

CRISTIAN JOSÉ SIMÕES COSTA

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR E CONFIRMATÓRIA DA
CONTAMINAÇÃO POR HIDROCARBONETOS DE PETRÓLEO
DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NO DISTRITO
DOS MECÂNICOS EM CAMPINA GRANDE/PB**

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

**Programa Regional de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio
Ambiente**

PRODEMA

João Pessoa – PB

2015

CRISTIAN JOSÉ SIMÕES COSTA

**AVALIAÇÃO PRELIMINAR E CONFIRMATÓRIA DA
CONTAMINAÇÃO POR HIDROCARBONETOS DE PETRÓLEO
DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS NO DISTRITO
DOS MECÂNICOS EM CAMPINA GRANDE/PB**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de **MESTRE EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**.

Orientador (es):

Dr. Pedro Costa Guedes Vianna

Dra. Nataly Albuquerque dos Santos

João Pessoa – PB

2015

C837a Costa, Cristian José Simões.

Avaliação preliminar e confirmatória da contaminação por hidrocarbonetos de petróleo das águas superficiais e subterrâneas no distrito dos mecânicos em Campina Grande-PB / Cristian José Simões Costa.- João Pessoa, 2015.

112f. : il.

Orientadores: Pedro Costa Guedes Vianna, Nataly Albuquerque dos Santos

Dissertação (Mestrado) - UFPB/PRODEMA

1. Meio ambiente - desenvolvimento. 2. Recursos hídricos. 3. Gestão ambiental. 4. Sustentabilidade. 5. Hidrocarbonetos de petróleo.

UFPB/BC

CDU: 504(043)

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Costa Guedes Vianna (UFPB)

Orientador

Prof^a Dra. Nataly Albuquerque dos Santos (UFPB)

Orientadora

Dra. Maristela Oliveira de Andrade (UFPB)

Examinadora interna

Dr. Djalma Ribeiro da Silva (UFRN)

Examinador Externo

Dra. Krystyna Gorlach-Lira (UFPB)

Suplente

Aprovado em ___/___/___

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa à minha família; à minha esposa Rozeane Lima, aos meus filhos José Arthur e Brenda Lavínia, ao meu pai, José Lopes (*in memoriam*), à minha mãe Edna Simões, e à minha mãe de criação, Maria Deolina. Eles que, em cada momento, estiveram presentes contribuindo sempre, de alguma forma, para que eu pudesse me tornar uma pessoa mais feliz.

AGRADECIMENTOS

O que seria de um trabalho se não fossem as pessoas que acompanham, que orientam, que escutam e que sofrem com você? Gostaria de registrar os meus sinceros agradecimentos a essas pessoas que, guiadas pelo nosso Deus, contribuíram decisivamente para mais uma etapa da minha vida.

Agradeço à minha esposa Rozeane Lima, pela paciência e companheirismo de todas as horas. Ela que, em companhia dos nossos filhos José Arthur e Brenda Lavínia, soube preencher os vazios deixados por mim nesta caminhada.

Agradeço à toda minha família, minha mãe, minha sogra, meu sogro e meus irmãos, que sempre se fizeram presentes principalmente no apoio aos nossos filhos.

Fico eternamente grato pela companhia, amizade e sabedoria do meu orientador, o Prof. Dr. Pedro e da minha orientadora Profa. Dr. Nataly que souberam guiar o nosso trabalho da melhor forma possível, sempre atenciosos e dinâmicos. Foi uma experiência maravilhosa trabalhar com vocês.

Registro um agradecimento especial para a nossa coordenadora da Pós-Graduação, Dra. Cristina Crispim: palavras não são capazes de definir uma pessoa tão humana e profissional.

Aos nossos professores do PRODEMA, em especial aos doutores/as Maristela Andrade, Alícia, Roberto Sassi, Mourão, Krystyna, e Ilda Toscano, exemplos de mestres sempre prontos a contribuir e orientar.

Ao nosso amigo e secretário do PRODEMA Saulo, sempre paciente, atencioso e cordial.

À minha grande amiga e professora da UEPB, Dra. Mônica Maria, que teve a paciência e a sabedoria para amadurecer um projeto inicial, sempre acreditando no potencial da pesquisa realizada.

Agradeço também, em nome da UFPB (PRODEMA), ao Professor Dr. Djalma Ribeiro que estabeleceu parceria para a pesquisa através do laboratório que coordena, NUPRRAR, e que sempre nos recebeu e nos atendeu quando precisávamos.

A todos do Laboratório NUPRRAR, na UFRN, em especial à Raoni dos Anjos, sempre muito atencioso e disposto a colaborar com minhas indagações.

Aos companheiros e companheiras da turma: Alexandre, Andrea, Cyntya, Deinne, Bárbara, Julia, Misael, Fernanda, Lívia, Jeandelynne, Eduardo, Anne, Jhazi, Moyra e Noemia, que foram essenciais nos debates e discussões dentro e fora de sala.

Agradeço à Gerente Regional Borborema da CAGEPA, Alexandrina Formiga, que entendeu a necessidade da pesquisa; e também aos engenheiros químicos Bonádia e Sérgio, do laboratório da CAGEPA, e Dona Alba do setor administrativo, que sempre estiveram prontos a colaborar com o nosso trabalho.

À CDRM em Campina Grande PB em nome de José João Correia, diretor de operações muito atencioso e prestativo.

Ao representante da Associação do Distrito dos Mecânicos: Nildo.

Ao laboratório LEGAT (Laboratório de Estudos e Gestão em Água e Território) especialmente a Segundo Neto.

A todos os mecânicos que contribuíram com suas respostas a os nossos questionários.

Ao apoio da escola que leciono: Diocesano de Caruaru o meu muito obrigado à Direção e à Coordenação, por acreditar na pesquisa e inovação.

À CAPES, por financiar e apoiar a pesquisa.

Assumo a responsabilidade de contribuir com a academia e a sociedade para ampliar os horizontes da pesquisa na nossa região e no Brasil.

“Há um tempo em que é preciso abandonar as roupas usadas,
que já tem a forma do nosso corpo, e esquecer os nossos
caminhos, que nos levam sempre aos mesmos lugares. É o
tempo da travessia: e, se não ousarmos fazê-la, teremos ficado,
para sempre, à margem de nós mesmos.”

Fernando Pessoa

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma avaliação preliminar e confirmatória de possíveis impactos ambientais aos recursos hídricos provocados por hidrocarbonetos originados das oficinas mecânicas localizadas no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande - PB. Este Distrito foi construído na década de 1980, quando diversas exigências da legislação ambiental ainda não eram previstas. Pensar em práticas sustentáveis implica em avaliar a necessidade de um diagnóstico das atividades que trabalham com produtos derivados do petróleo e que apresentam elevado potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas, como BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, óleos e graxas. Denominados de micropoluentes, os compostos aromáticos BTEX e HPA são os mais perigosos dentre os hidrocarbonetos por possuírem elevada toxicidade, mesmo em baixas concentrações. As análises de BTEX, HPA, óleos e graxas em água subterrânea foram realizadas em quatro pontos do Distrito dos Mecânicos, selecionados a partir do fluxo subterrâneo, e os resultados foram comparados com a legislação vigente para o padrão de potabilidade e contaminação dos ecossistemas. As amostras das águas superficiais foram analisadas a partir de dois pontos de coleta no riacho das Piabas, localizados à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos a fim de verificar uma possível influência das atividades realizadas no referido local na contaminação da água por hidrocarbonetos. Através de visitas *in loco* foi diagnosticado que 91% das oficinas não possuem instalado o Sistema Separador de Água e Óleo - SSAO e as 9% que possuem não realizam a devida manutenção. A Companhia de Água e Esgotos da Paraíba também possui um sistema SSAO que coleta todo o efluente proveniente do Distrito dos Mecânicos, porém, a manutenção periódica não é realizada. Durante a pesquisa foi encontrado apenas o tolueno em águas superficiais e nas águas subterrâneas. Alguns HPAs foram encontrados apenas nas águas superficiais. Os níveis de óleos e graxas no riacho das Piabas e na água subterrânea estavam acima dos permitidos pela legislação CONAMA 430/2011, o que indica a necessidade de uma investigação mais detalhada da área de estudo e a proposição de medidas mitigadoras.

Palavras-chave: Recursos Hídricos; Gestão Ambiental; Sustentabilidade; Hidrocarbonetos de Petróleo.

Abstract

This study aimed to conduct a preliminary and confirmatory assessment of environmental impacts to water resources caused by hydrocarbons originating from car repair shops located in the *Distrito dos Mecânicos* in Campina Grande - PB. This District was built in the 1980s. Thinking about sustainable practices implies assessing the need for a diagnosis of activities that work with petroleum products and have high power of contamination of surface and groundwater, such as BTEX (benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes), HPAs- Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, oils and greases. Called micropollutants, aromatics BTEX and PAHs are the most dangerous among the hydrocarbons because they present high toxicity, even at low concentrations. The analysis of BTEX, PAHs, oils and greases in groundwater were carried out at four places in the *Distrito dos Mecânicos*, selected from the groundwater flow, and the results were compared with the current legislation for the potability standards and contamination of ecosystems. Samples of surface water were analyzed from two collection points in the *Riacho das Piabas*, located upstream and downstream of the *Distrito dos Mecânicos* in order to find a possible influence of the activities performed in the space referred to in the water contamination by hydrocarbons. Through *in loco* visits it was diagnosed that 91% of the establishment do not have a Oil Water Separator - OWS system and the 9% who have do not perform the proper maintenance. The *Companhia de Água e Esgotos da Paraíba* also has a OWS system that collects all effluent from the *Distrito dos Mecânicos*, however, periodic maintenance is not done. During the research we found only the BTEX toluene in groundwater and in surface water. Some PAHs were found only in surface water. The levels of oil and grease in the *Riacho das Piabas* and groundwater were above those recommended by the CONAMA 430/2011 legislation, which indicates the need for further investigation of the study area and for proposing mitigation measures.

Keywords: Water Resources; Environmental Management; Sustainability; Petroleum Hydrocarbon.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| SIGLA | SIGNIFICADO |
|--------------|--|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas e Técnicas |
| ANA | Agência Nacional de Águas |
| APP | Área de Proteção Permanente |
| AUDAMEC | Marketing e Pesquisa Automotiva |
| BTEX | Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos |
| CAGEPA | Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba |
| CETESB | Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental |
| CG-MS | Cromatografia Gasosa Acoplada à Espectrometria de Massas |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| COPPETEC | Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos. |
| CPRM | Serviço Geológico do Brasil |
| DBO | Demanda Bioquímica do Oxigênio |
| DENATRAN | Departamento Nacional de Trânsito |
| DQO | Demanda Química do Oxigênio |
| EA | Educação Ambiental |
| EIA | Estudo de Impacto Ambiental |
| ETA | Estação de Tratamento de Esgotos |
| FEEMA | Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente |
| FEPAM | Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul |

| | |
|---------|--|
| FID | <i>Flame Ionization Detector</i> |
| GC | Cromatografia Gasosa |
| GPS | <i>Global Positioning System</i> |
| HPAs | hidrocarbonetos policíclicos aromáticos |
| HS | <i>Headspace</i> |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IDH | Índice de Desenvolvimento Humano |
| IDS | Indicadores de Desenvolvimento Sustentável |
| IE | Interferentes Endócrinos |
| INCA | Instituto Nacional do Câncer |
| INEA | Instituto Estadual do Meio Ambiente |
| IPEF | Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| MPRN | Ministério Público do Rio Grande do Norte |
| NAPL | <i>Non Aqueous Phase Liquid</i> |
| NBR | Norma Brasileira |
| NUPPRAR | Núcleo de Processamento Primário e Reúso de Água Produzida |
| OD | Oxigênio Dissolvido |
| OLUC | Óleo Usado ou Contaminado |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| pH | Potencial Hidrogeniônico |
| PID | <i>Photoionization Detector</i> |

| | |
|---------|--|
| PML | Produção Mais Limpa |
| PNRH | Política Nacional de Recursos Hídricos |
| PNUD | Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento |
| PRAD | Plano de Recuperação de Área Degradada |
| PRODEMA | Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente |
| SSAO | Sistema Separador de Água e Óleo |
| SEMURB | Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal |
| SLAP | Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras |
| SPE | Extração em Fase Sólida |
| SSST | Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho |
| ST | Sólidos Totais |
| TAC | Termo de Ajustamento de Conduta |
| TASC | Tanques Armazenadores de Combustíveis |
| TOG | Teor de Óleos e Graxas |
| USEPA | <i>Environmental Protection Agency</i> |

LISTA DE FIGURAS E ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 01 | Fluxograma da avaliação integrada e valorização das funções, bens e serviços ecossistêmicos. | 25 |
| Figura 02 | Histórico e projeção do crescimento do consumo de combustíveis líquidos no Brasil. | 27 |
| Figura 03 | Principais interferências causadas por óleos e graxas no tratamento de águas residuárias. | 39 |
| Figura 04 | Sistema separador de água e óleo (SSAO) | 46 |
| Figura 05 | Processos mais comuns de poluição da água subterrânea. | 49 |
| Figura 06 | Exemplo da atenuação natural de uma pluma de hidrocarbonetos de petróleo | 52 |
| Figura 07 | Localização da área de estudo – Distrito dos Mecânicos, Campina Grande PB | 56 |
| Figura 08 | Vista parcial do Distrito dos Mecânicos, Campina Grande - PB | 57 |
| Figura 09 | Localização da bacia hidrográfica da Paraíba | 58 |
| Figura 10 | Localização do riacho das Piabas | 59 |
| Figura 11 | Vista parcial do riacho das Piabas, à jusante do Distrito dos Mecânicos | 61 |
| Figura 12 | Localização dos pontos coletados | 63 |
| Figura 13 | Poços tubulares instalados em solos sedimentares e cristalinos | 64 |
| Figura 14 | Poço tubular pertencente à Prefeitura Municipal de Campina Grande - PB no Distrito dos Mecânico | 65 |
| Figura 15 | Poço tubular em lava-jato no Distrito Mecânico de Campina Grande-PB | 65 |
| Figura 16 | Poço tubular em oficina. Campina Grande-PB | 66 |
| Figura 17 | <i>Bailer</i> utilizado para coleta de água em poço | 66 |
| Figura 18 | Amostras conservadas com gelo | 67 |
| Figura 19 | Vidros para coleta de água e análise de hidrocarbonetos do petróleo | 67 |
| Figura 20 | Imagem do cromatógrafo com detector PID/FID utilizado para quantificar os BTEX. | 69 |
| Figura 21 | Procedimento de extração dos hidrocarbonetos utilizando-se n-hexano como solvente extrator | 70 |
| Figura 22 | Imagem do infracal hatr-t2 utilizado na leitura do Teor de Óleos e Graxas | 71 |
| Figura 23 | Reservatório para o OLUC colocado no canteiro central do Distrito dos Mecânicos em Campina Grande PB com destaque para mancha de vazamento | 73 |
| Figura 24 | Reservatório para o OLUC em contato direto com o solo | |

| | | |
|-----------|--|----|
| | dentro de uma oficina mecânica no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande PB | 73 |
| Figura 25 | Área de lavagem de peças em solo não impermeabilizado dentro de uma oficina mecânica. Distrito dos Mecânicos – Campina Grande PB | 74 |
| Figura 26 | Caixa separadora de água e óleo em destaque funcionando de forma precária dentro de uma oficina mecânica. Distrito dos Mecânicos – Campina Grande PB | 74 |
| Figura 27 | Caixa separadora de água e óleo e reservatório para o OLUC dentro de uma oficina no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande PB | 74 |
| Figura 28 | Mancha de óleo no solo e destinação incorreta de tambores de óleo lubrificante localizado no Distrito dos Mecânicos | 75 |
| Figura 29 | Caixa de água fluvial contaminada com óleo lubrificante usado | 75 |
| Figura 30 | Tambor de OLUC com vazamento em frente a uma oficina mecânica, localizada no Distrito dos Mecânicos | 75 |
| Figura 31 | Atividades desenvolvidas no Distrito dos Mecânicos | 76 |
| Figura 32 | Principais resíduos produzidos pelas oficinas no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande - PB | 77 |
| Figura 33 | Porcentagem média do SSAO nas oficinas de reparação e mecânica diesel no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande PB | 78 |
| Figura 34 | Caixa de Areia e Separador de Óleo da CAGEPA | 79 |
| Figura 35 | Análise comparativa do Teor de Óleos e Graxas no riacho das Piabas Campina Grande PB | 81 |
| Figura 36 | Análise comparativa do Teor de Óleos e Graxas nos poços coletados no Distrito dos Mecânicos | 85 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 01 | Padrões e valores orientadores do BTEX Benzeno nos diversos meios | 41 |
| Tabela 02 | Tecnologias de remediação do solo e águas subterrâneas | 52 |
| Tabela 03 | Resumo dos principais problemas observados nas oficinas responsáveis pela contaminação com hidrocarbonetos | 72 |
| Tabela 04 | Relação entre DBO5, DQO e Oxigênio Dissolvido na campanha de julho no Riacho das Piabas. | 86 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|-----------|---|----|
| Quadro 01 | Serviços Ecológicos | 24 |
| Quadro 02 | Classificação de alguns HPA quanto a seus efeitos nos diversos organismos | 42 |
| Quadro 03 | Classificação dos HPA estudados quanto a sua carcinogenicidade (IARC), carcinogenicidade e ocorrência (EPA) | 43 |
| Quadro 04 | Valores de referência CONAMA E NOAA para HPA em corpos de água. | 45 |
| Quadro 05 | Principais resíduos produzidos por uma oficina | 46 |
| Quadro 06 | 1º campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análise de BTEX | 80 |
| Quadro 07 | 2º campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análises de BTEX. | 80 |
| Quadro 08 | 3º campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análises de BTEX. | 80 |
| Quadro 09 | 1º campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análise de HPA | 82 |
| Quadro 10 | 2º campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análise de HPA | 83 |
| Quadro 11 | 3º campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análise de HPA | 83 |
| Quadro 12 | 1º Campanha de coleta de águas subterrâneas para análises de BTEX | 84 |
| Quadro 13 | 2º Campanha de coleta de águas subterrâneas para análises de BTEX | 84 |
| Quadro 14 | 3 Campanha de coleta de águas subterrâneas para análises de BTEX | 84 |

Sumário

| | |
|---|----|
| 1.Introdução | 20 |
| 2. Revisão Bibliográfica | 24 |
| 2.1 Poluição dos recursos hídricos no mundo e no Brasil | 24 |
| 2.2 Contaminação dos recursos hídricos por hidrocarbonetos de petróleo | 28 |
| 2.3 Impactos do lançamento dos efluentes na qualidade das águas | 33 |
| 2.4 Aspectos físico-químicos da qualidade das águas | 36 |
| 2.4.1 Principais padrões químicos da água e suas características | 37 |
| 2.5 O caso das oficinas mecânicas | 45 |
| 2.5.1 Legislação vigente para atividades automotivas | 45 |
| 2.6 Contaminação das águas subterrâneas por resíduos oleosos | 48 |
| 2.6.1 Remediação das águas subterrâneas | 50 |
| 3. Caracterização da área de estudo | 54 |
| 3.1 Localização e caracterização da área de estudo | 54 |
| 3.2 Caracterização da microbacia hidrográfica do riacho das Piabas | 55 |
| 3.2.1 Distrito dos Mecânicos | 57 |
| 4. Materiais e métodos | 60 |
| 4.1 Entrevista semiestruturada | 60 |
| 4.2 Pesquisa exploratória | 60 |
| 4.3 Pontos amostrados | 61 |
| 4.3.1 Amostragem e análise da água superficial | 61 |
| 4.3.2 Amostragem e análise da água subterrânea | 62 |
| 5.0 Procedimentos analíticos | 68 |
| 5.1 Metodologia para análise do BTEX da água superficial e subterrânea | 68 |
| 5.2 Metodologia para análise do HPA | 69 |
| 5.3 Metodologia para análise do TOG | 69 |
| 6.0 Resultados e discussões | 72 |
| 6.1 Resultado do diagnóstico do número de oficinas e seus principais resíduos | 72 |
| 6.2 Diagnóstico das águas superficiais e subterrâneas quanto a presença de | |

| | |
|--|-----|
| hidrocarbonetos de petróleo | 80 |
| 6.2.1 Resultado dos ensaios realizados em água superficial quanto à presença de BTEX | 80 |
| 6.2.2 Resultado dos ensaios realizados em água superficial quanto à presença de TOG. | 81 |
| 6.2.3 Resultado dos ensaios realizados em água superficial quanto à presença de HPA | 82 |
| 6.2.4 Resultado dos ensaios realizados em água subterrânea quanto à presença de BTEX | 84 |
| 6.2.5 Resultado dos ensaios realizados em água subterrânea quanto ao TOG.... | 85 |
| 6.2.6 Resultado dos ensaios realizados em água subterrânea quanto à presença de HPA | 86 |
| 6.3 Resultados das análises físico-química das amostras coletadas no riacho das Piabas à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos na campanha de inverno (julho/2014)..... | 86 |
| 7.0 Conclusões | 88 |
| 8.0 Referências bibliográficas | 93 |
| Apêndices | 105 |
| Anexos..... | 107 |

1.Introdução

Desde a sedentarização do ser humano no período Neolítico, quando da intensificação das atividades agrícolas e pecuárias, houve um acúmulo de resíduos e uma produção de excedentes que modificou o cenário ocupado por esta espécie no globo terrestre. Algumas revoluções, dentre elas a Industrial e, atualmente a Tecnológica, impulsionaram uma maior exploração dos recursos naturais aumentando o desequilíbrio ambiental e a poluição do meio de forma tal que, em 1960, emergiu um repensar das práticas humanas no planeta (SCHAMA, 1996; DUARTE, 2007).

Neste cenário, em 1972, a Organização das Nações Unidas - ONU realizou a *Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente*, a Conferência de Estocolmo, na qual se produziu um documento: *Os limites do crescimento* que tinha como tema principal o aumento da população global, da exploração dos recursos naturais e da poluição atmosférica. O Brasil, signatário desta Conferência, foi então, pressionado a fazer gestão ambiental integrada.

A Conferência de Estocolmo foi o primeiro passo no sentido de desenvolver um pensamento ambiental sistematizado e de gerar uma ampla legislação em nível internacional e nacional que regulasse as práticas e as relações do ser humano para com a natureza.

As conferências mundiais, leis e decretos que se seguiram tendo por tema o meio ambiente foram resultados de uma transformação no pensamento e no comportamento humano. Assumiu-se a obrigação de tentar resolver os problemas da degradação ambiental que comprometiam a qualidade de vida, inclusive da vida humana.

O crescimento das atividades industriais sem planejamento implicou no comprometimento dos diversos ciclos naturais responsáveis pela manutenção da biodiversidade, da qualidade do ar e da água, essenciais para manutenção da qualidade de vida. A água, por exemplo, passou a ser utilizada como recurso hídrico e não mais como um bem natural, disponível no ciclo biogeoquímico e que assegurasse a existência humana e das demais espécies. Passamos a usá-la sem nenhum critério, encontrando sempre novos usos (na indústria, nas práticas domésticas, entre outras), sem avaliar as consequências ambientais em relação à quantidade e à qualidade da água (BACCI e PATACA, 2008).

O padrão de crescimento industrial das últimas décadas, condicionado à dependência do petróleo, estimulou o uso do automóvel e sua complexa rede de serviços e manutenção, tais como postos de combustíveis, lava-jatos e oficinas mecânicas, sem que estes estivessem preparados para atender às necessidades de proteção ambiental.

As transformações sofridas nos ecossistemas com essas atividades contribuem com perdas da qualidade ambiental. Em se tratando dos automóveis, o aumento da frota levou ao alargamento e pavimentação das ruas, canalização dos rios (DUARTE, 2007), além do aumento das atividades de manutenção dos mesmos. Neste caso percebem-se duas situações que contribuem para degradação dos recursos hídricos: a primeira, decorrente da transformação do ambiente natural; e a segunda refere-se à liberação de resíduos tóxicos (hidrocarbonetos) provenientes da manutenção de veículos automotores.

O desenvolvimento de serviços específicos, dentre eles os oferecidos pelas oficinas mecânicas (troca de óleo, manutenção de motores e mecânica geral diesel) foi destaque nesta pesquisa pelo fato de ter grande poder de degradação ambiental, notadamente nos recursos hídricos. Esses serviços utilizam compostos químicos com hidrocarbonetos capazes de contaminar a água, o solo e o ar. Porém, se por um lado a atividade mecânica representa elevado potencial de contaminação, por outro, ela é uma grande fonte de emprego e renda, principalmente para microempresas, que precisam serem bem administradas com foco na sustentabilidade. Portanto, as ações humanas sobre o meio ambiente precisam ser re-significadas, pois elas repercutem sobre as pessoas, no plano econômico, social, cultural e ambiental (SÁNCHEZ, 2008).

Para se ter uma ideia da relevância dos serviços automotivos no Brasil, o setor possui cerca de 100.192 oficinas mecânicas, dentre as quais 1.019 na Paraíba (AUDAMEC 2014), salientando que esse número representa apenas o número oficial e que pode ser maior quando se inclui as oficinas clandestinas. Este setor é impulsionado pelo o aumento do volume de veículos no Brasil, que se encontra em pleno crescimento. Entre 2002 e 2013 foram fabricados aproximadamente 83.248.654 veículos no país (DENATRAN 2014). Desta forma o setor de serviços automotivos possui importante papel econômico e social por ser responsável por um elevado número de empregos diretos e indiretos.

Os impactos provocados pela contaminação de hidrocarbonetos oriundos das oficinas mecânicas podem comprometer o ar, o solo e as águas superficiais e subterrâneas, recurso considerado escasso principalmente na região semiárida brasileira.

O petróleo é constituído por diversos componentes, dentre eles os hidrocarbonetos BTEX¹, HPA² e óleos e graxas. Os óleos e graxas podem se acumular nas superfícies de rios e lagos trazendo sérios problemas ecológicos: desde a interferência no tratamento biológico de águas residuárias até o prejuízo do processo de autodepuração realizado por bactérias com a redução das trocas gasosas entre a massa líquida e a atmosfera, acarretando um aumento da carga orgânica em corpos d'água, responsável pela eutrofização e toxicidade da água e que leva à perda da capacidade de sustentabilidade do sistema e deterioração da saúde humana (TUNDISI, 2005). O trabalho de avaliação ambiental pode estimular um balanço preliminar para desenvolvimento de políticas públicas que permitam a preservação dos recursos hídricos, inclusive das águas subterrâneas, está pouco conhecida, pouco protegida legalmente, e cada vez mais explorada.

Em Campina Grande - PB encontra-se um complexo de oficinas mecânicas que foi denominado de Distrito dos Mecânicos, importante na economia da região. Porém, o debate sobre este espaço é gerador de conflitos na gestão ambiental para conservação dos recursos hídricos. Por não apresentar um diagnóstico, o passivo ambiental provocado pela liberação de resíduos de petróleo pelas oficinas mecânicas pode comprometer os recursos hídricos da região. Schianetz (1999) afirmou que o problema dos passivos ambientais é uma das características das sociedades industriais modernas, sendo o resultado de muitas décadas de produção industrial despreocupada com a liberação dos seus produtos. Segundo Sánchez (2008) a existência de áreas contaminadas acarreta danos ou riscos à saúde das pessoas e aos ecossistemas ocasionados por processos que se manifestam em longo prazo provocando um aumento da incidência de pessoas expostas às substâncias químicas decorrente da contaminação hídrica.

¹Os BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, *o*-xileno, *m*-xileno, e *p*-xileno), constituem os hidrocarbonetos monoaromáticos. São compostos voláteis arrançados em um anel aromático condensado constituído por átomos de carbono e hidrogênio. (ANJOS, 2012).

² Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) correspondem a uma família de compostos orgânicos semivoláteis arrançados em dois ou mais anéis aromáticos condensados, constituídos por átomos de carbono e hidrogênio (NETTO *et al.*, 2000 apud ANJOS, 2012).

Os resíduos provenientes das oficinas podem comprometer a qualidade das águas do riacho das Piabas, área de proteção denominada de APP (Área de Preservação Permanente), de acordo com o Código Florestal, no seu art. 4º, Lei 12.651/12. Esta microbacia faz parte da bacia do rio Paraíba, responsável por contribuir com o abastecimento do manancial de Acauã, localizado na região semiárida, que possui baixo índice pluviométrico. Segundo Botelho (1999) as microbacias hidrográficas devem ser consideradas áreas de conservação e planejamento ambiental, pois são as principais responsáveis pelo equilíbrio dos ecossistemas.

O Distrito dos Mecânicos é uma construção do início da década de 1980 e neste período diversas exigências da legislação ambiental, dentre as quais o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e suas medidas mitigadoras não eram previstas legalmente. Qualquer medida mitigadora de impacto ambiental negativo nesta região deve considerar não apenas a geração de emprego e renda do local, bastante significativa para a população campinense, mas também a demanda de serviços oferecidos pelas oficinas à comunidade da cidade e do seu entorno, uma vez que o Distrito é referência para várias cidades circunvizinhas.

Objetivo Geral:

Realizar uma avaliação preliminar e confirmatória da contaminação por hidrocarbonetos sobre os recursos hídricos em um complexo automobilístico denominado Distrito dos Mecânicos, localizado em Campina Grande - PB

Objetivos Específicos:

- Diagnosticar as águas superficiais e subterrâneas do entorno do Distrito dos Mecânicos quanto à presença dos hidrocarbonetos BTEX, HPA e TOG.
- Realizar um levantamento do número de oficinas mecânicas caracterizando seus principais resíduos;
- Identificar em que medida a atividade das oficinas atende à legislação ambiental vigente e contribui para os índices de sustentabilidade do Semiárido;
- Fomentar um banco de dados para estruturação de políticas públicas visando à preservação e uso racional dos recursos hídricos do Semiárido.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Poluição dos recursos hídricos no mundo e no Brasil

A preocupação com os recursos hídricos no mundo não é uma prática recente. A implantação das medidas de proteção destes, entretanto, apenas ocorreu após vários impactos ambientais que culminaram com prejuízo para a saúde humana. Um dos casos mais conhecidos foi o envenenamento da Baía de Minamata, em 1930, no Japão, por resíduos provenientes de uma indústria química.

O debate sobre os recursos hídricos, no entanto, não pode ser conduzido de forma pontual, isolado dos demais aspectos que com ele dialogam. Vejamos então, como o crescimento das cidades e o comprometimento dos serviços ecossistêmicos se inserem neste cenário.

O crescimento das cidades foi estimulado pelas atividades industriais, resultado de um modelo econômico que desconsidera o valor dos serviços ecossistêmicos³, (Quadro 01) para a manutenção da qualidade de vida. O comprometimento desses serviços tem contribuído para o desequilíbrio dos ciclos naturais, dentre eles, o ciclo de nutrientes, de gases e o hidrológico (DALY; FARLEY, 2004). A interconexão desses ciclos contribui para redução dos níveis de poluição nos ecossistemas, inclusive nos corpos hídricos.

Quadro 01 – Serviços Ecossistêmicos

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Os <i>serviços de fornecimento</i> oferecem os bens, como os alimentos, a água, a madeira e a fibra. 2. Os <i>serviços de regulação</i> regem o clima e a pluviosidade, a água (por exemplo, as inundações), os resíduos e a disseminação de doenças. 3. Os <i>serviços culturais</i> abrangem a beleza, a inspiração e a recreação que contribuem para o nosso bem-estar espiritual. 4. Os <i>serviços de apoio</i> incluem a formação do solo, a fotossíntese e a renovação dos nutrientes, que estão na base do crescimento e da produção. |
|---|

Fonte: União Europeia, 2009.

Os ecossistemas são sistemas que abrangem as intrincadas, dinâmicas e contínuas interações entre seres vivos e não vivos em seus ambientes físicos e biológicos, nos quais o homem é parte integrante (UNIÃO EUROPEIA, 2009). O não entendimento

³ São os benefícios proporcionados diretos e indiretamente, obtidos pelo homem a partir dos ecossistemas. Dentre eles pode-se citar a provisão de alimentos, a regulação climática, a formação do solo, etc. (DE GROOT et al., 1992; COSTANZA et al., 1997; DAILY, 1997).

desta relação tem sido palco de uma ampla discussão teórica⁴ nas diversas áreas do conhecimento que busca alternativas para uma melhor convivência com o meio ambiente.

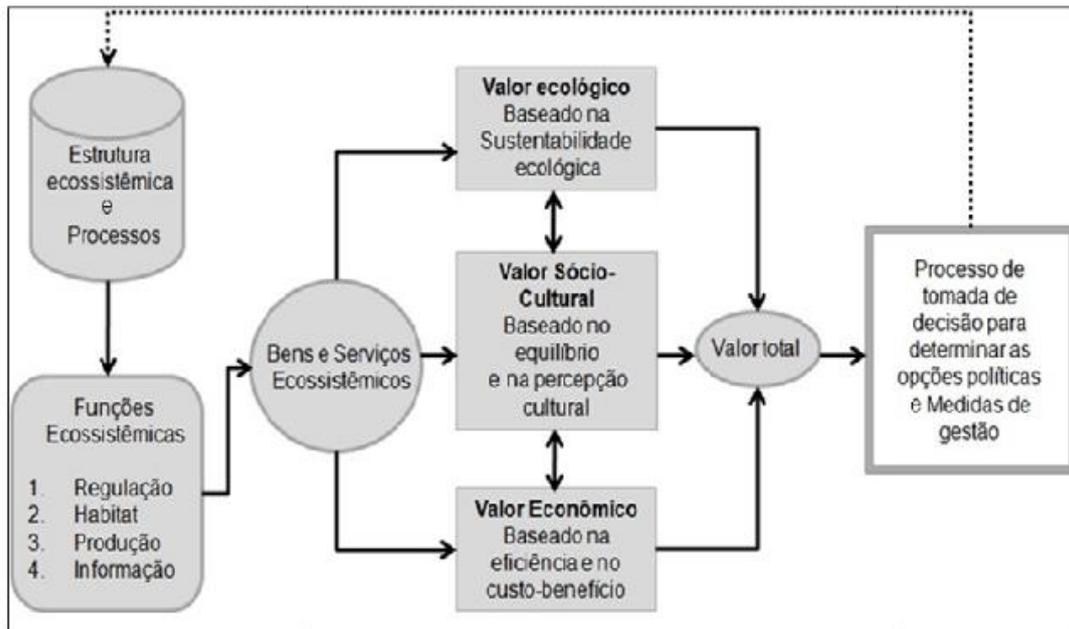
O fluxograma da Figura 01 procura identificar a relação entre os serviços ecossistêmicos e a complexidade ecológica destacando sua importância para o planejamento ambiental⁵. Promover o desenvolvimento de uma região consiste em pensar para além da preservação dos recursos naturais, ou seja, sua relação com o todo. Porém, este paradigma ainda está longe de ser alcançado, pois estamos vivendo um período em que nunca se falou tanto em preservação da natureza, mas, ao mesmo tempo, nunca se criou tantas necessidades de consumo e, conseqüentemente, nunca se produziu tantos resíduos (DUARTE, 2007). Compreende-se, então, que a poluição motivada pelas atividades antrópicas causa grandes interferências nas funções ecológicas, reduzindo a capacidade de recuperação com prejuízos econômicos, sociais e ambientais.

O verbo poluir é de origem latina, *pollurere*, significa profanar, manchar, sujar. Poluição é entendida como uma condição danosa para os seres vivos e seu entorno (SÁNCHEZ, 2008).

Figura 01 - Fluxograma da avaliação integrada e valorização das funções, bens e serviços ecossistêmicos

⁴ Neste contexto, dos impactos ambientais provocados pela intervenção antrópica podem ser abordadas ainda as perspectivas da ecologia humana, da economia neoclássica e da economia ecológica (ANDRADE e ROMEIRO, 2009).

⁵ Segundo LANNA (1995) O planejamento ambiental caracteriza-se como um conjunto de etapas responsáveis pelo processo de coleta de informações, reflexão sobre os problemas e potencialidades de uma região, definição de objetivos, sistema de monitoramento e avaliação que irá retroalimentar o todo o processo. Esse planejamento visa organizar a atividade socioeconômica no espaço, respeitando suas funções ecológicas, de forma a promover o desenvolvimento sustentável.



Fonte: adaptado de DE GROOT *et al.*, 1992

Foi a partir da década de 1970, com a Declaração de Estocolmo, que governos do mundo inteiro foram orientados a controlar as fontes de poluição. Desta forma, o governo dos Estados Unidos, em 1972, cria o *Ato Água Limpa* para combater a poluição de seus rios, com destaque ao rio Cuyahoga localizado no estado de Ohio, que foi intensamente poluído devido à atividade industrial e à rede de esgoto residencial e que incendiou, em 1969, por causa de uma mancha de óleo e de outros produtos químicos (DW, 2013).

Na Inglaterra, no século XIX, o rio Tâmesa ficou conhecido como o *Grande Fedor*. Este adjetivo durou mais de 100 anos. Apenas em 1974, com a construção de diversas estações de tratamento é que a vida aquática voltou a se restabelecer (BBC Brasil, 2004).

Na Coreia do Sul, o rio Han, fundamental para o desenvolvimento da região, sofreu grande pressão antrópica nos anos da Segunda Guerra Mundial e Guerra da Coreia, com o despejo de esgoto. A partir da década de 1960 as agressões aumentaram com o desenvolvimento da indústria. Com o Plano de Desenvolvimento e Implementação de Gestão da Qualidade da Água, em 1998, o cenário ambiental mudou, sendo considerado hoje um rio limpo, com algumas espécies de peixe (DW, 2013).

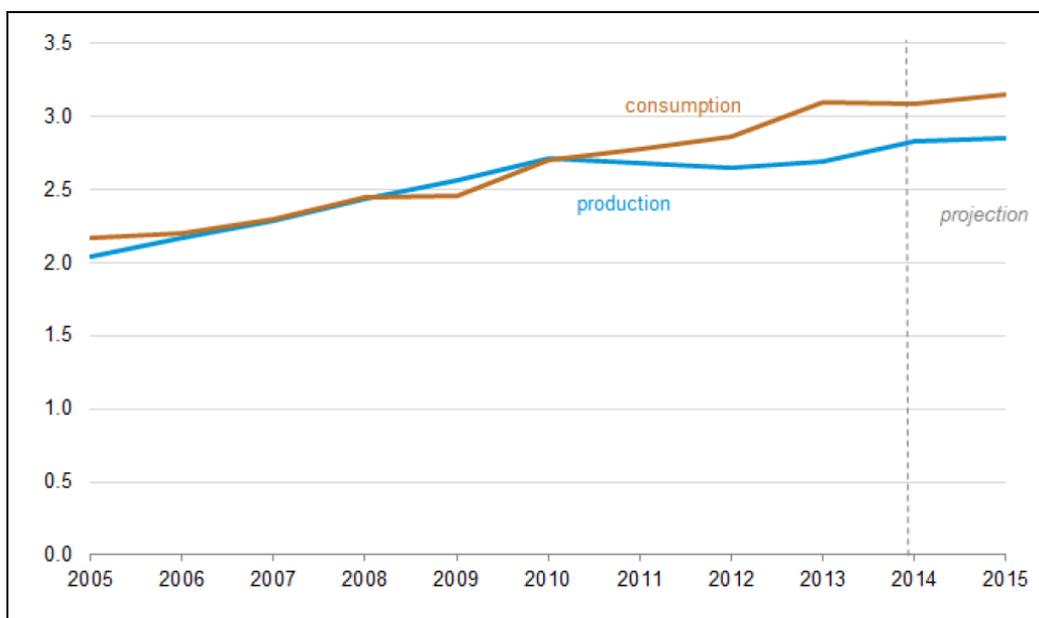
Outro exemplo de degradação hídrica provocada pela atividade industrial ocorreu com o rio Reno, que nasce nos Alpes suíços e passa pela França, Alemanha,

Luxemburgo e Bélgica até chegar à Holanda. Em 1976, com a assinatura do primeiro acordo contra a poluição química do rio; e, em 1987, com o Programa de Ação para o Reno (que resultou no fim dos despejos das indústrias e outros tipos de poluição) o rio conseguiu recuperar sua fauna, sendo suas margens atualmente utilizadas como locais de lazer e esporte para os europeus (DW, 2013).

No Brasil podemos mencionar a contaminação de vários rios, dentre eles os mais poluídos, segundo levantamento feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE através dos *Indicadores de Desenvolvimento Sustentável - IDS* são o Tietê, em São Paulo, o rio Iguaçu, no Paraná, e o Ipojuca, em Pernambuco, dentre outros que tem aumentado seus níveis de poluição (CIESP, 2013). Esses rios estão sofrendo os mesmos problemas: perda das nascentes e contaminação das suas microbacias por resíduos domésticos e industriais com destaque aos micropoluentes de petróleo que, mesmo em quantidades mínimas, podem ser perigosos à saúde humana e ambiental.

Neste contexto, a crescente utilização do petróleo (Figura 02) sem o devido planejamento nos últimos 20 anos tem contribuído para a poluição causada por seus resíduos: um dos principais fatores da degradação do meio ambiente. Como exemplo, podemos citar a contaminação de áreas subterrâneas causada pelo derramamento de petróleo nos solos (ANDRADE *et al.*, 2010).

Figura 02: Histórico e projeção do crescimento do consumo de combustíveis líquidos no Brasil



Fonte: Administração de informação energética dos Estados Unidos (EIA), 2014

2.2 Contaminação dos recursos hídricos por hidrocarbonetos de petróleo

Nesta área, podemos citar trabalhos que tratam da poluição emergente, originada do petróleo, dentre eles as pesquisas sobre os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA). Souza *et al.*, (2011) destacaram a necessidade de um monitoramento dessas substâncias por se tratarem de micropoluentes denominados de Interferentes Endócrinos (IE). Esses micropoluentes atuam no sistema endócrino de seres humanos, animais e plantas, causando alterações e problemas genéticos. Utilizando o método analítico de cromatografia gasosa acoplada ao espectrômetro de massa (GC-MS) Souza *et al.* (2011), conseguiram detectar oito compostos de HPA, dentre os dezesseis prioritários da *Environmental Protection Agency* (USEPA, 2003) ao longo do riacho Algodoads, localizado em Suape – PE, necessitando assim, de um melhor acompanhamento, por tratar-se de substâncias tóxicas e não degradáveis por métodos tradicionais.

Souza e Farias (2011), através de amostras de águas coletadas em diferentes pontos da bacia hidrográfica do rio Apodi – Mossoró-RN, e utilizando o método analítico gravimétrico descrito no *Standart Methods*, conseguiram identificar altas concentrações de óleos e graxas, quando comparadas à legislação, que prevê ausência deste poluente em mananciais. A pesquisa concluiu que as concentrações das substâncias oleosas são originárias da presença de vazamentos em navios, poços de petróleo ou ainda de esgotamento sanitário.

Porto e Ferreira (2012) afirmaram que além da carência nos estudos hidrológicos sobre fontes subterrâneas, balanços hídricos, características de vazão, armazenamento e distribuição do ciclo da água em nível local, existe uma desarticulação entre as instâncias das políticas aplicadas a recursos hídricos que tem impedido o avanço do modelo de gerenciamento da água, principalmente a falta de dados que contemplam as bacias hidrográficas brasileiras. O monitoramento, a obtenção e a disponibilidade de dados que cubram todas as grandes, médias e pequenas bacias hidrográficas ainda está longe de ser o mais adequado à avaliação, diagnóstico e monitoramento das águas da União. A contaminação dos mananciais da malha urbana pela falta de tratamento dos efluentes domésticos e industriais potencializa a redução da qualidade da água (ANA, 2005).

Ainda neste sentido ROSA *et al.* (2011), utilizando-se dos parâmetros óleos e graxas, Demanda Química do Oxigênio (DQO), Sólidos Totais (ST) e frações, metais

pesados, nitrogênio total (NTK), fósforo total (P), turbidez e cor, analisaram as águas residuárias dos lava-jatos da cidade de Campina Grande- PB e constataram que, para o parâmetro óleos e graxas, todas as empresas pesquisadas se encontram fora dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05. Esta resolução estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes no artigo 34 e determina que o descarte de fontes poluidoras de óleos e graxas minerais só poderá ser feito direta ou indiretamente na rede coletora no limite de 20 mg/L. É devido à alteração dos parâmetros óleos e graxas que ocorre uma influência para o padrão DQO, sendo apontadas concentrações elevadas, com valores máximos de 959 mg/L e 2432 mg/L podendo ocasionar escassez de oxigênio e contribuir para eutrofização do ambiente aquático.

A contaminação por resíduos dos derivados do petróleo também está relacionada com problemas estruturais dos postos de combustíveis e de oficinas mecânicas. Nunes e Barbosa (2012) conduziram uma pesquisa realizada em quatorze grandes oficinas do Rio Grande do Norte. Ficou constatado que apenas 38% das empresas pesquisadas tinham caixa de contenção adequada para o armazenamento de óleo usado ou contaminado (OLUC) e 30% apresentava área de manutenção com piso impermeabilizado, indicando, assim, uma forte possibilidade de contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Melo Junior e Costi (2004) avaliaram a contaminação das águas subterrâneas por hidrocarbonetos na vila Tupi, município de Porto Velho - RO, através de posto de abastecimento de combustível. Para comprovarem a fontes de contaminação os autores utilizaram mapas topográficos, mapas piezométricos, mapas de sentido do fluxo subterrâneo e teste de infiltração. Foram realizadas as análises químicas de hidrocarbonetos e teor de óleos e graxas nas amostras de água coletadas. Monitoraram também o nível estático da água. Para detecção de hidrocarbonetos foram realizadas análises através do método de Partição Gravimétrica e foi diagnosticado que todas as amostras de água, inclusive as que não apresentaram odor característico de combustível durante a coleta, encontravam-se contaminadas por óleos e graxas e, por consequência, hidrocarbonetos. Ficou comprovado que o posto investigado era a fonte de contaminação das águas subterrâneas, através dos seus tanques subterrâneos armazenadores de combustíveis - TSAC.

Lopes (2011) realizou um trabalho para avaliar a qualidade das águas subterrâneas em função dos compostos orgânicos voláteis - BTEX no município de

Natal, determinando, assim o grau de comprometimento ambiental. Foram coletadas trinta amostras de água subterrânea em dez poços de monitoramento para verificação da não contaminação por BTEX, utilizando-se os parâmetros definidos como padrão de potabilidade pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 25 de março de 2004 e a Resolução CONAMA Nº 396, de 03 de abril de 2008. Os resultados apresentados identificaram valores abaixo do limite máximo de enquadramento da Resolução CONAMA nº 396, de abril de 2008. Outro dado importante na pesquisa refere-se ao fato de que alguns pontos de monitoramento estão próximos a postos de revenda de combustíveis, e, de acordo com as investigações de passivo ambiental estabelecidas pelo Ministério Público do Rio Grande do Norte em 2010, foi comprovada contaminação no solo, em alguns postos, por compostos voláteis, porém não foram encontradas concentrações de compostos BTEX acima do limite permitido pelas legislações ambientais. Assim, foi sugerido que, de alguma forma, ocorre atenuação natural desses compostos.

Anjos (2012) realizou uma avaliação preliminar e confirmatória da contaminação por hidrocarbonetos BTEX e HPA (Naftaleno, Metilnaftaleno, Dimetilnaftaleno), utilizando como referência a resolução CONAMA 420/2009, que dispõe sobre critérios e valores orientadores da qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias por atividades antrópicas. Inicialmente, foram verificadas duas amostras de solo, visando a confirmação e caracterização de eventuais contaminações por hidrocarbonetos. Com base nos resultados preliminares, a avaliação passou para a fase de investigação confirmatória detalhada, estabelecida pelo Ministério Público do Rio Grande do Norte - MPRN. Através da metodologia analítica, a Cromatografia Gasosa, foi confirmada a contaminação por vazamentos no Sistema de Armazenamento Subterrâneo de Combustível, em que 67% das amostras do solo e 54% das amostras de água subterrânea apresentam contaminação por hidrocarbonetos.

Mazzuco (2004) procurou avaliar o impacto ambiental causado pela ocorrência de um derramamento de óleo diesel na água subterrânea em uma área experimental, em condições reais, verificando a eficácia dos processos de atenuação natural na remoção dos contaminantes do meio aquoso. Na área experimental foram liberados 20 litros de óleo diesel para que houvesse um acompanhamento através dos 23 poços de monitoramento dos processos de atenuação natural dos contaminantes. Na fase de monitoramento, detectou-se a presença de BTEX em sítios contaminados com óleo

diesel que anteriormente eram associados aos vazamentos de gasolina. Durante a pesquisa concluiu-se que o processo de atenuação natural mostrou-se eficiente na recuperação de locais de baixo risco contaminados com óleo diesel.

Castro *et al.* (2011) procurou identificar os impactos ambientais negativos provenientes de um empreendimento responsável pela manutenção de máquinas pesadas. A pesquisa apontou que os maiores problemas ambientais relacionados às atividades de manutenção estava na presença dos óleos lubrificantes e combustíveis, resultado de vazamentos, ou ainda de condições inadequadas para o manuseio e disposição destes. Através do método de Redes de Interação, o trabalho objetivou-se por meio da relação causa-efeito entre os impactos e o estabelecimento de medidas mitigadoras para os impactos ambientais negativos. Concluiu-se que, a partir dos impactos ambientais identificados, as atividades desenvolvidas exercem significativas pressões sobre o meio aquático em virtude da contaminação do solo por óleos, graxas e combustíveis provenientes das máquinas que se encontram na área do empreendimento, recomendando-se, assim, uma série de medidas mitigadoras pautadas no gerenciamento ambiental.

Outra grande preocupação relacionada ao processo de contaminação por componentes do petróleo diz respeito à melhor forma de intervir para a recuperação da área. Neste contexto, Corseuil e Marins (1997) avaliaram as formas mais adequadas de remediação dos locais contaminados enfatizando as ações corretivas baseadas no risco ambiental ao usar a técnica de remediação natural como forma de reduzir a extensão da contaminação ao meio ambiente, minimizando os riscos para a saúde humana com o monitoramento do deslocamento da pluma e assegurando que os corpos receptores (riachos, poços, rios) não sejam comprometidos. Desta forma, os autores afirmaram que a remediação natural deve ser utilizada como recuperação de áreas degradadas para redução de custos com o processo.

Kolesnikovas (2006) quantificou o risco toxicológico em toda a gama de hidrocarbonetos de petróleo no Polo Petroquímico de Triunfo, no Rio Grande do Sul em uma área de 3.600 ha. A metodologia utilizada para determinação da avaliação de toxicidade levou em consideração dois importantes mecanismos de transporte, solubilização para água subterrânea e volatilização para o ar. Os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento indicaram que a maioria dos poços apresentaram concentrações abaixo dos padrões ambientais.

A poluição hídrica para os ecossistemas tem por causas diversos fatores, tais como o tipo de poluente, suas concentrações, o tipo de corpo d'água que o recebe e os usos da água. Desta forma, um plano de gestão das bacias hidrográficas, com uma visão sistêmica, torna-se estratégico para garantir a proteção deste recurso. Neste sentido, Maranhão (2011) analisou os impactos provenientes das principais formas de ocupação e uso da microbacia de Val-de-Cães em Belém - PA utilizando como indicador a qualidade das águas superficiais do corpo hídrico. Foram analisados parâmetros como turbidez, condutividade, cor, pH, OD, temperatura, componentes nitrogenados, DBO, metais, óleos e graxas e coliformes totais e fecais. Ficou constatado que as fontes poluidoras de origens domésticas e industriais tem causado alteração da qualidade da água na área de estudo, apresentando assim aspectos físico-químico e biológico divergentes dos padrões de aceitabilidade estabelecidos pelos órgãos de saúde pública e meio ambiente.

Diante da necessidade e da carência deste recurso, principalmente em regiões semiáridas, a recuperação de rios urbanos e a disponibilização dos serviços desses ecossistemas para as cidades se traduz em propensões mundiais que fazem parte da reconstrução do pensamento humano em relação à questão ambiental, salientando que a questão ambiental é, também, uma questão política e econômica (LISBOA, 2010).

Desta forma, avaliar, monitorar, e diagnosticar as águas superficiais e subterrâneas de uma microbacia significa criar uma base de dados que podem fomentar políticas públicas de preservação, reduzindo seus impactos nas pequenas bacias urbanas e, desta forma, não transferindo estes para o sistema de rios. Assim, a geração de políticas públicas torna-se imprescindível, uma vez que as questões que envolvem a manutenção da qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas tendem a se agravar (TUNDISI, 2005).

Neste sentido, destacam-se os trabalhos de investigação de passivo ambiental em postos de combustíveis orientados pelo professor da UFRN Dr. Djalma Ribeiro da Silva, coordenador do Núcleo de Processamento Primário e Reúso de Água Produzida e Resíduos (NUPPRAR), e realizados em parceria com o Ministério Público de Natal, RN e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal - SEMURB que tem como objetivo a investigação da contaminação por compostos voláteis e semi-voláteis (BTEX e HPA) com vistas à proteção dos recursos hídricos na cidade de Natal-RN, reforçando as diretrizes do desenvolvimento sustentável. Esse trabalho tem sido fundamental para ampliação da produção acadêmica na área, assim como para a criação

de um cadastro de áreas contaminadas no município e para o desenvolvimento de um projeto de Educação Ambiental (MPRN, 2012).

Desta forma, como não existem estudos anteriores sobre o passivo ambiental provocado por compostos aromáticos no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande PB, podemos, a partir dos estudos já realizados em outras regiões, sistematizar as devidas comparações com objetivo de obter um melhor diagnóstico da área impactada.

2.3 Impactos do lançamento dos efluentes na qualidade das águas

De acordo com a Norma Brasileira - NBR 9800/1987, efluente líquido industrial é o despejo líquido proveniente do estabelecimento industrial, compreendendo emanções de tal processo, águas de refrigeração poluídas, águas pluviais poluídas e esgoto doméstico. O art. 3º da Resolução CONAMA 430/2011 determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis.

Com relação aos limites de concentrações de cada poluente, as resoluções CONAMA nº 357/2005 e nº 396/2008 dividiram os corpos d'água e as águas subterrâneas em sistemas de acordo com o tipo e usos, respectivamente. Esta classificação é um ponto de referência para o monitoramento, fiscalização e gerenciamento dos recursos hídricos.

A qualidade da água como recurso hídrico se relaciona de forma direta com o abastecimento público e a proteção da vida aquática. Os cuidados com o monitoramento dos efluentes de origem residencial e industrial nas águas superficiais e subterrâneas são responsáveis por manter o equilíbrio da vida aquática, qualidade da água para o abastecimento público, irrigação, entre outros, reduzindo, assim, a possibilidade de um impacto ambiental.

Segundo a Resolução CONAMA nº 1/86, art 1º impacto ambiental é:

Qualquer alteração das propriedades física, química ou biológicas do meio ambiente, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem:

- I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II – as atividades sociais e econômicas;
- III – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- IV – a qualidade dos recursos ambientais.

Assim, um cenário com constantes alagamentos, enchentes e deslizamentos ligados à rede de drenagem urbana, ocasionados pela ausência ou deficiência na infraestrutura, planejamento e gestão adequada dos cursos de água que cortam as cidades, colabora para esse diagnóstico de impacto ambiental sobre a qualidade das águas. A ocupação de suas margens, a canalização e a impermeabilização dos solos, potencializam os riscos de alagamento, assim como causam a perda da capacidade de depuração e o aumento dos vetores transmissores de doenças e redução da qualidade de um corpo hídrico (PORTO e FERREIRA, 2012).

Nas cidades, de uma forma geral, a falta de água para abastecimento decorre, dentre outros fatores, da contaminação das águas superficiais e subterrâneas ocasionada em toda a extensão dos corpos hídricos. Os centros urbanos de grande porte, São Paulo, por exemplo, passam por intensos problemas de abastecimento, sendo obrigados a utilizar água de uma bacia hidrográfica distante dos limites do perímetro urbano, grande parte de seus cursos de água foram inviabilizados ao uso potável em consequência da atividade humana. Tanto na área urbana como na rural, as bacias hidrográficas são largamente afetadas pelas atividades industriais e urbanas. A Agência Nacional de Águas -ANA acompanha este cenário em um levantamento sobre as características dos cursos de água das principais regiões hidrográficas brasileiras (ANA, 2005).

Os efluentes industriais constituem um dos grandes problemas na qualidade da água de uma bacia. São agravados pelo crescimento desordenado das cidades, carência de pesquisas, falta de monitoramento, aliados a um déficit em políticas públicas, investimento e fiscalização ambiental. Em várias cidades já se observa uma redução da quantidade e da qualidade de água para o abastecimento público devido à contaminação. Se medidas mitigatórias não forem tomadas, a qualidade das águas, mesmo em regiões com ampla oferta e cobertura, tende a ser reduzida (TUCCI, 2008).

Uma das causas que pode ter agravado esse cenário é a carência de informações, por várias décadas, sobre resiliência⁶ e capacidade de carga dos ecossistemas, que retardou a preocupação com a caracterização da geração de efluentes líquidos industriais e avaliação de seus impactos no meio ambiente, o que tem levado à redução da disponibilidade hídrica devido à perda da sua qualidade.

⁶ Segundo SÁNCHEZ, 2008 é a disposição que tem um sistema natural de se restaurar de uma alteração imposta por um agente externo causada pela ação antrópica ou processo natural.

A Lei 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, surgiu como um instrumento para equacionar os potenciais conflitos da relação disponibilidade e demanda, utilizando os conceitos de manejo e preservação indispensáveis para o desenvolvimento sustentável⁷ (VEIGA, 2008).

Este é um exemplo de como a atual legislação ambiental emerge como uma forma de intervir no processo de avaliação e classificação das fontes poluidoras no sentido de evitar, tratar ou reduzir seus impactos no meio ambiente.

O conhecimento da vazão e da composição do efluente industrial possibilita a determinação das cargas de poluição/contaminação, o que é fundamental para definir o tipo de tratamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e estimar a capacidade de autodepuração do corpo receptor. Desse modo, é preciso quantificar e caracterizar os efluentes para evitar danos ambientais.

Em Campina Grande PB, cidade localizada no semiárido, esse problema não foi diferente. A cidade, como muitas outras, emergiu e se desenvolveu as margens de um lago alimentado pelo riacho das Piabas, fonte de água doce que atravessa a zona urbana fazendo parte da microbacia do rio Paraíba.

O riacho das Piabas possui um papel histórico no desenvolvimento de Campina Grande. Suas águas constituíam um importante recurso utilizado por várias décadas, promovendo o crescimento da cidade. O lago alimentado por este foi represado com o intuito de aumentar sua vazão, dando origem ao açude Velho, construído entre 1828 - 1830 para abastecer Campina Grande PB. A cidade possuía, portanto, uma reserva de água doce para a população local e para os demais viajantes que passavam por essas terras. Porém, o crescimento da cidade, que ocorreu graças a essa fonte hídrica dependente do riacho, determinou também seu processo de deterioração. Décadas mais tarde Campina Grande precisou apresentar novas alternativas devido à, entre outros problemas, perda da potabilidade ocorrida com o processo de antropização das margens do riacho das Piabas e do açude Velho.

Atualmente a cidade precisa recorrer à bacia do rio Paraíba para seu abastecimento, desde o manancial de Boqueirão (açude Epitácio Pessoa) localizado a 45

⁷ Segundo VEIGA (2008) caracteriza-se pelo desenvolvimento que procura atender as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível aceitável de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos naturais, conservando as espécies e os habitat naturais.

quilômetros de distância e que também já começa a sofrer os mesmos problemas enfrentados a décadas pelo riacho das Piabas, dentre eles a perda da mata ciliar e o lançamento de efluentes ao longo do seu curso (PEREIRA, 2012).

Guimarães *et al.* (2006) e Barbosa *et al.* (2009) apontam as ações antrópicas como um dos aspectos determinantes para a degradação da qualidade das águas dos corpos aquáticos inseridos na bacia do rio Paraíba, resultado do lançamento de efluentes domésticos ricos em matéria orgânica, enfatizando a necessidade de monitoramento desses nutrientes e o gerenciamento dos corpos aquáticos.

2.4 Aspectos físico-químicos da qualidade das águas

Alguns aspectos físico-químicos do ponto de vista ambiental e de saneamento são importantes por fornecer uma informação rápida e confiável da qualidade dos recursos hídricos. Isto significa que, a poluição pode se correlacionar com certas grandezas físicas ou parâmetros químicos ou físico-químicos, que podem ser medidos e para os quais podem ser estabelecidos valores de referência, conhecidos como padrões ambientais e, desta forma, podem ser definidos os direitos e as responsabilidades do poluidor, dos órgãos fiscalizadores e da população (SÁNCHEZ, 2008).

As características físicas, químicas e biológicas do efluente industrial são variáveis com o tipo de indústria, com o período de operação, com a matéria-prima utilizada, etc. Assim, os efluentes líquidos são caracterizados por constantes alterações nos padrões físico-químicos, tais como: elevada demanda bioquímica do oxigênio, presença de compostos tóxicos, temperatura elevada, cor, turbidez, odor, nutrientes, sólidos dissolvidos ou com sólidos em suspensão, ácidos, óleos e graxas e microrganismos patogênicos (SPERLING, 1995).

2.4.1 Principais padrões químicos da água e suas características:

▪ Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO de uma água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. A DBO é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. Um

período de tempo de 05 dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como $DBO_{5,20}$ (CETESB, 2009).

Segundo dados da CETESB (2012), quando ocorre um aumento da quantidade de $DBO_{5,20}$ em um corpo de água, esse aumento é provocado, frequentemente por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de elevados teores de matéria orgânica pode causar a eutrofização das águas com conseqüente redução do oxigênio causando impacto direto na vida aquática. Morte de peixes e anfíbios é uma conseqüência direta da redução dos teores de O_2 disponível causada pelo aumento da $DBO_{5,20}$ que pode se estender a toda uma cadeia alimentar.

▪ Demanda Química de Oxigênio (DQO)

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica de uma amostra por meio de um agente químico. É um parâmetro imprescindível nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, pois o seu aumento resulta principalmente da atividade industrial. Os valores da DQO geralmente são maiores que os da $DBO_{5,20}$. É um parâmetro muito útil quando utilizado juntamente com a $DBO_{5,20}$ para analisar a biodegradabilidade de despejos, pois quanto mais esse valor se aproximar da DQO, mais biodegradável será o efluente. A sua medição permite avaliar parâmetros de quantificação de matéria orgânica em compostos aquosos; podendo ser residuais, de rios e aquíferos, sendo também usado no setor dos resíduos sólidos (CETESB, 2009).

▪ Teor de Óleos e Graxas (TOG)

Considera-se óleos ou graxas, hidrocarbonetos, ácidos graxos, sabões, gorduras, óleos e ceras, assim como alguns compostos de enxofre, certos corantes orgânicos e clorofila (BAUMGARTEN e POZZA, 2001). Na ausência de produtos industriais especialmente modificados, os óleos e graxas constituem-se de materiais graxos de origem animal e vegetal, e de hidrocarbonetos originados do petróleo.

Em quantidades excessivas e, por apresentar baixa solubilidade, eles podem interferir nos processos biológicos aeróbicos e anaeróbicos (Figura 03), causando ineficiência do tratamento de águas residuárias. Nesses casos, podem causar acúmulo excessivo de escória em digestores, obstruindo os poros dos filtros, e impedir o uso do lodo como fertilizante (SPERLING, 1995).

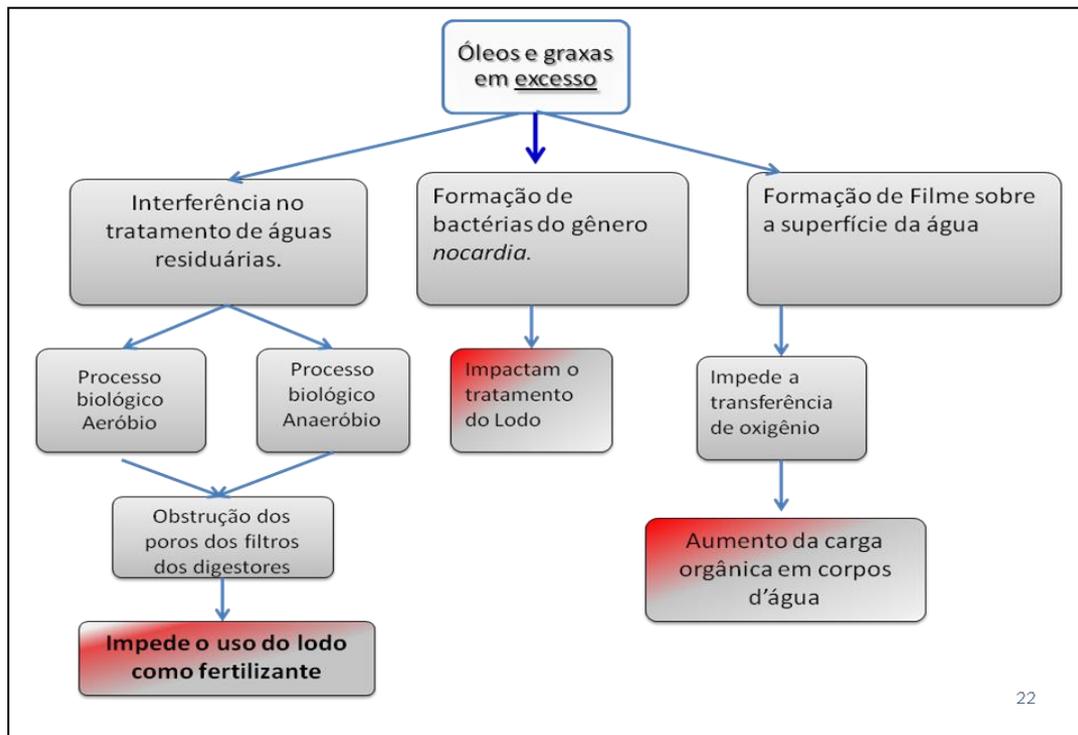
Quando descartados junto com águas residuárias ou efluentes tratados, os óleos e graxas podem formar filmes sobre a superfície das águas e se depositarem nas margens, causando assim diversos problemas ambientais (SPERLING, 1995). No ambiente, estes podem impedir a transferência de oxigênio do ar para a água, e, conseqüentemente, aumentar a carga orgânica em corpos d'água da poluição difusa. Em processo de decomposição, a presença dessas substâncias reduz o oxigênio dissolvido, elevando a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda química de oxigênio (DQO), causando alterações como poluição, escassez de oxigênio e eutrofização do ambiente aquático. Isso provoca a asfixia dos animais e impossibilita a realização da fotossíntese por parte dos vegetais e do plâncton (IGAM, 2014).

O lançamento de óleos e graxas (OG) pode ainda contribuir para a formação de bactérias conhecidas como *nocardias*⁸. Estas impactam no tratamento favorecendo a perda de lodo para o efluente. Este tipo de ocorrência só é possível se a concentração de TOG do efluente estiver constantemente alta. Diante do exposto, as indústrias que lançam este tipo de resíduo necessitam realizar um pré-tratamento para remoção deste constituinte.

No Brasil, o padrão de lançamento de efluentes oleosos determinado pela Resolução CONAMA 430/2011 determina que para óleos minerais seja de 20 mg/L e para óleos vegetais e gorduras animais seja de 50 mg/l, porém as legislações ambientais estaduais e municipais podem atuar de maneira complementar dentro de cada jurisdição levando em consideração o enquadramento previsto para o corpo d'água e diferentes metodologias.

⁸ *Nocardia* é um gênero de bactérias Gram-positivas encontradas em solos, ricos em matéria orgânica. Algumas espécies são patogênicas podendo causar nocardiose, uma infecção que acomete mais frequentemente pulmão, pele e sistema nervoso central (MURRAY, 2009).

Figura 03: Principais interferências causadas por óleos e graxas no tratamento de águas residuárias



Fonte: Sperling Adaptado, 1995

Os hidrocarbonetos, são substâncias químicas presentes em combustíveis, lubrificantes e solventes, devido ao seu potencial contaminante, devem ser vistos com uma atenção especial para proteção e conservação dos recursos hídricos.

Tratando-se do potencial de impacto ambiental devemos considerar a composição química dos produtos derivados do petróleo. Cada produto é resultante de misturas complexas de mais de 200 hidrocarbonetos, obtidos da sua destilação e craqueamento. No caso da gasolina, constituída por hidrocarbonetos mais leves (cadeias com 5 a 12 átomos de carbono), esta apresenta maior volatilidade e menor viscosidade, é mais propícia à contaminação devido à sua maior mobilidade no solo do que o óleo diesel, que tem uma maior proporção de hidrocarbonetos (6 a 22 átomos de carbono), portanto menos volátil e mais viscoso. (OLIVEIRA e LOUREIRO, 1998)

Os principais contaminantes capazes de impactar o meio ambiente em casos de derramamentos de combustíveis, lubrificantes e solventes são os hidrocarbonetos. Dentre eles destaca-se os mono aromáticos BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e

xilenos) e os policíclicos aromáticos HPA (naftaleno, metilnaftaleno, dimetilnaftaleno), constituintes mais solúveis na fração da gasolina (ANDRADE *et al.*, 2010) e, quando descartados no meio ambiente, por serem solúveis em água, podem chegar até o lençol freático, causando a contaminação dos aquíferos (CORSEUIL e MARINS, 1997).

▪ BTEX

Os hidrocarbonetos monoaromáticos, BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xilenos), são compostos voláteis arranjados em um anel aromático condensado, constituídos por átomos de carbono e hidrogênio e segundo Costa *et al.* (2009) apud Anjos (2012) são os hidrocarbonetos dos combustíveis líquidos derivados de petróleo, de maior mobilidade no meio ambiente, e que podem ser rapidamente carregados através do solo e da água subterrânea devido à sua volatilidade e solubilidade. Devido a essas características, os BTEX são os compostos orgânicos de maior importância do ponto de vista ambiental devido à sua alta mobilidade e toxicidade (USEPA, 2003).

Todos os compostos BTEX são tóxicos e prejudiciais à saúde pública e ao meio ambiente. O benzeno é mais conhecido pela capacidade de causar câncer. Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2012), os hidrocarbonetos são uma série de compostos que possuem características distintas. Cada um tem a sua periculosidade e a sua toxicidade, podendo gerar uma série de impactos ao ambiente. Em termos de classificação, a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde estabelece um padrão de potabilidade para cada composto encontrado na água. “Não há um padrão de potabilidade específico para hidrocarbonetos, existem limites para alguns dos compostos que estão dentro dessa grande família. O padrão para benzeno, que é o mais perigoso deles por ser carcinogênico, é de 5 µg/L (microgramas por litro), o estireno é de 20 µg/L, o etilbenzeno é 300 µg/L, o tolueno é 700 µg/L, o xileno é 500 µg/L” (CETESB, 2012). Esses são os contaminantes mais comuns presentes na gasolina. Segundo o INCA – Instituto Nacional do Câncer, o benzeno é um “agente mielotóxico regular, leucemogênico e cancerígeno, mesmo em baixas doses” (INCA, 2012, p.56). O benzeno, por exemplo, já em uma concentração de 5 mg/L, pode causar leucemia em seres humanos (BELLER *et al.*, 1992).

A *International Agency for Research on Cancer* (Agência Internacional de Pesquisa de Câncer, da Organização Mundial da Saúde, com sede em Lyon, França) e o *National Institute for Occupational Safety and Health* (Agência Norte-Americana de

Saúde e Segurança Ocupacional) incluem o benzeno em suas listas de produtos cancerígenos.

Dentre os cânceres, as leucemias são as mais frequentes. No Brasil, a ação cancerígena do benzeno foi também aceita oficialmente a partir de 1994, pela portaria da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho – SSST, nº3, de 10 de março de 1994. (IPEF, 1994).

A capacidade do benzeno de provocar danos cromossômicos à medula óssea já foi amplamente demonstrada em seres humanos e animais. Foram observadas alterações cromossômicas numéricas e estruturais em linfócitos e células da medula óssea de trabalhadores expostos a esse hidrocarboneto (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2004).

A Tabela 01 indica os padrões e valores da concentração de benzeno nos diversos meios para diversas classes de água, porém a mesma não alerta para a possibilidade de bioacumulação da substância ao longo da cadeia alimentar.

Tabela 01: Padrões e valores orientadores do Benzeno nos diversos meios

| Padrões e valores orientadores | | | |
|---------------------------------------|--|--|--------------------|
| Meio | Concentração | Comentário | Referência |
| Ar | 1,7 µg/m ³ | Estimativa de risco ¹ | WHO, 2000 |
| Solo | 0,03 mg/kg* 0,06 mg/kg* 0,08 mg/kg* 0,15 mg/kg* | Valor de Prevenção VI cenário agrícola-APMax VI cenário residencial VI cenário industrial | CONAMA 420/2009 |
| Água potável | 5 µg/L | Padrão de potabilidade | PORTARIA 2914/2011 |
| Água subterrânea | 5 µg/L 10 µg/L | VMP (consumo humano) VMP (recreação) | CONAMA 396/2008 |
| Águas do ces | 0,005 mg/L | VM (classes 1, 2 e 3) | CONAMA 357/2005 |
| Águas salinas | 700 µg/L 51 µg/L | VM (classes 1 e 2) VM pesca/cultivo de organismos (classes 1 e 2) | CONAMA 357/2005 |
| Águas salobras | 700 µg/L 51 µg/L | VM (classes 1e 2) VM pesca/cultivo de organismos (classes 1 e 2) | CONAMA 357/2005 |

¹ valor estimado para um caso adicional de câncer em 100.000 indivíduos que inalam diariamente ar atmosférico contendo concentração da substância no valor orientador durante 70 anos; * = peso seco; VI = Valor de Investigação; APMax = Área de Proteção Máxima; VMP = Valor Máximo Permitido; VM = Valor Máximo

Fonte: CETESB, 2012

▪ HPA

Os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) são poluentes orgânicos de grande importância ambiental, constituem uma classe de substâncias tóxico-persistentes com propriedades pré-carcinogênicas e/ou mutagênicas para homens e animais. (BOFFETA *et al.*, 1997)

Os HPAs consistem em compostos com dois ou mais anéis aromáticos fundidos que podem ser divididos em dois subgrupos: compostos de baixo peso molecular, de toxicidade aguda, formados por 2 e 3 anéis aromáticos fundidos (antraceno, acenafteno, acenaftaleno, fluoreno, naftaleno e fenantreno), e os de alto peso molecular, classificados como carcinogênicos e mutagênicos com 4, 5 e 6 anéis fundidos (pireno, fluoranteno, benzo(a)antraceno, benzo(g,h,i)perileno) (VEIGA, 2003; ALMEIDA *et al.*, 2007).

Os HPAs podem ser originados de fonte naturais (erupções vulcânicas, por exemplo) ou antropogênicas (derramamento de petróleo, resíduos industriais, etc). (LOPES e ANDRADE, 1996). De origem petrolífera eles são uma das classes de poluentes mais frequentemente encontradas em ambientes aquáticos e, devido ao caráter hidrofóbico, esses compostos lipídicos tendem a rapidamente serem adsorvidos pelas partículas dos sedimentos aquáticos, assim, são encontrados em baixas concentrações em amostras de água. Desta forma, os HPA acumulados neste meio representam um risco toxicológico no crescimento, metabolismo e reprodução para toda uma biota. (POLAKIEWICZ, 2008; CETESB, 2009). No quadro 02 encontram-se classificados alguns HPAs quanto aos seus efeitos nos diversos organismos.

Quadro 02 Classificação de alguns HPA quanto a seus efeitos nos diversos organismos

| HPA | Carcinogenicidade ⁹ | Genotoxicidade ¹⁰ | Mutagenicidade ¹¹ |
|-----|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|-----|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|

⁹ Processo de formação do câncer desencadeada por agentes físicos, biológicos e químicos. (CETESB, 2012)

¹⁰ São aqueles que interagem com o DNA produzindo alterações em sua estrutura ou função e quando essas alterações se fixam de forma capaz de serem transmitidas, são chamadas mutações. As mutações, fonte de variabilidade genética quando são alteradas por um agente químico podem alterar o balanço dos ecossistemas causando assim aumento na incidência de câncer (RIBEIRO, 2012).

¹¹ É a indução de alterações transmissíveis permanentes da quantidade ou da estrutura do material genético das células ou organismos (REQUISITOS DE DADOS TOXICOLÓGICOS, 2015).

| | | | |
|------------------------|---|---|---|
| Fluoreno | I | L | - |
| Fenantreno | I | L | + |
| Antraceno | N | N | - |
| Fluoranteno | N | L | + |
| Criseno | L | L | + |
| Pireno | N | L | + |
| Benzo(a)antraceno | S | S | + |
| Benzo(b)fluoranteno | S | I | + |
| Benzo(k)fluoranteno | S | I | + |
| Benzo(a)pireno | S | S | + |
| Indeno(1.2.3-cd)pireno | S | I | + |
| Benzo(g,h,i)perileno | I | I | + |

Fonte: Adaptado de NETTO, *et al.*, 2000

Dados disponíveis para a comprovação do efeito: S = suficientes; I = insuficientes; L = limitados; N = não carcinogênico; Dados disponíveis para a comprovação do efeito: S = suficientes; I = insuficientes; L = limitados; N = não carcinogênico; + (positivo); - (negativo).

Em animais de laboratório observa-se aumento do número de casos de câncer de pele, pulmão, bexiga, fígado e estômago, podendo afetar também o desenvolvimento dos sistemas reprodutivos e neurológicos. Casos de câncer de pele, pulmão, bexiga e no sistema gastrointestinal também são observados na espécie humana (ASTDR, 2009).

Desta forma diversas agências ambientais mundiais como *Environmental Protection Agency* (EPA) e a *Internacional Agency for Research on Cancer* estabeleceram um lista de 16 HPAs prioritários para o monitoramento ambiental e uma lista conforme os dados disponíveis sobre carcinogenicidade dessas substâncias respectivamente (Quadro 03).

Quadro 03 Classificação dos HPA estudados quanto a sua carcinogenicidade (IARC), carcinogenicidade e ocorrência (EPA)

| HPAs | IARC | EPA |
|-------------|------|-----|
| Fluoreno | 3 | P |
| Fenantreno | 3 | P |
| Antraceno | 3 | P |
| Fluoranteno | 3 | P |
| Criseno | 3 | P |

| | | |
|------------------------|----|---|
| Pireno | 3 | P |
| Benzo(a)antraceno | 2A | P |
| Benzo(b)fluoranteno | 2B | P |
| Benzo(k)fluoranteno | 2B | P |
| Benzo(a)pireno | 2A | P |
| Indeno(1.2.3-cd)pireno | 2B | P |
| Benzo(g,h,i)perileno | 3 | P |

Fonte: Adaptado SISSINO *et al.*, 2003

IARC – *International Agency for Research on Cancer*; EPA – *Environmental Protection Agency*. 2A = Provável carcinogênico para humanos – limitada evidência em humanos e suficiente em animais (IARC); 2B = Possível carcinogênico para humanos – limitada evidência em humanos e insuficiente em animais (IARC); 3 = Não é classificado como carcinogênico para humanos (IARC); P = Prioritário (EPA).

Com a expansão dos centros urbanos, vieram os postos de combustíveis, oficinas mecânicas e lava-jatos que manipulam produtos contendo misturas de hidrocarbonetos. Assim grandes quantidades de HPAs, podem ser transportados em direção às águas superficiais e subterrâneas, promovendo a sua contaminação e deterioração (SMITH *et al.*, 2003).

Convém observar que a legislação ambiental brasileira não estabelece valores quantitativos de limites de emissão para todos os HPAs. A Resolução CONAMA 357/05 alterada pela Resolução 420/09 e pela 430/11 apresenta limites específicos para águas superficiais e efluentes apenas para os HPAs a seguir: Benzo(a)antraceno, Criseno, Indeno(1.2.3-cd)pireno, Benzo(a)pireno, Benzo(k)fluoranteno e Dibenzo(a,h)antraceno, não contemplando, por exemplo, o Naftaleno. Outros países apresentam uma legislação que contempla outros HPAs. Portugal apresenta um programa de redução (Portaria nº 50/2005 de 20/01/2005) da poluição provocada por descargas que contenham naftaleno. Através do Decreto-Lei n.º 506/99, de 20 de Novembro, foram definidos os valores médios anuais de 1 µg/L para as águas superficiais.

A *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), centro de excelência na preparação, avaliação e resposta a ameaças aos ambientes costeiros, incluindo derramamento de óleo e substâncias químicas, possui uma lista (Quadro 04) com valores de HPA para superfícies aquáticas no nível crônico que podem ser comparadas com a Resolução CONAMA (SOUZA, 2012). Vejamos:

Quadro 04: Valores de referência CONAMA E NOAA para HPA em corpos de água.

| HPAs | CONAMA 357/05 (µg/L)* | NOAA** |
|------------------------|-----------------------|--------|
| Criseno | 0,018 | - |
| Benzo(a)antraceno | 0,018 | 0,027 |
| Benzo(b)fluoranteno | 0,018 | 9,07 |
| Benzo(k)fluoranteno | 0,018 | - |
| Benzo(a)pireno | 0,018 | 0,014 |
| Indeno(1.2.3-cd)pireno | 0,018 | 4,31 |
| Dibenzo(a.h)antraceno | 0,018 | - |

Fonte: (SOUZA, 2012)

* Valores para padrões de corpos de água classe 2;

** Valores referentes a superfícies aquáticas no nível crônico

2.5 O caso das oficinas mecânicas

2.5.1 Legislação vigente para atividades automotivas

De acordo com a Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, atividades que envolvem parcelamento do solo, como distrito e polo industrial são passíveis de licenciamento.

Porém, devido a divergências na interpretação das leis, alguns estados como o Rio de Janeiro, não consideraram que as oficinas mecânicas tenham elevada capacidade poluidora, segundo o Sistema de Licenciamento de Atividades Poluidoras (SLAP) elaborado pelo Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA) com base no Manual MN 050.R-5 - Classificação de Atividades. Entretanto, é sabido que atividades que envolvam serviços automotivos, como as do Distrito dos Mecânicos, de uma forma geral apresentam elevado potencial para ocasionar passivo ambiental devido à natureza do empreendimento que trabalha com resíduos tóxicos.

A ausência da caixa separadora, a lavagem de motores e a destinação incorreta dos resíduos contaminados podem ser os fatores responsáveis pelo passivo ambiental.

Desta forma, por causa da possibilidade de várias interpretações na adequação ambiental, as atividades mecânicas podem ser prejudiciais às águas superficiais e subterrâneas.

Os principais resíduos produzidos pelas oficinas mecânicas e sua classe segundo a norma brasileira (NBR 10004) são descritos na Quadro 05.

Quadro 05 : Principais resíduos produzidos por uma oficina

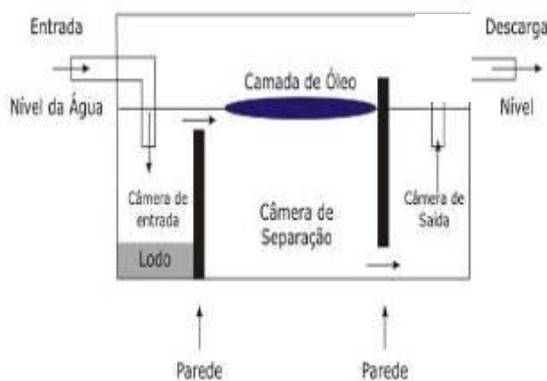
| Principais resíduos produzidos por uma oficina mecânica | |
|---|---|
| Tipo de resíduo | Classe do resíduo de acordo com NBR 10004 |
| - Óleo lubrificante usado | Classe I |
| - Embalagens de óleo lubrificante | Classe I |
| - Lodo de caixa separadora | Classe I |
| - Óleo proveniente da caixa separadora | Classe I |
| - Panos e estopas contaminadas com óleo | Classe I |
| - Filtro de óleo lubrificante | Classe I |
| - Líquido de limpeza de radiador | Classe I |
| - Resíduos contaminados com solventes | Classe I |

Fonte: NBR 10004 adaptado

Os resíduos de Classe I, segundo a NBR 10.004/04 da ABNT, são resíduos que possuem periculosidade e características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, apresentando, portanto, riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública e que devem ser gerenciados adequadamente.

A resolução CONAMA 430/2011 no art. 3º determina que os efluentes industriais sejam tratados para apresentar um padrão mínimo de acordo com a classe de água em que são lançados. Um dos equipamentos disponíveis de baixo custo e de grande eficiência, quando operado de forma correta, para redução da carga oleosa dos efluentes das oficinas mecânicas é o sistema separador de água e óleo (SSAO). (Figura 04A e 04B)

Figura 04A Sistema separador de água e óleo (SSAO) visão interna



Fonte: SNATURAL, 2011

Figura 04B Sistema separador de água e óleo (SSAO) visão externa



Fonte: EPAMA, 2011

O SSAO, conforme Figura 04, retrata basicamente uma câmara de sedimentação, na qual é retida a borra oleosa (devendo ser precedido de uma caixa de areia), seguida de uma ou mais câmaras providas de dispositivos de regulação de fluxo, no intuito de manter o escoamento em condições de controle, além de dispositivos para coletar o óleo retido. O efluente oleoso escoar através das câmaras, onde ocorre a separação e a remoção do óleo livre e de possíveis sólidos sedimentáveis da fase líquida. As gotículas de óleo coalescem, formando gotículas maiores que ascendem até a superfície, enquanto os sólidos em conjunto com o óleo adsorvido sedimentam e se depositam no fundo. Os sólidos sedimentados (borra oleosa) e a camada de óleo (óleo livre) são removidos no processo de limpeza do sistema (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Hammer e Hammer (1996) Apud Pereira (2001) notaram que as indústrias situadas na área urbana despejam seus efluentes líquidos, após tratamento prévio, no sistema de coleta de esgoto sanitário. Porém, seguindo a norma NBR 9800/1987 é proibido o lançamento, no sistema coletor público de esgoto, de:

- substâncias que, em razão de sua qualidade ou quantidade, são capazes de causar incêndio ou explosão, ou serem nocivas de qualquer outra maneira na operação e manutenção dos sistemas de esgotos como, por exemplo, gasolina, óleos, solventes e tintas;
- substâncias que, por si só ou por interação com outros despejos, causem prejuízo público, riscos à vida ou prejudiquem a operação e manutenção dos sistemas de esgotos;
- substâncias tóxicas em quantidades que interfiram nos processos biológicos de tratamento de esgotos, quando existirem, ou que causem danos ao corpo receptor;
- materiais que causem obstrução na rede coletora ou outra interferência na própria operação do sistema de esgotos como, por exemplo, cinzas, areia, metais, vidro, madeira, pano, lixo, asfalto, cera e estopa (NBR 9800/97).

Desta forma pode-se observar que a não aplicação da NBR 9800/1987 pode resultar na perda da qualidade do tratamento de esgotos.

2.6 Contaminação das águas subterrâneas por resíduos oleosos

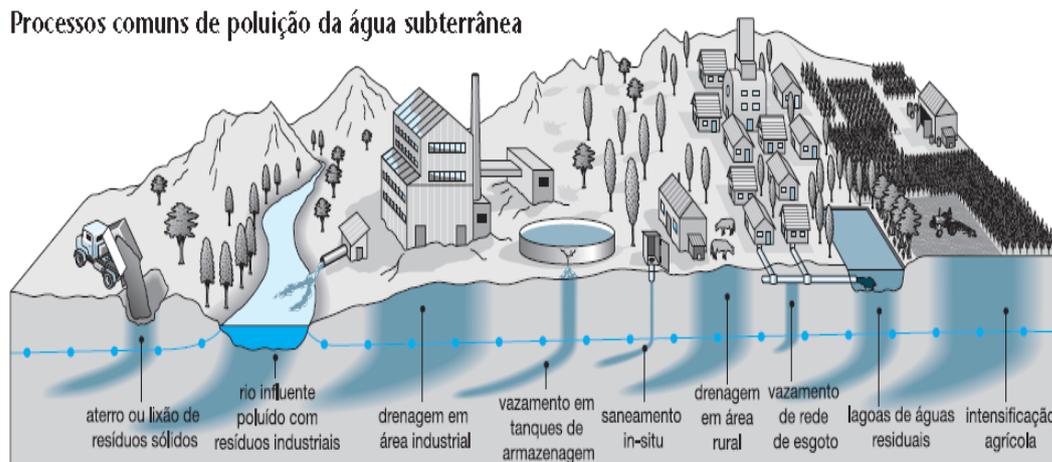
As águas subterrâneas constituem um grande patrimônio e necessitam de uma atenção especial à sua proteção e manejo sustentável. A sua utilização deve ser precedida de licenças, estudos e monitoramentos compatíveis com o tipo de exploração e a realidade de cada região a fim de garantir o controle quantitativo e qualitativo da água. A Lei Federal nº 9.433/1997 determina que todos os proprietários e arrendatários que utilizam as águas do solo devem pedir autorização, licença ou outorgas de uso dos recursos hídricos para as autoridades competentes. Muitas cidades como Ribeirão Preto (SP), Mossoró e Natal (RN), Maceió (AL), Região Metropolitana do Recife (PE) e Barreiras (BA) dependem integral ou parcialmente da água subterrânea para o abastecimento, o que reforça a necessidade de uma rede de monitoramento para proteção deste recurso. Na região semiárida, as águas subterrâneas constituem, não raro, a única fonte de suprimento permanente (LEAL, 1999).

Alguns países como Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Hungria, Holanda, Itália, Marrocos, e Suíça, utilizam de 70 a 90% das águas subterrâneas para abastecimento público. Na Arábia Saudita sua fonte de água é exclusivamente subterrânea (REBOUÇAS *et al.*, 1999).

As águas subterrâneas são geralmente potáveis e dispensam tratamento prévio, pois os processos de filtração e depuração do subsolo provocam a purificação da água durante a sua percolação no meio (SILVA, apud OLIVEIRA e LOUREIRO, 1998). A

perda da sua qualidade pode constituir um grave problema para as próximas décadas e está relacionada ao processo de degradação ambiental¹² causado por diversas atividades (Figura 05) após o desenvolvimento industrial com dependência cada vez maior dos derivados do petróleo.

Figura 05: Processos mais comuns de poluição da água subterrânea



Fonte: um guia de utilidades da água para autoridades municipais e agências ambientais, 2002

Nesta perspectiva, podemos afirmar que uma das causas da degradação das águas subterrâneas em centros urbanos pode estar relacionada com as atividades dos serviços automotivos tais como os lava-jatos, postos de combustíveis e oficinas mecânicas. Essa possibilidade ocorre devido ao fato de que essas atividades trabalham com vários produtos derivados do petróleo e que podem chegar até as águas subterrâneas. Os subprodutos do petróleo são formados de compostos orgânicos de grande toxicidade para a biota aquática e para a saúde humana e, por esse motivo, são objetos de estudo.

Nas oficinas mecânicas, os contaminantes à base de hidrocarbonetos podem ter várias fontes: resultado de vazamentos em tanques de OLUC, resíduos da lavagem de peças automotivas ou ainda resultado dos resíduos existentes nas peças de manutenção como filtros de óleo e embalagens.

No caso de contaminação por gasolina, por ser muito pouco solúvel em água, ela inicialmente se faz presente no subsolo como líquido de fase não aquosa NAPL

¹² A Lei da Política Nacional do Meio Ambiente no seu artigo 3º, inciso II define degradação ambiental como “alteração adversa das características do meio ambiente”.

(*NonAqueous Phase Liquid*). Em contato com a água subterrânea, a gasolina se dissolve parcialmente causando a sua contaminação (CORSEUIL e MARINS, 1997).

A contaminação da água subterrânea por hidrocarbonetos de óleo diesel, situação mais comum em oficinas mecânicas devido à lavagem de motores, ocorre na fase livre ou na fase residual. Na fase livre, o óleo diesel se deposita na superfície do nível da água subterrânea, enquanto na fase residual verifica-se uma retenção do produto na zona não saturada do subsolo (GUSMÃO, 2002).

Assim, a solubilidade do contaminante, seja ele gasolina ou óleo diesel, depende da velocidade do fluxo do aquífero, a composição da mistura de fluídos e a volatilidade influenciam no tempo de transferência dos contaminantes para a água (BACKETT e HUNTLEY, 2002).

Em seu artigo intitulado *Contaminação de aquíferos por combustíveis orgânicos em Belo Horizonte: avaliação preliminar*, no X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, os autores Oliveira e Loureiro (1998) relatam a atenção dada ao problema de contaminação na literatura internacional por ter sido causa de graves problemas ambientais. Eles destacaram as pesquisas realizadas por Mackay et al. (1985), Abriola (1988), Hillel (1988), Hunt et al. (1988), Mackay et al. (1989), e Domenico (1990) sobre essa problemática.

No Brasil, diversos estudos sobre contaminação e monitoramento das águas superficiais e subterrâneas se concentram principalmente nas atividades dos postos de combustíveis, sendo poucos na literatura os trabalhos sobre os lava-jatos e oficinas mecânicas. Apenas alguns pesquisadores, dentre os quais Dutra Filho (2012), da Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Rio Grande do Sul (FEPAM), abordam o tema mostrando que a poluição não ocorre apenas nos grandes empreendimentos, mas na sua cadeia de distribuição até o consumidor e isso inclui os empreendimentos de pequeno porte, dentre eles as oficinas mecânicas.

2.6.1 Remediação das águas subterrâneas

A remediação é um termo utilizado para designar a recuperação de um tipo particular de área degradada, que são as áreas contaminadas (SÁNCHEZ, 2008). Remediação é definida como “aplicação de técnica ou conjunto de técnicas em uma área contaminada, visando à remoção ou contenção dos contaminantes presentes, de modo a

assegurar uma utilização para a área, com limites aceitáveis de riscos aos bens a proteger¹³ (CETESB, 2001).

Em ambientes urbanos degradados em razão de processos socioeconômicos, como a redução de investimentos públicos e privados em certas zonas, ou em decorrência da degradação do meio físico, como a poluição dos rios ou a contaminação dos solos, utilizam-se os termos requalificação e revitalização (SÁNCHEZ, 2008).

O processo de remediação de aquíferos é uma tarefa complexa que envolve tempo e custo elevado. Por isso, um plano de gestão de área de risco reduz os danos ambientais e diminui os custos de revitalização.

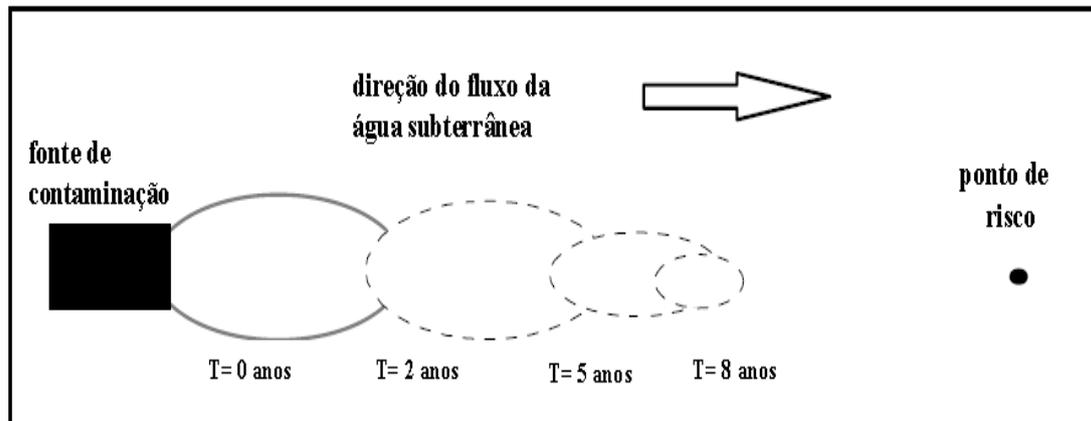
O conhecimento das atuais tecnologias de remediação, suas limitações, relações custo-benefício e aplicabilidade quanto às questões hidrogeológicas e da natureza dos contaminantes é importante no sucesso do programa de remediação (COUTINHO e GOMES, 2007).

Corseuil e Marins (1997) colocam a remediação natural como uma alternativa importante para contaminação de solos e água subterrânea. Ela se destaca como uma opção dentre as conhecidas tecnologias para remediação do solo e água. A remediação natural é uma alternativa para minimizar os riscos para a saúde humana e para o meio ambiente, monitorando-se o deslocamento da pluma e assegurando-se que os corpos receptores (aquíferos, rios, lagos, etc.) não serão contaminados, entretanto esta tecnologia por si só não é mais aceita pelos órgãos ambientais nos últimos anos.

O esquema representado na Figura 06 mostra que quando a taxa de biodegradação for igual ou maior que a taxa de deslocamento dos contaminantes, a pluma deixará de se deslocar e diminuirá de tamanho. Neste caso, se a fonte receptora não fosse atingida, não haveria a necessidade de implantação de tecnologias ativas de remediação, e a remediação natural seria a opção mais econômica de recuperação da área contaminada (CORSEUIL e MARINS, 1997).

¹³ Terminologia adotada no Manual de Áreas Contaminadas da CETESB. Corresponde aos recursos ambientais definidos na Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, à saúde e ao bem estar públicos.

Figura 06 Exemplo da atenuação natural de uma pluma de hidrocarbonetos de petróleo



Fonte: CORSEUIL e MARINS, 1997.

Apesar da existência de uma vasta diversidade de tecnologias de remediação utilizada no processo de recuperação de áreas degradadas e da importância de cada uma delas, vale destacar que o custo financeiro e pessoal qualificado envolvido para execução de um plano de recuperação de área degradada (PRAD) geralmente é elevado. No caso das oficinas mecânicas, empreendimentos constituídos, em sua maioria, por pequenos negócios e com carga poluidora geralmente menor que postos de combustíveis, é mais viável a implantação de um plano de gestão que adote medidas preventivas (instalação imediata de CSAO) e de monitoramento da contaminação por hidrocarbonetos de derivados do petróleo. A atenuação natural, uma das tecnologias de remediação das mais acessíveis em termos financeiros, pode ser uma estratégia mais barata para a recuperação da área quando se tratar de uma pequena carga poluidora.

A Tabela 02 contempla uma série de tecnologias de remediação de solos e águas subterrâneas com destaque para os compostos BTEX.

Tabela 02: Tecnologias de remediação de solos e águas subterrâneas

| Tecnologia | Descrição | Aplicação/Contaminantes |
|-------------------------------|--|--------------------------------|
| Extração de gás do solo (SVE) | Remove fisicamente compostos voláteis da zona insaturada através da aplicação de um sistema de vácuo | CHCs, BTEXs |

| | | |
|---|---|-------------------------|
| Bombeamento e Tratamento (P&T) | Utiliza sistema provido de bombas, elétrica ou pneumáticas, para captação das águas subterrâneas impactadas com tratamento adequado para os compostos de interesse | BTEXs e HPA |
| Extração Multifásica (MPE) | Esta técnica é mais utilizada na remediação de hidrocarbonetos do petróleo, e promove a extração simultânea dos combustíveis (gasolina, diesel e etc.), dos vapores orgânicos voláteis (VOC's) presentes na zona não saturada do solo e também da fase dissolvida nas águas subterrâneas. | BTEXs e HPA |
| Bioaeração | Acelera a remoção de compostos orgânicos voláteis através da aeração na zona vadosa. | CHCs, BTEXs |
| “Air Sparging” (AIS) | Remove fisicamente contaminantes voláteis e semi-voláteis através de processos de aeração do solo na zona saturada. | CHCs, BTEXs, PAHs, MTBE |
| “Bio Sparging” | Acelera a biodegradação de compostos orgânicos por estimular a microflora nativa, através de processos físicos de aeração do solo na zona saturada. | CHCs, BTEXs, PAHs |
| Contenção hidráulica e tratamento <i>Pump and Treat</i> | Processo físico de extração de águas contaminadas de zona saturada e tratamento ex-sito. | CHCs, BTEXs |
| Atenuação Natural Monitorada (ANM) | Monitoramento “inteligente” de parâmetros indicadores de atenuação natural para avaliar a estabilização ou redução de | CHCs, BTEXs, PAHs |

| | | |
|--------------------------|--|-------------------|
| | plumas dissolvidas. | |
| Tecnologias Térmicas | Processos térmicos in-sito que destroem contaminantes ou possibilitam a aceleração de transferência de fase do contaminante no subsolo | CHCs, BTEXs |
| Biorremediação Acelerada | Altera artificialmente as condições bioquímicas do solo ou águas | CHCs, BTEXs, PAHs |

Fonte: Adaptado COUTINHO e GOMES, 2007

3. Caracterização da área de estudo

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

O município de Campina Grande está localizado na microrregião e na mesorregião do agreste paraibano. Apresenta uma população de 385 mil habitantes, sendo considerado como um município de médio porte (IBGE, 2010), com Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 0,718 (PNUD, 2005).

O município encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do rio Paraíba, região do Médio Paraíba (Figura 09). Os principais cursos d' água são: os rios Salgadinho, Bodocongó, São Pedro, do Cruzeiro e Surrão, além dos riachos: Logradouro, Piabas, Marinho, Caieira, do Tronco e Cunha. Os principais corpos de acumulação são os açudes: São Pedro, da fazenda Quilombo e Campo de Bó. Os principais cursos d'água têm regime de escoamento intermitente e o padrão de drenagem é o dendrítico (CPRM, 2005).

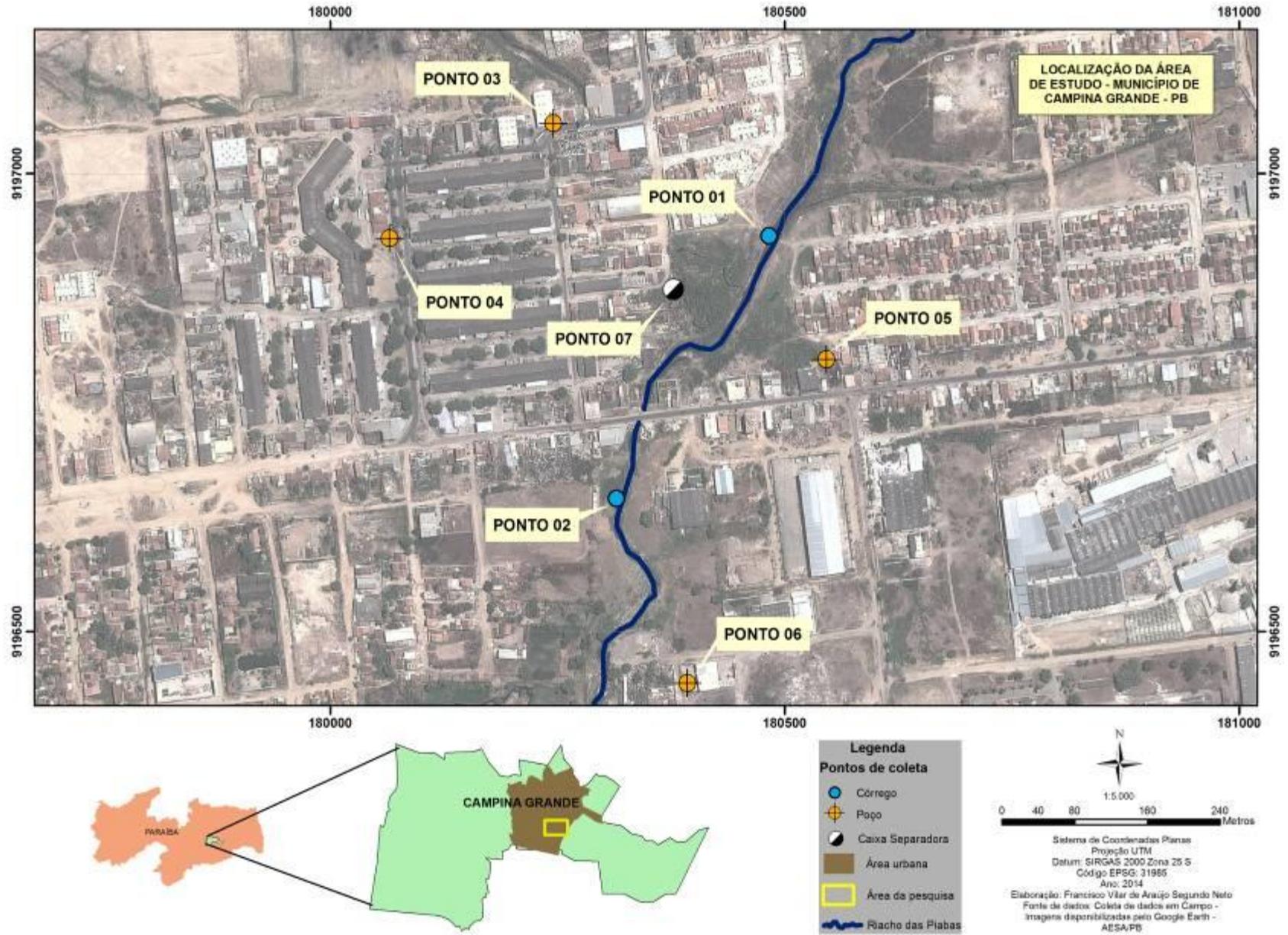
Campina Grande é recortada por rios perenes e intermitentes, porém de pequena vazão e o potencial de água subterrânea é baixo. A vegetação da região é formada por florestas subcaducifólica e caducifólica, próprias das áreas agrestes. O clima é do tipo

tropical chuvoso, com verão seco. A estação chuvosa se inicia em janeiro/fevereiro com término em setembro (CPRM, 2005).

3.2 Caracterização da microbacia hidrográfica do riacho das Piabas

A área da nascente pertencente à microbacia hidrográfica do riacho das Piabas localiza-se entre as latitudes sul 7° 11' 8" e longitude oeste de 35° 53' 14,1", com altitude de 580 metros à montante. Pertencendo naturalmente à região do médio curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba, tem suas nascentes localizadas próximo às divisas dos municípios de Lagoa Seca e Campina Grande - PB. Após atravessar toda a cidade o riacho das Piabas encontra-se com o riacho de Bodocongó e dá origem a um riacho com o mesmo nome (Bodocongó) que deságua no rio Paraíba (Figuras 07 e 09 Mapas).

Figura 07 -Localização da área de estudo – Distrito dos Mecânicos, Campina Grande PB



3.2.1 Distrito dos Mecânicos

Figura 08 Vista parcial do Distrito dos Mecânicos, Campina Grande - PB



Fonte: Cristian Costa 18/07/2014

A área pertencente ao Distrito dos Mecânicos está localizada no bairro do Jardim Paulistano e possui localização geográfica $7^{\circ} 15' 20.91''\text{S}$ $35^{\circ}53' 45.95''\text{O}$, com altitude de 496 m à montante.

O Distrito dos Mecânicos (Figura 08) possui uma área inicial de construção de 25.262 metros ocupada por 197 imóveis, sendo 19 o número de oficinas mecânica a diesel, 10% do total, com forte tendência a aumentar devido à ampliação da frota de veículos. Apesar de ser um empreendimento promissor e em ascensão, muitas delas são classificadas como micro empresas com pequeno capital de giro e os proprietários consideram o investimento no setor ambiental como um segundo plano.

Através de uma visita a todos os estabelecimentos da área estudada, realizada entre os meses de janeiro a junho de 2014, foram cadastradas as atividades desenvolvidas no Distrito dos Mecânicos. São elas: oficinas mecânica a diesel, lanternagem e pintura de autos, elétrica automotiva, sucata, retífica de motores, reparação/manutenção de veículos, lanchonetes e restaurantes.

Apesar da presença de fontes de poluição, ao longo do curso urbano, de todo o riacho das Piabas, nos detivemos à investigação preliminar em um trecho que apresenta fortes indícios de contaminação por resíduos oleosos, reflexo da atividade das oficinas mecânicas do Distrito dos Mecânicos, localizado às suas margens.

Figura 09 – Localização da bacia hidrográfica da Paraíba

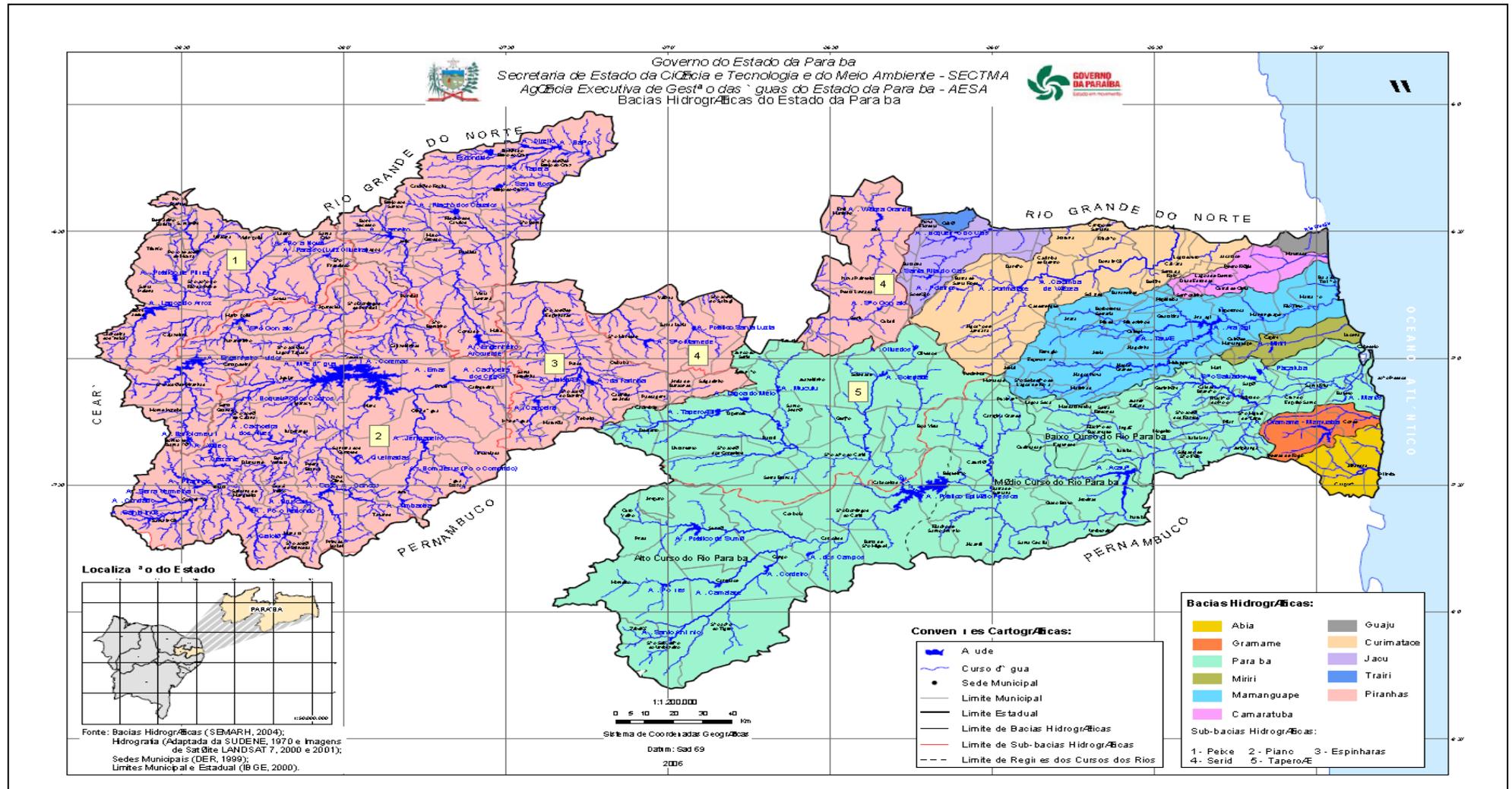
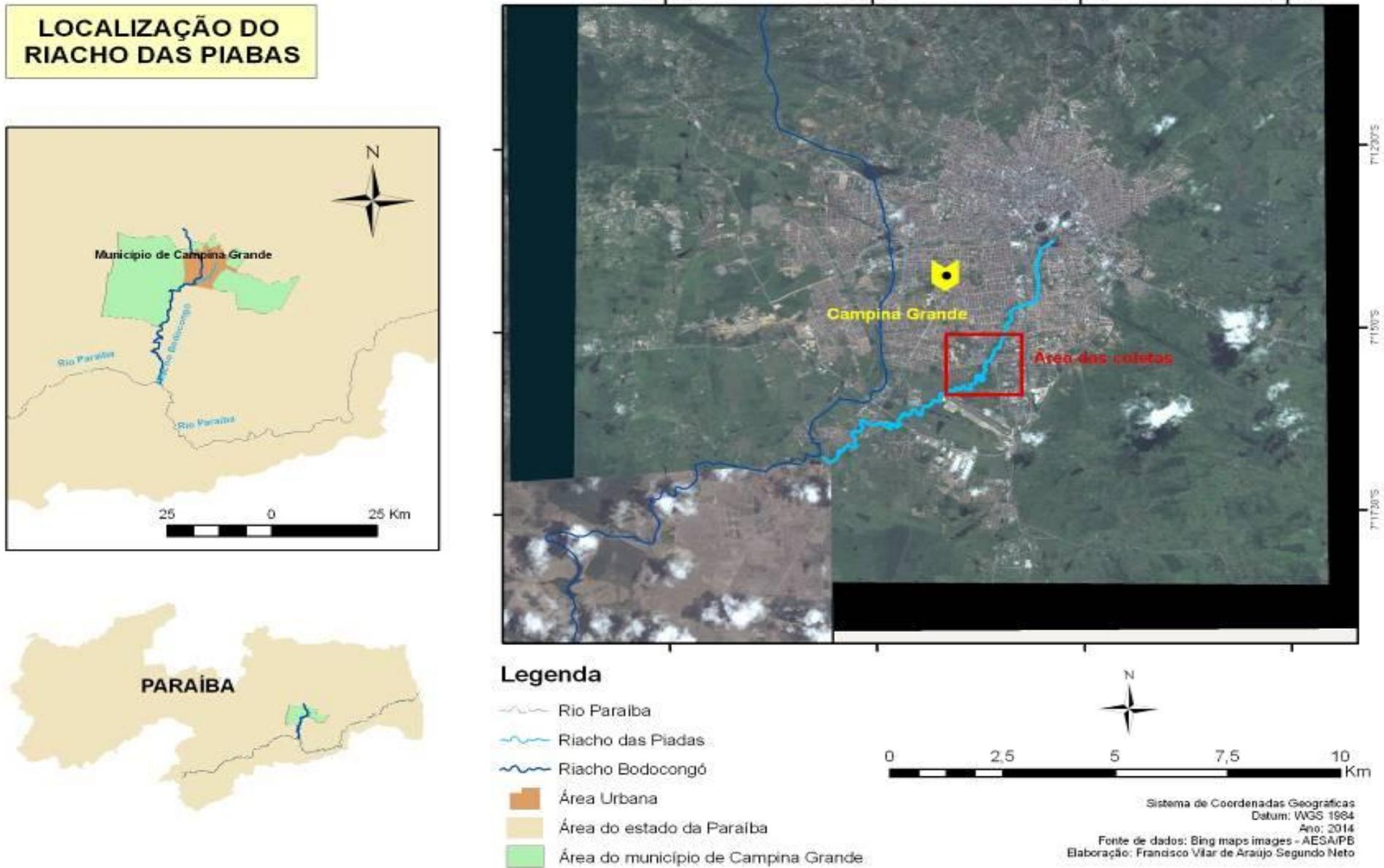


Figura 10 – Localização do Riacho das Piabas



4. Materiais e métodos

4.1 Entrevista semiestruturada

Em um primeiro momento foram realizadas entrevistas semiestruturadas cujo modelo encontra-se no apêndice 01. Elas tiveram como objetivo contribuir com o levantamento de dados sobre número de oficinas, bem como conhecer os tipos de resíduos característicos da área do Distrito dos Mecânicos. Elas foram realizadas com os proprietários ou representantes das oficinas entre janeiro e junho de 2014 perfazendo um total de 197 entrevistas. Durante a visita foram coletadas informações sobre as oficinas como também imagens do Distrito dos Mecânicos (oficinas, ruas, bueiros e resíduos diversos).

4.2 Pesquisa exploratória

O presente estudo está alinhado aos pressupostos metodológicos da pesquisa exploratória. De acordo com Theodorson e Theodorson (1970), a pesquisa exploratória é um estudo que tem por objetivo tecer uma análise preliminar sobre um determinado fenômeno. Ainda segundo Theodorson e Theodorson (1970), a pesquisa exploratória tem a vantagem de fornecer ao pesquisador informações sobre seu tema de pesquisa a fim de que sejam elaboradas hipóteses mais precisas *a posteriori*.

Assim, a pesquisa consegue obter dados quantitativos e qualitativos sobre a qualidade da água subterrânea e superficial, estudo inédito na região e que pode definir novas estratégias para um plano de gestão ambiental ou políticas públicas voltadas para o setor de serviços mecânicos da cidade, podendo também ser aplicado em outras regiões.

A pesquisa exploratória foi realizada entre junho e dezembro de 2014, tendo como base algumas diretrizes do gerenciamento de Áreas Contaminadas (ACs) estabelecidas pela Companhia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2001) e que tem como objetivo otimizar recursos técnicos e econômicos. O processo contempla quatro fases:

1º Fase – Definição da região de interesse;

2º Fase – Identificação das áreas potencialmente contaminadas;

3º Fase - Avaliação Preliminar¹⁴ (AP);

¹⁴ Segundo a Cetesb, 2001 a Avaliação Preliminar consiste na realização de um diagnóstico inicial das áreas potencialmente contaminadas (APs), através de um levantamento das informações disponíveis sobre a área e do

4º Fase - Investigação Confirmatória¹⁵ (IC);

4.3 Pontos amostrados

4.3.1 Amostragem e análise da água superficial

Foram realizadas três campanhas para amostragem das águas superficiais em dois pontos de coleta previamente definidos, sendo um à montante do Distrito dos Mecânicos e outro à jusante (Figura 11). As coordenadas geográficas foram registradas com o Sistema de posicionamento global (GPS) (Figura 12).

O trabalho de campo sobre a amostragem da água superficial foi realizado em dois períodos, sendo uma coleta realizada no mês de inverno (agosto/2014) e duas outras realizadas no verão (outubro e dezembro/2014) para que possa ser feita uma análise comparativa e confirmatória dos dados obtidos.

Os ensaios tiveram como objetivo principal avaliar a presença e concentração de óleos e graxas, hidrocarbonetos monoaromáticos, (BTEX) e os policíclicos aromáticos (HPA) nas águas superficiais do riacho das Piabas. Os outros parâmetros físico-químicos analisados, DBO, DQO e OD foram utilizados para comparar os valores encontrados à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos e, assim, verificar se a atividade do Distrito dos Mecânicos influencia na qualidade da água do riacho das Piabas. Apesar de o riacho ser tipicamente urbano e sofrer com a ação antrópica durante todo o seu percurso, a análise química procurou verificar se a atividade mecânica possuía alguma influência sobre esses parâmetros.

Figura 11 – Vista parcial do riacho das Piabas, à jusante do Distrito dos Mecânicos.

reconhecimento desta através de inspeções de campo, a fim de levantar evidências e fatos que levem a suspeitar ou confirmar a contaminação na área avaliada.

¹⁵ A investigação confirmatória tem como objetivo confirmar ou não a existência de contaminação nas áreas suspeitas, identificadas na etapa de avaliação preliminar. Nesta etapa, as áreas anteriormente classificadas como ASs são avaliadas, utilizando-se métodos diretos e indiretos de investigação, visando comprovar a presença de contaminação, possibilitando a classificação das mesmas com ACs. (CETESB, 2001)



Foto: Cristian J. S. Costa, 22 de agosto de 2011

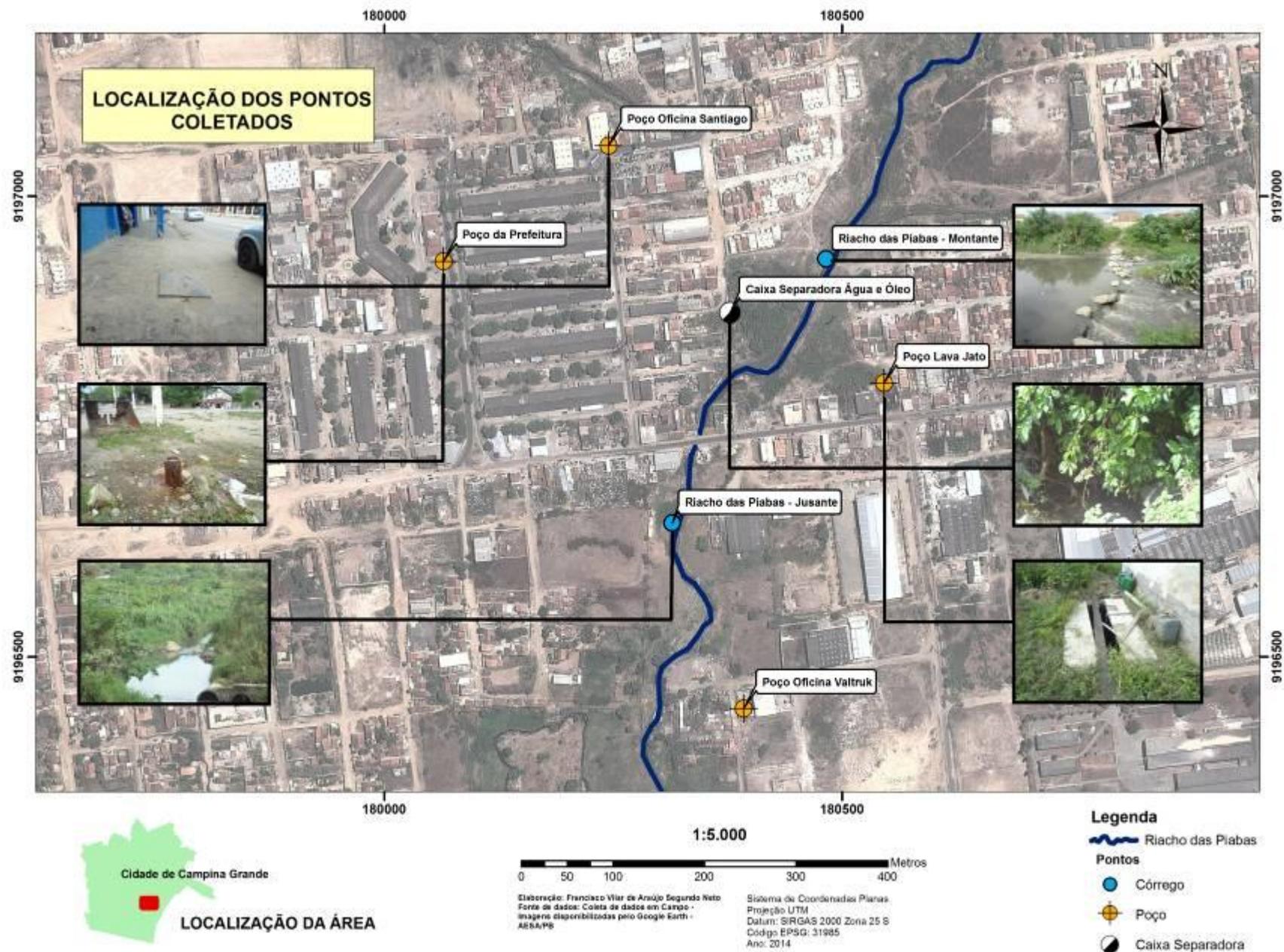
A DBO5 foi determinada através da NBR 12614:1992, a DQO foi determinada através da oxidação por Dicromato de Potássio em meio sulfúrico, o OD através do Método Iodométrico de Wincler Modificado pela Azira Sódica – NBR 10739: 1989. Todas as amostras foram realizadas no Laboratório de Controle da Qualidade do Centro de Tecnologia do Couro e do Calçado Albano Franco do SENAI, em Campina Grande PB.

4.3.2 Amostragem e análise da água subterrânea

As amostragens da água subterrânea tiveram como objetivo detectar a presença de hidrocarbonetos monoaromáticos (BTEX), policíclicos aromáticos (HPA) e compostos não voláteis como óleos e graxas.

As águas subterrâneas foram coletadas em quatro poços do Distrito dos Mecânicos (Figura 12). Os poços analisados são caracterizados como tubulares em rochas cristalinas. Aqui há um ponto positivo para o meio ambiente: poços em rochas cristalinas são menos susceptíveis a contaminação devido a baixa porosidade e permeabilidade.

Figura 12 – Localização dos pontos coletados



Poços tubulares ou artesianos são obras de engenharia com objetivo de aproveitamento da água subterrânea para consumo humano, utilização comercial ou industrial. São abertos por máquinas perfuratrizes de diâmetros variáveis, sendo totalmente ou parcialmente revestidos por tubulações de ferro ou PVC. São divididos em poços em rochas cristalinas e poços sedimentares (CPRM, 1998).

Poços em rochas cristalinas (Figura 13)

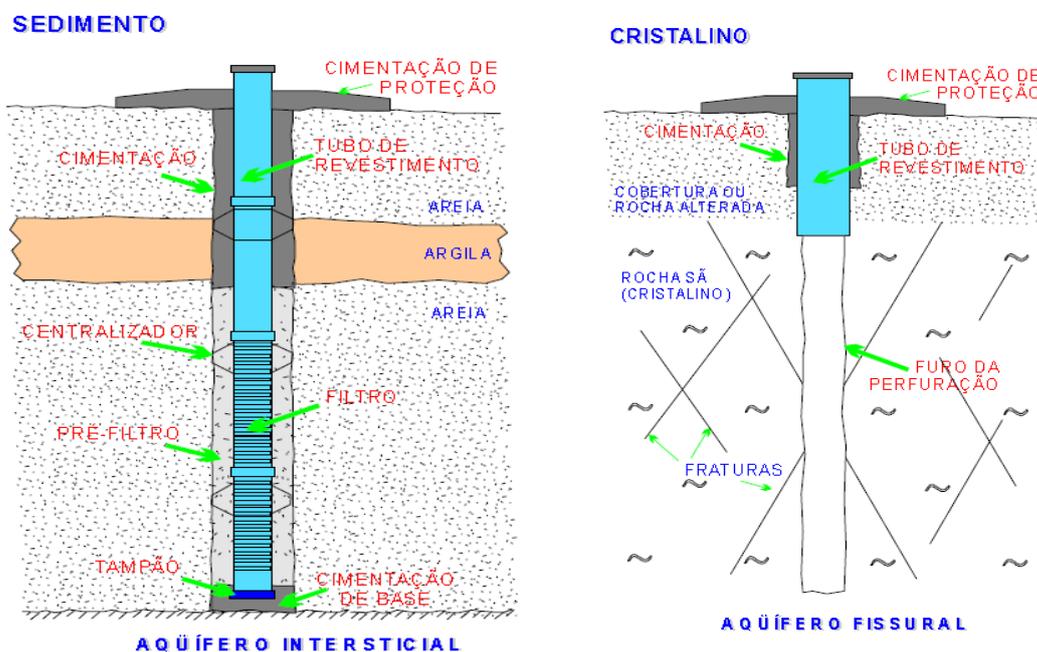
Os poços tubulares instalados em rochas cristalinas geralmente usam menos revestimentos, no caso de Campina Grande captam água de aquíferos fissurais com vazão relativamente pequena com média de (2 a 5m³/h), servindo para abastecimento de casas, vilas, comércio e pequenas comunidades (CPRM, 1998).

Poços em rochas cristalinas são menos susceptíveis a contaminação devido a baixa porosidade e permeabilidade.

Poços em rochas sedimentares (Figura 13)

São poços com profundidades variáveis. As rochas sedimentares são rochas de baixa coesão com espaços intergranulares entre os grânulos que a compõe, característica que faz com que a água seja transmitida através da intercomunicação entre os espaços vazios ao longo de um gradiente hidráulico (DRM, 2001).

Figura 13 : Poços tubulares instalados em solos sedimentares e cristalinos



Fonte: CPRM, 1998

O primeiro poço de coleta (Figura 14) localizado na Avenida Manoel Eneas de Figueiredo Filho, pertence à Prefeitura Municipal de Campina Grande e, apesar de não estar sendo utilizado, foi reativado pela Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba (CDRM) a pedido da Prefeitura. Ele possui uma profundidade de 36 metros e uma capacidade de exploração recomendada de 7 m³/h. (Anexo 01)

O poço n^o 02 (Figura 15) pertence a um lava-jato localizado na avenida João Walling. A situação deste poço é crítica do ponto de vista da contaminação por derivados de petróleo pois, além de estar aberto com acesso a um reservatório maior, ele está localizado após uma caixa separadora não adequada, sendo visível a presença de resíduos oleosos no reservatório.

O poço n^o 03 (Figura 16) é de propriedade particular, construído recentemente (dezembro 2013) e está localizado na rua Laurindo Pereira. A coleta foi realizada através de uma torneira com acesso à água direto do poço.

O poço n^o 04 também é de propriedade particular e está localizado no interior de uma oficina. Possui uma profundidade de 45 metros e uma capacidade de vazão média de 1m³/h, sua água é utilizada para limpeza nos motores de veículos diesel.

Figura 14 – Poço tubular pertencente a prefeitura municipal de Campina Grande - PB no Distrito dos Mecânicos



Foto: Cristian J. S. Costa, 12 de julho de 2014.

Figura 15 – Poço tubular em lava-jato no Distrito dos Mecânicos de Campina Grande-PB



Foto: Cristian J. S. Costa, 16 de julho de 2014.

Figura 16 – Poço tubular em Oficina Campina Grande-PB.



Foto: Cristian J. S. Costa, 27 de julho de 2014

As amostras coletadas em poços foram realizadas ou com auxílio de um *bailer* (Figura 17), ou diretamente, através de uma torneira de acesso deixando sair por aproximadamente 5 minutos a água estagnada. Os poços foram selecionados a partir da montante para a jusante a fim de acompanhar o fluxo de água subterrâneo.

Figura 17 *Bailer* utilizado para coleta de água em poço



Foto: Cristian J. S. Costa, 22 de Agosto de 2014

As amostras foram coletadas em 03 frascos diferentes (Figura 19), um para análise de BTEX, frasco de vidro de 40mL, com tampa de teflon, outro para análise de

HPA em um frasco âmbar de um litro e outro para análise do TOG em frasco âmbar de 250 mL. Todos os frascos foram fechados de modo que não houvesse espaços vazios em seu interior, evitando, assim, a perda dos compostos mais voláteis (BTEX) e semi-voláteis (HPA). Todas as amostras foram coletadas em duplicata, etiquetadas e identificadas a sua origem (água subterrânea ou superficial). Em seguida as amostras foram acondicionadas e mantidas refrigeradas a 4° C em geladeira e em caixa térmica com gelo durante o transporte (Figura 18). No laboratório as amostras foram conservadas em geladeira à mesma temperatura até o momento da preparação das análises.

Figura 18 - Amostras conservadas com gelo



Figura 19 - Vidros para coleta de água e análise de hidrocarbonetos do petróleo



Foto: Cristian J. S. Costa, 22 de agosto de 2014

5.0 Procedimentos analíticos

5.1 Metodologia para análise do BTEX da água superficial e subterrânea

As análises foram realizadas em parceria com o laboratório NUPPRAR, na UFRN, em Natal - RN.

Foi utilizada a técnica de cromatografia gasosa que atende aos limites estabelecidos pela Portaria 2914, do Ministério da Saúde. A cromatografia gasosa consiste em um método físico-químico de separação que se baseia na distribuição da amostra entre a fase estacionária (camada microscópica de líquido ou polímero sobre um sólido inerte, dentro de uma peça tubular chamada coluna) e a fase móvel (gás inerte transportador). A cromatografia é uma importante técnica quantitativa com um bom poder de resolução em baixos limites de detecção (COLLINS *et al.*, 2011; LANÇAS 1993, *apud* ANJOS 2012). A detecção dos compostos foi realizada através de detectores de ionização por chama (FID, do inglês *Flame Ionization Detector*), em série com o fotoionização (PID, do inglês *Photoionization Detector*) e a espectrometria de massas (EM ou MS) que apresentam elevada sensibilidade para compostos aromáticos (Figura 20).

Para preparar a amostra ao instrumento de detecção utilizaram-se as técnicas de *headspace* (HS) com o objetivo de extração das amostras de BTEX em água. O *headspace* é uma técnica utilizada para analisar compostos em baixas concentrações, nesta técnica o analito é mais volátil que a matriz possibilitando a análise do vapor desprendido do analito (GOBATO e LANÇAS, 2001 *apud* LOPES, 2011).

Figura 20 Imagem do Cromatógrafo com detector PID/FID utilizado para quantificar os BTEX



Foto: ANJOS, 27 de agosto de 2014.

5.2 Metodologia para análise do HPA

Para extração de amostras de HPA em água utilizaram-se as técnicas de extração em fase sólida (SPE) que consiste em isolar um ou mais analitos presentes em uma matriz complexa para posterior análise por intermédio de um método instrumental (LANÇAS, 2004). Foi utilizada a técnica de cromatografia gasosa para determinação do HPA.

A cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-MS) é uma técnica utilizada na identificação e quantificação de componentes em misturas orgânicas semivoláteis como no caso dos HPA (HARRIS, 2012 *apud* ANJOS 2012).

5.3 Metodologia para análise do Teor de Óleos e Graxas (TOG)

Para a determinação do teor de óleos e graxas utilizou-se o método da ASTM D7678-11 *Standard Test Method for Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) in Water and Wastewater with Solvent Extraction using Mid-IR Laser Spectroscopy*. O método da ASTM utiliza como preparo das amostras a extração líquido-líquido (DLL). O método consiste na separação dos compostos orgânicos misturados num líquido, por

meio da extração por um solvente. As amostras foram acidificadas com ácido clorídrico, a fim de preservá-las da ação de bactérias, bem como favorecer a hidrólise ácida no meio. No funil de separação, contendo a amostra acidificada, foram colocados 10 mL de n-hexano (solvente), seguindo agitação manual por aproximadamente dois minutos. A parte inferior (aquosa) foi desprezada e a fase orgânica filtrada com sulfato de sódio anidro, com a finalidade de retirar moléculas de água da fase orgânica. (Figura 21). Para leitura das amostras utilizou-se um espectrômetro de infravermelho, equipamento InfraCal, modelo HATR-T2 da marca *Wilks Enterprise* (Figura 22).

Figura 21: Procedimento de Extração dos hidrocarbonetos utilizando-se n-hexano como solvente extrator

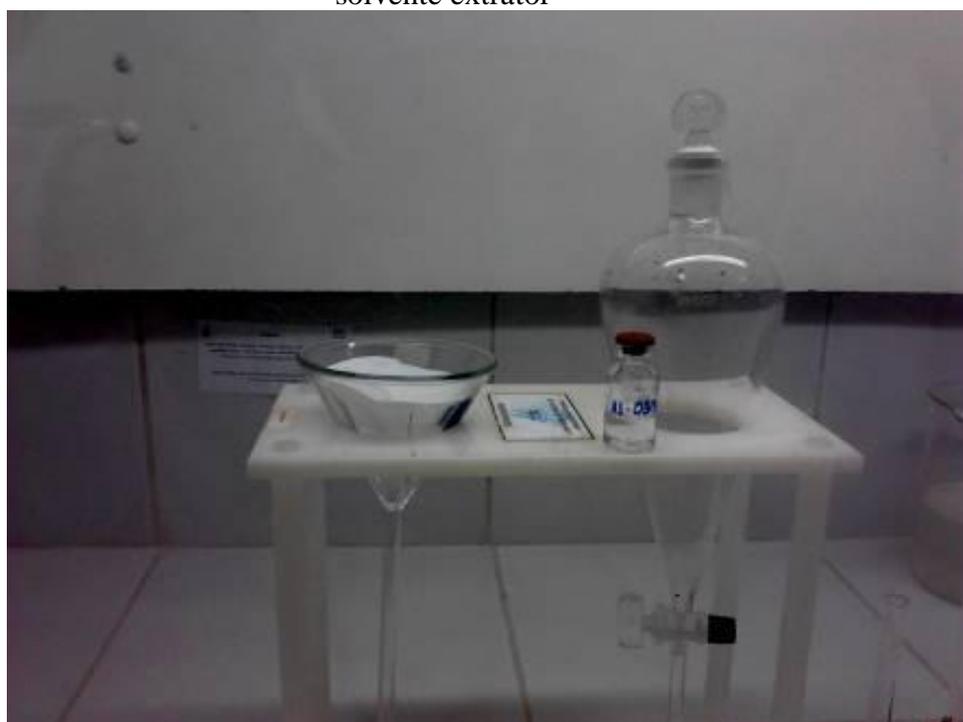


Foto: Cristian J. S. Costa, 18 de agosto de 2014.

Figura 22: Imagem do infracal hatr-t2 utilizado na leitura do teor de óleos e graxas



Foto: Anjos, 27 de agosto de 2014.

6.0 Resultados e discussões

6.1 Resultado do diagnóstico do número de oficinas e seus principais resíduos

Através de visitas *in loco* pudemos identificar no Distrito dos Mecânicos uma situação degradante: uso e ocupação do solo irregular com áreas invadidas, ocupação da faixa marginal com conseqüente perda da mata ciliar. Em relação às oficinas observamos ausência de caixa separadora ou funcionamento de forma incorreta, locais inapropriados para lavagem de peças (Figura 25) e vazamentos em reservatórios de OLUC, problemas esses que estão resumidos na tabela 03 e que podem contribuir para contaminação do solo, ar e da água.

Tabela 03: Resumo dos principais problemas observados nas oficinas responsáveis pela contaminação com hidrocarbonetos

Distrito dos Mecânicos

| Riscos potenciais para contaminação das águas superficiais e subterrâneas | Problema observado |
|---|--|
| - Área de lavagem de peças | - Solo não impermeabilizado (Figura 23) |
| - Sistema separador de água e óleo (SSAO) | - Ausente ou funcionado de forma precária (Figuras 26 e 27) |
| - Armazenagem do óleo lubrificante usado e contaminado (OLUC) | - Local inapropriado: fora da oficina, em calçada não impermeabilizada ou ainda sobre o solo visivelmente contaminado, podendo ainda ser carreado pela água da chuva contaminando o riacho. (Figuras 23,24 e 30) |

Figura 23 – Reservatório para o OLUC colocado no canteiro central do Distrito dos Mecânicos em Campina Grande PB com destaque para mancha de vazamento



Foto: Cristian J. S. Costa, 18 de julho de 2014.

Figura 24 – Reservatório para o OLUC em contato direto com o solo dentro de uma oficina mecânica no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande - PB



Foto: Cristian J. S. Costa, 18 julho. 2014

Figura 25 – Área de lavagem de peças em solo não impermeabilizado dentro de uma oficina mecânica. Distrito dos Mecânicos – Campina Grande PB



Fonte: Cristian Costa, 18/07/2014

Figura 26 – Caixa separadora de água e óleo em destaque funcionando de forma precária dentro de uma oficina mecânica. Distrito dos Mecânicos – Campina Grande PB



Fonte: Cristian Costa, 18/07/2014

Figura 27 – Caixa separadora de água e óleo e reservatório para o OLU dentro de uma oficina no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande PB



Foto: Cristian J. S. Costa, 18/07/ 2014

Figura 28 – Mancha de óleo no solo e destinação incorreta de tambores de óleo lubrificante localizado no Distrito dos Mecânicos



Foto: Cristian J. S. Costa, 27/07 2014

Figura 29 – Caixa de água fluvial contaminada com óleo lubrificante usado



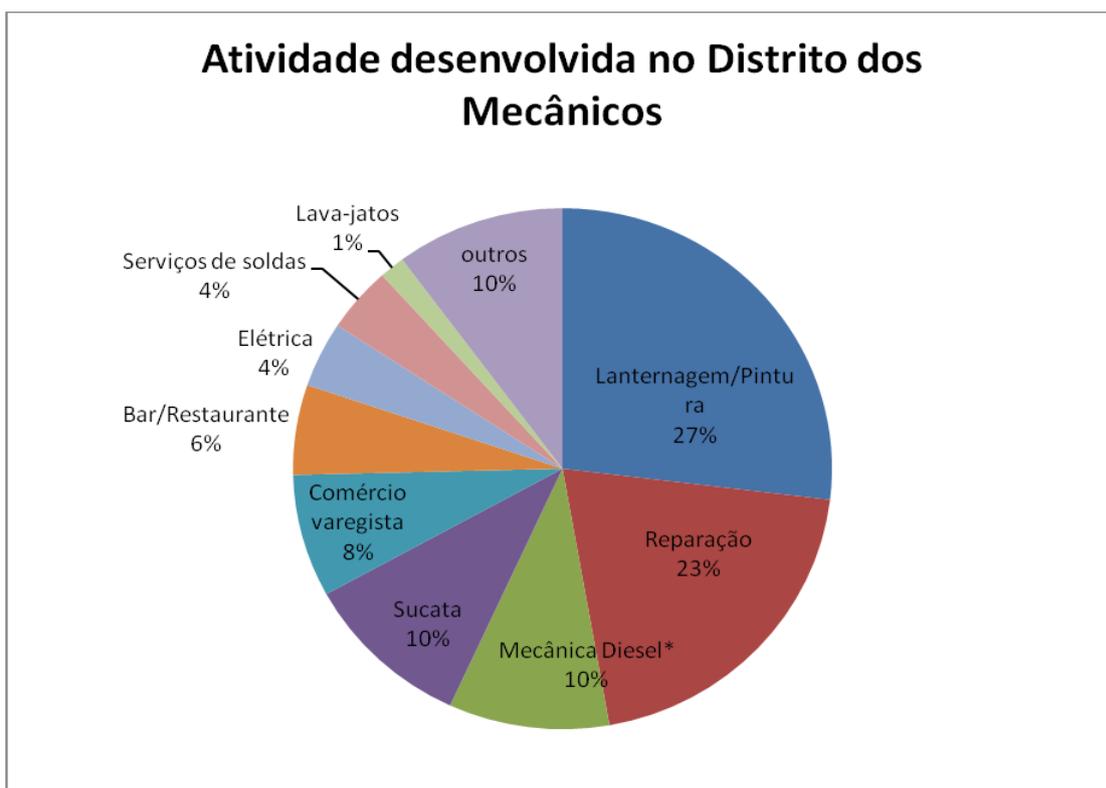
Figura 30 – Tambor de OLUC com vazamento em frente a uma oficina mecânica, localizada no Distrito dos Mecânicos



Foto: Cristian J. S. Costa, 27 de julho de 2014

O diagnóstico das atividades desenvolvidas no Distrito dos Mecânicos foi essencial para quantificar as oficinas mecânicas quanto ao seu potencial de contaminação por hidrocarbonetos. As principais atividades desenvolvidas na área estão descritas na Figura 31. Foi também através dessas visitas, que realizamos um registro fotográfico da situação que se encontra essa área.

Figura 31 Atividades desenvolvidas no Distrito dos Mecânicos

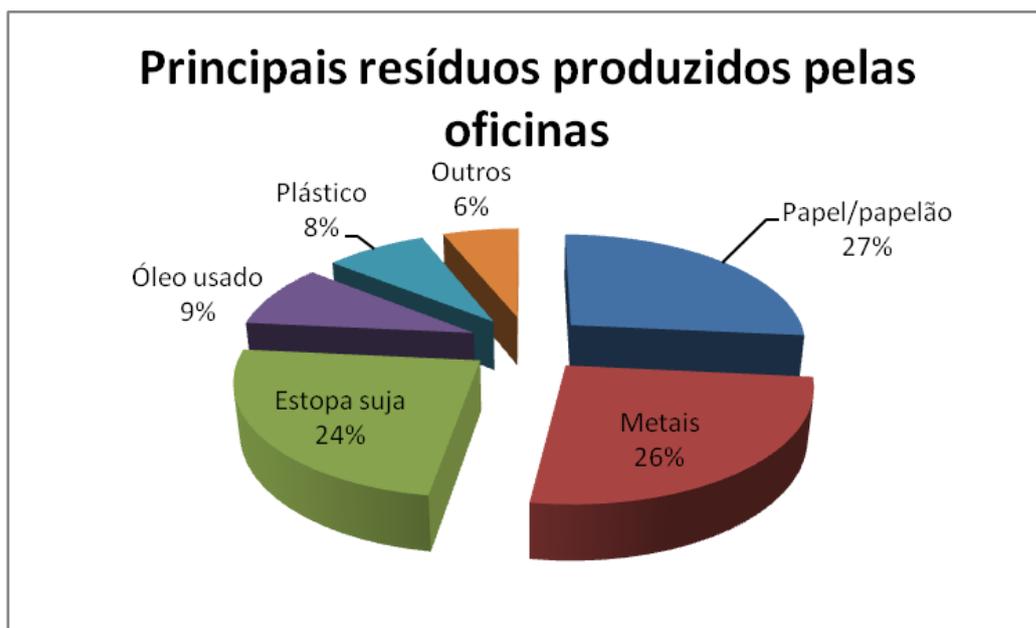


Fonte: Autor

Como podemos verificar na Figura 28, as oficinas de lanternagem/pintura, reparação e mecânica diesel correspondem a 60% das atividades do Distrito dos Mecânicos, todas apresentam grande potencial de contaminação do passivo ambiental devido à manipulação dos derivados do petróleo, óleo diesel, gasolina, thinner, além da produção de resíduos sólidos contaminados que, ao serem misturados com o lixo comum, podem contaminar outras regiões, como no caso da estopa, mencionado a seguir na Figura 32.

Outras substâncias como o óleo usado são vendidas a empresas de reciclagem, porém as embalagens, na sua grande maioria, não são devidamente recolhidas devido à ausência de um programa de gestão ambiental que iria permitir um espaço para Educação Ambiental e uma redução no custo do processo garantida pela mobilização de grande parte das empresas. Segundo a Resolução CONAMA 313: todo estabelecimento gerador de resíduos é responsável pelo recolhimento de seus resíduos.

Figura 32: Principais resíduos produzidos pelas oficinas no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande - PB



Fonte: Cadastro das oficinas mecânicas. Cristian Costa 2014

Outro problema verificado no Distrito dos Mecânicos, resultado da falta de adequação ambiental das oficinas, é a presença e manutenção do SSAO: 91% delas não possuem o sistema (Figura 33) e as que possuem o equipamento, que são apenas 9% (Figura 33), afirmaram não realizar a devida manutenção. Estima-se então que o equipamento não tenha eficácia satisfatória no processo de filtragem por falta de manutenção ou dimensionamento errado do equipamento.

Figura 33: Porcentagem média do SSAO nas oficinas de reparação e mecânica diesel no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande PB



Fonte: Cadastro das oficinas mecânicas. Cristian Costa 2014

Após várias conversas com diversos engenheiros da Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), descobrimos a existência de SSAO implantado pelo órgão. Diversos setores da própria CAGEPA desconheciam a existência do equipamento. A caixa separadora de água e óleo e a caixa de areia do Distrito dos Mecânicos formam um conjunto responsável pela retirada dos resíduos oleosos para serem lançado no sistema coletor, que está conectado à estação de tratamento de esgotos da cidade (ETA). Não é apropriado que este tipo de efluente seja encaminhado para o esgotamento público, pois estas companhias possuem equipamentos para tratar efluentes que contenha óleos de natureza doméstica e não industriais com compostos cancerígenos solúveis. E ainda pior, provavelmente, estes efluentes sofreram tratamentos com cloro (para desinfecção de bactérias do esgoto doméstico), que reagiram com estes compostos solúveis formando os terríveis organoclorados.

Obtivemos informações que esse sistema era recente, construído por volta do ano de 2009, tendo em média de cinco anos. O órgão, porém, não nos informou sobre os estudos para instalação do SSAO. Através de conversas com engenheiros da CAGEPA e visitas *in loco*, percebemos que o SSAO (Figura 34) não recebia manutenção periódica, o que inclui a sua limpeza e monitoramento do teor de óleos e graxas, comprometendo a sua eficiência, o mesmo só cumpriria o seu objetivo se fosse realizada

a sua inspeção e manutenção que se caracteriza pela retirada do óleo e envio para empresas de reciclagem (TOMAZ, 2010).

No dia 29/04/2014 foi enviado à CAGEPA o Ofício de número 002/2014 - PRODEMA (Processo 0012687-14) solicitando visita ao poço de visita 17, à caixa de areia e ao separador de óleo localizados na rua José Firmino da Silva, no Distrito dos Mecânicos para realizarmos uma coleta para análise do TOG, porém uma primeira resposta da CAGEPA é que a visita só poderia ser realizada após a limpeza da área para acesso à mesma, pois a estrutura precisava de uma manutenção. Apenas no dia 16/09/2014, após constantes telefonemas ao setor para o qual fomos encaminhados pela diretoria da Companhia, ou seja, quatro meses depois, fomos informados que a CAGEPA tinha realizado uma limpeza da caixa separadora, momento em que realizamos o registro fotográfico e a coleta para realização do TOG da saída do sistema, pois até então a mesma apresentava-se escondida dentro da vegetação, às margens do riacho das Piabas.

Figura 34: Caixa de areia e separador de óleo e graxas para lubrificantes derivados de petróleo e óleos e graxas domésticos da CAGEPA



Foto: Cristian J. S. Costa, 16 de setembro de 2014



Foto: Cristian J. S. Costa, 27 de outubro de 2014

6.2 Diagnóstico das águas superficiais e subterrâneas quanto à presença de hidrocarbonetos de petróleo

6.2.1 Resultados dos ensaios realizados em água superficial quanto à presença de BTEX

Quadro 06 - 1ª Campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análises de BTEX.

| BTEX | Benzeno | Tolueno | Etilbenzeno | o-xileno |
|----------------------------|---------|------------------|-------------|----------|
| (Ponto 01) Riacho Montante | < LD | 3,29 µg/L | < LD | < LD |
| (Ponto 02) Riacho Jusante | < LD | 5,20 µg/L | < LD | < LD |

Quadro 07 - 2ª Campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análises de BTEX.

| BTEX | Benzeno | Tolueno | Etilbenzeno | Xilenos |
|----------------------------|---------|-------------------|-------------|---------|
| (Ponto 01) Riacho Montante | < LD | 19,98 µg/L | < LD | < LD |
| (Ponto 02) Riacho Jusante | < LD | < LD | < LD | < LD |

Quadro 08 - 3ª Campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análises de BTEX.

| BTEX | Benzeno | Tolueno | Etilbenzeno | Xilenos |
|----------------------------|---------|---------|-------------|---------|
| (Ponto 01) Riacho Montante | < LD | < LD | < LD | < LD |
| (Ponto 02) Riacho Jusante | < LD | < LD | < LD | < LD |

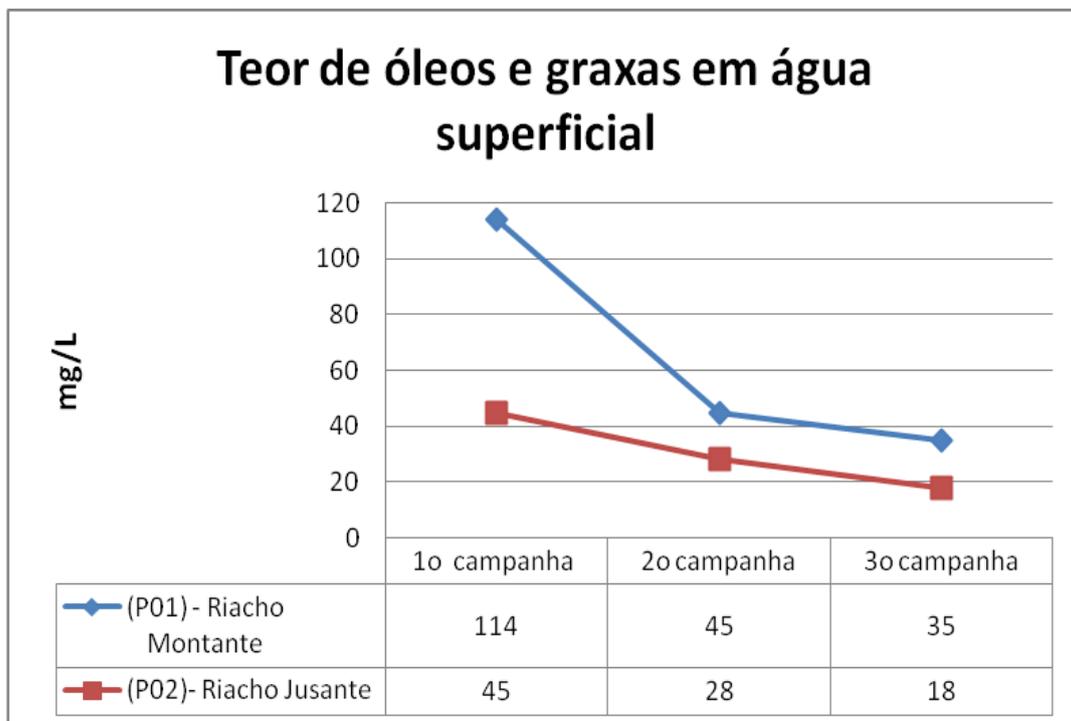
Na primeira campanha, realizada para análise do BTEX na água superficial foi encontrado apenas o tolueno, porém os níveis se encontram abaixo dos recomendados pela resolução CONAMA 460/2013, sua concentração à montante do Distrito dos Mecânicos estava um pouco menor (3,29 µg/L) do que à jusante (5,20 µg/L). Um fato que pode ter contribuído para esse resultado é o consumo de thinner e solventes à base do Tolueno utilizados por pequenas empresas localizadas às margens do riacho das Piabas localizadas a montante.

Na segunda campanha para análise do BTEX, realizada no mês de novembro com o volume do riacho reduzido encontramos à montante um valor cinco vezes maior de tolueno ($19,98 \mu\text{g/L}$) em relação à primeira campanha, e não foi encontrado à jusante do Distrito, uma ocorrência que aponta para a possibilidade da fonte de contaminação ser proveniente da presença de postos de combustíveis e oficinas mecânicas ao longo do riacho das Piabas, mesmo antes de suas águas chegarem ao Distrito dos Mecânicos.

Na terceira campanha realizada no início de dezembro não foram encontrados BTEX nas águas superficiais do riacho das Piabas à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos. Este fato pode ser justificado pela redução no índice pluviométrico no período que colabora com a redução do carreamento dos contaminantes para o riacho.

6.2.2 Resultado dos ensaios realizados em água superficial quanto à presença de TOG.

Figura 35 – Análise comparativa do Teor de Óleos e Graxas no riacho das Piabas
Campina Grande PB



Fonte: O autor

Os teores de óleos e graxas no riacho das Piabas estavam acima do permitido pela Resolução CONAMA 430/2011 que estabelece para as condições e padrões de

lançamento de efluentes, o teor máximo de 20 mg/L para óleos minerais e 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais necessitando assim, para alguns efluentes, de tratamento específico de redução do concentrado.

O resultado determinado para o TOG coletado na saída da caixa separadora da CAGEPA foi de 103 mg/L, portanto muito acima do permitido pela Resolução CONAMA. Esse resultado confirma a hipótese da falta de manutenção na caixa separadora da CAGEPA, contrariando assim, o que determina a resolução Resolução CONAMA 430/2011.

6.2.3 Resultados das análises realizadas em água superficial quanto à presença de HPA

Quadro 09. 1ª Campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análises de HPA

| Resultado das análises de HPAs em µg/L | P (01) | P (02) |
|---|--------|--------|
| Naftaleno | 0,57 | 0,52 |

Quadro 10. 2ª Campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análises de HPA

| Resultado das análises de HPAs em µg/L | P (01) | P (02) |
|---|--------|--------|
| Naftaleno | 1,13 | 1,11 |
| Acenaftileno | < LD | < LD |
| Acenafteno | < LD | < LD |
| Fluoreno | 5,14 | 5,15 |
| Fenantreno | < LD | < LD |
| Antraceno | < LD | < LD |
| Fluoranteno | < LD | < LD |
| Pireno | < LD | < LD |
| Benzo(a)antraceno | < LD | < LD |
| Benzo(b)fluoranteno | 5,95 | 5,97 |
| Benzo(k)fluoranteno | 6,22 | 6,23 |
| Benzo(a)pireno | < LD | < LD |
| Indeno(1.2.3-cd)pireno | 5,35 | < LD |
| Dibenzo(a,h)antraceno | < LD | < LD |
| Benzo(g,h,i)perileno | < LD | < LD |

Quadro 11. 3ª Campanha de coleta de águas superficiais no riacho das Piabas para análises de HPA.

| HPA Resultado do em $\mu\text{g/L}$ | P (01) | P (02) |
|-------------------------------------|--------|--------|
| Naftaleno | < LD | < LD |
| Acenaftileno | < LD | < LD |
| Acenafteno | < LD | < LD |
| Fluoreno | < LD | < LD |
| Fenantreno | < LD | < LD |
| Antraceno | < LD | < LD |
| Fluoranteno | < LD | < LD |
| Pireno | < LD | < LD |
| Benzo(a)antraceno | < LD | < LD |
| Benzo(b)fluoranteno | < LD | < LD |
| Benzo(k)fluoranteno | < LD | < LD |
| Benzo(a)pireno | < LD | < LD |
| Indeno(1.2.3-cd)pireno | < LD | < LD |
| Dibenzo(a,h)antraceno | < LD | < LD |
| Benzo(g,h,i)perileno | < LD | < LD |

Durante a primeira campanha, em uma avaliação preliminar, foi analisada apenas a presença do Naftaleno, que teve como resultado 0,57 $\mu\text{g/L}$ à montante e 0,52 $\mu\text{g/L}$ à jusante do riacho das Piabas, conforme mostrado no Quadro 04. Apesar da legislação não prever níveis de naftaleno em águas superficiais, os mesmos podem ser perigosos por serem compostos lipofílicos e altamente persistentes com elevada tendência à bioacumulação. Podem causar efeitos indiretos subletais (morte ecológica).

Durante a segunda campanha, realizada no início de novembro, observa-se que os níveis de Naftaleno à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos estão bem mais elevados, fato que pode ser justificado pelo aumento da concentração do contaminante resultado da redução no volume de água no riacho das Piabas ou então pelo aumento do descartes de hidrocarbonetos, ocasionado pela falta de manutenção na caixa separadora da CAGEPA.

Durante a terceira campanha as concentrações de HPAs estavam abaixo do limite de detecção do equipamento. Uma possível explicação para a diminuição da concentração de HPA no riacho das Piabas na 3ª campanha, poderia ser atribuída a redução do índice pluviométrico no período de coleta dificultando assim o transporte do contaminante.

6.2.4 Resultados das análises de BTEX realizadas em água subterrânea.

Quadro 12. 1ª Campanha de coleta de águas subterrâneas para análises de BTEX.

| BTEX (µg/L) | Benzeno | Tolueno | Etilbenzeno | o-xileno |
|--|---------|---------|-------------|----------|
| (Ponto 3) - Poço tubular Prefeitura | < LD | < LD | < LD | < LD |
| (Ponto 4) - Poço tubular Lava-jato | < LD | < LD | < LD | < LD |
| (Ponto 5) - Poço tubular Oficina Santiago | < LD | 12,37 | < LD | < LD |
| (Ponto 6) - Poço tubular Oficina ValtruK | < LD | | < LD | < LD |

Quadro 13. 2ª Campanha de coleta de águas subterrâneas para análises de BTEX

| BTEX (µg/L) | Benzeno | Tolueno | Etilbenzeno | O-xileno |
|--|---------|---------|-------------|----------|
| (Ponto 3) - Poço tubular Prefeitura | < LD | < LD | < LD | < LD |
| (Ponto 4) - Poço tubular Lava-jato | < LD | < LD | < LD | < LD |
| (Ponto 5) - Poço tubular Oficina Santiago | < LD | < LD | < LD | < LD |
| (Ponto 6) - Poço tubular Oficina ValtruK | < LD | < LD | < LD | < LD |

Quadro 14 3ª Campanha de coleta de águas subterrâneas para análises de BTEX

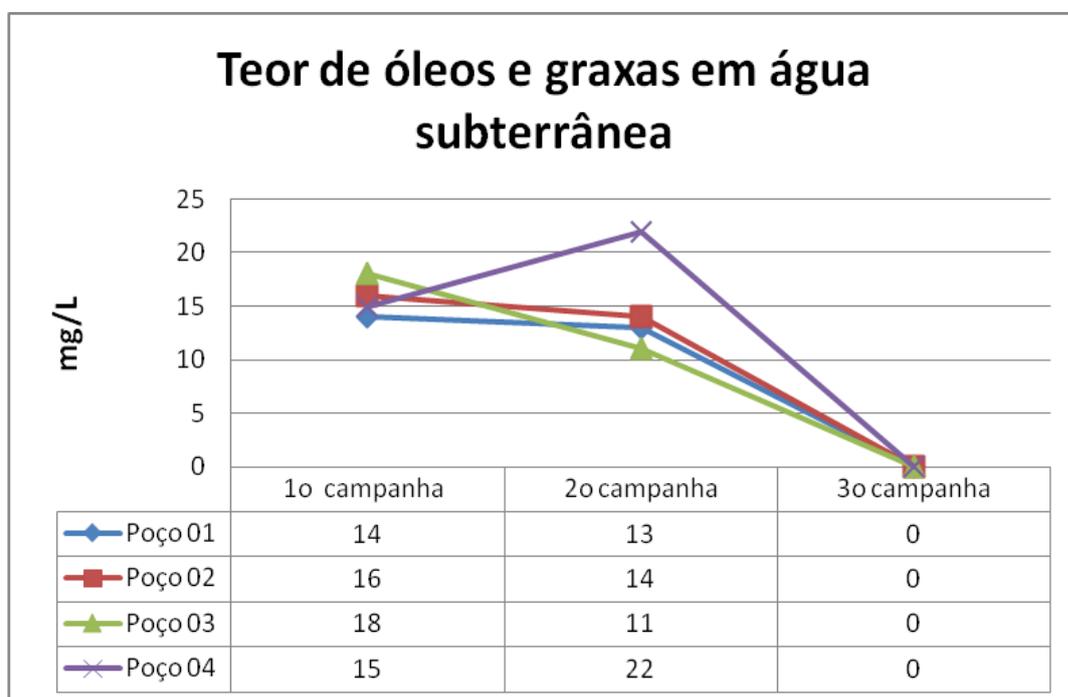
| BTEX (µg/L) | Benzeno | Tolueno | Etilbenzeno | O-xileno |
|--|---------|---------|-------------|----------|
| (Ponto 3) - Poço tubular Prefeitura | < LD | < LD | < LD | < LD |
| (Ponto 4) - Poço tubular Lava-jato | < LD | < LD | < LD | < LD |
| (Ponto 5) - Poço tubular Oficina Santiago | < LD | < LD | < LD | < LD |
| (Ponto 6) - Poço tubular Oficina ValtruK | < LD | < LD | < LD | < LD |

Os níveis de BTEX para água subterrânea se encontram abaixo do limite de detecção do equipamento, ou seja muito abaixo do limite da Resolução CONAMA 430,

apenas o tolueno foi encontrado no poço tubular da Oficina Santiago na 1ª campanha e não foi confirmado nas campanhas seguintes. Uma possível explicação para justificar a não contaminação dos poços tubulares por BTEX, seria pelo fato dos poços serem construídos em rochas cristalina, o que constitui uma barreira geológica para passagem dos hidrocarbonetos em direção à água subterrânea, bem como a profundidade média dos poços.

6.2.5 Resultados das análises realizadas em água subterrânea quanto ao teor de óleos e graxas TOG (Figura 36).

Figura 36 Análise comparativa do teor de óleos e graxas nos poços coletados no Distrito dos Mecânicos



Fonte: O Autor

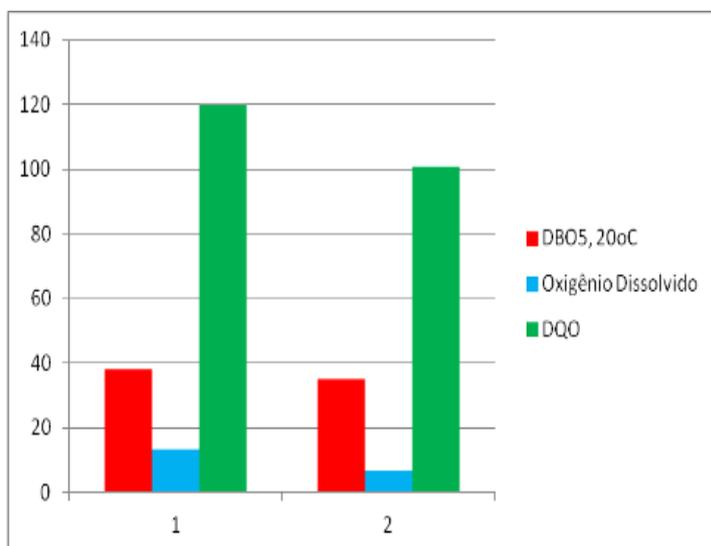
Existe a presença de Óleos e Graxas no lençol freático em todos os poços analisados na pesquisa. Confirma-se, portanto, a presença de hidrocarbonetos em água de classe I que deveriam ser virtualmente ausentes. Como se verifica nos dados acima a contaminação está relacionada ao carreamento dos contaminantes no período chuvoso que através de fraturas existentes no solo chegam ao lençol freático.

6.2.6 Resultado dos ensaios realizados em água subterrânea quanto à presença de HPA

Não foram detectados níveis de HPA nos pontos pesquisados para água subterrânea. Uma possível causa está relacionada a distância da fonte de contaminação e a barreira natural encontrada em poços de rochas cristalinas.

6.3 Resultados da análise química das amostras coletadas no riacho das Piabas à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos na campanha de inverno - julho/2014 (Tabela 04).

Tabela 04 Relação entre DBO₅, DQO e Oxigênio Dissolvido na campanha de julho no Riacho das Piabas. O n° 1 representa a montante o n° 2 a jusante.



Nas análises realizadas em julho de 2014 no riacho das Piabas, à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos, foram verificadas que a quantidade de DQO foi superior à de DBO_{5,20}. Pode-se comprovar, portanto, que o riacho das Piabas recebe uma carga de matéria orgânica antes de chegar ao Distrito dos Mecânicos. As análises mostram que ocorreu uma leve redução dos níveis de DQO e DBO_{5,20} após o Distrito dos Mecânicos. A diferença entre os dois locais de coleta do riacho das Piabas pode se

justificar pelo fato de que na montante ele apresenta menor vazão enquanto à jusante apresenta uma maior vazão, o que pode provocar maior movimentação e conseqüentemente uma reoxigenação da água, causando, assim, uma redução dos níveis de DQO e DBO_{5,20}. As análises de óleos e graxas realizadas à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos podem comprovar a redução dos níveis de carga orgânica através da redução dos parâmetros de DQO e DBO_{5,20}. Os níveis encontrados de óleos e graxas na 1ª campanha na montante foram de 114,0 mg/L, enquanto na jusante os níveis foram de 45,0 mg/L, e na segunda campanha os valores maiores estavam também à montante do Distrito, 45mg/L, enquanto que a jusante 28mg/L.

7.0 Conclusões

O resultado do diagnóstico do passivo ambiental no Distrito dos Mecânicos, utilizando-se da metodologia da CETESB ocorreu através de uma avaliação preliminar e confirmatória da presença de hidrocarbonetos de petróleo nas águas superficiais e subterrâneas, porém em caráter interdisciplinar torna-se necessário inicialmente uma análise do momento histórico para entender quais motivações sociais, políticas e administrativas ocorreram para a transformação da paisagem daquela região.

A construção do Distrito dos Mecânicos foi executada na década de 1980 com recursos do CNDU-BIRD através do projeto CURA¹⁶, que teve como motivação um plano urbanístico, buscando orientar a expansão da cidade e incentivar a ocupação dos vazios. O projeto também visava o embelezamento do Centro, tornando-o mais atraente para possíveis consumidores. Desta forma foi retirada grande parte das oficinas do Centro para um local mais amplo e adequado para a época, construído especificamente para acolhê-las. Porém, devido à imaturidade da legislação ambiental no início da década de 1980, o Distrito dos Mecânicos foi construído sem oferecer os padrões mínimos para a proteção ambiental: impermeabilização do solo, tratamento de efluentes, instalação da caixa separadora de água e óleo, sistema de monitoramento do solo e água para resíduos oleosos, além da destinação correta dos resíduos sólidos provenientes daquela área.

O trabalho de avaliação da contaminação por hidrocarbonetos sobre as águas superficiais e subterrâneas no Distrito dos Mecânicos em Campina Grande permitiu realizar um diagnóstico voltado às novas necessidades de entendimento do processo de degradação dos hidrocarbonetos de petróleo. O estudo, desenvolvido com foco no desenvolvimento sustentável permitiu uma visão crítica dos problemas que reduzem a qualidade da água e, por consequente, a qualidade de vida de todos os seres vivos.

¹⁶ O projeto CURA teve recursos que foram aplicados em Campina Grande na gestão do Prefeito Enivaldo Ribeiro, no final da década de 1970 e início de 1980 mudando a paisagem. O projeto urbanístico foi proposto tomando-se por base o Plano de Desenvolvimento Local Integrado (1972) atualizado pela COMDECA- Companhia Pró-Desenvolvimento de Campina Grande. Levou também em consideração o perfil do Município, levantamento sócio-econômico solicitado pela Secretaria de Planejamento (SEPLAN) e Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE). Dentre as ações propostas constava a supressão de carências de áreas próprias para recreação e cultura e de áreas verdes. As áreas foram divididas em *Áreas para Fins Recreativos e Paisagísticos* e *Áreas para Fins Paisagísticos* que compreendiam principalmente as áreas do açude Velho e trecho do riacho das Piabas. No projeto paisagístico com foco à modernização e embelezamento do Centro de Campina Grande, foi destinada uma nova área (o Distrito dos Mecânicos) para as oficinas que se localizavam neste espaço.

Podemos constatar, inicialmente, que as medidas de proteção aos recursos hídricos ainda permanecem distantes de uma realidade urgente; não existe uma proteção efetiva para os rios urbanos. O processo de contaminação por hidrocarbonetos no riacho das Piabas não é pontual e sim difuso. O mesmo, por ser tipicamente urbano, vem sofrendo com o processo de contaminação através de outras fontes que podem ser postos de combustíveis, lava-jatos, oficinas, pequenas indústrias, etc. Portanto, a influência do Distrito dos Mecânicos sobre com o processo de contaminação por hidrocarbonetos de petróleo em suas águas se mostra inconsistente.

Segundo a Lei 6938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente) que, em seu art. 2º estabelece que a “Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia a vida...”, e, no art. 4º que “A PNMA visará a compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico” identificamos que o lençol subterrâneo que se encontra em toda a região do Distrito dos Mecânicos está contaminado por óleos e graxas; porém, como os níveis de poluentes se encontram de forma uniforme em todos os poços pesquisados, concluímos que o processo de contaminação do lençol freático ocorre antes mesmo de suas águas chegarem ao Distrito dos Mecânicos.

Foi encontrado no poço da oficina Santiago a presença do Tolueno em uma concentração de 12,37 µg/L, ou seja, muito acima do determinado pela Resolução CONAMA 357/05 que estabelece limites para o de 2µg/L para águas doces de classe I. Os registros fotográficos que identificaram vazamentos em tanques de OLUC e manchas de óleo no solo de diversas oficinas podem ser indicadores da poluição do lençol subterrâneo.

O fato dos outros poços pesquisados não apresentarem o contaminante BTEX não exclui o perigo de contaminação, pois o que pode justificar a não contaminação de alguns poços é a possibilidade dos hidrocarbonetos estarem adsorvidos no solo e, desta forma não conseguem atingir as fraturas presentes nos aquíferos fissurados. É importante observar que esses solos, classificados com Solonetz Solodizado são relativamente rasos e isso dificulta o deslocamento da pluma de contaminação. Entretanto as coletas realizadas no mês de julho de 2014, com índice pluviométrico de 109 mm (AESAs, 2014) mostraram uma maior presença dos hidrocarbonetos HPA e óleos e graxas nas águas subterrâneas e superficiais. Estes dados quando comparados com as coletas realizadas nos meses de novembro e dezembro, com índices

pluviométricos próximos de zero, permitem demonstrar que (neste período de maior índice pluviométrico) os contaminantes dissolvidos na água podem atingir os corpos hídricos superficiais e subterrâneos mais facilmente.

Outro fator que pode ter contribuído para retenção dos contaminantes no solo e, conseqüentemente, retardado a migração dos hidrocarbonetos aos aquíferos, é a localização dos poços em rochas cristalinas, e por isso apresentam condições deficientes de alimentação, armazenamento e circulação de água, resultando assim em uma barreira natural contra o processo de contaminação. Será necessário uma análise de solo para atender à Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos que, no art 3º § V *A articulação da gestão dos recursos hídricos com a do uso do solo* indica a necessidade de uma gestão adequada da qualidade das águas subterrâneas, assegurando que é impossível gerir a qualidade das águas sem gerir e controlar a poluição do solo.

Podemos concluir que existe uma necessidade para a gestão, classificação e destinação adequada dos resíduos sólidos oriundos das oficinas mecânicas. Os resíduos caracterizados por diversos componentes contaminados por hidrocarbonetos, dentre eles as estopas e as embalagens contaminadas por óleo lubrificante podem ser veículos do contaminante para lixões e aterros sanitários. O gerenciamento dos resíduos sólidos é uma alternativa para mitigar possíveis impactos.

Podemos concluir também, com base nos resultados obtidos, que nas águas do riacho das Piabas, localizado à montante e à jusante do Distrito dos Mecânicos, encontram-se presentes cinco HPAs dos dezesseis previstos na lista prioritária da USEPA, necessitando esse corpo hídrico de um melhor monitoramento de suas águas. Porém, fica claro que os índices de HPAs encontrados na região pesquisada não tem origem no Distrito dos Mecânicos, pois os valores à montante e à jusante permanecem praticamente os mesmos, indicando ainda que existe uma necessidade de se pesquisar e identificar se essas fontes poluidoras são pontuais ou difusas.

Uma situação que pode ser agravante para a população quanto à contaminação destes recursos hídricos é o aumento da exploração do lençol subterrâneo sem um devido estudo de suas águas (dos quatro poços selecionados para pesquisa dois eram mais recentes, construídos em 2010 e 2012 respectivamente). Com a possibilidade de colapso no abastecimento de água em Campina Grande PB devido à redução de recarga no açude Epitácio Pessoa, tem ocorrido um aumento da exploração da água subterrânea na cidade.

As águas dos poços explorados no Distrito dos Mecânicos são utilizadas basicamente para atividade industrial, porém há registro dos próprios empresários e trabalhadores do consumo das águas do poço de propriedade da Prefeitura. Apesar de alto índice de salinidade, o mesmo apresentava um dessalinizar e alguns trabalhadores e moradores da área a utilizavam como água potável, o que pode representar sérios riscos à saúde devido ao elevado índice de hidrocarbonetos.

Apesar de o Distrito não ser uma fonte direta de contaminação para as águas superficiais e subterrâneas, não se pode deixar de lado os problemas ambientais que área enfrenta. O fato de o Brasil ter uma legislação ambiental recente aliado a uma gestão deficiente na preservação dos recursos hídricos é identificado pela ausência de valores quantitativos de limites de emissão de alguns poluentes como, por exemplo, os HPAs.

Apesar do setor de serviços mecânicos ter um importante papel na economia, o mesmo sofre com a carência de políticas públicas efetivas que possam fomentar investimentos em educação e tecnologia aplicadas ao setor. Assim, muitas oficinas mecânicas criadas na década de 1980 não executaram um plano de gerenciamento ambiental para adequação às normas ambientais e introdução de equipamentos simples, a exemplo da caixa separadora de água e óleo para, desta forma, mitigar os possíveis impactos ambientais.

A simples penalização na forma da lei, como foi relatado por alguns profissionais, por si só, não resolve o problema da área de estudo, existe sim uma necessidade de um projeto maior que contemple as questões sociais, ambientais e econômicas de forma planejada e inclusiva.

Como alternativa pode-se citar uma possível parceria entre a Prefeitura, o Governo do Estado, o Ministério Público e Associação dos Mecânicos para um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), a exemplo do que ocorre no Município de Natal - RN para que os postos de combustíveis atendam às normas ambientais, visando à adequação ambiental, utilizando-se, por exemplo, da norma ISO 14.000 que compreende normas sobre o sistema de gestão ambiental aplicadas na melhoria do aspecto ambiental, tais como ciclo de vida dos produtos e eficiência no processo da produção mais limpa¹⁷ (PML) que implica em eliminar a poluição durante o processo de produção e não no processo final.

¹⁷ Produção Mais Limpa significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas,

Outras alternativas, complementares à primeira, seriam uma campanha de Educação Ambiental (EA), que compõe um dos objetivos da Política Municipal do Meio Ambiente (Seção II Art.3º) e o cumprimento das exigências legais de acordo com a legislação ambiental da Paraíba (capítulo IV Art. 228), para resolver a situação legal das oficinas mecânicas daquela região.

Há uma Associação dos Mecânicos que consegue agregar grande parte dos estabelecimentos ali localizados e que poderia ser um ponto de partida para um trabalho de Educação Ambiental e para uma possível parceria com o Ministério Público e representações políticas e ambientais locais para o estabelecimento de estratégias e metas com o foco na melhoria da qualidade dos serviços prestados, na adequação do ambiente de trabalho para os funcionários e frequentadores do local e para a proteção ambiental. Cabem metas destinadas à reciclagem de resíduos sólidos, plantio de árvores em canteiros centrais (que estão sendo invadidos), elaboração de cartilhas que orientem proprietários e funcionários quanto às demandas ambientais do lugar, entre outras.

Por fim, há que se considerar que toda medida que vise a aplicação das normas legalmente previstas ou a mitigação dos impactos ambientais no Distrito dos Mecânicos deve ter ciência da geração de emprego e renda que aquele espaço proporciona, além da necessidade, quantidade e qualidade dos serviços prestados pelos estabelecimentos à comunidade de Campina Grande e entorno.

Referências bibliográficas:

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-10.004: *Classificação de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro, 2004. 71p.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-9800: *Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário*. Rio de Janeiro, 1987. 6 p.

AESA – AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA. Monitoramento. 2014. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria>. Acesso em: 05/01/2014.

ABRIOLA, L.M. *Multiphase Flow and Transport Models for Organic Chemicals: a Review and Assessment*. Electric Power Research Institute, Final Report. Ann Arbor, Michigan, September, 1988. 93p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil*. Brasília: ANA, Superintendência de Recursos Hídricos, 2005, 176p.

ALMEIDA, F. V.; CENTENO, A. J.; BISINOTI, M. C.; JARDIM, W. F. Substâncias Tóxicas Persistentes (STP) no Brasil. *Revista Química Nova*. V. 30, N. 8, p. 1976-1985, 2007.

ANDRADE, J. A.; AUGUSTO, F.; JARDIM, J. C. S. F. Biorremediação de solos contaminados por petróleo e seus derivados. In: *Eclética Química*. São Paulo, v. 35, n. 3, p 17-43, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eq/v35n3/v35n3a02.pdf> Acesso em: 19/12/2011.

ANDRADE, D. C., E ROMEIRO A. R., *Serviços ecossistêmicos e sua importância para o sistema econômico e bem-estar humano*. Texto para Discussão. IE/UNICAMP, Campinas, n. 155, fev. 2009.

ANJOS, R. B. *Avaliação de HPA e BTEX no solo e água subterrânea, em postos de revenda de combustíveis: Estudo de casa na cidade de Natal/RN*. Dissertação de Mestrado. Pós graduação em Ciência e Engenharia do Petróleo UFRN. 106f. 2012.

ASTDR, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Case studies in Environmental Medicine Toxicity of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH)*. Course: WB 1519, 2009.

AUDAMEC Marketing e Pesquisa Automotiva. Número de oficinas mecânicas no Brasil. Disponível em: <http://www.audamec.com.br/Numero-de-oficinas-mecanicas-no-Brasil/2/n/>. Acesso em 08 abril de 2014.

BACCI e PATACA. Educação para a água. In: *Estudos avançados*, vol. 22, no 63, São Paulo, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142008000200014>. Acesso em 20/11/2014

BACKETT, G.D.; HUNTLEY, D. Persistence of LNAPL sources: relationship between riskreduction and LNAPL recovery. *Journal of Contaminant Hydrology*. San Diego, v. 59, p. 3-26, 2002.

BARBOSA, T. L.; ARAÚJO Jr., R. J.; DINIZ, C. R.; BARBOSA, J. E. L.; CEBALLOS, B. S. O. Qualidade de água de corpos aquáticos inseridos na bacia do rio Paraíba. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Olinda. Anais. Olinda: ABES, 2009.

BAUMGARTEN, M. G.; POZZA, S. A. *Qualidade de águas*. Descrição de parâmetros químicos referidos na legislação ambiental. Rio Grande: Ed. FURG, 2001. 166p.

BBC Brasil. <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/story/2004/01/040121-tamisaebc.shtml>. Acesso em: 05/02/2014.

BELLER, H.R.; GRBIC-GALIC, D.; REINHARD, M. Microbial degradation of toluene under sulfate-reducing conditions and the influence of iron on the process. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 58, n.3, p.786-793, 1992.

BOFFETA, P.; JOURENKOVA, N. & GUSTAVSSON, P.. Cancer risk from occupational and environmental exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons. *Cancer Causes & Control*, 8: 444-472, 1997.

BOTELHO, R. G. M.. Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, Antônio José Teixeira; SILVA, Antônio Soares da; BOTELHO, R. G. M., (Orgs) *Erosão dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 269-300, 1999

BRASIL. Lei no 9.433/97. *Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm. Acesso em 03/06/2014.

BRASIL, Lei no 6.938/81. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm. Acesso em 05/07/2014.

CAPRA, F. O Tao da Física: *Um paralelo entre a física moderna e o misticismo oriental*. São Paulo: Cultrix,1975.

BP Statistical Review of Wold Energy. BP, Junho 2008.

CASTRO, V. P.; ZUKOWSKI JUNIOR, J. C.; SERRA, J. C. V. Impactos ambientais negativos da manutenção de máquinas em Porto Nacional – Tocantins. In: *Revista Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 8, n.2, p.050 -064, abr. / jun. 2011.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Ficha de informação toxicológica benzeno*. 2012. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/fit/benzeno.pdf>. Acesso em 03/12/2014.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Manual de gerenciamento de áreas contaminadas*. 10/2001. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/areas_contaminadas/anexos/download/0010.pdf. Acesso em 23/07/2013.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo; série relatórios*. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>. Acesso em 04/07/2014.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Significado Ambiental e Sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem*. 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>. Acesso em 12/12/2014.

CIESP – Centro das Indústrias do Estado de São Paulo. IBGE apresenta ranking dos 10 rios mais poluídos do Brasil. Disponível em: <http://www.ciespjacarei.org.br/noticias/ibge-apresenta-ranking-dos-10-rios-mais-poluidos-do-brasil/>. Acesso em 02/05/2013

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 420, 30 de Dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em 10/09/2013.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução número 357, de 17 de maio de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 22/08/2014.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 237, em 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os critérios para o Licenciamento Ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 22/08/2014.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 22/08/2014.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o

enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em 03/07/2012.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 460, de 2013. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=620>. Acesso em: 15/01/2014.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 1/86. Dispõe sobre a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 05/03/2014.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 313/2002. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=335>. Acesso em 11/11/2014.

Contaminants into Buildings. In: *Environmental Science & Technology*, v. 26, n.11, p.2058-2065, 1992.

CORSEUIL, H. X., & MARINS M. D. M. Contaminação de águas subterrâneas por derramamentos de gasolina: O problema é grave? In: *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.2, n.2, p.50-54, 1997.

COSTA, A. F. *Avaliação da Contaminação humana por hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAH): 1-Hidroxipireno Urinário*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, RJ: Escola Nacional de Saúde Pública, 2001.

COSTA, A.H.R., NUNES, C.C; CORSEUIL, H. X. Biorremediação de águas subterrâneas impactadas por gasolina e etanol com o uso de nitrato. In: *Revista Eng. Sanitária Ambiental*. V.14 n.2, p 265-274, 2009.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260, 1997.

COUTINHO R. C. P., & GOMES C. C. Técnicas para remediação de aquíferos contaminados por vazamentos de derivados de petróleo em postos de combustíveis. In: *XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/sgcv3/index.php?PUB=3&ID=19&PAG=2>. Acesso em 05/03/2014.

CPRM – Serviço geológico do Brasil. *Ações emergenciais de combate aos efeitos da seca; Noções básicas sobre poços tubulares*. Agosto, 1998. Disponível em:

<http://www.cprm.gov.br/arquivos/pdf/dehid/manubpt.pdf>. Acesso em 18/07/2014
Acesso em 24/03/2014.

CPRM – Serviço geológico do Brasil. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea; Diagnóstico do município de Campina Grande PB*. Outubro, 2005. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/CAMP050.pdf>. Acesso em 02/02/2014.

COLLINS, C; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S., *Fundamentos de Cromatografia*. Campinas: Editora Unicamp, 2011.

DAILY, G. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystem*. Washington: Island Press, 1997.

DALY, H.E., FARLEY, J. *Ecological Economics: principles and applications*., Washington: Island Press, 2004.

DE GROOT, R. S. *Functions of Nature: Evaluation of Nature in Environmental Planning, Management and Decision-making*. Wolters Noodhoff BV, Groningen, the Netherlands. 1992.

DENATRAN frota de veículos <http://www.denatran.gov.br/frota2014.htm>. Acesso em 26/05/2014.

DEUTSCHE WELLE (DW) (2013). Despoluição de rios. Disponível em: <http://www.dw.de/top-5-despolui%C3%A7%C3%A3o-de-rios/a-16668345>. Acesso em: 10/10/2013.

DOMENICO, P. A., SHWARTZ, F. W. *Physical and Chemical Hydrogeology*. John Wiley & Sons, 1990. 824p.

DOUGLAS, G. S.; PRINCE, E. L.; BUTLER, E. L.; STEINHAUER, W. G. The Use of internal chemical indicators in Petroleum and Refined Products to Evaluate the Extent of Biodegradation. In: HINCHEE, R. E., ALLEMAN, B. C., HOEPEL, R. E.; MILLER R. N. *Hydrocarbon Bioremediation*. Tokyo: Lewis Publishers, 1994, p 477.

DRM - Departamento de Recursos Minerais. *Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas*. Junho de 2001. Disponível em: http://www.drm.rj.gov.br/admin_fotos/agua_subterranea/06-Pocos_tubulares.pdf. Acesso em 02/09/2014.

DUARTE, Regina Horta. *História & natureza*. Belo Horizonte: Autêntica, 2007.

DUTRA FILHO V T. Gestão de resíduos sólidos em oficinas mecânicas. *1º simpósio SINDEREPA RS*. 26/04/2012. Disponível em: HTTP://www.grcs.com.br/sindirepa/palestra_02pdf. Acesso em 28/06/2014.

EIA - Administração de informação energética dos Estados Unidos. Produção e consumo de combustíveis líquidos no Brasil. Disponível em: <http://www.eia.gov/petroleum/>. Acesso em 15/12/2014.

EMBRAPA – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. *Recursos hídricos no semi-árido*. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/princip/rechidro.html>. Acesso em 09/11/2013.

EMBRAPA – Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. *Mapa de solo de Campina Grande – PB*, 1972. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=pb>. Acesso em 05/05/2013.

ENSAIOS DE GENOTOXIDADE. Disponível em : <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/saibamais/ensaios-genotoxicidade.pdf> . Acesso em 02/01/2015.

EPAMA – Produtos e serviços para postos de combustíveis. Disponível em: <http://www.epama.com.br/como-estao-as-caixas-separadoras-de-agua-e-oleo-do-seu-posto>. Acesso em 19/01/2013.

FEEMA/SEMADS/COPPETEC. Programa de capacitação técnica e gerencial de órgãos ambientais Fase II. Módulo 8: *Controle de efluentes líquidos em atividades potencialmente poluidoras de pequeno porte*. Rio de Janeiro, 2003.

FOSTER,S., HIRATA,R.,GOMES,D.,D’ELIA,M.,PARIS,M. *Groundwater quality protection: a guide for water utilities, municipal authorities and environment agencies*. Washington DC: The World Bank, 2002. Disponível em http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2009/01/12/000334955_20090112025904/Rendered/PDF/250710PUB00BOX334116B01PUBLIC1.pdf. Acesso em 22/03/2013.

GOBATO, E. A. A. F; LANÇAS, F.M. Comparação entre injeção na coluna (“on-column”) e herdspace dinâmico na determinação de benzeno, tolueno e xilenos (BTX) em amostras de água. *Química Nova* [online]., vol.24, n.2, pp. 176-179. 2001

GUIMARÃES, A. O.; MELO, A. D.; CEBALLOS, B. S. O.; GALVÃO, C. O.; MÁRCIA, M. M. R. Aspectos da gestão do açude Epitácio Pessoa (PB) e variação da qualidade de água. In: *Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24, 2006, Fortaleza. Anais. Fortaleza: ABES, 2006.

GUSMÃO, A. D. *Águas Subterrâneas Aspectos de Contaminação e Remediação*. Pernambuco: EDUPE, 2002. 193p.

HAMMER, Mark J.; HAMMER, Mark J. Jr. *Water and wastewater technology*. 5. ed. New Jersey, EUA: Prentice-Hall, 1996. 519 p.

HARRIS, D. C. 2012. *Análise química quantitativa*. 8. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HILLEL, Daniel. *Movement and Retention of Organic in Soil: A Review and a Critique*

of Modeling. In: KOSTECKI, P. T., CALABRESE, E. J. *Petroleum Contaminated Soils* – Vol. 1. Chelsea: Lewis Publishers, p.81-86. 1988.

HUNT, J. R., SITAR, N., UDELL, K. S. Nonaqueous Phase Liquid Transport and Cleanup: 1 Analysis of Mechanisms. In: *Water Resources Research*, v.24, n.8, p.1247-1258, 1988.

HÖRNKE, Frank. Despoluição de rios. Disponível em: <http://www.dw.de/top-5-despolui%C3%A7%C3%A3o-de-rios/a-16668345>. Acesso em 28/05/2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico 2010*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 10/01/2014.

INCA: INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. *Vigilância do Câncer Ocupacional e Ambiental*, 2005. Disponível em: <http://www.inca.gov.br/inca/Arquivos/publicacoes/vigilanciadocancerocupacional.pdf>. Acesso em: 18/06/2013

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Parâmetros químicos*. Disponível em: <http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aminas_nwindow/param_quimicos.htm>. Acesso em: 03/06/ 2014.

IPEF - Instituto de pesquisas e estudos florestais. 1994. Disponível em: <http://www.ipef.br/legislacao/bdlegislacao/detalhes.asp?Id=5154>. Acesso em 10/11/2014

KOLESNIKOVAS, C., *Avaliação de Risco Toxicológico para Hidrocarbonetos Totais de Petróleo em Forma Fracionada Aplicada à Gestão e Monitoramento de Água Subterrânea em um Complexo Industrial*. Tese (Doutorado) IG/USP – São Paulo 2006.

LANÇAS, F. M. *Extração em Fase Sólida (SPE)*. São Carlos: Rima, 2004. 96p.

LANÇAS, F. M. *Cromatografia em fase gasosa*. São Carlos: Acta, 1993.

LANNA, A. E. L. *Gerenciamento de Bacia Hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos*. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1995. 171 p.

LEAL, A.S., *As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidades e uso*. Brasília: ANEEL, 1999 - CD-ROM.

LITTLE, J. C., DAISEY, J. M., NAZAROFF, W. W. Transport of Subsurface.

LISBOA, A. H. Projeto Manuelzão: uma experiência de revitalização de rios em Minas Gerais, Brasil. In: MACHADO, A.T.G.M. *Revitalização dos rios no mundo*. Belo Horizonte: Instituto Guaicury, 2010. p.13-16.

LOPES, W. A. & ANDRADE, J. B. Fonte, formação, reatividade e quantificação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) na atmosfera. In: *Química Nova*, 19: 497-516. 1996

LOPES, V. S. M., *Avaliação preliminar da contaminação por BTEX, em água subterrânea de poços tubulares, no município de Natal/RN*. Dissertação de Mestrado Pós Graduação em Engenharia de Produção UFRN. 70 f. Natal/RN, 2011.

MACKAY, Douglas, CHERRY, John A. Groundwater Contamination: Pump-and-Treat Remediation. In: *Environmental Science & Technology*, v.23, n.6, 7p., 1989.

MACKAY, Douglas, M., ROBERTS, P. V., CHERRY, J. A. Transport of Organic Contaminants in Groundwater. In: *Environmental Science & Technology*, v.19, n.5, p.384-392, 1985.

MARANHÃO, R. A. Impactos da ocupação urbana e qualidade das águas superficiais na microbacia de Val-de-Cães (BELÉM/PA). In: *Caminhos de Geografia*. Uberlândia v. 12, n. 38 jun/2011 p. 176 – 186.

MAZZUCO L. M., *Atenuação natural de hidrocarbonetos aromáticos em aquíferos contaminados com óleo diesel*. Dissertação de Mestrado. Pós Graduação em Química UFSC 86f. 2004.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA), 2003. *Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment*. Island Press, Washington, DC.

MEADOWS, D. L., MEADOWS, D. H., RANDERS, J. & BEHRENS, W.W. *Limites do crescimento - um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o dilema da humanidade*. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1972.

MELO JUNIOR H. R. e COSTI A. C. Z. Avaliação da contaminação das águas subterrâneas por hidrocarbonetos provenientes de posto de abastecimento de combustível na Vila Tupi, Porto Velho (RO). In: *Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. 2004.

MPRN, Adequação ambiental dos postos de combustíveis de Natal e recuperação da área degradada. In: DIAS, G. M. *Projeto de adequação ambiental de postos de combustíveis na cidade de Natal*. 2012 Disponível em: http://www.mprn.mp.br/control/file/2013/CEAF/Adequacao_Ambiental_Postos_Combustiveis_Gilka_da_Mata.pdf. Acesso em 08/09/2014.

MPRN, Adequação ambiental dos postos de combustíveis de Natal e recuperação da área degradada. In: SILVA, D. R. & RAMALHO, A.M.Z. *Uma cidade sob investigação de passivo ambiental*. 2012 Disponível em: http://www.mprn.mp.br/control/file/2013/CEAF/Adequacao_Ambiental_Postos_Combustiveis_Gilka_da_Mata.pdf. Acesso em 08/09/2014.

MURRAY, Patrick R.; ROSENTHAL, Ken S.; PFALLER, Michael A. *Microbiologia médica*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 776/2004 Dispõe sobre a regulamentação dos procedimentos relativos à vigilância da saúde dos trabalhadores expostos ao benzeno, e dá outras providências. Disponível em:

<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-776.htm>. Acesso em 12/12/2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA Nº 518/GM Em 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>. Acesso em 05/05/2013.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. PORTARIA Nº 2914 em 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Disponível em: http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em 14/08/2013.

NBR, Normas Técnicas Brasileira, resolução nº12614:1992, *Determinação da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) - Método de incubação (20°C, cinco dias)*.

NBR, Normas Técnicas Brasileira, resolução nº10739: 1989, *Determinação de oxigênio consumido - Método do permanganato de potássio*.

NETTO, A. D. P.; MOREIRA, J. C.; DIAS, A. E. X. O. ARBILLA, G.; FERREIRA, L. F. V.; OLIVEIRA, A. S.; BAREK, J. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA) e seus derivados nitrados (NHPA): Uma revisão metodológica. *Química Nova*, v.6, p. 765 – 773, 2000.

NUNES, G. B. & BARBOSA, A. F. F., Gestão dos resíduos sólidos provenientes dos derivados de petróleo em oficinas mecânicas da cidade de Natal/RN. In: *I Encontro Nacional de Educação, Ciência e Tecnologia (ENECT)*. UEPB. Campina Grande- PB 2012.

Número de oficinas mecânicas no Brasil. Disponível em: <http://www.audamec.com.br/Numero-de-oficinas-mecanicas-no-Brasil/2/n/>. Acesso em 26/05/2014.

OLIVEIRA, L. I & LOUREIRO C. O., Contaminação de aquíferos por combustíveis orgânicos em belo horizonte: avaliação preliminar. In: *X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. 1998. Disponível em: <http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/22287/14630> Acesso em 12/04/2014.

PEREIRA, J. A. R. Geração de resíduos industriais e controle ambiental. In: *Saber. Ciências Exatas e Tecnologia*, Belém, v. 3, p. 121-139, 2001.

PEREIRA, R. M. P. G., *Análise das configurações da sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos: estudo exploratório no alto curso do Rio Paraíba (PB)*. Tese Doutorado em Recursos Naturais. Campina Grande, 2012.

PNUD – Relatório de Desenvolvimento Humano. Brasil, 2005. Disponível em: http://www.pnud.org.br/arquivos/brazil_2005_po.pdf. Acesso em 22/03/2014.

POLAKIEWICZ, L. *Estudo de Hidrocarbonetos Policíclicos aromáticos nos estuários de Santos e São Vicente – SP utilizando diatomito como material absorvente*. Dissertação de Mestrado do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN “Autarquia Associada à Universidade de São Paulo”. São Paulo, SP. 2008.

PORTO, K. G., FERREIRA I. M., Gestão das bacias hidrográficas urbanas e a importância dos ambientes ciliares. In: *Geografia em questão* ISSN 2178-0234 V.05 N. 02 2012 pág. 43-57 .

REBOUÇAS A. C., BRAGA, B., TUNDISE J. G. *Águas doces no Brasil, Capital Ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Editora Escritura, 1999, 717p.

REQUISITOS DE DADOS TOXICOLÓGICOS. Disponível em: http://www.prc.cnrs-gif.fr/reach/pt/toxicological_data.html . Acesso em: 02/01/2015.

RIBEIRO, F.S.N.(org). *Diretrizes para a vigilância do câncer relacionado ao trabalho*. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva, Coordenação Geral de Ações Estratégicas, Coordenação de Prevenção e Vigilância, Área de Vigilância do Câncer relacionado ao Trabalho e ao Ambiente: Rio de Janeiro : Inca, 2012.187 p.

ROSA, L. G.; SOUSA, J. T.de.; LIMA, V. L. A. de.; ARAUJO, G. H.; SILVA, L. M. A. da.; LEITE, V. D. Caracterização de águas residuárias oriundas de empresas de lavagem de veículos e impactos ambientais. In: *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 179-199, 2011. <http://dx.doi.org/10.4136/ambiagua.532>. Acesso em 02/12/2014

SÁNCHEZ, Luis Enrique. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Editora Oficina de Textos, 2008.

SCHAMA, Simon. *Paisagem e memória*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SENAI. *Centro Nacional de Tecnologias Limpas*. Disponível em: <http://www.senairs.org.br/cntl/> . Acesso em 11/07/2014

SCHIANETZ, B. *Passivos ambientais: levantamento histórico, avaliação da periculosidade, ações de recuperação*. Curitiba, PR: Ed. Santa Mônica, SENAI, 1999. 200p.

SILVA, R. L. B.; BARRA, C. M.; MONTEIRO, T. CARLOS DO N. & BRILHANTE O. MAGNO, 2002. *Estudo da contaminação de poços rasos por combustíveis orgânicos e possíveis conseqüências para a saúde pública no Município de Itaguaí, Rio de Janeiro, Brasil*. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sciarttext&pid=S0102-311X2002000600014> & lng=pt&nrm=isso > . Acesso em :09/02/2014.

SISSINO, C.L.S., NETTO, A.D.P, REGO, E.C.P., LIMA, G.S.V. Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos em resíduos sólidos industriais: uma avaliação preliminar do risco potencial de contaminação ambiental e humana em áreas de disposição de resíduos. In: *Caderno de Saúde Pública*, v. 19, no 2, Rio de Janeiro, Março/ Abril, 2003.

SMITH, J.A.; SHANNON, L.B. & SUSAN, E.B. *Sorption and permeability of gasoline hydrocarbons in organobentonite porous media*. J. Hazard. Mater., 96:91-97, 2003.

SNATURAL – Separador de água e óleo. Disponível em: <http://www.snatural.com.br/Separadores-Agua-oleo.html>. Acesso em: 24/05/2013.

SOUZA *et al.* Avaliação e quantificação de contaminantes emergentes do tipo HPA no riacho algodoads em Suape – PE, via gc-ms XIX *Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Maceió- AL, 2011.

SOUZA, D. Pires. *Avaliação de Contaminantes Emergentes do tipo HPA no Riacho Algodoads Suape-PE, e Tratamento via Processo Oxidativo Avançado*. Dissertação de Mestrado. UFPE. Pós Graduação em Engenharia Química Recife, PE. 2012.

SOUZA, L.D. e FARIAS, L. T. Determinação de TOG em amostras de água da bacia hidrográfica do rio Apodi/Mossoró. In: *IV CNNQ/II ENNEQ*, 2011.

SPERLING, M. V. Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. In: *Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. Vol1. Minas Gerais: ABES, 1995.

TOMAZ, Plínio. *Manejo de águas pluviais: caixa de retenção de óleos e sedimentos*. Ed. Plínio Tomaz: 2010. p 1800. Disponível em: http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/capitulo36_captacao_oleos.pdf. Acesso em: 01/09/2014.

THEODORSON, G.A. & THEODORSON, A.G. *A modern dictionary of sociology*. London, Methuen, 1970.

TUCCI, Carlos E. M. Águas urbanas. *Estud. av.* [online]. 2008, vol.22, n.63, pp. 97-112. ISSN 0103-4014.

TUNDISI, J. G., *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Paulo: Editora Rima, 2005, 248p.

UNIÃO EUROPEIA. *Serviços Ecológicos*. Set. 2009. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Ecosystems%20goods%20and%20Services/Ecosystem_PT.pdf . Acesso em: 10 Nov 2014.

USEPA, 2003. *Procedures for the Derivation of Equilibrium Partitioning Sediment Benchmarks (ESBs) for the Protection of Benthic Organisms: PAH Mixtures* U. S. Environmental Protection Agency sand Office of Science and Techology. Washington. Disponível em: http://www.epa.gov/nheerl/download_files/publications/PAHESB.%20Pdf Acesso em: 02/05/2013.

VEIGA, José Eli da. *Desenvolvimento sustentável*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

VEIGA, I. G. *Avaliação da origem dos hidrocarbonetos em sedimentos superficiais de manguezais da região norte da Baía de todos os Santos/Bahia*. Dissertação de Mestrado. Macaé, RJ: UENF, 2003

APÊNDICES

Apêndice 01 – Modelo da Entrevista Semiestruturada

Roteiro de Entrevista Semiestruturada

Questionário No _____

01 – Endereço

Rua: _____ No _____

Telefone: _____

Proprietário: _____

02 – Atividade desenvolvida do Distrito dos Mecânicos

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Mecânica Diesel* automotiva | <input type="checkbox"/> Lanternagem/Pintura | <input type="checkbox"/> Elétrica |
| <input type="checkbox"/> Reparação/Manutenção de veículos de motores | <input type="checkbox"/> Sucata | <input type="checkbox"/> Retífica |
| <input type="checkbox"/> Bar – especificar | <input type="checkbox"/> Lanchonete | <input type="checkbox"/> Outros |

Mecânica Diesel

O que é feito com o óleo usado?

- Vendido para empresa específica
 Jogado fora
 Outro

Existe caixa separadora de água e óleo ou outra medida de retenção de poluentes?

- Sim Não outra
(especificar) _____

03 – Quais tipos de resíduos são produzidos nesta oficina?

- Papel/papelão. Plástico. Metal. Óleo
queimado.
 Carcaça de bateria. Estopa suja de óleo e/ou graxa. Pneu.
 Limalha

04 – Existe coleta seletiva de resíduos sólidos?

- Sim não

05 – Há conhecimentos de pessoas que coletam resíduos?

- Sim Não

Quais materiais são coletados?:

- a) Ferro velho b) Papelão c) Óleo d) Plástico e) madeira f) Outros (especificar)

Apêndice 02

Cristian 88 62 3035
99 388653

| | | | |
|---|--|--|---|
|  | <p>UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA Programa Regional de Pós-Graduação Em Desenvolvimento e Meio Ambiente MESTRADO/DOUTORADO - Sub-Programa UFPB Site: www.ppg.ufpb.br/prodema Email: prodemaufpb@yaho.com.br</p> | <p>PRODEMA Caixa Postal 5122 João Pessoa - PB 58051-970 Fax/Fone: (83) 3216-7472</p> |  <p>PRODEMA</p> |
|---|--|--|---|

Ofício nº 002/2014 – PRODEMA

João Pessoa, 29 de abril de 2014.

CAGEPA

Gerente Regional Borborema Alexandrina Moreira Formiga

Assunto: Solicita uma visita ao PV 17, Caixa de Areia, Separador de Óleo e PV 18, localizado na rua: José Firmino da Silva, no Distrito dos Mecânicos de Campina Grande-PB.

Informamos que aluno Cristian José Simões Costa, Matrícula 2013101442, necessita de uma visita para localização da Caixa de Areia e Separador de Óleo, e posterior coleta de efluentes originados do Distrito dos Mecânicos para análise Físico-Química no Laboratório EXTRABES e análise para detecção de Hidrocarbonetos no Laboratório de Combustíveis da UFPB LACOM, contribuindo assim para construção de dados da dissertação intitulada “ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM OFICINAS MECÂNICAS SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS EM CAMPINA GRANDE (PB)”, de Mestrado do PRODEMA UFPB, de sua autoria, no dia

Atenciosamente,

SISTEMA DE PROTOCOLO
Processo: 0012687-14
OFÍCIO

INF. NEG. DE VISITA


Saulo Cordeiro Fernandes
Matr: 00419532
Secretário do PRODEMA

ANEXOS

ANEXO 01 – Dados sobre o Poço da Prefeitura localizado no Distrito dos Mecânicos, Campina Grande PB

POÇO PREFEITURA



Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba
DIROP – Diretoria de Operações
GHS – Gerência de Hidrogeologia e Sondagens

TESTE DE VAZÃO

Equipe: Teste II

Contrato:

| | | |
|-------------------------------|----------------|--|
| Município: Campina Grande | Prof.: 36,00 m | ND: 8,510 m |
| Local: Distrito dos Mecânicos | Crivo: 29,70 m | Vazão: 7,200 m ³ /h |
| Tb.: 06:00 hs | NE: 0,210 m | Início: 19.12.2013 Término: 19.12.2013 |

| HORA | T (min.) | ND (m) | S (m) | Q (m ³ /h) | Q/S (m ³ /h/m) | RECUPERAÇÃO | | | Tb/T + 1 |
|-------|----------|--------|-------|-----------------------|---------------------------|-------------|-------------------------------|-------|----------|
| | | | | | | T | ND | S | |
| 06:31 | 1 | 2,210 | 2,000 | 10,285 | 5,142 | 1 | 6,650 | 6,440 | 361 |
| 06:32 | 2 | 3,070 | 2,860 | 10,285 | 3,596 | 2 | 6,020 | 5,810 | 181 |
| 06:33 | 3 | 3,610 | 3,400 | 10,285 | 3,025 | 3 | 5,680 | 5,470 | 121 |
| 06:34 | 4 | 4,110 | 3,960 | 10,285 | 2,637 | 4 | 5,370 | 5,160 | 91 |
| 06:35 | 5 | 4,180 | 3,970 | 10,285 | 2,590 | 5 | 5,160 | 4,950 | 73 |
| 06:36 | 6 | 4,230 | 4,020 | 10,285 | 2,558 | 6 | 5,030 | 4,820 | 61 |
| 06:38 | 8 | 4,360 | 4,150 | 10,285 | 2,478 | 8 | 4,780 | 4,570 | 46 |
| 06:40 | 10 | 4,750 | 4,540 | 10,285 | 2,265 | 10 | 4,610 | 4,400 | 37 |
| 06:45 | 15 | 5,590 | 5,380 | 9,000 | 1,672 | 4 | 4,270 | 4,060 | 25 |
| 06:50 | 20 | 5,890 | 5,680 | 9,000 | 1,584 | 20 | 3,930 | 3,720 | 19 |
| 06:55 | 25 | 6,150 | 5,940 | 9,000 | 1,515 | 25 | 3,750 | 3,540 | 15,4 |
| 07:00 | 30 | 6,430 | 6,220 | 9,000 | 1,446 | 30 | 3,640 | 3,430 | 13 |
| 07:10 | 40 | 6,560 | 6,350 | 9,000 | 1,417 | 40 | 3,330 | 3,120 | 10 |
| 07:20 | 50 | 6,790 | 6,580 | 9,000 | 1,367 | 50 | 3,160 | 2,950 | 9,2 |
| 07:30 | 60 | 6,910 | 6,700 | 9,000 | 1,343 | 60 | 2,990 | 2,780 | 7 |
| 07:40 | 70 | 7,090 | 6,880 | 9,000 | 1,308 | 70 | - | - | - |
| 07:50 | 80 | 7,220 | 7,010 | 9,000 | 1,283 | 80 | - | - | - |
| 08:10 | 100 | 7,410 | 7,200 | 9,000 | 1,250 | 100 | - | - | - |
| 08:30 | 120 | 7,560 | 7,350 | 8,000 | 1,088 | 120 | EXPLORAÇÃO RECOMENDADA | | |
| 09:00 | 150 | 7,750 | 7,540 | 8,000 | 1,061 | 150 | VAZÃO(m ³ /h): | 7,000 | |
| 09:30 | 180 | 7,940 | 7,730 | 8,000 | 1,034 | 180 | NE (m): | 0,20 | |
| 10:30 | 240 | 8,220 | 8,010 | 7,200 | 0,898 | 240 | ND (m): | 8,50 | |
| 11:30 | 300 | 8,440 | 8,230 | 7,200 | 0,874 | 300 | SW (m): | 8,30 | |
| 12:30 | 360 | 8,510 | 8,300 | 7,200 | 0,867 | 360 | Q/SW (m ³ /h/m): | 0,843 | |
| - | 420 | - | - | - | - | 420 | Prof. Crivo (m): | 30,00 | |
| - | 480 | - | - | - | - | 480 | Resíduo Seco (mg/l): | | |
| - | 540 | - | - | - | - | 540 | EQUIPAMENTO | | |
| - | 600 | - | - | - | - | 600 | Eletrobomba | | |
| - | 720 | - | - | - | - | 720 | | | |
| - | 840 | - | - | - | - | 840 | | | |
| - | 960 | - | - | - | - | 960 | | | |
| - | 1.080 | - | - | - | - | 1.080 | | | |
| - | 1.200 | - | - | - | - | 1.200 | | | |
| - | 1.320 | - | - | - | - | 1.320 | | | |
| - | 1.440 | - | - | - | - | 1.440 | | | |

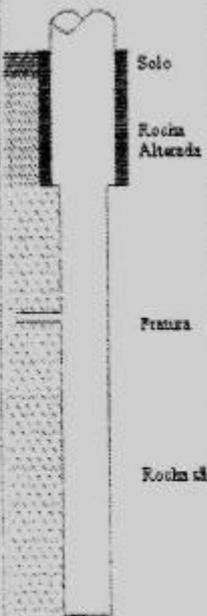
Poço Prefeitura

| | | |
|---|--|--|
| | UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB | |
| | Interessado: CDRM Município: Campina Grande - PB Local: Distrito dos Mecânicos | Nº da Amostra: 10235 Data: 26/02/2014 |
| ANÁLISE DE ÁGUA | | |
| pH | | 7,60 |
| Condutividade Elétrica ($\mu\text{S. Cm}^{-1}$) | | 8.110 |
| Cálcio (mg L^{-1}) | | 73,80 |
| Magnésio (mg L^{-1}) | | 380,64 |
| Sódio (mg L^{-1}) | | 888,03 |
| Potássio (mg L^{-1}) | | 89,31 |
| Cloretos (mg L^{-1}) | | 2,473 |
| Sulfatos (mg L^{-1}) | | 151,20 |
| Bicarbonatos (mg L^{-1}) | | 397,11 |
| Carbonatos (mg L^{-1}) | | 39,60 |
| Ferro (mg L^{-1}) | | 0,15 |
| Oxigênio Consumido (mg L^{-1}) | | 5,00 |
| Alcalinidade em Carbonato - CO_3 (mg L^{-1}) | | 66,00 |
| Alcalinidade em Bicarbonato - HCO_3 (mg L^{-1}) | | 325,50 |
| Alcalinidade Total - CaCO_3 | | 391,50 |
| Dureza Total - CaCO_3 (mg L^{-1}) | | 1.770 |
| Resíduo Seco (mg L^{-1}) | | 6.974 |
| Amônia Livre - NH_3 (mg L^{-1}) | | Presença |
| Nitritos - NO_2^- (mg L^{-1}) | | Ausência |
| Nitrato - NO_3^- (mg L^{-1}) | | Ausência |

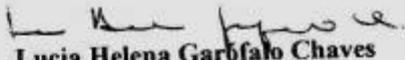
Lucia Helena Garófalo Chaves
Chefe do LIS

Anexo 02 - Ficha do poço da Oficina Valtruk (Material fornecido pela CDRM)

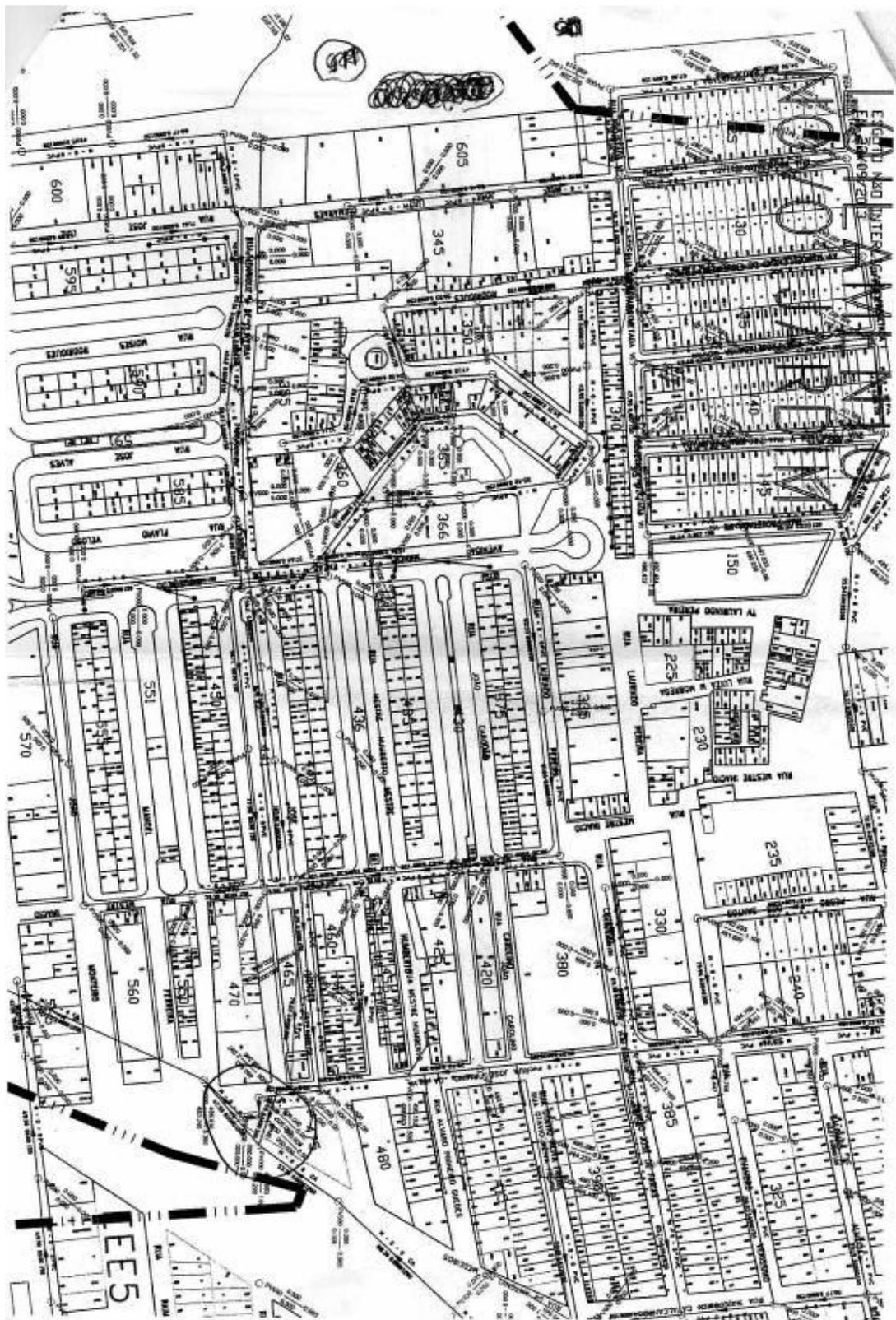

CDRM – Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba
DIROP – Diretoria de Operações
DHS – Divisão de Hidrogeologia e Sondagens
FICHA DE POÇO

| | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------|--|----------------------------------|--|-----------------------------|-------------|-----------------|-------------|--|
| Microrregião: Agreste da Borborema | | Data de Perfuração | | Início: 23.03.2010 | | | | | | |
| | | | | Término: 23.03.2010 | | | | | | |
| Município: Campina Grande | UF: PB | Tipo de Poço: Tubular | | Litologia: Granito | | | | | | |
| Localidade: Oficina Mecânica (Valtruk) | | Profundidade: 45,00 | Øi = 8" (2,50m); Øf = 4 1/2" (42,50 m) | | | | | | | |
| Proprietário: Genival Malaquias Cavalcanti | | Revestimento: PVC | Ø = 8" (3,50 m) | | | | | | | |
| Coordenadas | X = 07° 15' 36" | Preservação Sanitária | | 0,00 – 2,50 m | | | | | | |
| | Y = 35° 53' 38" | Entrada D'Água: | | 39,80 – 39,90 m | | | | | | |
| | Z = 506 m | Filtro: | Ø = - | | | | | | | |
| Fotoíndice: FAB – 05 | Foto nº 754 / 755 | Pré-filtro: | | - | | | | | | |
| Escala: 1:30.000 | Mapa: Folha de Campina Grande | | Escala: 1:100.000 | | | | | | | |
| Sondador: Narcizo Salles dos Santos | | Perfuratriz: Rotopneumática | | | | | | | | |
| PERFIL GEOLÓGICO | | TESTE DE VAZÃO | | | | | | | | |
|  | Data | Tb (h) | Crivo (m) | NE (m) | ND (m) | Sw (m) | Q (Lit./h) | Q/Sw (Lit./h/m) | Equipamento | |
| | 10.04.10 | 10:00 | 39,00 | 2,04 | 30,97 | 28,93 | 1.333 | 46 | Compressor | |
| | PARAMETROS RECOMENDADOS PARA CAPTAÇÃO | | | | | | | | | |
| | Crivo (m) | NE (m) | ND (m) | Sw (m) | Q (Lit./h) | Q/Sw (Lit./h/m) | Equipamento | | | |
| | 36,00 | 3,00 | 31,00 | 28,00 | 800 | 28,57 | Eletrobomba | | | |
| | EQUIPAMENTO INSTALADO: | | | | | | | | | |
| | ANÁLISE FÍSICO – QUÍMICA | | | | | | | | | |
| | Laboratório: LIS – UFCG | | | | | Data da Entrega: 19.05.2010 | | | | |
| | PH | | 7,28 | | Cálcio (Ca) | | 54,00 | | | |
| | Cor (Pt) | | - | | Magnésio (Mg) | | 119,04 | | | |
| Turbidez (SiO ₂) | | - | | Sódio (Na) | | 782,46 | | | | |
| Oxigênio Dissolvido | | - | | Potássio (K) | | 31,98 | | | | |
| Oxigênio Consumido | | 2,50 | | Ferro (Fe) | | 0,31 | | | | |
| Alcal. Carbonatos (CaCO ₃) | | 10,00 | | Amônia Livre (NH ₃) | | Ausência | | | | |
| Alcal. Bicarbonatos (CaCO ₃) | | 653,00 | | Cloratos (Cl) | | 1.148,00 | | | | |
| Alcal. Total (CaCO ₃) | | 663,00 | | Sulfatos (SO ₄) | | 33,12 | | | | |
| Dureza Total (CaCO ₃) | | 631,25 | | Bicarbonatos (HCO ₃) | | 796,66 | | | | |
| Cond. Elétrica | | 4.643,00 | | Carbonatos (CO ₃) | | 6,00 | | | | |
| Resíduo Saco (RS) | | 2.971,00 | | Nitritos (NO ₂) | | Presença | | | | |
| Classif. Fátigação | | - | | Nitratos (NO ₃) | | Ausência | | | | |
| Obs: Dados expressos em mg/lit. e condutividade elétrica em µmho/cm | | | | | | | | | | |
| CONTRATO: Nº - 02 / 2010 | | | | | | | | | | |
| Campina Grande: 12 de Abril de 2010. | | | | | RUY SOUZA DE SANTANA Geólogo Responsável | | | | | |

Ficha do poço da Oficina Valtruk (Material fornecido pela CDRM)

| | | |
|---|---|---|
|  | UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSO NATURAIS DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA LABORATÓRIO DE IRRIGAÇÃO E SALINIDADE CAMPINA GRANDE-PB | |
| | Interessado: CDRM Município: Campina Grande - PB Local: Valtruk | Nº da Amostra: 8886 Data: 19-05-2010 |
| ANÁLISE DE ÁGUA | | |
| pH | | 7,28 |
| Condutividade Elétrica ($\mu\text{S. Cm}^{-1}$) | | 4.643 |
| Cálcio (mg L^{-1}) | | 54,00 |
| Magnésio (mg L^{-1}) | | 119,04 |
| Sódio (mg L^{-1}) | | 782,46 |
| Potássio (mg L^{-1}) | | 31,98 |
| Cloretos (mg L^{-1}) | | 1.148 |
| Sulfatos (mg L^{-1}) | | 33,12 |
| Bicarbonatos (mg L^{-1}) | | 796,66 |
| Carbonatos (mg L^{-1}) | | 6,00 |
| Ferro (mg L^{-1}) | | 0,31 |
| Oxigênio Consumido (mg L^{-1}) | | 2,50 |
| Alcalinidade em Carbonato - CO_3 (mg L^{-1}) | | 10,00 |
| Alcalinidade em Bicarbonatos - HCO_3 (mg L^{-1}) | | 653,00 |
| Alcalinidade Total - CaCO_3 (mg L^{-1}) | | 663,00 |
| Dureza Total - CaCO_3 (mg L^{-1}) | | 631,25 |
| Resíduo Seco (mg L^{-1}) | | 2.971 |
| Amônia Livre - NH_3 (mg L^{-1}) | | Ausência |
| Nitritos - NO_2 (mg L^{-1}) | | Presença |
| Nitrato - NO_3 (mg L^{-1}) | | Ausência |
|  Lucia Helena Garófalo Chaves Chefe do LIS | | |

Anexo 03 - Mapa da rede de esgotos do Distrito dos Mecânicos fornecido pela CAGEPA



Mapa da rede de esgotos identificando a caixa separadora de água e óleo do Distrito dos Mecânicos fornecido pela CAGEPA

