água na indústria. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Eds) *Águas doces no Brasil, capital ecológico, uso e conservação*. p339-367.
- SINGH, B.R. & STEINNES, E. 1994. Soil and water contamination by heavy metals. In: LAI, R. & STEWART, B. A (Eds.) *Advances in soil science: soil process and water quality*. USA: Lewis. p. 233-237.
- TANCREDI A.C.F.N.S. 1980. *Projeto reconhecimento dos recursos naturais da Região Metropolitana de Belém*. Belém, SEPLAN/CODEM/IDESP. 79p.



VALENTE, M. .2004. *Doentes questionam curtume na Argentina*. Disponível em [www.tierramerica.org/2003/0526/pacentos.shtml](http://www.tierramerica.org/2003/0526/pacentos.shtml)>. Acesso abril de 2004.

VILHENA, L. ; VALE, S. B.; MENEZES, L. B. C.; BRAZ, V.N. 1991. Estudo preliminar da ocorrência de nitrato e ferro na água subterrânea de Belém. In.: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DE QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 7., Belém, 1991. *Homenagem ao dia nacional do químico*. Belém, CRQ. p. 185-193.

VRBA, J. & ZAPOROZEC, A. 1994. *Guidebook on mapping groundwater vulnerability*, JAH. (International Contributions to Hydrogeology, 16). 156p.

# ANEXOS

## ANEXO A- FICHA CADASTRAL DE ÁREAS CONTAMINADAS

### 1 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA

1.1 Nº de cadastro 01

1.2 Data da primeira inspeção: xxxx Data de atualização: xxxx

1.3 Inspetores: Fhábio Pinheiro

1.4 Denominação atual do local: Área industrial ativa- Curtume Bragança

1.5 Endereço: Estrada da Maracaquera

Distrito/Bairro: Distrito Industrial de Icoaraci

CEP: xxxx

Município: Belém

1.6 Latitude [783862] Longitude [9856273]

1.7 Tipo de fonte de contaminação:

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| (1) Disposição de Resíduos | (Preencher item 2)        |
| <b>(2) Área Industrial</b> | <b>(Preencher item 3)</b> |
| (3) Área Comercial         | (Preencher item 3)        |
| (4) Posto de Serviço       | (Preencher item 3)        |
| (5) Outras Fontes          | (Preencher item 4)        |
| (6) Não conhecida          | (Preencher item 4)        |

1.8 Denominação da fonte: Curtume

1.9 Código da atividade IBGE da fonte: xxxx

1.10 Situação da fonte quanto ao funcionamento

☒ Ativa(o) desde: 1978-1993/ 1998-dias atuais

☐ Desativada(o) funcionamento de \_\_\_\_\_ até \_\_\_\_\_

1.11 Área total da fonte e área afetada: 250.000 m<sup>2</sup>

1.12 Classificação da área

- |                |                      |         |                                |
|----------------|----------------------|---------|--------------------------------|
| Classificação: | (1) Área Potencial   | Motivo: | (1) Identificação de AP        |
|                | (2) Área Suspeita    |         | (2) Avaliação preliminar       |
|                | (3) Área Contaminada |         | (3) Investigação confirmatória |
|                | (4) Área Excluída    |         | (4) Remediação                 |

2 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS: Não se aplica (ver item 1.7)



### 3 ÁREA INDUSTRIAL/ COMERCIAL

#### 3.1 Tipo de atividade industrial/comercial (CP1)

- |                                                              |                                                             |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Mineração                           | <input type="checkbox"/> Produtos químicos                  |
| <input type="checkbox"/> Energia                             | <input type="checkbox"/> Produtos farmacêuticos             |
| <input type="checkbox"/> Equipamentos eletro-eletrônicos     | <input type="checkbox"/> Produção e transformação de metais |
| <input type="checkbox"/> Recuperação de resíduos             | <input type="checkbox"/> Borracha                           |
| <input type="checkbox"/> Armazen. de prods. quím. e combust. | <input type="checkbox"/> Têxtil                             |
| <input type="checkbox"/> Papel                               | <input checked="" type="checkbox"/> Couro                   |
| <input type="checkbox"/> Madeira                             |                                                             |
| <input type="checkbox"/> Outras _____                        |                                                             |

#### 3.2 Fonte provável de contaminação:

- ☐ Disposição de resíduos na área (preencher item nº 2)
- ☒ Produção
- ☒ Tratamento
- ☒ Armazenagem
- ☒ Infiltração

#### 3.3 Número de funcionários: 61

#### 3.4 Materiais utilizados/produzidos/armazenados

Solda Barrilha, Amina Cl, Sulfato de sódio, Cal, Askopal, Hostapal, Basozym-L.10, Sulfato de amônia, Peróxido de hidrogênio, Desplex, Ácido fórmico, Finitan-C/Tamplex-FL, Cromo, Humogran/ Ipel 821, Neutran BMF

#### 3.5 Resíduos Gerados:

Acondicionamento: (E01)Tambor de 200 l (E02)A Granel (E03)Caçamba (E04)Tanque (E05)Tambores outros (E06)Fardos (E07)Sacos plásticos (E08)Outras formas (E09)Tanque enterrado (E98)Inexistente (E99)Desconhecido

Dest. final: (AT)Aterro terceiros (AT1) Aterro próprio (LF)Landfarming terceiros (LF1)Landfarming próprio (VE)Venda/Reciclagem

(LA)Lagoa (PI)Poço de infilt. (IR)Irrigação (CO)Compostagem (AG)Armazenagem galpão (DC)Depósito a céu aberto (IN)Incinerador (QU) Queima a céu aberto (IF) Infiltração no solo (ES) Estocagem (OU)Outros (DE)Desconhecido

#### 3.6 Destino das águas residuárias

- ☒ Água superficial
- ☒ Infiltração no solo
- ☐ Infiltração em poços
- ☐ Estação de tratamento de esgotos do município
- ☐ Estação de tratamento própria
- ☐ Rede de esgoto/águas pluviais
- ☐ Inexistente
- ☐ Desconhecido

#### 3.7 Tipo de sistema de tratamento de águas residuárias:

☒ Inexistente

☐ Lagoas

☐ Processos físico-químico

☐ Sistema aeróbio

☐ Caixa separadora água/óleo (SAO)

☐ Recirculação

☐ Sistema anaeróbio

☐ Caixa de retenção de sólidos

☐ Outros

Tipo: \_\_\_\_\_

### 3.8 Condições de impermeabilização na área:

(1) Boas

(2) Ruins

(3) Desconhecida

☒ Área de produção

☒ Área de armazenagem de substâncias

☒ Área de armazenagem de resíduos

☒ Área de tratamento de resíduos

### 3.9. Impermeabilização da superfície do solo

☐ Área de produção

☐ Área de armazenagem de substâncias

☐ Área de armazenagem de resíduos

☐ Área de tratamento de resíduos - não há tratamento -

(1) Inexistente

(2) Aterro argiloso

(3) Aterro arenoso

(4) Membrana

(5) Dupla membrana

(6) Argila e membrana

(7) Pavimentação com asfalto/cimento

(8) Desconhecido

(9) Paralelepípedo/bloquete

### 3.10 Existência de vazamentos/infiltrações

☐ Tanques de armazenamento

☐ Tubulações

☐ No processo produtivo

☐ Na ETE

☐ No tratamento/armazenamento de resíduos

☐ Inexistente

☒ Desconhecida

☐ Outros \_\_\_\_\_

4 Outras Fontes / Fontes não conhecidas: Não se aplica (ver item 1.7)

## 5 DESCRIÇÃO DA ÁREA E SUAS ADJACÊNCIAS (raio de 1000 metros)

### 5.1 Substâncias presentes na área

Conf.

Est.

☐ ☐

Solventes orgânicos não halogenados

☐ ☐

Solventes orgânicos halogenados

☐ ☐

Hidrocarbonetos clorados voláteis

☐ ☐

Hidrocarbonetos clorados não voláteis (ex: PCB)

☐ ☐

Dioxinas e furanos

☒ ☐

Comp. org. nitrogenados, fosfatados e sulfurados (não agrotóxicos)

☐ ☐

Hidrocarbonetos aromáticos (não PAH)

☐ ☐

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH)

☐ ☐

Fenóis

☐ ☐

Produtos da refinação do petróleo

☐ ☐

Alcatrão e similares

|                                     |                          |                                                                             |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Agrotóxicos                                                                 |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Ácidos, bases e anidridos                                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Metais, ligas e compostos metálicos                                         |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Compostos inorgânicos de elevada toxicidade (Cianetos, Fluoretos, Cromatos) |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Substâncias utilizadas na indústria bélica                                  |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Outros                                                                      |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Desconhecido                                                                |

## 5.2 Ocupação do solo/áreas com bens a proteger:

| dentro                              | fora                                |                                                           |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Zona ferroviária                                          |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Zona viária                                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Estacionamento                                            |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Aeroporto                                                 |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área militar                                              |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área comercial                                            |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área industrial                                           |
| <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Área/Bens de interesse público                            |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Mineração                                                 |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Utilidades (rede de esgoto, telefone, gás, etc)           |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Residencial com hortas, alta dens.pop. ( $\geq 20$ casas) |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Residencial com hortas, baixa dens.pop. ( $< 20$ casas)   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Residencial sem hortas, alta dens.pop. ( $\geq 20$ casas) |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Residencial sem hortas, baixa dens.pop. ( $< 20$ casas)   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Parque, área verde                                        |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Parque infantil/Jardim infantil                           |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área de lazer e desportos/circulação                      |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Cemitério                                                 |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Escola/Hospital                                           |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Hortas                                                    |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área de pecuária                                          |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área agrícola                                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Mata natural                                              |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área de proteção ambiental                                |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área de proteção de mananciais                            |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Bacia hidrográfica para abastecimento                     |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Aqüíferos importantes                                     |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Zona de maior restrição de prot. dos mananciais           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Área inundável, várzea                                    |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Represa para abastecimento público                        |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Água superficial para abastecimento público               |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Poço para abastecimento público                           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Poço para abastecimento domiciliar/industrial             |

## 5.3 Uso atual da área:

- ☐ Edificação industrial desativada
- ☐ Edificação industrial com uso residencial
- ☐ Edificação industrial com uso comercial
- ☐ Edificação industrial com uso cultural
- ☐ Edificação industrial com uso industrial
- ☐ Edificação comercial



- ☐ Edificação residencial
- ☐ Edificação cultural
- ☒ Edificação industrial
- ☐ Sem edificações
- ☐ Outros \_\_\_\_\_

#### 5.4 Existência anterior de outra fonte potencial de contaminação na área

- ☒ Industrial \_\_\_\_\_ também curtume
- ☐ Comercial
- ☐ Disposição de Resíduos
- ☐ Posto de Serviço
- ☐ Outros
- ☐ Inexistente
- ☐ Desconhecido

#### 5.5 Distância até a edificação mais próxima da área

- (1) < 50 m      (2) 50 - 100 m      (3) 100 m - 500 m      (4) > 500 m  
 (5) inexistente

#### 5.6 Posição da área no relevo

- ☐ Várzea
- ☒ Encosta
- ☐ Cava de mineração \_\_\_\_\_
- ☐ Outros \_\_\_\_\_
- ☐ Fundo de vale
- ☐ Topo

**Declividade** [1] 2%

- (1) 0% a 30%      (2) 30% a 60%      (3) > 60%

#### 5.7 Textura predominante do solo [2, 1] areno-argilosa

- (1) Argilosa      (2) Arenosa      (3) Siltosa      (4) Desconhecida

#### 5.8 Existência de solo contaminado (confirmado pôr análise ou presença de produto/substância)

- (1) Contaminado
- (2) Não contaminado
- (3) Análise não realizada
- (4) Desconhecida
- [4] Profundidade 0 a 1m
- [4] Profundidade >1m

#### 5.9 Variação do nível da água subterrânea na área.      [ ] Inferida      [x] Medida

>2 m

#### 5.10 Nível sazonalmente mais elevado da água subterrânea      [1] em alguns lugares

- (1) Em contato com o resíduo/solo contaminado
- (2) Abaixo do resíduo/solo contaminado
- (3) Desconhecido

**5.11 Existência de água subterrânea contaminada pôr influência da área**  
(confirmada por análise ou presença de produto/substância)

☐ Sim

☐ Não

☒ Desconhecida

**5.12 Uso da água subterrânea afetada pela contaminação**

☐ Abastecimento público

☐ Abastecimento domiciliar

☐ Irrigação/pecuária/piscicultura

☐ Recreação

☒ Industrial

☐ Desconhecido

☐ Inexistente

**5.13 Contexto hidrogeológico da área [1].**  
**aquíferos livres**

**foi considerado apenas os**

(1) Quaternário

(2) Terciário em área de recarga

(3) Terciário em área de descarga

(4) Cárstico

(5) Cristalino aflorante

(6) Cristalino com manto argiloso em área de recarga

(7) Cristalino com manto argiloso em área de descarga

(8) Cristalino com manto arenoso em área de recarga

(9) Cristalino com manto arenoso em área de descarga

(10) Desconhecido

**5.14 Existência de água superficial contaminada por influência da área**  
(confirmada pôr análise ou presença de produto/substância)

☐ Não

☐ Sim, utilizada para abastecimento público

☐ Sim, utilizada para abastecimento domiciliar

☐ Sim, não utilizada

☐ Sim, utilizada para irrigação/pecuária/piscicultura

☒ Sim, utilizada para pesca

☒ Sim, utilizada para recreação

☐ Desconhecida

**5.15 Possibilidade de influência direta da área sobre as águas**

☐ Não

☐ Sim, utilizada para abastecimento público

☐ Sim, utilizada para abastecimento domiciliar

☐ Sim, não utilizada

☐ Sim, utilizada para irrigação/pecuária/piscicultura

☒ Sim, utilizada para pesca

☒ Sim, utilizada para recreação

☐ Desconhecida

**5.16 Possibilidade de enchente na área e uso da água superficial no local**

☒ Não

- ☐ Sim, utilizada para abastecimento público
- ☐ Sim, utilizada para abastecimento domiciliar
- ☐ Sim, não utilizada
- ☐ Sim, utilizada para irrigação/pecuária/piscicultura
- ☐ Sim, utilizada para pesca
- ☐ Sim, utilizada para recreação
- ☐ Desconhecida

#### 5.17 Qualidade do ar do solo na área (confirmada por análise) [4]

- (1) Contaminado
- (2) Não contaminado
- (3) Análise não realizado
- (4) **Desconhecida**

### 6 EVENTOS IMPORTANTES / EXISTÊNCIA DE RISCOS

#### 6.1 Ocorrência de acidentes e/ou eventos importantes

- ☐ Recalque
- ☐ Desabamento
- ☒ **Erosão**
- ☒ **Danos à vegetação**
- ☐ Dispersão de poeira contendo contaminantes do local
- ☒ **Danos aos animais**
- ☒ **Danos à saúde**
- ☐ Danos materiais
- ☐ Explosão
- ☐ Incêndio
- ☒ **Emanação perceptível de gases/vapores**
- ☐ Proliferação de vetores
- ☐ Desconhecida
- ☐ Inexistente
- ☐ Outros

#### 6.2 Erosão existente (tipo predominante) [2]

- (1) Inexistente
- (2) **Laminar**
- (3) Sulco
- (4) Voçoroca

#### 6.3 Existência de risco em decorrência da contaminação do solo

- ☐ Não, assegurado por análises
- ☐ Sim, para saúde de população
- ☒ **Sim, para animais**
- ☒ **Sim, para vegetação**
- ☐ Desconhecida

#### 6.4 Indicações perceptíveis na superfície do solo

- ☒ **Presença do contaminante**
- ☒ **Odor**



- ☐ Coloração
- ☐ Inexistente
- ☐ Desconhecida
- ☐ Outros

#### 6.5 Presença de gases/vapores nas edificações vizinhas [3]

- (1) Sim
- (2) Não
- (3) Desconhecida

### 7 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA ÁREA

#### 7.1 Investigação confirmatória: ☐ Sim ☐ Não

Executante: Fhábio Pinheiro

Data de início: xxxx Data de encerramento: xxxx

#### 7.2 Investigação detalhada: ☐ Sim ☒ Não

#### 7.3 Avaliação de risco: ☒ Sim ☐ Não

Existência de risco à saúde: ☒ Sim ☐ Não

#### 7.4 Remediação: ☐ Sim ☒ Não

Firma executante: xxxx

Data de início: xxx

Data de encerramento: xxxx

Técnicas empregadas: xxxx

### 8 FONTES DE INFORMAÇÃO

- (1) SECTAM
- (2) Prefeituras
- (3) **Pessoas do local**
- (4) Indústria
- (5) Empresas
- (6) **Outras**

## ANEXO B- FICHA CADASTRAL DE ÁREAS CONTAMINADAS

### 1 IDENTIFICAÇÃO DA ÁREA

1.1 Nº de cadastro 02

1.2 Data da primeira inspeção: xxxx Data de atualização: xxxx

1.3 Inspetores: Fhábio Pinheiro

1.4 Denominação atual do local: Área industrial ativa- Curtume Couro do Norte

1.5 Endereço: Antiga estrada do Outeiro 260

Distrito/Bairro: Distrito Industrial de Icoaraci

CEP: xxxx

Município: Belém

1.6 Latitude [783862] Longitude [9856273]

1.7 Tipo de fonte de contaminação:

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| (1) Disposição de Resíduos | (Preencher item 2)        |
| <b>(2) Área Industrial</b> | <b>(Preencher item 3)</b> |
| (3) Área Comercial         | (Preencher item 3)        |
| (4) Posto de Serviço       | (Preencher item 3)        |
| (5) Outras Fontes          | (Preencher item 4)        |
| (6) Não conhecida          | (Preencher item 4)        |

1.9 Denominação da fonte: Curtume

1.9 Código da atividade IBGE da fonte: xxxx

1.10 Situação da fonte quanto ao funcionamento

☒ Ativa(o) desde: 2001-dias atuais

☐ Desativada(o) funcionamento de \_\_\_\_\_ até \_\_\_\_\_

1.11 Área total da fonte e área afetada: 60.000 m<sup>2</sup>

1.12 Classificação da área

- |                |                      |         |                                |
|----------------|----------------------|---------|--------------------------------|
| Classificação: | (1) Área Potencial   | Motivo: | (1) Identificação de AP        |
|                | (2) Área Suspeita    |         | (2) Avaliação preliminar       |
|                | (3) Área Contaminada |         | (3) Investigação confirmatória |
|                | (4) Área Excluída    |         | (4) Remediação                 |

2 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS: Não se aplica (ver item 1.7)

### 3 ÁREA INDUSTRIAL/COMERCIAL

#### 3.1 Tipo de atividade industrial/comercial (CP1)

- |                                                              |                                                             |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Mineração                           | <input type="checkbox"/> Produtos químicos                  |
| <input type="checkbox"/> Energia                             | <input type="checkbox"/> Produtos farmacêuticos             |
| <input type="checkbox"/> Equipamentos eletro-eletrônicos     | <input type="checkbox"/> Produção e transformação de metais |
| <input type="checkbox"/> Recuperação de resíduos             | <input type="checkbox"/> Borracha                           |
| <input type="checkbox"/> Armazen. de prods. quím. e combust. | <input type="checkbox"/> Têxtil                             |
| <input type="checkbox"/> Papel                               | <input checked="" type="checkbox"/> Couro                   |
| <input type="checkbox"/> Madeira                             |                                                             |
| <input type="checkbox"/> Outras _____                        |                                                             |

#### 3.2 Fonte provável de contaminação:

- ☐ Disposição de resíduos na área (preencher item nº 2)
- ☒ Produção
- ☒ Tratamento
- ☒ Armazenagem
- ☒ Infiltração

#### 3.3 Número de funcionários: 50

#### 3.5 Materiais utilizados/produzidos/armazenados

Solda Barrilha, Amina Cl, Sulfato de sódio, Cal, Askopal, Hostapal, Basozym-L.10, Sulfato de amônia, Peróxido de hidrogênio, Desplex, Ácido fórmico, Finitan-C/Tamplex-FL, Cromo, Humogran/ Ipel 821, Neutran BMF

#### 3.5 Resíduos Gerados:

Acondicionamento: (E01)Tambor de 200 l (E02)A Granel (E03)Caçamba (E04)Tanque (E05)Tambores outros  
(E06)Fardos (E07)Sacos plásticos (E08)Outras formas (E09)Tanque enterrado (E98)Inexistente  
(E99)Desconhecido

Dest. final: (AT)Aterro terceiros (AT1) Aterro próprio (LF)Landfarming terceiros  
(LF1)Landfarming próprio (VE)Venda/Reciclagem

(LA)Lagoa (PI)Poço de infiltr. (IR)Irrigação (CO)Compostagem (AG)Armazenagem galpão (DC)Depósito a céu aberto  
(IN)Incinerador (QU) Queima a céu aberto (IF) Infiltração no solo (ES) Estocagem (OU)Outros (DE)Desconhecido

#### 3.6 Destino das águas residuárias

- ☒ Água superficial
- ☒ Infiltração no solo
- ☐ Infiltração em poços
- ☐ Estação de tratamento de esgotos do município
- ☐ Estação de tratamento própria



- ☐ Rede de esgoto/águas pluviais
- ☐ Inexistente
- ☐ Desconhecido

### 3.7 Tipo de sistema de tratamento de águas residuárias:

- ☒ Inexistente
  - ☐ Lagoas
  - ☐ Processos físico-químico
  - ☐ Sistema aeróbio
  - ☐ Caixa separadora água/óleo (SAO)
  - ☐ Recirculação
  - ☐ Sistema anaeróbio
  - ☐ Caixa de retenção de sólidos
  - ☐ Outros
- Tipo: \_\_\_\_\_

### 3.8 Condições de impermeabilização na área:

- (1) Boas (2) Ruins (3) Desconhecida

- ☒ Área de produção
- ☒ Área de armazenagem de substâncias
- ☒ Área de armazenagem de resíduos
- ☒ Área de tratamento de resíduos

### 3.9. Impermeabilização da superfície do solo

- ☐ Área de produção
- ☐ Área de armazenagem de substâncias
- ☒ Área de armazenagem de resíduos
- ☐ Área de tratamento de resíduos - não há tratamento -

- (1) Inexistente (2) Aterro argiloso (3) Aterro arenoso  
 (4) Membrana (5) Dupla membrana (6) Argila e membrana  
 (7) Pavimentação com asfalto/cimento (8) Desconhecido  
 (9) Paralelepípedo/bloquete

### 3.10 Existência de vazamentos/infiltrações

- ☐ Tanques de armazenamento
- ☐ No processo produtivo
- ☐ No tratamento/armazenamento de resíduos
- ☐ Inexistente
- ☐ Outros \_\_\_\_\_
- ☐ Tubulações
- ☐ Na ETE
- ☒ Desconhecida

## 4 Outras Fontes / Fontes não conhecidas: Não se aplica (ver item 1.7)

## 5 DESCRIÇÃO DA ÁREA E SUAS ADJACÊNCIAS (raio de 1000 metros)

### 5.1 Substâncias presentes na área

- | Conf.                    | Est.                     |                                                 |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Solventes orgânicos não halogenados             |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Solventes orgânicos halogenados                 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Hidrocarbonetos clorados voláteis               |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Hidrocarbonetos clorados não voláteis (ex: PCB) |

|                                     |                          |                                                                             |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Dioxinas e furanos                                                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Comp. org. nitrogenados, fosfatados e sulfurados (não agrotóxicos)          |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Hidrocarbonetos aromáticos (não PAH)                                        |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH)                               |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Fenóis                                                                      |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Produtos da refinação do petróleo                                           |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Alcatrão e similares                                                        |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Agrotóxicos                                                                 |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Ácidos, bases e anidridos                                                   |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Metais, ligas e compostos metálicos                                         |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Compostos inorgânicos de elevada toxicidade (Cianetos, Fluoretos, Cromatos) |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Substâncias utilizadas na indústria bélica                                  |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Outros                                                                      |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | Desconhecido                                                                |

## 5.2 Ocupação do solo/áreas com bens a proteger:

| dentro                              | fora                                |                                                           |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Zona ferroviária                                          |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Zona viária                                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | Estacionamento                                            |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Aeroporto                                                 |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área militar                                              |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área comercial                                            |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área industrial                                           |
| <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | Área/Bens de interesse público                            |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Mineração                                                 |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Utilidades (rede de esgoto, telefone, gás, etc)           |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Residencial com hortas, alta dens.pop. ( $\geq 20$ casas) |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Residencial com hortas, baixa dens.pop. ( $< 20$ casas)   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Residencial sem hortas, alta dens.pop. ( $\geq 20$ casas) |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Residencial sem hortas, baixa dens.pop. ( $< 20$ casas)   |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Parque, área verde                                        |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Parque infantil/Jardim infantil                           |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área de lazer e desportos/circulação                      |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Cemitério                                                 |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Escola/Hospital                                           |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Hortas                                                    |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área de pecuária                                          |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área agrícola                                             |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Mata natural                                              |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área de proteção ambiental                                |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Área de proteção de mananciais                            |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Bacia hidrográfica para abastecimento                     |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Aqüíferos importantes                                     |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Zona de maior restrição de prot. dos mananciais           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Área inundável, várzea                                    |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Represa para abastecimento público                        |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Água superficial para abastecimento público               |
| <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | Poço para abastecimento público                           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | Poço para abastecimento domiciliar/industrial             |

### 5.3 Uso atual da área:

- ☐ Edificação industrial desativada
- ☐ Edificação industrial com uso residencial
- ☐ Edificação industrial com uso comercial
- ☐ Edificação industrial com uso cultural
- ☐ Edificação industrial com uso industrial
- ☐ Edificação comercial
- ☐ Edificação residencial
- ☐ Edificação cultural
- ☒ Edificação industrial
- ☐ Sem edificações
- ☐ Outros \_\_\_\_\_

### 5.4 Existência anterior de outra fonte potencial de contaminação na área

- ☒ Industrial \_\_\_\_\_ também curtume
- ☐ Comercial
- ☐ Disposição de Resíduos
- ☐ Posto de Serviço
- ☐ Outros
- ☐ Inexistente
- ☐ Desconhecido

### 5.5 Distância até a edificação mais próxima da área

- (1) < 50 m      (2) 50 - 100 m      (3) 100 m - 500 m      (4) > 500 m  
(5) inexistente

### 5.6 Posição da área no relevo

- ☐ Várzea
- ☒ Encosta
- ☐ Cava de mineração \_\_\_\_\_
- ☐ Outros \_\_\_\_\_
- ☐ Fundo de vale
- ☐ Topo

**Declividade** [1] 2%

- (1) 0% a 30%      (2) 30% a 60%      (3) > 60%

### 5.7 Textura predominante do solo [2, 1] areno-argilosa

- (1) Argilosa      (2) Arenosa      (3) Siltosa      (4) Desconhecida

### 5.8 Existência de solo contaminado (confirmado pôr análise ou presença de produto/substância)

- (1) Contaminado
- (2) Não contaminado
- (3) Análise não realizada
- (4) Desconhecida
- [4] Profundidade 0 a 1m
- [4] Profundidade >1m

### 5.9 Variação do nível da água subterrânea na área.      [ ] Inferida    [x] Medida

>2 m



**5.10 Nível sazonalmente mais elevado da água subterrânea [1] em alguns lugares**

- (1) Em contato com o resíduo/solo contaminado
- (2) Abaixo do resíduo/solo contaminado
- (3) Desconhecido

**5.11 Existência de água subterrânea contaminada pôr influência da área (confirmada por análise ou presença de produto/substância)**

☐ Sim

☐ Não

☒ Desconhecida

**5.12 Uso da água subterrânea afetada pela contaminação**

- |                                                          |                                                   |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Abastecimento público           | <input type="checkbox"/> Abastecimento domiciliar |
| <input type="checkbox"/> Irrigação/pecuária/piscicultura | <input type="checkbox"/> Recreação                |
| <input checked="" type="checkbox"/> Industrial           | <input type="checkbox"/> Desconhecido             |
| <input type="checkbox"/> Inexistente                     |                                                   |

**5.13 Contexto hidrogeológico da área [1].  
aqüíferos livres**

foi considerado apenas os

- (1) Quaternário
- (2) Terciário em área de recarga
- (3) Terciário em área de descarga
- (4) Cárstico
- (5) Cristalino aflorante
- (6) Cristalino com manto argiloso em área de recarga
- (7) Cristalino com manto argiloso em área de descarga
- (8) Cristalino com manto arenoso em área de recarga
- (9) Cristalino com manto arenoso em área de descarga
- (10) Desconhecido

**5.14 Existência de água superficial contaminada por influência da área (confirmada pôr análise ou presença de produto/substância)**

- ☐ Não
- ☐ Sim, utilizada para abastecimento público
- ☐ Sim, utilizada para abastecimento domiciliar
- ☐ Sim, não utilizada
- ☐ Sim, utilizada para irrigação/pecuária/piscicultura
- ☒ Sim, utilizada para pesca
- ☒ Sim, utilizada para recreação
- ☐ Desconhecida

**5.15 Possibilidade de influência direta da área sobre as águas**

- ☐ Não
- ☐ Sim, utilizada para abastecimento público
- ☐ Sim, utilizada para abastecimento domiciliar
- ☐ Sim, não utilizada

- ☐ Sim, utilizada para irrigação/pecuária/piscicultura
- ☒ **Sim, utilizada para pesca**
- ☒ **Sim, utilizada para recreação**
- ☐ Desconhecida

#### 5.16 Possibilidade de enchente na área e uso da água superficial no local

- ☒ **Não**
- ☐ Sim, utilizada para abastecimento público
- ☐ Sim, utilizada para abastecimento domiciliar
- ☐ Sim, não utilizada
- ☐ Sim, utilizada para irrigação/pecuária/piscicultura
- ☐ Sim, utilizada para pesca
- ☐ Sim, utilizada para recreação
- ☐ Desconhecida

#### 5.17 Qualidade do ar do solo na área (confirmada por análise) [4]

- (1) Contaminado
- (2) Não contaminado
- (3) Análise não realizado
- (4) Desconhecida**

### 6 EVENTOS IMPORTANTES / EXISTÊNCIA DE RISCOS

#### 6.2 Ocorrência de acidentes e/ou eventos importantes

- ☐ Recalque
- ☐ Desabamento
- ☒ **Erosão**
- ☒ **Danos à vegetação**
- ☐ Dispersão de poeira contendo contaminantes do local
- ☒ **Danos aos animais**
- ☒ **Danos à saúde**
- ☐ Danos materiais
- ☐ Explosão
- ☐ Incêndio
- ☒ **Emanação perceptível de gases/vapores**
- ☐ Proliferação de vetores
- ☐ Desconhecida
- ☐ Inexistente
- ☐ Outros

#### 6.2 Erosão existente (tipo predominante) [2]

- (1) Inexistente
- (2) Laminar**
- (3) Sulco
- (4) Voçoroca

#### 6.3 Existência de risco em decorrência da contaminação do solo

- ☐ Não, assegurado por análises
- ☐ Sim, para saúde de população

- ☒ Sim, para animais
- ☒ Sim, para vegetação
- ☐ Desconhecida

#### 6.4 Indicações perceptíveis na superfície do solo

- ☒ Presença do contaminante
- ☒ Odor
- ☐ Coloração
- ☐ Inexistente
- ☐ Desconhecida
- ☐ Outros

#### 6.5 Presença de gases/vapores nas edificações vizinhas [3]

- (1) Sim
- (2) Não
- (3) Desconhecida

### 7 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NA ÁREA

#### 7.1 Investigação confirmatória: ☐ Sim ☐ Não

Executante: Fáblio Pinheiro  
Data de início: xxxx Data de encerramento: xxxx

#### 7.2 Investigação detalhada: ☐ Sim ☒ Não

#### 7.3 Avaliação de risco: ☒ Sim ☐ Não

Existência de risco à saúde: ☒ Sim ☐ Não

#### 7.4 Remediação: ☐ Sim ☒ Não

Firma executante: xxxx  
Data de início: xxx Data de encerramento: xxxx  
Técnicas empregadas: xxxx

### 8 FONTES DE INFORMAÇÃO

- (1) SECTAM
- (2) Prefeituras
- (3) **Pessoas do local**
- (4) Indústria
- (5) Empresas
- (6) **Outras**

## ANEXO C- FICHA DE PONTUAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS

### CRITÉRIO PRINCIPAL 1 : Informações gerais sobre a área

### Área industrial/comercial – Outras fontes

| Tipo de atividade industrial/comercial (3.1)     |   | BP 1-6 |      |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------------------------|---|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Mineração, energia                               | 2 |        |      |     |     |     |     |     |     |
| Produtos químicos, farmacêuticos                 | 3 |        |      |     |     |     |     |     |     |
| Equipamentos eletro-eletrônicos                  | 3 |        |      |     |     |     |     |     |     |
| Produção e transformação de metais               | 3 |        |      |     |     |     |     |     |     |
| Recuperação de resíduos                          | 3 |        |      |     |     |     |     |     |     |
| Borracha, têxtil                                 | 1 |        |      |     |     |     |     |     |     |
| Armazenamento de produtos químicos e combustível | 3 |        |      |     |     |     |     |     |     |
| Papel, couro, madeira                            | 2 | 2      |      |     |     |     |     |     |     |
| Outras atividades                                | 1 |        |      |     |     |     |     |     |     |
| Valoração máxima em cada coluna                  |   | 2      | 1,90 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 3,8 |

| Dimensões da área industrial/comercial (1.11) |   | BP 1-6 | Curtumes   |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------|---|--------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| >50.000 m <sup>2</sup>                        | 3 | 3      | A, B, C, D |      |      |      |      |      |      |      |
| 3.000-50.000 m <sup>2</sup>                   | 2 |        |            |      |      |      |      |      |      |      |
| < 3.000 m <sup>2</sup>                        | 1 |        |            |      |      |      |      |      |      |      |
| Valoração máxima em cada coluna               |   | 3      | A, B, C, D | 0,48 | 1,44 | 1,44 | 1,44 | 1,44 | 1,44 | 1,44 |

**Soma do critério principal 1:**

|      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 5,24 | 5,24 | 5,24 | 5,24 | 5,24 | 5,24 |
|------|------|------|------|------|------|

### CRITÉRIO PRINCIPAL 2: Resíduos / Substâncias

| Substâncias presentes na área (5.1) | confirmado | estimado | BP 1-6 | Curtumes |
|-------------------------------------|------------|----------|--------|----------|
| Solventes orgânicos não halogenados | 3          | 2        |        |          |





|                                           |   |  |  |  |  |   |            |  |
|-------------------------------------------|---|--|--|--|--|---|------------|--|
| - dentro da área (5.2)                    |   |  |  |  |  |   |            |  |
| Zona ferroviária                          | 1 |  |  |  |  |   |            |  |
| Zona viária                               | 1 |  |  |  |  |   |            |  |
| Estacionamento                            | 1 |  |  |  |  | 1 | A, B, C, D |  |
| Aeroporto                                 | 1 |  |  |  |  |   |            |  |
| Área militar                              | 1 |  |  |  |  |   |            |  |
| Área comercial                            | 1 |  |  |  |  |   |            |  |
| Área industrial                           | 1 |  |  |  |  |   |            |  |
| Área/Bens de interesse público            | 1 |  |  |  |  |   |            |  |
| Mineração                                 | 1 |  |  |  |  |   |            |  |
| Utilidades                                | 2 |  |  |  |  |   |            |  |
| Residencial com hortas (alta dens. pop.)  | 3 |  |  |  |  |   |            |  |
| Residencial com hortas (baixa dens. pop.) | 3 |  |  |  |  |   |            |  |
| Residencial sem hortas (alta dens. pop.)  | 3 |  |  |  |  |   |            |  |
| Residencial sem hortas (baixa dens. pop.) | 3 |  |  |  |  |   |            |  |
| Parque, área verde                        | 2 |  |  |  |  |   |            |  |
| Parque infantil/Jardim infantil           | 3 |  |  |  |  |   |            |  |
| Área de lazer e desportos/circulação      | 2 |  |  |  |  |   |            |  |
| Cemitério                                 | 1 |  |  |  |  |   |            |  |
| Escola/Hospital                           | 2 |  |  |  |  |   |            |  |
| Hortas                                    | 3 |  |  |  |  |   |            |  |
| Área de pecuária                          | 1 |  |  |  |  |   |            |  |
| Área agrícola                             | 3 |  |  |  |  |   |            |  |
| Mata natural                              | 1 |  |  |  |  | 1 | B, C, D    |  |
| Área de proteção ambiental                | 2 |  |  |  |  |   |            |  |
| Área de proteção de mananciais            | 2 |  |  |  |  |   |            |  |
| Bacia hidrográfica para abastecimento     | 3 |  |  |  |  |   |            |  |
| Aquíferos importantes                     | 2 |  |  |  |  |   |            |  |

|                                                   |   |  |   |  |   |  |   |            |       |
|---------------------------------------------------|---|--|---|--|---|--|---|------------|-------|
| Zona de maior restrição de proteção de mananciais | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Área inundável, várzea                            | 2 |  |   |  | 2 |  |   | A, B, C, D |       |
| Represa para abastecimento público                | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Água superficial para abastecimento público       | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Poço para abastecimento público                   | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Poço para abastecimento domiciliar/industrial     | 3 |  | 3 |  | 3 |  |   | A, B, C, D |       |
| Valoração máxima em cada coluna                   |   |  | 3 |  | 3 |  | 1 | A, B, C, D | x2,22 |
|                                                   |   |  |   |  |   |  |   |            | 6,66  |
|                                                   |   |  |   |  |   |  |   |            | 6,66  |
|                                                   |   |  |   |  |   |  |   |            | 2,22  |

| Ocupação do solo/Áreas com bens a proteger - fora da área (5.2) |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume    |
|-----------------------------------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------------|
| Zona ferroviária                                                | 1 |      |      |      |      |      |      |            |
| Zona viária                                                     | 1 |      |      |      |      |      |      |            |
| Estacionamento                                                  | 1 |      |      |      |      |      |      |            |
| Aeroporto                                                       | 1 |      |      |      |      |      |      |            |
| Área militar                                                    | 1 |      |      |      |      |      |      |            |
| Área comercial                                                  | 1 |      |      |      |      |      |      |            |
| Área industrial                                                 | 1 |      |      |      |      |      |      |            |
| Área/Bens de interesse público                                  | 1 |      |      |      |      |      | 1    | A, B, C, D |
| Mineração                                                       | 1 |      |      |      |      |      | 1    | C          |
| Utilidades                                                      | 2 |      |      |      |      |      |      |            |
| Residencial com hortas (alta dens. pop.)                        | 3 |      |      |      |      |      |      |            |
| Residencial com hortas (baixa dens. pop.)                       | 3 |      |      |      |      |      |      |            |
| Residencial sem hortas (alta dens. pop.)                        | 3 |      |      |      |      |      |      |            |
| Residencial sem hortas (baixa dens. pop.)                       | 3 |      |      |      |      |      |      |            |

|                                                   |   |  |   |  |   |  |   |            |       |
|---------------------------------------------------|---|--|---|--|---|--|---|------------|-------|
| Parque, área verde                                | 2 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Parque infantil/Jardim infantil                   | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Área de lazer e desportos/circulação              | 2 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Cemitério                                         | 1 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Escola/Hospital                                   | 2 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Hortas                                            | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Área de pecuária                                  | 1 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Área agrícola                                     | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Mata natural                                      | 1 |  |   |  |   |  | 1 | A, B, C, D |       |
| Área de proteção ambiental                        | 2 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Área de proteção de mananciais                    | 2 |  | 2 |  | 2 |  |   | A, B, C, D |       |
| Bacia hidrográfica para abastecimento             | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Aquíferos importantes                             | 2 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Zona de maior restrição de proteção de mananciais | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Área inundável, várzea                            | 2 |  | 2 |  | 2 |  |   | A, B, C, D |       |
| Represa para abastecimento público                | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Água superficial para abastecimento público       | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Poço para abastecimento público                   | 3 |  |   |  |   |  |   |            |       |
| Poço para abastecimento domiciliar/industrial     | 3 |  | 3 |  | 3 |  |   | A, B, C, D |       |
| Valoração máxima em cada coluna                   |   |  | 3 |  | 3 |  | 1 | A, B, C, D | x1,11 |
|                                                   |   |  |   |  |   |  |   |            | 3,33  |
|                                                   |   |  |   |  |   |  |   |            | 3,33  |
|                                                   |   |  |   |  |   |  |   |            | 1,11  |

**Soma do critério principal 3**

|  |      |  |      |  |      |
|--|------|--|------|--|------|
|  | 9,99 |  | 9,99 |  | 3,33 |
|--|------|--|------|--|------|

**Critério Principal 4: Propagação**



#### 4.1 Propagação via solo

| Resultado de análise do solo - prof. 0 a 1m (5.8) |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume    |      |   |  |   |  |     |
|---------------------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------------|------|---|--|---|--|-----|
| Contaminado                                       | 3 |      |      |      |      |      |      |            |      |   |  |   |  |     |
| Não contaminado                                   | 0 |      |      |      |      |      |      |            |      |   |  |   |  |     |
| Análise não realizada                             | 2 | 2    |      | 2    |      | 2    | 2    | A, B, C, D |      |   |  |   |  |     |
| Desconhecido                                      | 2 |      |      |      |      |      |      |            |      |   |  |   |  |     |
| Valoração máxima em cada coluna                   |   | 2    |      | 2    |      | 2    | 2    | A, B, C, D | x0,5 | 1 |  | 1 |  | 1 1 |

| Resultado de análise do solo - abaixo de 1m (5.8) |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume    |      |  |   |   |   |     |
|---------------------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------------|------|--|---|---|---|-----|
| Contaminado                                       | 3 |      |      |      |      |      |      |            |      |  |   |   |   |     |
| Não contaminado                                   | 0 |      |      |      |      |      |      |            |      |  |   |   |   |     |
| Análise não realizada                             | 2 |      | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | A, B, C, D |      |  |   |   |   |     |
| Desconhecido                                      | 2 |      |      |      |      |      |      |            |      |  |   |   |   |     |
| Valoração máxima em cada coluna                   |   |      | 2    | 2    | 2    | 2    | 2    | A, B, C, D | x0,5 |  | 1 | 1 | 1 | 1 1 |

| Eventos importantes (6.1)     |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume    |      |     |  |     |  |         |
|-------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------------|------|-----|--|-----|--|---------|
| Recalque, desabamento, erosão | 2 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Danos a vegetação             | 2 |      |      | 2    |      | 2    | 2    | A, B, C, D |      |     |  |     |  |         |
| Dispersão de poeira           | 1 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Danos aos animais             | 2 |      |      |      |      | 2    | 2    | B, C, D    |      |     |  |     |  |         |
| Danos a saúde                 | 3 | 3    |      |      |      |      |      | A, B, C, D |      |     |  |     |  |         |
| Danos materiais               | 2 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Proliferação de vetores       | 1 | 1    |      |      |      |      |      | A, B, C, D |      |     |  |     |  |         |
| Outros, desconhecida          | 1 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Inexistente                   | 0 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Valoração máxima em           |   | 3    |      | 2    |      | 2    | 2    | A, B, C, D | x0,4 | 1,2 |  | 0,8 |  | 0,8 0,8 |

|             |  |  |  |  |  |  |  |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| cada coluna |  |  |  |  |  |  |  | C, D |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-------------|--|--|--|--|--|--|--|------|--|--|--|--|--|--|--|--|

|                                                                         |   |         |         |         |         |         |         |               |      |  |  |     |  |     |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|------|--|--|-----|--|-----|--|--|
| Existência de risco comprovado a respeito de contaminação de solo (6.3) |   | BP<br>1 | BP<br>2 | BP<br>3 | BP<br>4 | BP<br>5 | BP<br>6 | Curtu<br>me   |      |  |  |     |  |     |  |  |
| Não, assegurado por análises                                            | 0 |         |         |         |         |         |         |               |      |  |  |     |  |     |  |  |
| Sim, para saúde de população                                            | 3 |         |         |         |         |         |         |               |      |  |  |     |  |     |  |  |
| Sim, para animais                                                       | 2 |         |         |         |         | 2       |         | A, B,<br>C, D |      |  |  |     |  |     |  |  |
| Sim, para vegetação                                                     | 2 |         |         | 2       |         |         |         | A, B,<br>C, D |      |  |  |     |  |     |  |  |
| Desconhecida                                                            | 2 |         |         |         |         |         |         |               |      |  |  |     |  |     |  |  |
| Valoração máxima em cada coluna                                         |   |         |         | 2       |         | 2       |         | A, B,<br>C, D | x0,6 |  |  | 1,2 |  | 1,2 |  |  |

|                                                                      |   |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------------------------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Material de impermeabilização da superfície da área (2.14)(3.9)(4.6) |   | BP<br>1 | BP<br>2 | BP<br>3 | BP<br>4 | BP<br>5 | BP<br>6 | Curtu<br>me   |      |     |     |     |     |     |     |     |
| Membrana, dupla membrana, membrana e solo                            | 0 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |     |
| Pavimentação com asfalto ou cimento                                  | 1 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |     |
| Aterro argiloso                                                      | 2 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |     |
| Aterro arenoso/paralelepípedo/bloquete                               | 3 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |     |
| Inexistente, desconhecido                                            | 3 | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | A, B,<br>C, D |      |     |     |     |     |     |     |     |
| Valoração máxima em cada coluna                                      |   | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | 3       | A, B,<br>C, D | x0,6 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| Indicações perceptíveis na superf. do solo (6.4)                     |   | BP<br>1 | BP<br>2 | BP<br>3 | BP<br>4 | BP<br>5 | BP<br>6 | Curtu<br>me   |      |     |     |     |     |     |     |     |
| Odor, presença de contaminante                                       | 3 | 3       |         | 3       |         | 3       | 3       | A, B,<br>C, D |      |     |     |     |     |     |     |     |

|                                 |   |   |  |   |  |   |   |            |      |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|---------------------------------|---|---|--|---|--|---|---|------------|------|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|
| Coloração                       | 3 |   |  |   |  |   |   |            |      |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Inexistente                     | 0 |   |  |   |  |   |   |            |      |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Outros ou desconhecida          | 2 |   |  |   |  |   |   |            |      |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Valoração máxima em cada coluna |   | 3 |  | 3 |  | 3 | 3 | A, B, C, D | x0,4 | 1,2 |  | 1,2 |  | 1,2 |  | 1,2 |  | 1,2 |  |

#### Soma da propagação via solo

#### Curtumes A, B, C, D

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5,2 | 2,8 | 7,0 | 2,8 | 7,0 | 5,8 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

#### 4.2 Propagação via água superficial

| Existência de água superficial contaminada por influência da área (5.14) |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume    |      |     |  |  |     |  |  |     |  |     |  |
|--------------------------------------------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------------|------|-----|--|--|-----|--|--|-----|--|-----|--|
| Não                                                                      | 0 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |  |     |  |  |     |  |     |  |
| Sim, utilizada para abastecimento público                                | 3 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |  |     |  |  |     |  |     |  |
| Sim, utilizada para abastecimento domiciliar                             | 3 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |  |     |  |  |     |  |     |  |
| Sim, não utilizada                                                       | 1 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |  |     |  |  |     |  |     |  |
| Sim, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura                    | 2 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |  |     |  |  |     |  |     |  |
| Sim, utilizada para recreação, pesca                                     | 3 | 3    |      |      | 3    |      | 3    | A, B, C, D |      |     |  |  |     |  |  |     |  |     |  |
| Desconhecida                                                             | 2 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |  |     |  |  |     |  |     |  |
| Valoração máxima em cada coluna                                          |   | 3    |      |      | 3    |      | 3    | A, B, C, D | x0,6 | 1,8 |  |  | 1,8 |  |  | 1,8 |  | 1,8 |  |

| Possibilidade de influência direta da área sobre as águas superficiais (5.15) |  | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume |
|-------------------------------------------------------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|---------|
|                                                                               |  |      |      |      |      |      |      |         |

|                                                       |   |   |  |  |   |  |   |            |                  |
|-------------------------------------------------------|---|---|--|--|---|--|---|------------|------------------|
| Não                                                   | 0 |   |  |  |   |  |   |            |                  |
| Sim, utilizada para abastecimento público             | 3 |   |  |  |   |  |   |            |                  |
| Sim, utilizada para abastecimento domiciliar          | 3 |   |  |  |   |  |   |            |                  |
| Sim, não utilizada                                    | 1 |   |  |  |   |  |   |            |                  |
| Sim, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura | 2 |   |  |  |   |  |   |            |                  |
| Sim, utilizada para recreação, pesca                  | 3 | 3 |  |  | 3 |  | 3 | A, B, C, D |                  |
| Desconhecida                                          | 2 |   |  |  |   |  |   |            |                  |
| Valoração máxima em cada coluna                       |   | 3 |  |  | 3 |  | 3 | A, B, C, D | x0,4 1,2 1,2 1,2 |

| Possibilidade de enchente na área e uso da água superficial (5.16) |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume    |      |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Não                                                                | 0 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |     |     |     |     |     |
| Sim, utilizada para abastecimento público                          | 3 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |     |     |     |     |     |
| Sim, utilizada para abastecimento domiciliar                       | 3 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |     |     |     |     |     |
| Sim, não utilizada                                                 | 1 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |     |     |     |     |     |
| Sim, utilizada para irrigação, pecuária, piscicultura              | 2 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |     |     |     |     |     |
| Sim, utilizada para recreação, pesca                               | 3 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |     |     |     |     |     |
| Desconhecida                                                       | 2 | 2    | 2    |      | 2    | 2    | 2    | A, B, C, D |      |     |     |     |     |     |     |
| Valoração máxima em cada coluna                                    |   | 2    | 2    |      | 2    | 2    | 2    | A, B, C, D | x0,3 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,6 |



### Soma da propagação via água superficial

**Curtumes A, B, C, D**

|     |     |  |     |     |     |
|-----|-----|--|-----|-----|-----|
| 3,6 | 0,6 |  | 3,6 | 0,6 | 3,6 |
|-----|-----|--|-----|-----|-----|

### 4.3 Propagação via água subterrânea

| Contaminação das águas subterrâneas (5.11) |   | BP<br>1 | BP<br>2 | BP<br>3 | BP<br>4 | BP<br>5 | BP<br>6 | Curtu<br>me   |      |  |     |  |     |  |
|--------------------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|------|--|-----|--|-----|--|
| Sim                                        | 3 |         |         |         |         |         |         |               |      |  |     |  |     |  |
| Não                                        | 0 |         |         |         |         |         |         |               |      |  |     |  |     |  |
| Desconhecida                               | 2 |         | 2       |         | 2       |         | 2       | A, B,<br>C, D |      |  |     |  |     |  |
| Valoração máxima em cada coluna            |   |         | 2       |         | 2       |         | 2       | A, B,<br>C, D | x0,5 |  | 1,0 |  | 1,0 |  |

| Uso da água subterrânea afetada pela contaminação (5.12) |   | BP<br>1 | BP<br>2 | BP<br>3 | BP<br>4 | BP<br>5 | BP<br>6 | curtu<br>me   |      |     |     |     |     |     |     |
|----------------------------------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Abastecimento público                                    | 3 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |
| Abastecimento domiciliar                                 | 3 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |
| Recreação                                                | 3 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |
| Irrigação, pecuária                                      | 2 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |
| Uso industrial                                           | 1 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |
| Desconhecido                                             | 2 | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | A, B,<br>C, D |      |     |     |     |     |     |     |
| Inexistente                                              | 0 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |     |     |     |     |     |
| Valoração máxima em cada coluna                          |   | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       | 2       |               | x0,4 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,8 |

| Textura predominante do solo (5.7) |   | BP<br>1 | BP<br>2 | BP<br>3 | BP<br>4 | BP<br>5 | BP<br>6 | Curtu<br>me   |      |  |     |  |     |  |  |
|------------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|------|--|-----|--|-----|--|--|
| Arenosa, siltosa                   | 3 |         | 3       |         | 3       |         |         | A, B,<br>C, D |      |  |     |  |     |  |  |
| Argilosa                           | 0 |         |         |         |         |         |         |               |      |  |     |  |     |  |  |
| Desconhecida                       | 2 |         |         |         |         |         |         |               |      |  |     |  |     |  |  |
| Valoração máxima em cada coluna    |   |         | 3       |         | 3       |         |         | A, B,<br>C, D | x0,1 |  | 0,3 |  | 0,3 |  |  |

| Impermeabilização inferior |   | BP<br>1 | BP<br>2 | BP<br>3 | BP<br>4 | BP<br>5 | BP<br>6 | Curtu<br>me |
|----------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------------|
| Inexistente,               | 3 |         | 3       |         | 3       |         |         | A, B,       |

|                                         |   |  |   |  |   |  |  |            |      |  |     |  |     |  |  |
|-----------------------------------------|---|--|---|--|---|--|--|------------|------|--|-----|--|-----|--|--|
| desconhecida (2.6)                      |   |  |   |  |   |  |  | C, D       |      |  |     |  |     |  |  |
| Argila ou membrana (2.6)                | 1 |  |   |  |   |  |  |            |      |  |     |  |     |  |  |
| Argila e membrana, dupla membrana (2.6) | 0 |  |   |  |   |  |  |            |      |  |     |  |     |  |  |
| Valoração máxima em cada coluna         |   |  | 3 |  | 3 |  |  | A, B, C, D | x0,2 |  | 0,6 |  | 0,6 |  |  |

|                                                                          |   |      |      |      |      |      |      |            |      |  |     |  |     |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------------|------|--|-----|--|-----|--|--|
| Destino final de líquidos percolados, efluentes, substâncias e materiais |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume    |      |  |     |  |     |  |  |
| Água superficial, infiltração no solo ou poços                           | 3 |      | 3    |      | 3    |      |      | A, B, C, D |      |  |     |  |     |  |  |
| Desconhecido                                                             | 1 |      |      |      |      |      |      |            |      |  |     |  |     |  |  |
| Estação de tratamento, inexistente                                       | 0 |      |      |      |      |      |      |            |      |  |     |  |     |  |  |
| Valoração máxima em cada coluna                                          |   |      | 3    |      | 3    |      |      |            | x0,2 |  | 0,6 |  | 0,6 |  |  |

|                                                           |   |      |      |      |      |      |      |         |      |  |     |  |     |  |  |
|-----------------------------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|---------|------|--|-----|--|-----|--|--|
| Nível sazonalmente mais elevado d'água subterrânea (5.10) |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume |      |  |     |  |     |  |  |
| Em contato com resíduo/solo contaminado                   | 3 |      | 3    |      | 3    |      |      | C       |      |  |     |  |     |  |  |
| Abaixo dos resíduos/solo contaminado,                     | 0 |      | 0    |      | 0    |      |      | A, B, D |      |  |     |  |     |  |  |
| Desconhecido                                              | 2 |      |      |      |      |      |      |         |      |  |     |  |     |  |  |
| Valoração máxima em cada coluna                           |   |      | 3    |      | 3    |      |      | C       | x0,1 |  | 0,3 |  | 0,3 |  |  |
|                                                           |   |      | 0    |      | 0    |      |      | A, B, D | x0,1 |  | 0   |  | 0   |  |  |

|                                |   |      |      |      |      |      |      |         |  |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|---------|--|--|--|--|--|--|--|
| Contexto hidrogeológico (5.13) |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume |  |  |  |  |  |  |  |
| 01, 02, 05, 08, 10, 11, 12,    | 3 |      | 3    |      | 3    |      |      | A, B,   |  |  |  |  |  |  |  |

|                                 |   |  |   |  |   |  |  |            |      |  |     |  |     |  |
|---------------------------------|---|--|---|--|---|--|--|------------|------|--|-----|--|-----|--|
| 15, 18                          |   |  |   |  |   |  |  | C, D       |      |  |     |  |     |  |
| 03, 06, 09, 13, 14              | 2 |  |   |  |   |  |  |            |      |  |     |  |     |  |
| 04, 07, 16, 17                  | 1 |  |   |  |   |  |  |            |      |  |     |  |     |  |
| Desconhecido                    | 3 |  |   |  |   |  |  |            |      |  |     |  |     |  |
| Valoração máxima em cada coluna |   |  | 3 |  | 3 |  |  | A, B, C, D | x0,4 |  | 1,2 |  | 1,2 |  |

### Soma da propagação via água subterrânea

#### Curtume C

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0,8 | 4,2 | 0,8 | 4,2 | 0,8 | 1,8 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

#### Curtumes A, B, D

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0,8 | 3,9 | 0,8 | 4,5 | 0,8 | 1,8 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

### 4.4 Propagação via ar

| Qualidade do ar do solo (5.17)                                         |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume    |      |     |  |     |  |         |
|------------------------------------------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------------|------|-----|--|-----|--|---------|
| Análise não realizada                                                  | 2 | 2    |      | 2    |      | 2    | 2    | A, B, C, D |      |     |  |     |  |         |
| Contaminada                                                            | 3 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Não contaminada                                                        | 0 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Desconhecida                                                           | 2 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Valoração máxima em cada coluna                                        |   | 2    |      | 2    |      | 2    | 2    | A, B, C, D | x0,3 | 0,6 |  | 0,6 |  | 0,6 0,6 |
| Eventos importantes (6.1)                                              |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume    |      |     |  |     |  |         |
| Explosão, incêndios, danos à saúde                                     | 3 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Emanação perceptível de gases/vapores, Dispersão de poeira contaminada | 2 | 2    |      | 2    |      | 2    | 2    | A, B, C, D |      |     |  |     |  |         |
| Danos materiais, outros, desconhecido                                  | 2 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Danos à vegetação                                                      | 2 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Inexistente                                                            | 0 |      |      |      |      |      |      |            |      |     |  |     |  |         |
| Valoração máxima em cada coluna                                        |   | 2    |      | 2    |      | 2    | 2    | A, B, C, D | x0,4 | 0,8 |  | 0,8 |  | 0,8 0,8 |
| Presença de vapores/gases nas edificações vizinhas (6.5)               |   | BP 1 | BP 2 | BP 3 | BP 4 | BP 5 | BP 6 | Curtume    |      |     |  |     |  |         |

|                                                     |   |         |         |         |         |         |         |               |      |     |  |  |  |  |  |  |     |
|-----------------------------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------|------|-----|--|--|--|--|--|--|-----|
| Não                                                 | 0 | 0       |         |         |         |         | 0       | A, B,<br>C, D |      |     |  |  |  |  |  |  |     |
| Sim                                                 | 3 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |  |  |  |  |  |  |     |
| Desconhecido                                        | 1 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |  |  |  |  |  |  |     |
| Valoração máxima em<br>cada coluna                  |   | 0       |         |         |         |         | 0       | A, B,<br>C, D | x0,5 | 0   |  |  |  |  |  |  | 0   |
| Distância até a edificação<br>mais<br>próxima (5.5) |   | BP<br>1 | BP<br>2 | BP<br>3 | BP<br>4 | BP<br>5 | BP<br>6 | Curtu<br>me   |      |     |  |  |  |  |  |  |     |
| < 50 m                                              | 3 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |  |  |  |  |  |  |     |
| 50 - 100 m                                          | 2 | 2       |         |         |         |         | 2       | A, B,<br>D    |      |     |  |  |  |  |  |  |     |
| > 100 m                                             | 1 | 1       |         |         |         |         | 1       | C             |      |     |  |  |  |  |  |  |     |
| Edificações inexistentes                            | 0 |         |         |         |         |         |         |               |      |     |  |  |  |  |  |  |     |
| Valoração máxima<br>em cada coluna                  |   | 2       |         |         |         |         | 2       | A,, B,<br>D   | x0,4 | 0,8 |  |  |  |  |  |  | 0,8 |
|                                                     |   | 1       |         |         |         |         | 1       | C             | X0,4 | 0,4 |  |  |  |  |  |  | 0,4 |

#### Soma da propagação via ar

**Curtumes A, B, D**

|     |  |     |  |     |     |
|-----|--|-----|--|-----|-----|
| 2,6 |  | 1,8 |  | 1,8 | 2,6 |
|-----|--|-----|--|-----|-----|

**Curtume C**

|     |  |     |  |     |     |
|-----|--|-----|--|-----|-----|
| 2,2 |  | 1,4 |  | 1,4 | 2,2 |
|-----|--|-----|--|-----|-----|

#### Soma total do critério principal 4: Propagação

#### Soma da propagação via solo

**Curtumes A, B, C, D**

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 6,4 | 4,0 | 7,0 | 4,0 | 7,0 | 5,8 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

#### Soma da propagação via água superficial

**Curtume A, B, C, D**

|     |     |  |     |     |     |
|-----|-----|--|-----|-----|-----|
| 3,6 | 2,6 |  | 3,6 | 2,6 | 3,6 |
|-----|-----|--|-----|-----|-----|

#### Soma da propagação via água subterrânea

**Curtume C**

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0,8 | 4,8 | 0,8 | 4,8 | 0,8 | 1,8 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|



**Curtumes A, B, D**

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0,5 | 4,5 | 0,5 | 4,5 | 0,5 | 1,5 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

Soma da propagação via ar

**Curtumes A, B, D**

|     |  |     |  |     |     |
|-----|--|-----|--|-----|-----|
| 2,6 |  | 1,8 |  | 1,8 | 2,6 |
|-----|--|-----|--|-----|-----|

**Curtume C**

|     |  |     |  |     |     |
|-----|--|-----|--|-----|-----|
| 2,2 |  | 1,4 |  | 1,4 | 2,2 |
|-----|--|-----|--|-----|-----|

**Soma da propagação**

|      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 13,0 | 11,4 | 12,6 | 12,4 | 11,8 | 13,4 |
|------|------|------|------|------|------|

**Divide por**

|      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|
| 1,89 | 1,56 | 1,23 | 1,56 | 1,62 | 1,86 |
|------|------|------|------|------|------|

**Soma total do critério propagação**

|      |     |       |      |      |      |
|------|-----|-------|------|------|------|
| 6,87 | 7,3 | 10,24 | 7,94 | 7,28 | 7,20 |
|------|-----|-------|------|------|------|