Trabalho Final de Mestrado em Engenharia Ambiental
Modalidade: Dissertação

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS SEPARADORES ÁGUA E ÓLEO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVAGEM, ABASTECIMENTO E MANUTENÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES.

Autor: *Marcelo Bernardes Secron*
Orientador: *Gandhi Giordano*
Co-Orientador: *Olavo Barbosa Filho*

Centro de Tecnologia e Ciências
Faculdade de Engenharia
Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente

Fevereiro de 2006

AVALIAÇÃO DE SISTEMAS SEPARADORES ÁGUA E ÓLEO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVAGEM, ABASTECIMENTO E MANUTENÇÃO DE VEÍCULOS AUTOMOTORES.

Marcelo Bernardes Secron

Trabalho Final submetido ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada por:

_____

Prof. Gandhi Giordano, D.Sc.
PEAMB/UERJ

_____

Prof. Olavo Barbosa Filho, D.Sc.
PEAMB/UERJ

_____

Prof. Odir Clécio da Cruz Roque, D.Sc.
PEAMB/UERJ

_____

Prof. Roberto de Barros Emery Trindade, D.Sc.
ESCOLA DE GESTÃO E NEGÓCIOS/UNIVERSIDADE PETROBRÁS

Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Fevereiro de 2006

SECRON, MARCELO BERNARDES
Avaliação de sistemas separadores água e óleo do tratamento de efluentes de lavagem, abastecimento e manutenção de veículos automotores. [Rio de Janeiro] 2006.

xxviii, 257 p. 29,7 cm (FEN/UERJ, Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental - Área de Concentração: Saneamento Ambiental - Controle da Poluição Urbana e Industrial, 2006.)

Dissertação - Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ

1. Separadores água e óleo;
2. Efluente automotivo;
3. Emulsificação do óleo;
4. Produtos coadjuvantes;
5. Atividades automotivas;

I. FEN/UERJ II. Título (série)

Resumo do trabalho final apresentado ao PEAMB/UERJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em engenharia ambiental.

Avaliação de Sistemas Separadores Água e Óleo do Tratamento de Efluentes de Lavagem, Abastecimento e Manutenção de Veículos Automotores.

Marcelo Bernardes Secron

Fevereiro de 2006

Orientador: Gandhi Giordano

Co-orientador: Olavo Barbosa Filho

Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

A atual concepção de tratamento de efluentes líquidos gerados em atividades automotivas (postos de abastecimento, garagens de ônibus, transportadoras de carga e outros estabelecimentos afins), adotada no país e representada pela NBR 14605 (Postos de Serviço - Sistema de Drenagem Oleosa), considera apenas os sólidos e os óleos e graxas como poluentes resultantes das operações de manutenção, abastecimento, lavagem de veículos e limpeza de peças. Nesse sentido, dispositivos denominados separadores água e óleo (SAO´s), em conjunto com caixas de areia, são empregados para a remoção dos sólidos e do óleo livre gerado nas operações supracitadas. O presente estudo avaliou treze diferentes atividades automotivas, através de um protocolo de monitoramento, envolvendo os parâmetros: MBAS, DQO, óleos e graxas, RNFT, materiais sedimentáveis e pH, em paralelo a um teste de óleo e detergente com o separador de placas coalescentes ZP-2000. Constatou-se que não são apenas os sólidos e os óleos e graxas que são gerados no efluente líquido das atividades automotivas. Os inúmeros produtos de limpeza, solventes e combustíveis empregados, denominados produtos coadjuvantes, não são tratados pelos SAO´s, apresentando características de emulsificação do óleo presente no efluente automotivo; reduzindo a eficiência de retenção nos SAO´s; além de possuir um potencial poluidor em função da presença de carga orgânica e compostos refratários. Esse estudo propõe-se a fornecer informações para discussão do assunto em âmbito de projeto de tratamento de efluentes, normativo e de licenciamento ambiental.

Palavras-Chave: Separadores água e óleo, efluentes automotivos, produtos coadjuvantes, emulsificação do óleo, atividades automotivas.

Abstract of the Final Work presented to PEAMB/UERJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Environmental Engineering.

Evaluation of Oil Water Separation Systems for
Treatment of Effluents from Washing, Refueling
and Maintenance of Auto Motor Vehicles.

Marcelo Bernardes Secron

February 2006

Advisors: Gandhi Giordano
Olavo Barbosa Filho

Area: Environmental Sanitation – Urban and Industrial Pollution Control.

The current conception of wastewater treatment from automotive activities (gas stations, bus transportation, cargo transportation, and other similar activities), adopted in Brazil, is represented by NBR 14605 standard (Service stations-oily drainage systems). It only considers solids and oil and greases as pollutants resulting from vehicle's maintenance, fuelling, washing, and spare parts cleansing operations. For that reason, devices denominated oil-water separations (OWS), along with sedimentation tanks, are employed to remove solids and free oil resulting from the above-mentioned operations. This study assessed thirteen different automotive activities, using a monitoring protocol, involving the following parameters: MBAS, COD, oils and greases, suspended solids, settable solids and pH, in parallel with a test involving oil and detergent applied in OWS coalescent plate, model ZP-2000. This demonstrated that solids and oils and greases were not the only pollutants generated in wastewater from automotive activities. Various types of cleansing products, solvents and fuels employed in these activities, considered accessory products, cannot be treated by a simple OWS, and are able to emulsify the oil present in wastewater from automotive activities, reducing the efficiency of the OWS. They also have pollution potential due to the presence of organic matter and non-biodegradable compounds. This study aims at furnishing information for discussions involving wastewater project plants, standards and environmental permitting assessments.

Key-Words: Oil-water separators, automotive effluents, accessory products, oil emulsification, automotive activities.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho, primeiramente, aos meus pais, Marilton e Lúcia, pois ao longo da vida não mediram esforços para orientar, apoiar e incentivar, em todos os sentidos, a minha formação pessoal e profissional, desde os meus primeiros passos na vida colegial. Aos meus familiares (especialmente aos padrinhos Wilma e Diamantino) e aos amigos e professores que me ajudaram, de forma direta e indireta, a superar os obstáculos acadêmicos do cotidiano, desde a infância até o presente momento. À companheira e amiga Fabíola Mayrink pelo apoio, paciência e compreensão durante as horas intermináveis de estudo, necessárias para a elaboração da dissertação. Dedico também o trabalho aos colegas da área de meio ambiente, no sentido de contribuir com a literatura ambiental, proporcionando informações que auxiliem o nosso desafio diário de lidar com questões pertinentes a esse contexto. Por último, gostaria de agradecer a Deus (que, na minha concepção, é a energia que circula e move todo o universo) pela iluminação e inspiração indispensáveis para a execução desta dissertação, além de todas as outras ações realizadas na minha existência.

AGRADECIMENTOS

A apresentação deste estudo não se refere apenas a um trabalho exercido por mim, pois, direta ou indiretamente, algumas pessoas e instituições também tiveram participação fundamental nesse sentido. De outra forma, certamente, não conseguiria alcançar a finalização da dissertação. Por isso, gostaria de agradecer aos seguintes participantes:

À Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Projetos Especiais (SEMAPE), do Município de Duque de Caxias-RJ, através do ex-Secretário Sr. Joel Vaz, pela expedição da licença especial para estudos, que proporcionou a minha liberação para realização do mestrado.

Aos colegas da SEMAPE, Cláudio, Romildo e João Carlos Mannarino (este último, hoje, colega também na Petrobrás), pelo incentivo e apoio na formulação dos questionamentos levantados neste estudo, através das observações ao longo de nossa rotina na fiscalização ambiental.

À Dona Elvina, sogra do Cláudio, da Secretaria de Administração, que foi fundamental na ajuda do trâmite para o meu processo de licença.

Aos meus orientadores, Gandhi Giordano e Olavo Barbosa, que acreditaram no projeto e, através de suas idéias, orientações e prazos concedidos, foram fundamentais para a formulação do escopo da dissertação e cumprimento das obrigações. Muito obrigado.

Aos professores Odir Clécio da Cruz Roque e Roberto de Barros Emery Trindade, participantes da banca examinadora, por terem feito críticas importantes para a melhoria da dissertação. Obrigado.

À TECMA (Tecnologia em Meio Ambiente Ltda.), empresa do orientador Gandhi Giordano, que me auxiliou no treinamento para coleta e forneceu os frascos, isopores, formulários, o apoio logístico, a consultoria, as informações e possibilidades para testes do separador de placas coalescentes modelo ZP-2000, além de custear e realizar todas as análises físico-químicas. Muito obrigado.

Ao responsável pelo laboratório Eng. Olegário Fernandes, pelo apoio no recebimento e na identificação dos frascos, bem como nos testes e demais informações laboratoriais e trâmites imprescindíveis ao estudo.

Aos colegas de mestrado, Jairo Guimarães, Elizabeth Delarue, Harley Moraes, da turma de 2004, e Flávio Louchard, da turma de 2003, que me forneceram informações importantes para a constituição do resumo teórico da dissertação.

À Secretaria de Meio Ambiente do Município do Rio de Janeiro (SMAC), com ênfase ao técnico Airton Lima, colega do curso de capacitação de órgãos ambientais na COPPETEC, e à

Vera Oliveira, que passaram informações sobre o trabalho de levantamento de postos de serviço no município do Rio de Janeiro.

Ao colega Eng. Odair Paes de Jesus, da FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente), idealizador do modelo de separador convencional, utilizado por esse órgão, por disponibilizar os contatos das empresas que foram amostradas nesta dissertação, além do apoio no trabalho de campo e nas informações referentes aos sistemas separadores, acumuladas ao longo de mais de 30 anos à frente da FEEMA. Muito obrigado, sua ajuda foi crucial.

Aos gerentes, donos e empregados das empresas automotivas, cujos nomes foram mantidos em sigilo, por abrirem espaço para a realização desta dissertação e, acima de tudo, por terem confiado na forma de conduta do trabalho. Muito obrigado, pois sem a ajuda de vocês não seria possível realizar o levantamento dos dados primários. Nessa perspectiva, gostaria de salientar os seguintes nomes: o do Sr.Francisco Pinheiro, dono da Garagem de Ônibus, que me surpreendeu como empresário interessado na área ambiental, especialmente na de tratamento e reaproveitamento de águas residuárias, inclusive me fornecendo material de empresas fornecedoras de tecnologias nessa área; o do Sr. Marcelo Tachy, gerente da rede onde se insere o Posto 1, especialmente pela atenção ao caso; e o do técnico de segurança Fábio Targino Campos, da Transportadora de Cargas, pela atenção e ajuda na amostragem realizada na empresa. Outros nomes importantes: o Sr. Cipriano, do Posto 3, o Sr. Barone, da Revendedora de Caminhões, e o Sr. Humberto Fernandes da Concessionária de Veículos 1. A todos esses e a outros não mencionados, muito obrigado.

Ao colega Fernando Groberio, da Biodinâmica, atuando na equipe de apoio ambiental da implantação do gasoduto Cacimbas-Vitória, por disponibilizar material da sua dissertação de mestrado. Muito obrigado, sua ajuda foi muito importante para a composição do texto.

Agradeço também aos colegas da Petrobrás, nesse caso, ao gerente do EAMB, Leonardo Florêncio, pela liberação para realização de coletas e outros compromissos do mestrado; ao colega cadista Fábio Bonafini, pela realização dos diagramas esquemáticos no Autocad; à colega Daniela Medeiros, pela revisão do abstract; ao colega Marcelo Rocha, pela formatação de figuras; ao pessoal da BR Distribuidora, especificamente, o gerente de SMS, Sr. Paulo da Luz; e ao consultor Marcelo Teixeira, pela disponibilização dos postos de serviço, além das informações prestadas.

SUMÁRIO

Resumo iv
Abstract v
1. Introdução e Objetivos 1
1.1. Histórico 1
1.2. Desenvolvimento e Organização da Dissertação 2
1.3. Objetivo do Estudo 4
2. Os Impactos Ambientais Decorrentes da Poluição Hídrica 5
2.1. Os Principais Tipos de Poluente Aquático 8
2.2. O Comportamento dos Poluentes no Meio Aquático 9
2.3. A Poluição das Águas Subterrâneas e dos Mares 11
3. Características dos Efluentes das Atividades Automotivas 13
3.1. As Atividades Automotivas 13
3.2. Características Gerais dos Efluentes Líquidos Gerados Pelos Veículos e Atividades Automotivas 15
3.3. Caracterização Geral dos Óleos e Origens 17
3.3.1. Os Óleos Minerais e Sintéticos 18
3.3.2. O Silicone 22
3.3.3. Os Óleos Vegetais e Animais 22
3.4. Caracterização Geral das Partículas e Sólidos e Origens 24
3.5. Caracterização Geral dos Produtos Coadjuvantes e Origens 24
3.5.1. Os Sabões e Detergentes Sintéticos 25
3.5.2. Os Solventes 37
3.5.3. Os Combustíveis 40
4. Aspectos Toxicológicos e Ambientais dos Efluentes Automotivos 41
4.1. Aspectos Toxicológicos 41
4.1.1. A Toxicologia do Óleo 41
4.1.2. A Toxicologia dos Detergentes 44
4.1.3. A Toxicologia dos Solventes 45
4.1.4. A Toxicologia dos Combustíveis 47
4.2. Aspectos Ambientais 49
4.2.1. O Óleo no Ambiente Aquático 49
4.2.2. Os Detergentes no Ambiente Aquático 55
4.2.3. Os Demais Coadjuvantes no Ambiente Aquático 63
4.2.4. Os Sólidos no Ambiente Aquático 65
4.2.5. A Ação do Óleo no Meio Antrópico 65
4.2.6. A Ação dos Coadjuvantes no Meio Antrópico 67

4.2.7. A Ação dos Sólidos no Meio Antrópico 69
5. Os Sistemas Separadores Água e Óleo e Tecnologias Aplicadas 70
5.1. A Mistura Água e Óleo 70
5.2. Características Gerais e Tipologias dos Separadores Água e Óleo 72
5.2.1.Os Separadores Convencionais 76
5.2.2. Os Separadores de Placas Coalescentes 80
5.2.3. Os Separadores Modelo API 82
5.2.4. Manutenção e Operação dos Sistemas Separadores Água e Óleo 84
5.3. Normas Técnicas Aplicáveis aos Separadores Água e Óleo 85
5.4. A Problemática dos Produtos Coadjuvantes 87
5.5. Outras Tecnologias de Tratamento de Efluentes Automotivos 93
5.5.1. Modelos Diferenciados de SAO 93
5.5.2. Sistema de Filtros 95
5.5.3. Sistemas Compactos de Tratamento de Efluentes Automotivos 95
5.5.3.a. Sistema UDSA 96
5.5.3.b. Tratamento Biotecnológico com Recuperação e Reutilização de Águas Residuárias 97
5.5.3.c. Biorreatores com Pré Tratamento com SAO de Placas Coalescentes e Filtração 98
5.5.3.d. Sistema Cecatto WSQ/WSC – Filtros de Areia e Carvão Ativado 99
5.5.4. Argilo Minerais 100
5.5.5. Lodos Ativados com Flotação e Coagulação Química 101
5.5.6. Eletrocoagulação 102
6. Métodos e Parâmetros de Análise 103
6.1. Comentários sobre os Parâmetros de Análise 104
7. Aspectos Legais 107
7.1. Limites de Lançamento para o Óleo 108
7.2. Limites de Lançamento para os Surfactantes 109
7.2.1. Outros Diplomas Legais de Importância Ambiental em Relação aos Detergentes 109
7.3. Limites de Lançamento para a DQO 110
7.4. Limites de Lançamento para os Sólidos em Suspensão e Material Sedimentável 111
7.5. Limites de Lançamento para o pH 112
8. Metodologia de Trabalho 113
8.1. Aspectos Gerais do Trabalho de Campo 114
8.2. Consolidação de Dados Gerais de Amostragem 116
8.3. Consolidação dos Dados do Levantamento de Campo nos Estabelecimentos (Protocolo de Campo) 119
8.3.1. Posto 1 119
8.3.2. Posto 2 131
8.3.3. Posto 3 133

8.3.4. Transportadora de Cargas 139
8.3.5. Garagem de Ônibus 147
8.3.6. Revendedora de Caminhões 156
8.3.7. Concessionária de Veículos 160
8.3.8. Lava-Jato 167
8.3.9. Retífica 172
8.3.10. Auto-Center 175
8.3.11. Posto 4 180
8.3.12. Posto 5 187
8.3.13. Concessionária de Veículos 2 191
8.4. Teste Óleo-Detergente Aplicado à Caixa Separadora de Placas Coalescentes ZP-2000 196
9. Resultados e Discussão 200
9.1.Resultados das Amostragens nas Atividades Automotivas 201
9.2.Resultados das Amostragens no Teste do Separador de Placas Coalescentes 218
9.3.Discussão sobre os Parâmetros Avaliados 219
9.3.1. Detergentes 219
9.3.2. DQO 222
9.3.3. Óleos e Graxas 225
9.3.4. Sólidos em Suspensão e Material Sedimentável 227
9.3.5.pH 231
9.4. Discussão sobre o Teste Aplicado à Caixa Separadora de Placas Coalescentes ZP-2000 e os Sistemas Separadores Água e Óleo 233
10. Considerações Finais 236
11. Referências Bibliográficas 242
Anexos

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.(a) Aspecto de poluição de um rio por resíduos sólidos urbanos.(b) Aspecto de Poluição no Rio Tietê 6
Figura 2.2. Diagrama esquemático do ciclo hidrológico e poluição 7
Figura 2.3. Curva de autodepuração de um rio 10
Figura 2.4. Representação das zonas saturadas e não saturadas do solo 11
Figura 3.1.(a) Garagem de ônibus.(b) Posto de abastecimento 13
Figura 3.2. Lava-jato informal 15
Figura 3.3. Molécula de silicone 22
Figura 3.4. Molécula de triglicerídeo 23
Figura 3.5. Representação da molécula de sabão 25
Figura 3.6. Molécula de surfactante 29
Figura 3.7. Estrutura micelar 29
Figura 3.8. Funcionamento do contra-íon na molécula de SDS 30
Figura 3.9. Modelo de estrutura micelar 31
Figura 3.10. Concentração micelar crítica 31
Figura 3.11. Tipologia dos surfactantes 32
Figura 3.12. Tipologia dos surfactantes não iônicos 33
Figura 3.13. Estrutura de um surfactante catiônico 33
Figura 3.14. Representação dos surfactantes sulfonatos 34
Figura 3.15. Tipos de detergentes automotivos 37
Figura 4.1. Biotransformação do benzo[a]pireno 43
Figura 4.2. Efeito da biotransformação do etanol 48
Figura 4.3. Processos de interação do óleo com a massa líquida 50
Figura 4.4. Influência relativa na poluição marinha por óleo 53
Figura 4.5. Aspecto geral da poluição na praia de Mauá-RJ 54
Figura 4.6. Aspecto geral da contaminação por óleo na bacia do rio Iguaçu-PR 54
Figura 4.7. Efeito suporte da tensão superficial 55
Figura 4.8. Monômeros surfactantes na superfície de um líquido 56
Figura 4.9. Comportamento do surfactante após a CMC 56
Figura 4.10. Tensão superficial da água X Concentração surfactante 57
Figura 4.11. Diagrama de um lago eutrofizado por influência do fósforo 59
Figura 4.12. Regiões de diferentes biodegradabilidades no LAS 60
Figura 4.13. Rotas de degradação aeróbia e anaeróbia do BTEX 62
Figura 4.14. Exemplo da clivagem do anel benzênico 63
Figura 4.15. Aspecto da poluição oleosa do rio Calombé em Duque de Caxias-RJ 66
Figuras 4.16. Aspecto da poluição causada pelo carreamento de óleos pesados 66

Figuras 4.17. Aspecto da poluição causada pelo carreamento de óleos pesados (outro ângulo da Figura 4.16) 67
Figura 4.18. Espuma no rio Tietê 68
Figura 5.1. Classificação e distribuição dos sólidos 71
Figura 5.2. Esboço das separações de fase ocorridas em um SAO 73
Figura 5.3. Separador convencional 74
Figura 5.4. Separador de placas coalescentes 75
Figura 5.5. Separador API 75
Figura 5.6. Planta do sistema FEEMA 77
Figura 5.7. Corte do modelo FEEMA com caixas A e B separadas 78
Figura 5.8. Variação do modelo FEEMA com caixas A e B juntas 78
Figura 5.9. Separador convencional 79
Figura 5.10. Cortes do sistema de placas coalescentes (a) e (b) 81
Figura 5.11. Separador de placas coalescentes 82
Figura 5.12. Planta e corte de um separador API 84
Figura 5.13. Separador de placas coalescentes recebendo efluente de lavagem de veículos . 87
Figuras 5.14. Diferentes modelos de separadores água e óleo 94
Figura 5.15. Sistema de filtragem e elementos filtrantes 95
Figuras 5.16. (a) Diagrama esquemático U.D.S.A. (b) Foto da U.D.S.A 96
Figura 5.17. Modelo U.D.S.A instalado, com recirculação de águas residuárias 96
Figura 5.18. Diagrama esquemático do tratamento biotecnológico 97
Figura 5.19. Biorreator em 3 estágios 98
Figura 5.20. Biorreator com estágio intermediário de filtração 99
Figura 5.21. Biorreator completo com sistema de recirculação do efluente tratado 99
Figura 5.22. Modelo WSQ/WSC 100
Figura 5.23. – Diagrama lodos ativados com flotação e coagulação química 101
Figura 5.24. Sistema de calha eletrolítica 102
Figura 8.1. Arranjo das etiquetas de identificação 115
Figura 8.2. (a) Amostras etiquetadas antes da coleta. (b) Amostras preservadas no gelo e isopor após a coleta 115
Figura 8.3. (a) Balde graduado utilizado para cubagem. (b) Alíquotas etiquetadas no laboratório da TECMA 116
Figura 8.4. Aspecto geral do Posto 1 119
Figura 8.5. Lavagem *rollover* Posto 1 seqüência (a) (b) (c) (d) 122
Figura 8.6. Sistema de jateamento de espuma com bombona de acumulação de detergente automotivo 124
Figura 8.7. Diagrama esquemático da planta da área de lavagem veicular Posto 1 124
Figura 8.8. Sistema separador de água e óleo área de lavagem Posto 1 seqüência (a) (b) (c) 125
Figura 8.9. Caixa de areia da área de lavagem de veículos Posto 1 126

Figura 8.10. Aspecto geral da área de abastecimento Posto 1 126
Figura 8.11. Sistema separador água e óleo área de abastecimento Posto 1 127
Figura 8.12. Diagrama esquemático em planta da área de abastecimento Posto 1 127
Figura 8.13. Lavagem simples da área de abastecimento Posto 1 128
Figura 8.14. Lavagem veicular na área de abastecimento Posto 1 129
Figura 8.15. Lavagem de piso Posto 1 seqüência (a) (b) (c) 130
Figura 8.16. Aspecto geral do Posto 2 131
Figura 8.17. Seqüência do sistema separador água e óleo do Posto 2 danificado 131
Figura 8.18. Água residuária represada durante uma lavagem veicular para coleta 132
Figura 8.19. Detergente automotivo não identificado 132
Figura 8.20. Aspecto geral do Posto 3 133
Figura 8.21. Diagrama esquemático da área de abastecimento Posto 3 134
Figura 8.22. Sistema separador água e óleo área de abastecimento Posto 3 134
Figura 8.23. Diagrama esquemático da área de lavagem do Posto 3 135
Figura 8.24. Sistema separador água óleo área de lavagem Posto 3 seqüência (a) (b) 136
Figura 8.25. Seqüência de lavagem veicular Posto 3 (a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) 137
Figura 8.26. Aspecto geral da Transportadora de Cargas 139
Figura 8.27. Aspecto geral da área de lavagem Transportadora de Cargas 140
Figura 8.28. Seqüência dos pontos de amostragem (a) (b) (c) (d) 141
Figura 8.29. Diagrama esquemático da planta da área de lavagem veicular Transportadora de Cargas 142
Figura 8.30. Tipos de carreta (a) Combustível (b) Baú 143
Figura 8.31. Procedimento de lavagem caminhão-carreta seqüência (a) (b) (c) 144
Figura 8.32. Orquimol detergente automotivo 146
Figura 8.33. Jateamento e limpeza de peças Transportadora de Cargas seqüência (a) (b) ... 146
Figura 8.34. Aspecto do pátio da Garagem de Ônibus 147
Figura 8.35. Diagrama esquemático da área de lavagem de carroceria Garagem de Ônibus 148
Figura 8.36. Visita da caixa de passagem da área de lavagem 148
Figura 8.37. Procedimento de lavagem de carroceria Garagem de Ônibus seqüência (a) (b) (c) 149
Figura 8.38. Diagrama esquemático da área de lavagem de chassis e interna Garagem de Ônibus 151
Figura 8.39. Aspecto geral do SAO 4 152
Figura 8.40. Ponto de coleta após o SAO 4 152
Figura 8.41. Procedimento de lavagem e lubrificação de chassis Garagem de Ônibus seqüência (a) (b) (c) 153
Figura 8.42. Lavagem interna veicular Garagem de Ônibus 154
Figura 8.43. Característica geral da Revendedora de Caminhões 156
Figura 8.44. Área de lavagem veicular da Revendedora de Caminhões 156

Figura 8.45. Caixa de passagem onde foi coletado o efluente após o SAO 157
Figura 8.46. Diagrama esquemático da área de lavagem da Revendedora de Caminhões ... 157
Figura 8.47. Lavagem veicular na Revendedora de Caminhões seqüência (a) (b) (c) 158
Figura 8.48. Aspecto do shampoo automotivo utilizado 158
Figura 8.49. Aspecto geral da Concessionária de Veículos 1 160
Figura 8.50. Área de oficina Concessionária de Veículos 1 160
Figura 8.51. Área de lavagem de peças Concessionária de Veículos 1 seqüência (a) e (b) .. 161
Figura 8.52. Diagrama esquemático área de lavagem da Concessionária de Veículos 1 162
Figura 8.53. Área de lavagem de veículos Concessionária de Veículos 1 162
Figura 8.54. (a) Aspecto da caixa de areia. (b) Sistema separador água e óleo 163
Figura 8.55. Procedimento de lavagem veicular da Concessionária de Veículos 1 (a) (b) (c)(d) (e) (f) (g) 164
Figura 8.56. Aspecto geral do Lava-Jato 167
Figura 8.57. Diagrama esquemático da área de lavagem do Lava-Jato 168
Figura 8.58. Aspecto da caixa de areia com espuma 168
Figura 8.59. Detalhe da calha com gradeamento 168
Figura 8.60. Aspecto da caixa de passagem após o SAO 169
Figura 8.61. Aspecto geral do SAO B 169
Figura 8.62. Procedimento de lavagem no Lava-Jato (a) (b) (c) (d) (e) (f) (g) (h) 170
Figura 8.63. Aspecto da entrada da Retífica 172
Figura 8.64. Diagrama esquemático da área de lavagem e limpeza de peças da Retífica 172
Figura 8.65. Aspecto do sistema separador água e óleo 173
Figura 8.66. Lavagem de peças Retífica (a) (b) (c) 174
Figura 8.67. Aspecto geral do Auto-Center 176
Figura 8.68. Diagrama esquemático da área de lavagem do Auto-Center 176
Figura 8.69. (a) SAO A completamente cheio de lodo. (b) Aspecto do SAO B. (c) Caixa de areia no fosso do *box* de lavagem 177
Figura 8.70. Procedimento de lavagem geral do Auto-Center (a) (b) (c) (d) (e)..... 178
Figura 8.71. Aspecto geral do posto 4 180
Figura 8.72. Diagrama esquemático da área de lavagem do Posto 4 181
Figura 8.73. (a) Aspecto do sistema separador água e óleo (Caixa A e B). (b) Aspecto da caixa A do sistema separador 181
Figura 8.74. Lavadora automática 182
Figura 8.75. Procedimento de lavagem e encaminhamento de efluentes do Posto 4 (a) (b) (c) (d) 183
Figura 8.76. Aspecto geral da área de abastecimento Posto 4 184
Figura 8.77. Escoamento induzido na calha 184
Figura 8.78. Aspecto do separador de placas coalescentes da área de abastecimento (a) (b) (c) Posto 4 185
Figura 8.79. Diagrama esquemático da área de abastecimento Posto 4 186

Figura 8.80. Aspecto geral do Posto 5 e sua área de abastecimento 187
Figura 8.81. Separadores de placas coalescentes instalados na área de abastecimento (a) (b) (c) (d) 189
Figura 8.82. Diagrama esquemático da área de abastecimento do Posto 5 190
Figura 8.83. Aspecto geral da Concessionária de Veículos 2 192
Figura 8.84. Diagrama esquemático da área de lavagem da Concessionária de Veículos 2 193
Figura 8.85. Aspecto geral da área de lavagem Concessionária de Veículos 2 193
Figura 8.86. Aspecto geral do separador de placas coalescentes da área de lavagem 193
Figura 8.87. Coleta na caixa separadora de placas coalescentes 194
Figura 8.88. Caixa de passagem após SAO de placas coalescentes 194
Figura 8.89. Aspecto da caixa coletora de óleo 194
Figura 8.90. Diagrama esquemático do teste aplicado separador ZP-2000 196
Figura 8.91. Sistema de aplicação de óleo inservível 197
Figura 8.92. Aspecto dos reservatórios e SAO ZP-2000 197
Figura 8.93. Presença de detergentes nos reservatórios 198
Figura 8.94. Coleta de efluente no separador ZP-2000 198
Figura 8.95. Aspecto da mancha de óleo 199
Figura 8.96. Processo de emulsão no SAO ZP-2000 199
Figura 9.1. Valores de detergentes para o afluente SAO 221
Figura 9.2. Valores de detergentes para o efluente SAO 222
Figura 9.3. Valores de DQO para o afluente SAO 224
Figura 9.4. Valores de DQO para o efluente SAO 224
Figura 9.5. Valores de óleos e graxas para o afluente SAO 227
Figura 9.6. Valores de óleos e graxas para o efluente SAO 227
Figura 9.7. Valores de RNFT para o afluente SAO 229
Figura 9.8. Valores de RNFT para o efluente SAO 229
Figura 9.9. Valores de material sedimentável para o afluente SAO 230
Figura 9.10. Valores de material sedimentável para o efluente SAO 230
Figura 9.11. Valores de pH para o afluente SAO 232
Figura 9.12. Valores de pH para o efluente SAO 232
Figura 9.13. Representação de problemas em separadores de placas coalescentes 234

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Classificação de poluentes hídricos 8
Tabela 3.1. Quantitativo do número de estabelecimentos por categoria de atividades automotivas 14
Tabela 3.2. Poluentes derivados de veículos automotores 16
Tabela 3.3. Contribuição poluidora por veículo automotor 17
Tabela 3.4. Composição de uma amostra de óleo inservível 21
Tabela 3.5. Formulação de um detergente para limpeza pesada 26
Tabela 3.6. Tipos de surfactantes naturais e sintéticos 35
Tabela 4.1. Natureza tóxica de alguns metais 43
Tabela 4.2. Índices toxicológicos ligados ao LAB 45
Tabela 4.3. Lista de solventes tóxicos USEPA 46
Tabela 4.4. Tipos de solventes e parâmetros de controle 47
Tabela 4.5. Tipos de combustíveis e seus parâmetros de controle 48
Tabela 4.6. Características de biodegradabilidade de alguns solventes 64
Tabela 5.1. Dimensionamento de caixas separadoras de óleo FEEMA 79
Tabela 5.2. Resultados obtidos no efluente final do SAO COMLURB 88
Tabela 5.3. Dados referentes à saída do SAO da área de lavagem de chassis 89
Tabela 5.4. Dados referentes à saída do SAO da área de lavagem de carroceria 90
Tabela 5.5. Parâmetros avaliados no efluente de dois postos de combustíveis em Tubarão-SC... 91
Tabela 5.6. Parâmetros analisados no trabalho desenvolvido na UFES 91
Tabela 7.1. Padrões de lançamento de óleo em diferentes estados 108
Tabela 7.2. Limites de concentração máxima de surfactantes CONAMA 357/05 109
Tabela 7.3. Limites de lançamento de surfactantes para diferentes estados brasileiros 109
Tabela 7.4. Limites de lançamento de DQO para diferentes estados brasileiros 110
Tabela 7.5. Limites de lançamento de sólidos em suspensão para diferentes estados brasileiros 111
Tabela 7.6. Limites de lançamento de pH para diferentes estados brasileiros 112
Tabela 8.1a. Consolidação de dados gerais de amostragem 117
Tabela 8.1b. Consolidação de dados gerais de amostragem 118
Tabela 8.2. Veículos lavados Posto 1 120
Tabela 8.3. Seqüência lavagem Posto 1 121
Tabela 8.4. Produtos aplicados Posto 1 123
Tabela 8.5. Número médio veículos Posto 1 128
Tabela 8.6. Produto aplicado lavagem de piso Posto 1 129
Tabela 8.7. Seqüência lavagem Posto 2 132
Tabela 8.8. Número médio veículos Posto 3 135

Tabela 8.9. Tipos e quantitativo lavagem veicular Posto 3 136
Tabela 8.10. Seqüência lavagem Posto 3 138
Tabela 8.11. Produto aplicado Posto 3 138
Tabela 8.12. Seqüência lavagem Transportadora de Cargas 144
Tabela 8.13. Produtos aplicados Transportadora de Cargas 145
Tabela 8.14. Seqüência lavagem carroceria Garagem de Ônibus 150
Tabela 8.15. Produto aplicado carroceria Garagem de Ônibus 150
Tabela 8.16. Seqüência lavagem chassis Garagem de Ônibus 151
Tabela 8.17. Seqüência lavagem interna Garagem de Ônibus 154
Tabela 8.18. Produtos aplicados lavagem chassis e interna Garagem de Ônibus 155
Tabela 8.19. - Seqüência lavagem Revendedora de Caminhões 159
Tabela 8.20. Produtos aplicados Revendedora de Caminhões 159
Tabela 8.21. Seqüência lavagem Concessionária Veículos 1..... 165
Tabela 8.22. Produtos aplicados Concessionária Veículos 1 166
Tabela 8.23. Seqüência lavagem Lava-Jato 171
Tabela 8.24. Produtos aplicados Lava-Jato 171
Tabela 8.25. Produtos aplicados limpeza de peças Retífica 175
Tabela 8.26. Seqüência lavagem Auto-Center 179
Tabela 8.27. Produtos aplicados Auto-Center 179
Tabela 8.28. Seqüência lavagem Posto 4 182
Tabela 8.29. Produtos aplicados Posto 4 183
Tabela 8.30. Número médio veículos Posto 4 186
Tabela 8.31. Número médio veículos Posto 5 190
Tabela 8.32. Tipo e quantitativo da lavagem veicular Posto 5 191
Tabela 8.33. Produtos aplicados Posto 5 191
Tabela 8.34. Tipo e quantitativo da lavagem veicular Concessionária de Veículos 2 195
Tabela 8.35. Seqüência lavagem Concessionária Veículos 2..... 195
Tabela 8.36. Produtos aplicados Concessionária Veículos 2 195
Tabela 8.37. Produto aplicado no teste separador ZP-2000 199
Tabela 9.1. Limites de lançamento permitidos no estado do Rio de Janeiro 200
Tabela 9.2. Limite de lançamento permitido no estado de Minas Gerais para RNFT 200
Tabela 9.3. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a para as alíquotas A_{10}, B_{10},C_{10}, A_{20}, B_{20},C_{20} 201
Tabela 9.4. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto b para as alíquotas M_{10}, M_{20}..... 201
Tabela 9.5. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto c para as alíquotas D_{10} e D_{20} 202
Tabela 9.6. Consumo de água semanal na área de lavagem veicular sistema *rollover* Posto1 202

Tabela 9.7. Consumo de água semanal na área de abastecimento Posto 1 202
Tabela 9.8. Parâmetros avaliados e resultados obtidos para as alíquotas L_{10}, L_{20} 203
Tabela 9.9. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a para as alíquotas R_{10}, R_{20}.... 203
Tabela 9.10. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto b para as alíquotas S_{10}, S_{20}..... 204
Tabela 9.11. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto c para as alíquotas T_{10} e T_{20} 204
Tabela 9.12. Consumo de água semanal na área de lavagem Posto 3 204
Tabela 9.13. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a, alíquotas E_{10} e E_{20} 205
Tabela 9.14. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto b, alíquotas F_{10} e F_{20} 205
Tabela 9.15. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto c, alíquotas G_{10} e G_{20} 205
Tabela 9.16. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto d, alíquotas H_{10} e H_{20} 206
Tabela 9.17.Consumo de água semanal na área de lavagem veicular Transportadora de Cargas 206
Tabela 9.18. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a (tubulação saída), alíquotas N_{10} e N_{20} 207
Tabela 9.19. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a (na caixa), alíquotas O_{10} e O_2 207
Tabela 9.20. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto b, alíquotas P_{10} e P_{20} 207
Tabela 9.21. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto c, alíquotas Q_{10} e Q_{20} 208
Tabela 9.22. Consumo de água semanal na área de lavagem Garagem de Ônibus 208
Tabela 9.23. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a, alíquotas I_{10} e I_{20} 209
Tabela 9.24. Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto b , alíquotas J_{10} e J_{20} 209
Tabela 9.25. Consumo de água semanal na área de lavagem Revendedora de Caminhões.. 209
Tabela 9.26. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas Y_{10} e Y_{20} 210
Tabela 9.27. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas W_{10} e W_{20} 210
Tabela 9.28. Consumo de água semanal na área de lavagem veicular Concessionária Veículos 210
Tabela 9.29. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas V_{10} e V_{20} 211
Tabela 9.30. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas X_{10} e X_{20} 211
Tabela 9.31. Consumo de água semanal na área de lavagem Lava-Jato 211
Tabela 9.32. Parâmetros avaliados e resultados obtidos , alíquotas U_{10} e U_{20} 212
Tabela 9.33. Consumo de água semanal na área de lavagem de peças Retífica 212
Tabela 9.34. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas K_{10} e K_{20} 213
Tabela 9.35. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas Z_{10} e Z_{20} 213
Tabela 9.36. Consumo de água semanal na área de lavagem Auto-Center 213
Tabela 9.37. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas AA_{10} e AA_{20} 214
Tabela 9.38. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas BB_{10} e BB_{20} 214
Tabela 9.39. Consumo de água semanal na área de abastecimento Posto 4 214

Tabela 9.40. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas CC_{10} e CC_{20} 215
Tabela 9.41. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas DD_{10} e DD_{20} 215
Tabela 9.42. Consumo de água semanal na área de lavagem Posto 4 215
Tabela 9.43. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas EE, FF_{10} e EE, FF_{20} 216
Tabela 9.44. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas GG_{10} e GG_{20} 216
Tabela 9.45. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas HH_{10} e HH_{20} 216
Tabela 9.46. Consumo de água semanal na área de abastecimento Posto 5 217
Tabela 9.47. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas II_{10} e II_{20} 217
Tabela 9.48. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas JJ_{10} e JJ_{20}..... 217
Tabela 9.49. Consumo de água semanal área de lavagem Concessionária de Veículos 2 ... 218
Tabela 9.50. Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas $OG_{1,}OG_{2},OG_{3}$ 218

ABREVIATURAS E SIMBOLOS

Latinos

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABS – Alkylbenzene Sulfonate ou Alquil Benzeno Sulfonato

Ag – Prata

AIA – Avaliação de Impacto Ambiental

Al – Alumínio

- Anel Benzênico

ANP - Agência Nacional de Petróleo.

APA - Área de Proteção Ambiental

API – American Petroleum Institute

As – Arsênio

ASTM – American Society for Testing and Materials

B - Boro

Ba – Bário

Be - Belírio

BTEX - Benzeno, Toluento Etilbenzeno e Xilenos

C – Carbono

ºC - Grau Celsius

C_{equil} - Concentração equilíbrio

C12, C20, C40, C50 - Cadeia de carbonos contendo respectivamente 12, 20,40 e 50 átomos de carbono por molécula.

Ca - Cálcio

Ca^{2+} - Íon cálcio

Cd – Cádmio

Cd^{2+} - Íon cádmio

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo

CFC - Cloro Flúor Carboneto

CH_4 - Gás metano

CI – Caixa de Inspeção

Cl^- - Cloreto

CMAP – Cadastro Municipal de Atividades Potencialmente Poluidoras do Município de Duque de Caxias-RJ

CMC - Concentração Micelar Crítica

cm/s^2 – Centímetro por segundo ao quadrado

cm – Centímetro

cm/s – Centímetro por segundo

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

Co - Cobalto

CO_2 - Gás carbônico

COD – Chemical Oxygen Demand

COMLURB – Companhia de Limpeza Urbana do Município do Rio de Janeiro-RJ

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONDEMA – Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente do Município de Vitória-ES

COPPETEC - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

CP – Caixa de Passagem

CP – Coalescing Plate ou Placas Coalescentes

Cr – Cromo

Cr^{3+} – Íon cromo

$Cr_2O_7^{2-}$ – Íon Dicromato

Cs - Césio

Cu – Cobre

Cu^{2+} - Íon cobre

Cx – Caixa

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DIPE – Diisopropyl Ether ou Éter Diisopropil

DNA – Deoxyribonucleic Acid ou Ácido Desoxirribonucléico

DQO - Demanda Química de Oxigênio

DZ – Diretriz Técnica FEEMA

EAMB – Engenharia de Avaliação Ambiental (PETROBRÁS)

EC – Effective Concentration ou Concentração Efetiva

EDTA - Ethilene Diamine Tetracetic Acid ou Ácido Etileno Di-Amino Tetra-Acético

ETBE – Ethyl Tertiary-Butyl Ether ou Éter Etil- t Butílico

ETE – Estação de Tratamento de Esgotos

Fe – Ferro

Fe III ou Fe^{3+} - Íon Ferro III

Fe $(NH4)_2$ $(SO_4)_2$ – Sulfato ferroso amoniacal

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente (Estado do Rio de Janeiro)

FREON – Marca registrada de fluido refrigerante halogenado

g - Aceleração da gravidade – cm/s^2

g/cm^3 – Gramas por centímetro cúbico

Ga - Gálio

Ge - Germânio

GNV – Gás Natural Veicular

H - Hidrogênio

H^- - Íon hidrogênio

$H\text{-}SO_3^-$ - Sulfonato

H_2O - Molécula da água

H_2SO_4 - Ácido sulfúrico

Hg - Mercúrio

$HgSO_4$ – Sulfato de mercúrio

IBAMA - Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGT – Gerência de Transportes da COMLURB

In - Índio

INCA - Instituto Nacional do Câncer

IT – Instrução Técnica FEEMA

ITOPFL - International Tankers Owners Pollution Federations Limited

K - Constante de Henry

K - Potássio

$K_2Cr_2O_7$ – Dicromato de potássio

KJ g^{-1} – Quilojoule por grama

KJ mol^{-1} – Quilojoule por mol

L – Litro

L/h – Litros por hora

L/s – Litros por segundo

LAB – Linear Alkylbenzene ou Alquil Benzeno Linear

LAS – Linear Alkylbenzene Sulfonate ou Alquil Sulfonato Linear

LC –Letal Concentration ou Concentração Letal

LD - Letal Dose ou Dosagem Letal

Li - Lítio

MBAS – Methylene Blue Active Substances ou Substâncias Ativas que Reagem com o Azul de Metileno

MEK – Methyl Ethyl Ketone ou Metil Etil Cetona

MF – Metodologia FEEMA

Mg - Magnésio

mg - Miligrama

mg/L - Miligrama por Litro

MIBCOL – Methyl Isobutyl Carbinol ou Metilisobutilcarbinol

MIBK – Methyl Isobutyl Ketone ou Metilisobutilcetona

mL – Mililitro

mL/L - Mililitro por Litro

Mn – Manganês

MS – Material Sedimentável

MTAS – Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (Espanha)

MTBE – Methyl Tertiary-Butyl Ether ou Éter Metil Terbutílico

N – Nitrogênio

N- Normal

Na^+ - Íon sódio

NaOH - Hidróxido de sódio

$Na_5P_3O_{10}$ - Tripolifosfato de sódio

NBR - Norma Técnica Brasileira

NH_4^+ - Amônio

NH_3 - Amônia gás

Ni^{2+} - Íon níquel

NIOSH – National Institute for Occupation Safety and Health

NO_3^- - Nitrato

NOEC – No Observed Effect Concentration ou Concentração Sem Efeitos Observáveis

NT – Norma Técnica FEEMA

NTA - Nitrilotriacetato de sódio

O - Oxigênio

O^- - Íon Oxigênio

O_2 - Oxigênio diatômico

OD - Oxigênio Dissolvido

OG – Óleos e Graxas

OH^- - Hidroxila

OSHA - Occupation Safety and Health Administration

OWS – Oil-Water Separators System ou Sistemas Separadores Água e Óleo

$P_{gás}$ - Pressão parcial gás

PA – Solução Padrão

PAH´S – Polycyclic Aromatic Hydrocarbons ou Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos

PAO - Polialfolefinas

Pb - Chumbo

Pb^{2+} - Íon chumbo

PCB´s – Polychlorinated Biphenyls ou Bifenilas Policloradas.

PEAMB - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ

PE-2 – Duto transportador de petróleo da PETROBRÁS

PETROBRÁS - Petróleo Brasileiro S.A

pH - Potencial de hidrogênio

Po - Polônio

PO_4^{3-} - Fosfato

$P_3O^{5-}_{10}$ – Íon tripolifosfato

ppm - Parte Por Milhão

PTFE - Poli-Tetra - Fluor Ethilene ou Politetrafluoretileno (Comercialmente conhecido como TEFLON)

r = raio da partícula – cm

R, R_1, R_2, R_3, R_4 – Radicais

Rb - Rubídio

REDUC – Refinaria Duque de Caxias

REFAP - Refinaria Alberto Pasqualini

REPAR - Refinaria Getúlio Vargas Paraná

RNFT – Resíduo Não Filtrável Total

S - Enxofre

SANEPAR - Companhia de Saneamento do Estado do Paraná

SAO - Separador Água e Óleo

s/cm^2 – Segundo por centímetro ao quadrado

Sb - Antimônio

SDO – Sistema de Drenagem Oleosa

SDS - Surfactante aniônico

Se – Selênio

SE – Solúveis em Éter

SEMAPE - Secretaria de Meio Ambiente e Projetos Especiais do Município de Duque de Caxias - RJ

-SH - Sulfidrila

Si - Silício

SMAC – Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Município do Rio de Janeiro-RJ

SMS – Segurança, Meio Ambiente e Saúde

SO_4^{2+} - Sulfato

SOLUPAN - Tipo de desengraxante alcalino utilizado nas atividades automotivas.

Sr - Estrôncio

SSMA – Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul

SS – Sólidos Sedimentáveis

SST – Sólidos em Suspensão Totais

TAA – Tertiary-Amyl Alcohol ou Álcool t-Amil

TAEE – Tertiary-Amyl Ethyl Ether ou Éter Etil t-Amil

TAME – Tertiary-Amyl Methyl Ether ou Éter Metil t-Amil

TBA – Tertiary Butyl Alcohol ou Álcool t-Butílico

TECMA – Tecnologia em Meio Ambiente Ltda.

Te – Telúrio

Tl - Tálio

TLV-TWA – Threshold Limit Value-Time Weighted Average ou Concentração média ponderada pelo tempo para uma dada substância (Limite de Exposição)

TLm – Threshold Limit, median ou Concentração onde 50% dos indivíduos testados apresentam comportamento anormal (incluindo morte) para uma determinada concentração e tempo dados

TPF - Tripolifosfato

UDSA – Unidade Despoluidora do Solo e Água.

UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFPR - Universidade Federal do Paraná

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

UNESP - Universidade Estadual Paulista

UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina

URI – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões

USEPA – United States Environmental Protection Agency

USP - Universidade de São Paulo

V_t - Velocidade de ascensão ou sedimentação da partícula – cm/s

VOC´s - Volatile Organic Compounds ou Compostos Orgânicos Voláteis

Zn – Zinco

Zn^{2+}- Íon zinco

Gregos

ΔH – Variação de entalpia

μ - Viscosidade absoluta do meio – s/cm^2

$\mu g/L$ - Micrograma por litro

μm – Micrômetro

ρ_1- Densidade da partícula – g/cm^3

ρ_2 - Densidade do meio – g/cm^3

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1. HISTÓRICO

A poluição, no sentido mais amplo, pode ser entendida como qualquer modificação de características de um ambiente de modo a torná-lo impróprio às formas de vida que ele normalmente abriga (BRANCO, 1972). A partir dos anos 50, quando a sociedade alcançou grandes progressos no campo industrial, apareceu o problema da poluição. O mundo percebeu que precisava de uma salvaguarda para o meio ambiente, interagindo nas atividades produtivas de maneira a controlar a poluição gerada (MARTINI JÚNIOR e GUSMÃO, 2003).

Para gerenciar essa situação, começaram a surgir, primeiramente nos países industrializados, legislações e órgãos governamentais que passaram a cuidar de assuntos relacionados ao meio ambiente, e, dentro dessas ações, a regulamentação de padrões ambientais para as atividades industriais e de serviços em geral.

No Brasil, o grande marco da inserção das questões ambientais ocorreu em 1981 com a entrada em vigor da Lei 6.938, que instituiu a política nacional de meio ambiente. No escopo dessa lei, foi criado o SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente), que estabeleceu a hierarquia e a função dos órgãos ambientais no país. Dentre esses órgãos, destaca-se, por exemplo, o CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) e o IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente).

Durante cinco anos na atuação como engenheiro sanitarista da SEMAPE, órgão este classificado dentro da esfera do SISNAMA como órgão local, foram fiscalizadas dezenas de atividades automotivas, tais como: oficinas mecânicas, empresas de ônibus, transportadoras de carga, postos de gasolina, lava-jatos, concessionárias e demais empresas que lidam com óleos lubrificantes e combustíveis.

Em todas essas atividades apresentadas, foram vistoriadas várias unidades separadoras água e óleo, dispositivo de controle de poluição largamente utilizado nesses estabelecimentos. De um modo geral, constatou-se que as atividades automotivas não destinavam apenas os poluentes oleosos para os separadores água e óleo, mas também outros poluentes presentes nas águas residuárias provenientes das operações de lavagem de carroceria, motor, piso, limpeza de peças e outros similares.

Essas águas residuárias, por possuírem, além do óleo, os sólidos, detergentes, desengraxantes, desengordurantes, solventes, combustíveis e afins (após passarem pelos

respectivos sistemas separadores água e óleo instalados nas atividades automotivas), em muitos casos, não apresentavam, por intermédio de inspeções visuais, um aspecto satisfatório de tratamento que pudesse ser creditado apenas aos sistemas separadores água e óleo (um tratamento eficiente para o efluente gerado nas atividades automotivas). A suspeita era nítida em relação à presença de uma carga poluidora significativa no efluente, que foi verificada, ainda nesta época, por solicitação de algumas análises às empresas fiscalizadas, no preenchimento do CMAP (Cadastro Municipal de Atividades Potencialmente Poluidoras da SEMAPE).

Os órgãos ambientais, de uma forma geral, apesar de possuírem a suspeita em relação à não conformidade dos efluentes gerados nas atividades automotivas, tomam como "satisfatória" a atual condição de avaliação do efluente automotivo nos separadores água e óleo, não indo muito a fundo na questão, do ponto de vista de exigência, seja na fase de licenciamento, ou na própria fiscalização, quando geralmente o sistema é monitorado e licenciado apenas para o parâmetro óleos e graxas.

Essa situação incentivou a elaboração desta dissertação, tomando como referência a constante necessidade de controle da poluição para a manutenção da qualidade de vida e do meio ambiente, haja vista que a poluição das atividades automotivas torna-se significativa quando consideramos o número de empresas atuando neste setor no país.

1.2. DESENVOLVIMENTO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

No sentido de consolidar a intenção de um estudo ambiental para as atividades automotivas, nos termos de uma dissertação de mestrado, a organização e a divisão do conteúdo focou, além da necessidade de um desenvolvimento teórico sobre o caso, a realização de levantamentos de campo, ou dados primários, que viessem a constatar as suspeitas levantadas na intenção inicial de trabalho. No desenvolvimento teórico, primeiramente, optou-se por caracterizar a poluição hídrica, focando os efluentes automotivos e suas vertentes em termos de toxicologia e de impacto ambiental. Assim, o Capítulo 2 foi intitulado "OS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA POLUIÇÃO HÍDRICA", onde foram abordados os principais tópicos relacionados à poluição hídrica, referenciando também assuntos sobre a poluição da água subterrânea, de forma resumida, como caráter introdutório.

Uma vez apresentada a natureza do estudo, de modo mais amplo, o Capítulo 3, denominado "CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES DAS ATIVIDADES AUTOMOTIVAS", tratou inicialmente da natureza das atividades automotivas, considerando sua definição, atuação, quantitativo no país e a tipologia do efluente gerado dentro do universo das operações realizadas nos diversos estabelecimentos do ramo (lavagens, limpezas, lubrificações, etc.). Nesse aspecto, foram definidos, apresentados e caracterizados os efluentes automotivos, que são os óleos e graxas, detergentes, solventes, combustíveis e sólidos.

Após versar sobre a tipologia do efluente automotivo, no capítulo seguinte (Capítulo 4), intitulado "ASPECTOS TOXICOLÓGICOS E AMBIENTAIS DOS EFLUENTES DAS ATIVIDADES AUTOMOTIVAS", foram abordados aspectos toxicológicos e ambientais, no que se refere aos constituintes do efluente automotivo, definido no Capítulo 3.

O Capítulo 5, denominado "OS SISTEMAS SEPARADORES ÁGUA E ÓLEO E TECNOLOGIAS UTILIZADAS", tratou de definir o estado da arte dos sistemas separadores água e óleo, abordando sua tipologia, princípio de funcionamento, os problemas observados, incluindo estudos de caso, além de introduzir as possibilidades tecnológicas existentes com o objetivo de apurar o tratamento dos efluentes automotivos.

No fechamento do desenvolvimento teórico, nos Capítulos 6 e 7, intitulados respectivamente "MÉTODOS E PARÂMETROS DE ANÁLISE" e "ASPECTOS LEGAIS", foram apresentados os parâmetros de monitoramento selecionados para avaliação do potencial poluidor dos efluentes automotivos (óleos e graxas, DQO, sólidos sedimentáveis, sólidos em suspensão, MBAS e pH), com suas respectivas referências de análise, além das legislações ambientais nacionais e estaduais, no tocante aos limites de lançamento de efluentes.

A parte prática do trabalho teve como premissa o levantamento dos dados de campo, incluindo o plano de amostragem para os parâmetros de monitoramento selecionados, e a observação da estrutura de funcionamento e operação das atividades automotivas estudadas (13 no total), considerando a geração de efluentes líquidos e a interação com os sistemas separadores água e óleo. Paralelamente, foi realizado um estudo em um modelo de caixa separadora de placas coalescentes (Modelo ZP-2000), visando observar a influência de um detergente no funcionamento e na operação desse modelo, submetido a uma carga de óleo inservível. Esses assuntos foram abordados no Capítulo 8, denominado "METODOLOGIA DE TRABALHO". O Capítulo 9, nomeado "RESULTADOS E DISCUSSÃO", apresentou o resultado das amostragens para cada parâmetro, consolidados em forma de tabela comparativa com os valores limites de lançamento utilizados no estado do Rio de Janeiro, além da

apresentação dos consumos de água e das respectivas vazões para os pontos amostrados. Os resultados da amostragem apresentaram uma não conformidade ambiental, comparando-se com os limites de lançamento adotados. No final do capítulo, foi realizado um comentário para cada parâmetro monitorado, apresentando gráficos comparativos, incluindo ponderações sobre a influência entre os parâmetros de monitoramento e sobre os sistemas separadores água e óleo, no tocante aos aspectos construtivos e de operação.

A avaliação dos levantamentos teóricos e práticos foi consolidada no Capítulo 10, intitulado “CONSIDERAÇÕES FINAIS”, onde foram abordadas as conclusões do estudo, recomendações, necessidades de adaptações e trabalhos futuros.

Ao finalizar a dissertação, foram referenciados os materiais de consulta, no Capítulo 11, intitulado “REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS”, e o material anexado, dividido em 4 partes.

1.3. OBJETIVO DO ESTUDO

Este estudo tem como objetivo a avaliação de sistemas separadores água e óleo, utilizados em atividades automotivas, submetidos ao efluente produzido por essas atividades, através dos dados levantados e das análises e testes de campo, referenciando-se nos parâmetros de monitoramento selecionados (protocolo de monitoramento), visando a geração e consolidação de dados que sirvam como referência para a elaboração de propostas para o tratamento do efluente automotivo, além de fornecer um embasamento técnico necessário para auxiliar os órgãos de meio ambiente, corporativos e normativos nos processos de normalização, avaliação e licenciamento ambiental.

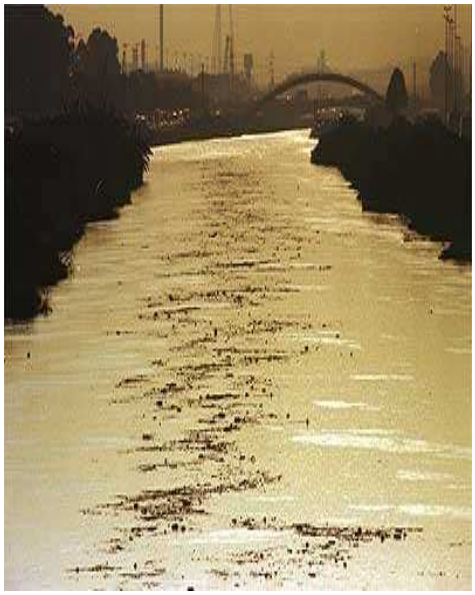
2. OS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DA POLUIÇÃO HÍDRICA

Todas as formas de vida existentes no planeta dependem da água para sua sobrevivência. O ser humano para se manter vivo precisa consumir alguns litros de água potável diariamente. Entretanto, a água doce disponível na biosfera não é abundante. Mais de 97% da água do mundo está localizada nos mares e oceanos, portanto salgada. E assim, encontra-se indisponível para consumo, uso agrícola e industrial. As principais fontes de água doce do mundo disponíveis diretamente para o homem compreendem os rios e lagos. Esse conjunto representa menos que 0,01% da água total no planeta (BAIRD, 2002).

As altas taxas de crescimento populacional registradas principalmente a partir da 2ª Revolução Industrial, no final século XIX, fizeram com que o consumo de água aumentasse em todo planeta para o atendimento das diversas demandas de utilização (PEREIRA e SOARES, 2002). Somente para a agricultura, estima-se que, no ano de 2025, essa atividade sozinha consumirá três quartos da água doce que escoa para os oceanos (BAIRD, 2002).

Paralelamente ao aumento do consumo de água global, o aumento das pressões antrópicas no meio ambiente, registrado nesse mesmo período, através das inúmeras atividades humanas, vem acarretando uma perda significativa da qualidade da água existente. O decréscimo desta qualidade é um fator que potencializa a limitação de sua utilização e consumo. Os resíduos produzidos do uso da água pelo homem geram a formação de efluentes industriais, oriundos de complexos ou parques; esgotos domésticos, provenientes dos centros urbanos; efluentes de atividades agrícolas, através do *runoff* das plantações; efluentes de atividades extrativistas, provenientes de drenagem de minas; ou até mesmo da lixiviação de resíduos domésticos ou industriais, como o chorume produzido em aterros sanitários e lixões (BAIRD, 2002).

Todos esses tipos de águas residuárias causam impactos estéticos, fisiológicos e ecológicos, através da alteração das características naturais dos corpos hídricos receptores envolvidos, conforme exemplificado nas **Figura 2.1 a,b**. Tal fenômeno é conhecido como *poluição das águas ou poluição hídrica* (BRAGA, 2002).



(a) **(b)**

Figuras 2.1 – (a) Aspecto da poluição de um rio causada pela disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos em sua margem. (b) Aspecto geral de um rio poluído devido à influência de um grande centro urbano (Rio Tietê, na cidade de São Paulo-SP). Fonte: Água e Qualidade de Vida. Ciclo de palestras UNESP. Santos, Fabiane Raquel O., 2004.

Contudo, a poluição das águas também pode ocorrer por fenômenos naturais. Os efeitos resultantes da inserção de poluentes no meio aquático dependem da natureza do poluente envolvido, do caminho que esse poluente percorre no meio e do uso que se faz do corpo d'água. A introdução desses poluentes pode se dar de forma *pontual ou difusa*, conforme a **Figura 2.2**. Na primeira forma, os efluentes são introduzidos através de lançamentos individualizados, em pontos de descarte e tubulações específicas. O processo aplicado e os poluentes envolvidos são facilmente identificados. Na forma difusa, não há um ponto específico, ou um tipo de atividade específica, ou até mesmo um tipo de poluente específico, em muitos casos. As cargas entram nos corpos receptores através de uma área ou distância, podendo haver uma mistura de várias fontes envolvidas (BRAGA, 2002).

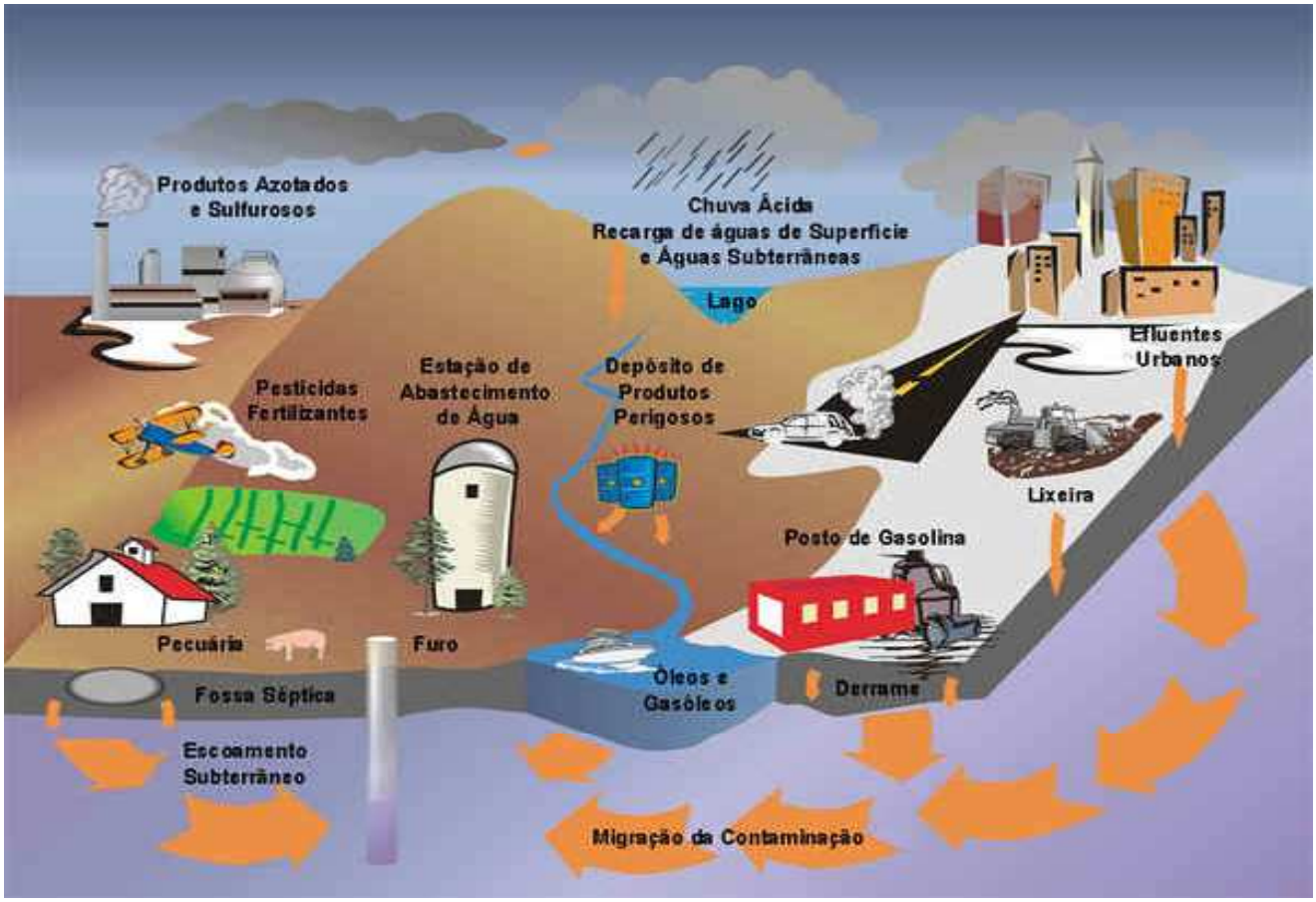


Figura 2.2 – Diagrama esquemático do ciclo hidrológico baseado na influência da poluição pontual e difusa produzida pelas atividades antrópicas. Fonte: Água e Qualidade de Vida. Ciclo de palestras UNESP. Santos, Fabiane Raquel O., 2004.

Visando mitigar os impactos das diversas atividades humanas nos corpos hídricos, e, por conseguinte, diminuir o grau de poluição para patamares aceitáveis, em função de parâmetros ambientais e sanitários estabelecidos, criou-se os chamados *padrões de lançamento de efluentes*. Esses padrões estabelecem limites de descarte nas águas receptoras, para os vários tipos de poluentes envolvidos nas diversas modalidades de atividades humanas.

Cada país, estado, cidade ou região em diversas partes do mundo possuem critérios próprios, de acordo com legislações e normas específicas. No Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005, em conjunto com as legislações estaduais características, norteiam esta ação.

2.1. OS PRINCIPAIS TIPOS DE POLUENTES AQUÁTICOS

Os poluentes aquáticos podem ser caracterizados de diversas formas, em virtude da sua natureza, impactos causados e persistência no meio ambiente (BRAGA, 2002).

A **Tabela 2.1** exemplifica os principais grupamentos de poluentes e impactos ambientais e de saúde associados.

Tabela 2.1- Classificação de grupos de poluentes hídricos e impactos associados.

TIPO DE POLUENTE	EXEMPLO	IMPACTOS OBSERVADOS
Poluentes orgânicos biodegradáveis	Matéria orgânica	Consumo de oxigênio dissolvido por ação bacteriana
Poluentes orgânicos recalcitrantes ou refratários	Defensivos agrícolas, detergentes sintéticos e petróleo	Efeitos tóxicos, persistência ambiental, alteração da troca de gases ar-água, impermeabilização de membranas, raízes e sistemas respiratórios
Metais	Arsênio, bário, cádmio, cromo, chumbo e mercúrio	Efeitos carcinogênicos e mutagênicos, toxicidade aguda, persistência ambiental, bioacumulação
Nutrientes	Nitrogênio e fósforo	Eutrofização
Organismos patogênicos	Bactérias, vírus, protozoários e helmintos	Doenças de veiculação hídrica, diminuição da qualidade de vida
Sólidos em suspensão	Sedimentos, matéria orgânica em suspensão	Turbidez, deposição nos fundos dos corpos hídricos
Calor	Temperatura do despejo	Danos físicos a biota, alteração da solubilidade dos gases e na tensão superficial
Radioatividade	Elementos radioativos	Efeitos carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos, bioacumulação

Fonte: Introdução à engenharia ambiental. Braga, B., 2002.

De acordo com o critério persistência ambiental, os poluentes podem ser agrupados em quatro categorias distintas: o grupo dos poluentes não conservativos ou biodegradáveis, o grupo dos facilmente dissipáveis, os conservativos e os resíduos sólidos (PEREIRA e SOARES, 2002).

Os poluentes não conservativos compreendem o tipo de poluição mais comum no meio aquático. Esses caracterizam-se pelo baixo tempo de residência quando comparados a outros tipos. As substâncias passíveis de degradação microbiana, como grande parte das substâncias orgânicas presentes nos efluentes domésticos, urbanos e em alguns processos industriais e rejeitos agrícolas, incluem-se neste grupo (PEREIRA e SOARES, 2002).

Os facilmente dissipáveis são aqueles que se caracterizam pela rápida perda de toxicidade após a sua entrada no ambiente aquático. Este grupo pode ser exemplificado pelos ácidos, pelas bases inorgânicas e pelo calor. Os danos causados por este grupo são restritos ao ponto de lançamento (PEREIRA e SOARES, 2002).

Os poluentes conservativos não são susceptíveis à degradação bacteriana, onde apresentam um alto tempo de residência no ambiente aquático. Neste grupo, incluem-se os metais pesados, pesticidas e a radioatividade. O último grupo, pertencente aos resíduos sólidos, oferece danos ao meio ambiente em virtude de bloqueios físicos que impedem a entrada da luz e a realização de fotossíntese, além de afetar a respiração dos organismos aquáticos. Alguns tipos de resíduos, como o plástico, são persistentes no meio ambiente (PEREIRA e SOARES, 2002).

2.2. O COMPORTAMENTO DOS POLUENTES NO MEIO AQUÁTICO

Os poluentes quando lançados no ambiente aquático sofrem a ação de diversos mecanismos físicos, químicos e biológicos existentes na natureza, que alteram seu comportamento e suas respectivas concentrações (BRAGA, 2002).

Os mecanismos físicos englobam a diluição e a ação hidrodinâmica. A diluição consiste na redução da concentração de um dado poluente quando misturado com a água no corpo receptor. A ação hidrodinâmica se baseia na movimentação de massa existente em um corpo hídrico. Esta movimentação transporta o poluente de um ponto a outro, e assim, a concentração varia ao longo do tempo. Os elementos que compreendem a ação hidrodinâmica são: a *advecção, difusão molecular e turbulenta*. O transporte de poluentes causado pela ocorrência conjunta da difusão e da advecção é chamado de *dispersão* (BRAGA, 2002).

A ação da gravidade, por efeito de sedimentação de substâncias poluidoras, e a temperatura, por efeito da solubilidade dos gases e de cinética química, também são parâmetros físicos importantes a serem considerados. Os fenômenos químicos em ambiente

aquático consistem basicamente na hidratação, hidrólise e nos mecanismos de oxi-redução. Já os mecanismos biológicos consistem na degradação da matéria orgânica biodegradável por indivíduos decompositores, bactérias em sua maioria, de natureza aeróbia ou anaeróbia.

Outro conceito de grande importância ambiental relacionado ao comportamento dos poluentes no meio aquático é a *autodepuração* (BRAGA, 2002), que consiste na recuperação e atenuação naturais de um corpo hídrico quando submetido a um ou mais agentes poluidores. Na autodepuração, todos os mecanismos físicos, químicos e biológicos estão envolvidos (**Figura 2.3**). A eficiência da autodepuração está intimamente ligada à capacidade suporte do meio aquático, ou seja, a quantidade de carga poluidora envolvida, e da natureza química do agente poluidor. Neste caso, quanto mais recalcitrante pior será a condição de autodepuração (BRAGA, 2002).

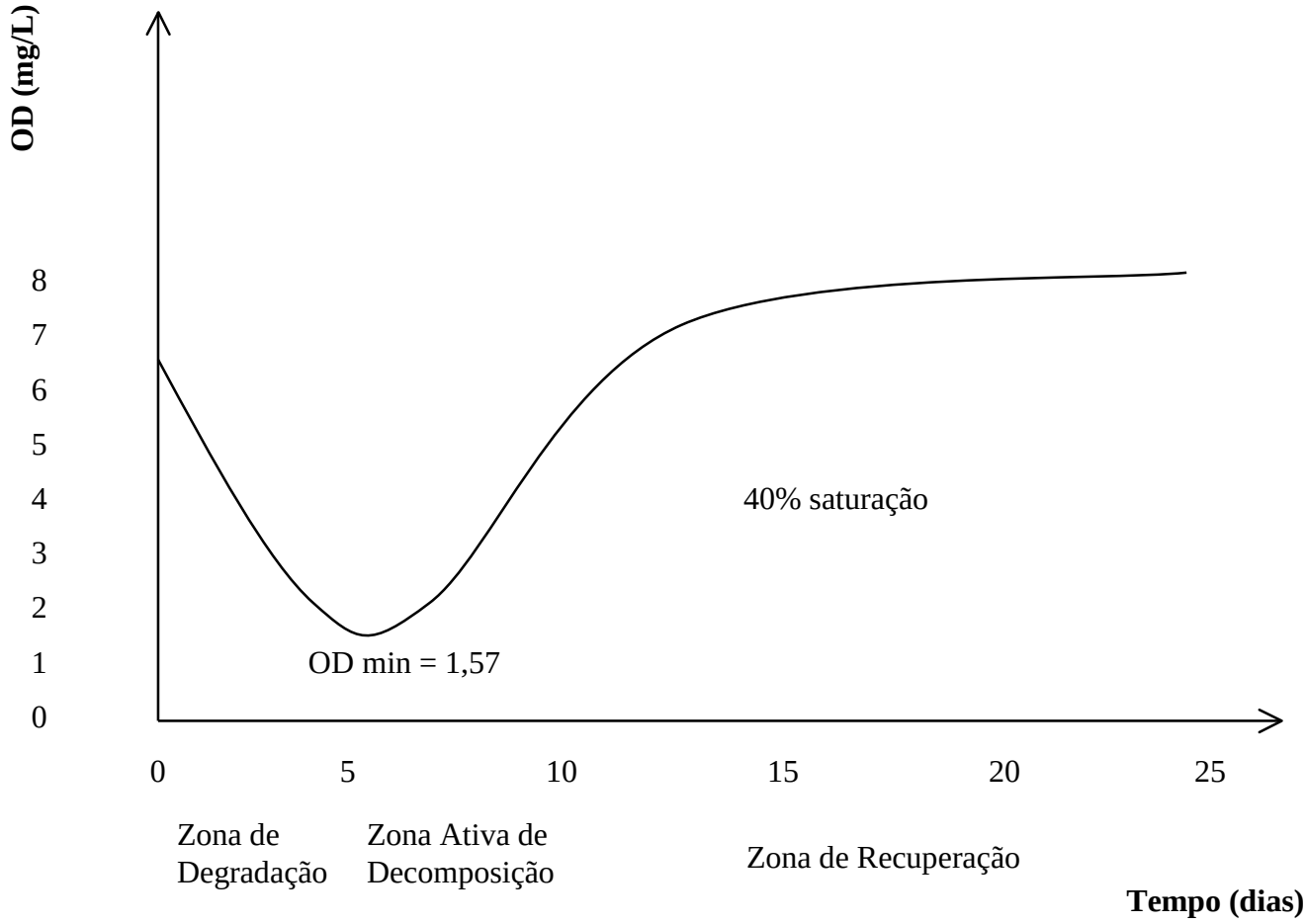


Figura 2.3 - Exemplo de uma curva de autodepuração do OD de um rio. Fonte: Revista Sanare. SANEPAR, 2000.

2.3. A POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E DOS MARES

A poluição hídrica não afeta somente os corpos hídricos interiores como os rios e lagos. Os mares e a água subterrânea também sofrem com essa influência.

Os oceanos e mares são os derradeiros sorvedouros dos subprodutos gerados pelas atividades humanas e recebem, de forma direta ou indireta, uma grande variedade de poluentes, rejeitos urbanos, agrícolas e industriais. Devido à presença maciça de grandes centros urbanos localizados nas zonas costeiras, geralmente próximos a baías e estuários, estas zonas se tornam as mais vulneráveis aos impactos da poluição. As principais vias naturais de transporte e poluição para o ambiente marinho são o escoamento superficial dos continentes, os rios e a atmosfera. Os efluentes também podem ser diretamente lançados nos mares através de emissários submarinos e rejeitos de atividades *off shore* (PEREIRA e SOARES, 2002).

A maior parte da água doce disponível no planeta encontra-se no subsolo, entorno de 0,6% do suprimento total de água da Terra, sendo que metade dessa água está localizada em profundidades que excedem a um quilômetro (BAIRD, 2002).

A ocorrência de água subterrânea em um perfil de solo é representada no diagrama esquemático da **Figura 2.4**.

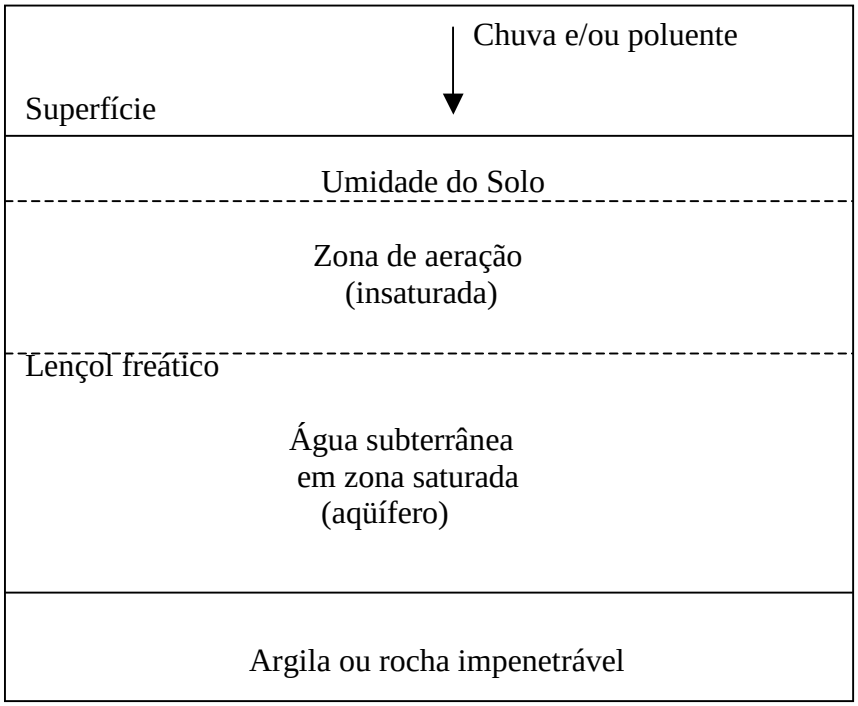


Figura 2.4 – A água subterrânea e as diferentes zonas de saturação do solo. Fonte: Química Ambiental. Baird, C., 2002.

As águas subterrâneas são consideradas como formas mais puras de água. Em virtude do poder de filtração exercido pelo solo e o seu longo tempo de permanência, este tipo de água contém quantidade muito menor de matéria orgânica e microorganismos patogênicos que as formas de águas superficiais. Contudo, principalmente a partir do início do século XX, as águas subterrâneas vêm sofrendo um processo crescente de contaminação, através da infiltração de poluentes. Estes poluentes infiltram no solo por vazamentos, descartes diretos ou até mesmo por drenagem da chuva. Os principais tipos de poluentes normalmente encontrados são os produtos químicos orgânicos, combustíveis e o chorume (BAIRD, 2002).

3. CARACTERÍSTICAS DOS EFLUENTES DAS ATIVIDADES AUTOMOTIVAS

3.1. AS ATIVIDADES AUTOMOTIVAS

As atividades automotivas encerram os estabelecimentos dos setores de comércio e prestação de serviço que lidam com veículos automotivos de uma forma geral, sejam os de características leves, como motos, carros de passeio e vans, ou de características pesadas, como caminhonetes, ônibus e caminhões. Nessas atividades são realizadas operações de manutenção, reparo de peças, lavagem, lubrificação, troca de fluidos, abastecimento e estacionamento.

Em alguns tipos de atividades automotivas, o veículo permanece em longo prazo, e pertence ao próprio estabelecimento. Estas atividades possuem normalmente toda a estrutura necessária para abastecimento, reparo, manutenção, lavagem e estacionamento do tipo de veículo envolvido. Esses estabelecimentos constituem, por exemplo, as garagens de ônibus de transporte urbano **(Figura 3.1 a)** e empresas transportadoras de carga.

Em outros tipos de atividades automotivas, os veículos envolvidos não permanecem em longo prazo ou pertencem ao referido estabelecimento. São realizados serviços rápidos e momentâneos. Nesses casos, enquadram-se os postos de abastecimento **(Figura 3.1 b)**, lava-jatos, estacionamentos, oficinas mecânicas, ou até mesmo lojas especializadas, também conhecidas como auto-centers.

Há também o caso de atividades automotivas que apresentam ambas características apresentadas, como as lojas concessionárias autorizadas, que prestam serviços aos seus clientes. Outro caso de categoria de atividade automotiva importante é aquela que não trabalha diretamente com veículos, apenas com reparo, limpeza e manutenção de peças e partes, como, por exemplo, as retíficas de motores.

(a) **(b)**

Figura 3.1 – (a) Garagem de ônibus e (b) Posto de abastecimento.

As atividades automotivas no Brasil existem em grande número, conforme apresentado na **Tabela 3.1**, despertando assim uma atenção especial, uma vez que são atividades potencialmente poluidoras, principalmente no que compete à utilização de água, e, por conseguinte, à geração de efluentes (SEMAPE, 2004).

Outro aspecto ambiental importante das atividades automotivas é a geração de resíduos, especialmente os resíduos oleosos. Os vazamentos e os descartes irregulares provocam danos ao meio ambiente (SEMAPE, 2004).

Tabela 3.1 – Quantitativo do número de estabelecimentos para algumas categorias de atividades automotivas no Brasil.

TIPO DE ATIVIDADE	N° DE ESTABELECIMENTOS
Recondicionamento ou recuperação de motores para veículos automotores (oficinas mecânicas ou autorizadas específicas)	2.217
Comércio a varejo e atacado de veículos automotores (concessionárias lojas e demais pontos de vendas de veículos: carros, motos, caminhões)	23.455
Manutenção e reparação de veículos automotores (oficinas mecânicas)	78.777
Comércio, manutenção e reparação de motocicletas, partes, peças e acessórios (oficinas mecânicas ou autorizadas específicas)	15.360
Comércio a varejo de combustíveis (postos de abastecimento em perímetro urbano ou em rodovias estaduais e federais)	36.705
Transporte terrestre (transporte de cargas ou passageiros, seja este municipal, estadual ou internacional)	122.130

Fonte: Cadastro Central de Empresas. IBGE, 2002.

De uma forma indireta, grandes empresas, autarquias e órgãos públicos, que possuem estrutura própria para manutenção, reparo e conservação de sua frota veicular, apesar de não serem atividades automotivas na sua concepção, podem ser vistas e encaradas como tal, em virtude da presença de operações semelhantes. Assim sendo, comparativamente, os números apresentados na **Tabela 3.1** seriam mais significativos.

Para algumas categorias de atividades automotivas, existe um número considerável de estabelecimentos que operam na categoria de economia informal, sem alvará de funcionamento ou licença ambiental. Esse é o caso, por exemplo, dos lava-jatos (**Figura 3.2**), e das oficinas mecânicas.

Figura 3.2 – Placa indicativa da existência de um Lava-Jato informal em uma calçada[1].

3.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS EFLUENTES LÍQUIDOS GERADOS PELOS VEÍCULOS E ATIVIDADES AUTOMOTIVAS

Os efluentes líquidos gerados pelas atividades automotivas constituem o principal foco de atenção do presente estudo. Estes ocorrem através das operações de manutenção, reparo, lavagem, lubrificação, trocas de fluidos, abastecimento e estacionamento de veículos, mencionadas no tópico anterior.

De forma indireta, os efluentes também podem ser gerados através do carreamento dos poluentes através da água da chuva, principalmente em áreas abertas de estacionamento, ou até mesmo da lavagem de pisos em áreas cobertas.

Os principais poluentes envolvidos nas operações realizadas nas atividades automotivas são os **óleos e graxas, partículas e sólidos e os produtos coadjuvantes**.

[1] Nesta localidade, no bairro de Jacarepaguá-RJ, o lava-jato opera apenas aos fins de semana, provavelmente com o objetivo de complementar a renda do morador da casa do portão de madeira.

Contudo, não são apenas as atividades automotivas que geram efluentes de origem veicular. Os veículos que circulam nas ruas contribuem com derrame de combustível, óleo lubrificante, fluido de freio, óleos e ceras empregados na lavagem de carroceria, líquido refrigerante, partículas que se soltam com o desgaste de pneus e freios, além de ferrugem, partículas de tinta e pedaços que se soltam devido à vibração. Embora menos de 5% (em peso) do total de poluentes que se encontram nas ruas tenha, diretamente, sua origem nos veículos, esses são os mais tóxicos e potencialmente prejudiciais à vida aquática. Assim, estão aqui incluídos derivados de petróleo, graxas, parafinas, asbestos e metais pesados (MENEZES, 2004).

A **Tabela 3.2** exemplifica esses poluentes e suas fontes.

Tabela 3.2 – Poluentes derivados de veículos automotores.

Poluente	**Fonte**
Asbesto	Embreagem, freio
Cobre	Mancais, freio
Cromo	Galvanizados, anéis, freio
Chumbo	Óleo do motor, mancais
Níquel	Freio
Zinco	Óleo do motor, pneus
Fósforo	Aditivos para o óleo do motor
Graxas/hidrocarbonetos	Combustível, óleo lubrificante, Fluidos de sistemas hidráulicos
Borracha	Pneus

Fonte: Avaliação da qualidade de águas de drenagem urbana correlacionada aos poluentes originados pelo tráfego de veículos automotores. Menezes, Flávio L., 2004.

A influência direta dos veículos na poluição da água de drenagem em faixas de rolamento é bastante significativa. De acordo com estudos realizados por MENEZES (2004) a contribuição de poluição por veículo diariamente é exemplificada na **Tabela 3.3**.

Tabela 3.3 – Contribuição poluidora por veículo automotor[2].

Poluente	Massa (mg) de poluente por veículo/dia
Óleos e Graxas	1,20
Demanda Química de Oxigênio, **DQO**	2,70
Sólidos Totais, **ST**	9,40
Sólidos Totais em Suspensão, **SST**	0,90

Fonte: Avaliação da qualidade de águas de drenagem urbana correlacionada aos poluentes originados pelo tráfego de veículos automotores. Menezes, Flávio L., 2004.

Ainda nesse mesmo estudo, foram identificadas as presenças de metais pesados no efluente analisado, como, por exemplo, a média diária do cobre ficou entorno de 0,01 mg/L.

3.3. CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS ÓLEOS E ORIGENS

O termo óleos e graxas, em águas residuárias, aplica-se a uma variedade de substâncias orgânicas que são extraídas de uma solução aquosa, ou em suspensão, por hexano, ou por 1,1,2-tricloro-1,2,2–trifluoroetano, também conhecidos por FREON -113 e CFC -113. Hidrocarbonetos, ésteres, óleos, gorduras, ceras e ácidos graxos de grande peso molecular compreendem a maioria dos materiais dissolvidos por esses solventes (SAWYER, 1994).

A ocorrência dos resíduos oleosos nos efluentes dos estabelecimentos automotivos se dá, principalmente, através de operações de manutenção, abastecimento, lavagem de veículos, limpeza de peças, além de vazamentos oleosos ocorridos em áreas de estacionamento, armazenamento e vias de acesso, carreados pela limpeza de pisos ou drenagem da chuva.

Nesse aspecto, a tipologia do material oleoso encontrado pode ser basicamente mineral, sintética, vegetal e animal, sendo que o uso preponderante ocorre na base mineral.

Os óleos minerais e sintéticos, utilizados nos estabelecimentos automotivos, compreendem, na sua grande maioria, os óleos lubrificantes para lubrificação de motores de combustão de veículos leves e pesados, visando a redução do atrito e do desgaste de engrenagens e peças; os óleos para o acabamento de lavagem veicular, como, por exemplo, o silicone; e, por último, os óleos combustíveis, usados como um combustível para veículos pesados, como é o caso do diesel. Os óleos lubrificantes e combustíveis também podem ser empregados para limpeza de peças, atuando como solventes na dissolução do resíduo oleoso impregnado nas superfícies das peças.

[2] Extensão do eixo viário de 2.812m^2 durante 63 dias de monitoramento.

Os óleos animais podem aparecer incorporados aos óleos minerais para lubrificação de motores, como, por exemplo, o lard oil, conhecido como óleo de banha, de origem suína. Este uso era empregado no passado em larga escala (MOTORLUB, 2004).

Os óleos vegetais, e mesmo os óleos animais, podem também fazer parte de composições em óleos lubrificantes e combustíveis, como o caso do óleo de rícino (mamona), amêndoas e sementes em geral, empregados na fabricação de lubrificantes e biodiesel (PARENTE, 2003) . Esses óleos também ocorrem nas operações de lavagem e polimento de motores e carroceria, exemplificado pelo óleo de mamona.

As graxas são utilizadas para lubrificação de peças em serviços de manutenção de veículos. Compreendem compostos semi-sólidos, constituídos por uma mistura de óleo mineral ou sintética, aditivos e agentes engrossadores, chamados sabões metálicos, à base de alumínio, cálcio, lítio e bário (RUNGE,1994).

3.3.1. Os Óleos Minerais e Sintéticos

Basicamente, os óleos minerais têm sua origem no petróleo e, em menor escala, no carvão da pedra lignita e no xisto betuminoso. O petróleo teve sua formação originada na deposição da matéria orgânica em bacias sedimentares, principalmente em rochas sedimentares de petróleo, contendo folhelhos e arenitos. A composição química do petróleo é complexa, variável e extremamente influenciada por condições físico-químicas, biológicas e geológicas do ambiente em que foi formado. Uma amostra de petróleo pode apresentar mais de 1000 substâncias químicas diferentes, mas, aproximadamente 200, dentre estas, são comuns a todos os tipos de petróleo (PEREIRA e SOARES, 2002).

Os principais compostos encontrados são os hidrocarbonetos, alcanos, cicloalcanos e aromáticos, que correspondem de 50 a 98% do petróleo. O mais abundante tipo de hidrocarboneto geralmente é a série de alcanos. No petróleo, as moléculas de alcanos variam grandemente, desde o metano até moléculas de uma centena de carbonos (BAIRD, 2002).

A maioria das moléculas de alcanos, no óleo cru, é de dois tipos estruturais: cadeia carbônica, longa e contínua, e cadeia principal com ramificações curtas. Os cicloalcanos encontrados correspondem, principalmente, aqueles de cinco ou seis carbonos por anel, com sistemas C_{12} H_{12}, incluindo o metilciclopentano e o ciclohexano (BAIRD, 2002).

Os hidrocarbonetos aromáticos e poliaromáticos (PAH’s), presentes na composição do petróleo, correspondem ao benzeno e seus derivados simples, nos quais um ou mais átomos foram substituídos por grupos metila ou etila. No conjunto, o componente da gasolina

benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno são chamados de BTEX, correspondendo aos aromáticos simples (BAIRD, 2002).

Além dos hidrocarbonetos, o petróleo possui certa quantidade de compostos de enxofre e ácidos graxos: sulfeto de hidrogênio gasoso (H_2S) e compostos orgânicos de enxofre, análogos a álcoois e éteres, nos quais um átomo de S substitui o oxigênio. Estes correspondem a uma faixa de 5 a 10% da composição do petróleo. Pequenas quantidades de compostos orgânicos, contendo oxigênio ou nitrogênio, também estão presentes no óleo cru (BAIRD, 2002).

Os metais constituem outro grupamento importante encontrado na composição do óleo cru. Neste grupo, podemos destacar os seguintes elementos: alumínio, silício, antimônio, cálcio, arsênio, molibdênio, potássio, zinco, chumbo, níquel, ferro, cromo, magnésio, vanádio, cobre, titânio, bário (PEREIRA e SOARES, 2002).

Os óleos minerais utilizados nas atividades automotivas resultam do refino do petróleo, através de um conjunto de processos de transformação do óleo bruto ou cru, em produtos derivados, realizados em unidades industriais denominadas refinarias. Estes se apresentam em dois grandes grupos: os óleos lubrificantes e os óleos combustíveis (PETROBRÁS, 2005).

Os óleos lubrificantes de origem mineral podem ser básicos ou acabados (PETROBRÁS, 2005), e constituem-se em uma complexa mistura de hidrocarbonetos na faixa de C40 a C50 (RUNGE, 1994). O tipo básico consiste em um líquido obtido por destilação do petróleo bruto, podendo ser de origem parafínica ou naftênica. Já os óleos lubrificantes acabados, que são efetivamente o tipo comercializado e encontrado nas atividades automotivas, consistem um produto formulado a partir do óleo lubrificante básico, ao qual é adicionado o pacote de aditivos, com inúmeras finalidades (proteção, resistência, limpeza e eficiência), dependendo de cada empresa produtora, sendo então envasado e vendido no mercado aos consumidores finais (PETROBRÁS, 2005).

Os óleos minerais combustíveis são óleos residuais de alta viscosidade, obtidos do refino do petróleo ou através da mistura de destilados pesados com óleos residuais de refinaria (PETROBRÁS, 2005). No caso particular das atividades automotivas, o óleo diesel é que apresenta a preocupação ambiental efetiva, em virtude de sua utilização em massa pelos veículos pesados. Este consiste em uma fração do petróleo composta, principalmente, por hidrocarbonetos alifáticos.

O óleo diesel é ligeiramente mais denso do que o querosene e destila na faixa entre 250 e 400 ºC, possuindo uma mistura de hidrocarbonetos na faixa de C12 a C20, além de quantidade variável de enxofre e aditivos. É usado como combustível em motores de

combustão interna, nos quais a ignição ocorre pelo aumento de temperatura ao invés de faiscação (ANP, 2004). O óleo diesel pode apresentar a sua forma comum ou aditivada. Esta última difere da primeira devido à existência de substâncias detergentes/dispersantes, antiespumantes, anticorrosivas e desemulsificantes (PETROBRÁS, 2005).

Os óleos sintéticos, nas atividades automotivas, possuem a função de lubrificação.

Os óleos lubrificantes sintéticos são resultantes da síntese entre produtos químicos (ésteres, glicóis, PAO (Polialfolefinas), bi-craqueados de petróleo), realizadas em indústrias químicas ou petroquímicas. A sua origem principal é a base petrolífera, podendo ser também animal ou vegetal (GERGEL,1992).

Os aditivos empregados nos óleos minerais e sintéticos constituem-se em substâncias como: os detergentes; dispersantes; inibidores de corrosão, oxidação e atrito; abaixadores do ponto de fluidez, anti-espumantes e modificadores de viscosidade (RUNGE,1994).

Os principais constituintes desses aditivos empregados são os grupamentos ácido sulfônico, aquil-fenol, ácido salicílico, ácido fosfônico, metais alcalinos terrosos (Ca, Mg, Ba), succinimidas (ésteres do ácido siccínio e os tipos contendo fósforo), fenóis etoxilados, aminofosfatos, dio-tiofosfatos de zinco, compostos aromáticos nitrogenados, compostos de enxofre e fósforo, molibidênio, grafite, naftaleno alquilado, fenóis alquilados, metacrilatos, copolímeros a base de estireno, éster maleico, produtos a base de silicone, acetato de vinila, poli-isobutenos, poli-metacrilatos (RUNGE, 1994).

Outro tipo de óleo encontrado é o óleo lubrificante usado (mineral ou sintético), denominado óleo inservível. Este possui tal denominação pelo seu desgaste natural, por utilização em motores de combustão, e que tenha se tornado inadequado à finalidade original. Normalmente, são acondicionados em tanques ou depósitos aéreos e subterrâneos, até que seja dada a sua destinação final, que, em geral, refere-se às atividades de rerrefino de óleo. Os óleos inservíveis são aplicados nas operações de lavagem e limpeza de peças, para dissolução do óleo e sujidades impregnadas.

Os óleos inservíveis possuem a mesma composição dos óleos lubrificantes novos, porém, devido a seu desgaste e utilização, apresentam diferenças em relação aos novos. Estas diferenças basicamente são: contaminação dos óleos pelos produtos da combustão do motor, quebra e alteração das moléculas dos aditivos devido a sua utilização e desgaste, além da contaminação por metais oriundos do atrito com o motor (IRWIN, 1997).

Esta contaminação pode também se traduzir pela formação de ácidos orgânicos, aromáticos polinucleares, compostos clorados (orgânicos e inorgânicos), compostos de bromo, PCB´s (Bifenilas Policloradas), resinas e lacas durante o processo de utilização (IRWIN,1997). Cerca de 5% da composição de um óleo lubrificante inservível é a

composição do seu combustível de origem (gasolina, diesel, por exemplo). Durante a utilização do óleo no motor, este é contaminado pelo combustível, apresentando significativa contaminação ao final de sua vida útil, incluindo sílica oriunda de poeiras suspensas no ar de admissão (JAIRO GUIMARÃES, 2004).

A origem de compostos clorados e de bromo na composição dos óleos lubrificantes se dá através do dicloroetano e do dibromoetano, utilizados para facilitar a saída do chumbo tetraetila, presente na gasolina, junto ao cano de descarga (BAIRD, 2002).

No Brasil, o chumbo tetraetila foi substituído pelo etanol, onde as substâncias de cloro e bromo não são mais empregadas (BAIRD, 2002). Em outros países, onde o chumbo ainda é empregado, existe a possibilidade de encontrarmos substâncias cloradas no óleo residual, observado no estudo de IRWIN (1997), conforme **Tabela 3.4.**

Na **Tabela 3.4,** foram agrupadas as principais espécies químicas encontradas em uma análise realizada em uma amostra de óleo inservível.

Tabela 3.4 - Composição de uma amostra de óleo inservível.

COMPOSTO	% PESO OU CONCENTRAÇÃO
HIDROCARBONETOS	
Hidrocarbonetos saturados	86,3 a 76,6%
Hidrocarbonetos aromáticos	12,9 a 4,1 %
Polarizados	3,8 a 0,8%
Asfaltenos voláteis	0 a 3,2%
NÃO METÁLICOS	
Nitrogênio	0,090%
Enxofre	0,54 a 0,29%
METAIS	
Alumínio	15 ppm
Cobre	18 ppm
Ferro	220 ppm
Chumbo	18500 ppm
Silício	17 ppm
Antimônio	6 ppm
Sódio	59 ppm
Cálcio	688 ppm
Bário	177 ppm
Zinco	1360 ppm
Magnésio	410 ppm

Fonte: Environmental contaminants encyclopedia, oil- used motor oil entry. Irwin, R., 1997.

3.3.2. O Silicone

Os silicones são substâncias com cadeias de unidades O-Si-O **(Figura 3.3)**, onde as ligações disponíveis dos átomos de silício estão ocupadas por grupos orgânicos, como o CH_3, por exemplo (BROWN,1997).

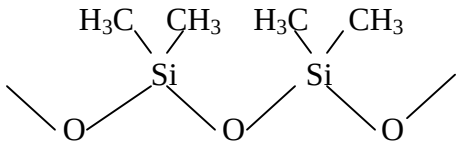


Figura 3.3 – Molécula de silicone. Fonte: Química ciência central. Brown, T., 1997.

Em função do comprimento das cadeias e do arranjo da reticulação entre elas, os silicones podem apresentar-se nas formas oleosa e elástica. No caso da aplicação dentro das atividades automotivas, a forma oleosa é a que apresenta a preocupação ambiental no escopo deste estudo. Os silicones são atóxicos e têm boa estabilidade e resistência ao calor, luz, oxigênio e água. São utilizados na composição de lubrificantes, em ceras de polimento de veículos e em peças de um modo geral (BROWN, 1997).

No mercado, o silicone pode ser comercializado separadamente, onde este é empregado como acabamento de limpeza de veículos. Normalmente, é utilizado para dar brilho e polimento ao console, calotas, pneus, frisos e demais acessórios em geral. A aplicação usualmente é feita através de spray.

3.3.3. Os Óleos Vegetais e Animais

As gorduras, óleos e ceras animais e vegetais são constituídos de ésteres. Gorduras e óleos são ésteres do triglicerídeo **(Figura 3.4)**, enquanto que ceras são ésteres de uma cadeia longa de uma estrutura de um monoglicerídeo. Quando hidrolisados os ésteres formam álcoois e ácidos graxos correspondentes (SAWYER, 1994).

Desta forma, podem constituir matéria-prima para a produção de biodiesel e,ou lubrificantes, os óleos das seguintes espécies vegetais:

Grão de amendoim, polpa de dendê, amêndoa de coco de dendê, amêndoa de coco de praia, caroço de algodão, amêndoa de coco de babaçu, semente de girassol, baga de mamona, semente de colza, semente de maracujá, polpa de abacate, caroço de oiticica, semente de

linhaça, semente de tomate, entre muitos outros vegetais em forma de sementes, amêndoas e polpas (PARENTE, 2003).

Os exemplos de óleos animais são o óleo de banha e o óleo de sebo, com uma utilização ruim para combustível devido à formação de ácidos graxos (PARENTE, 2003).

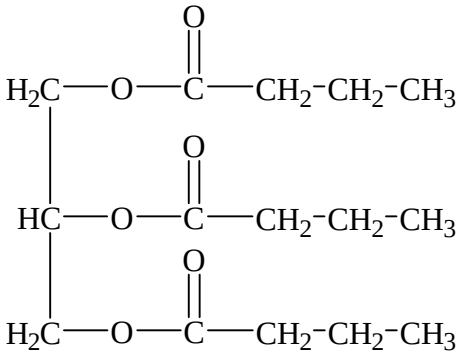


Figura 3.4 – Molécula de triglicerídeo. Fonte: Chemistry for environmental engineering. Sawyer, C., 1994.

Do ponto de vista de lubrificação, os óleos animais e vegetais não são utilizados para essa finalidade devido ao alto ponto de fluidez, baixa eficiência calorífera e geração de problemas na combustão. Estes aparecem associados aos óleos minerais. Os óleos de origem petroquímica, neste caso, predominam no mercado (JAIRO GUIMARÃES, 2004).

Nos óleos vegetais usados para lubrificação e combustão (biodiesel, por exemplo), as moléculas de triglicerídeos são quebradas por um processo de desesterificação, ou hidrólise, onde os ácidos carboxílicos resultantes são aproveitados como base química para a lubrificação e combustível (PARENTE, 2003).

Na lavagem de veículos, encontramos a utilização do óleo de mamona no polimento de carrocerias e chassis ou no polimento do console e interior do veículo. O emprego da mamona, nesse caso, confere um aspecto de brilho ao veículo.

As ceras, que podem ser líquidas ou pastosas, têm a função de proteger a pintura contra as intempéries, além de conferir brilho no acabamento da limpeza veicular. A cera vegetal mais utilizada no mundo para a proteção de veículos é a cera de carnaúba. Outros aditivos são incorporados às ceras automotivas, tais como: óleo, parafina, solventes, silicone, PTFE (Politetrafluoretileno) e polímeros acrílicos (RURALWILLYS, 2005).

3.4. CARACTERIZAÇÃO GERAL DAS PARTÍCULAS E SÓLIDOS E ORIGENS

Os sólidos e partículas presentes nas águas naturais, ou nos efluentes líquidos, são compostos por substâncias dissolvidas e em suspensão, de composição orgânica e ou inorgânica (GIORDANO, 2004).

No que tange as atividades automotivas, esses sólidos podem ser classificados como sílicas, argilas, fuligem, poeiras em suspensão, metais, fragmentos e outros que possam permanecer agregados a superfície veicular, seja na carroceria, chassis, ou rodas (SEMAPE, 2004).

A introdução dos sólidos no efluente automotivo ocorre por intermédio da lavagem veicular e limpeza de peças.

3.5. CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS PRODUTOS COADJUVANTES E ORIGENS

O termo produtos coadjuvantes compreende a gama de produtos não oleosos utilizados nas atividades automotivas, que contribuem, assim como os óleos e graxas, na formação e composição do efluente final gerado pelos estabelecimentos inseridos neste ramo.

A origem dos produtos coadjuvantes, dentro das atividades automotivas, ocorre nas operações de abastecimento, lavagem, limpeza e manutenção de veículos; reparo e retífica de motores e peças sobressalentes; serviços de conservação e limpeza de pisos; e demais operações afins.

Dentre esses produtos, é possível destacar os sabões, detergentes sintéticos e solventes com poderes desengordurantes, desengraxantes, solubilizantes, emulsificantes e polimento, além de combustíveis, corantes, essências e aditivos em geral utilizados nas operações acima descritas.

Em muitos casos, por questões comerciais, não se consegue identificar o conteúdo do produto, a não ser por seu nome comercial. Este fato é bastante comum para os produtos de limpeza de veículos encontrados no mercado.

3.5.1. Os Sabões e Detergentes Sintéticos

Basicamente, os sabões são produtos derivados da reação de gorduras e óleos com o hidróxido de sódio, através de um processo denominado saponificação (SAWYER, 1994).

A saponificação é um caso especial de uma reação de hidrólise, onde um agente alcalino é colocado para neutralizar um ácido graxo dentro de seu processo de formação (SAWYER,1994).

$$\begin{array}{l} H_2COOCC_{17}H_{35} \\ | \\ H\text{-}COOCC_{17}H_{35} \\ | \\ H\text{-}COOCC_{17}H_{35} \end{array} + 3NaOH \rightarrow \begin{array}{l} H_2COH \\ | \\ H\text{-}COH \\ | \\ H_2COH \end{array} + 3C_{17}H_{35}COONa \qquad (3.1)$$

estearina — hidróxido de sódio — glicerol — sabões de sódio

As gorduras e óleos são transformadas em glicerol e sabões de sódio. A natureza e aplicação do sabão formado dependem do tipo de óleo e gordura usado na sua origem. Os íons sódio e potássio são solúveis em água. Quando a água apresenta dureza, o cálcio, magnésio e outros íons, causadores dessa característica, reagem com os íons carboxila do sabão, precipitando-o na forma de um complexo metálico insolúvel. Esse fato dificulta a formação de espuma, impedindo a ação do sabão como produto de limpeza (SAWYER,1994).

$$2C_{17}H_{35}COONa + Ca^{2+} \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_2\,Ca\downarrow + 2Na^{+} \qquad (3.2)$$

Principalmente, devido a este problema, a partir da década de 1940, a indústria começou a produzir os chamados detergentes sintéticos, que apresentavam dispositivos que minimizavam este efeito, com o objetivo de substituir a utilização do sabão (METCALF & EDDY,1991). Contudo, apesar da redução de sua fabricação, os sabões **(Figura 3.5)** ainda são utilizados hoje como produtos de limpeza.

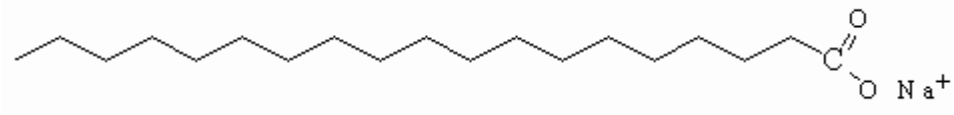


Figura 3.5 – Representação de uma molécula de sabão. Fonte: Pesticides, herbicides, PCB´s, PAH´s and by-products of manufacturing processes lecture. Northern Arizona University, 1998.

O termo detergente é aplicado a uma variedade de produtos de limpeza com a finalidade de remover a sujeira indesejável do objeto aplicado (roupas, louças veículos), incluindo o já mencionado grupo dos sabões. A composição principal dos detergentes são matérias orgânicas, que apresentam uma característica de superfície ativa, ou surfactante, em solução aquosa (SAWYER, 1994).

Desde 1945, uma grande variedade de detergentes sintéticos vem sendo produzida. Estes detergentes, chamados de syndets, apresentavam a função de substituir os sabões. A grande vantagem dos detergentes sintéticos era a não formação de compostos precipitados insolúveis, em função da presença dos íons causadores da dureza. Os detergentes sintéticos apresentam em sua composição uma faixa de 20 a 30 % de surfactantes e 70 a 80% de compostos denominados builders. Os builders são constituídos de compostos tais como o sulfato de sódio, o trifosfato de sódio, o pirofosfato de sódio, o silicato de sódio, além de outros produtos, que melhoram a qualidade ativa do ingrediente devido a sua ação seqüestrante (SAWYER, 1994).

Outros compostos como solventes, ácidos, bases, sais, essências e água deionizada também são encontrados na formulação dos detergentes, conforme **Tabela 3.5**.

Tabela 3.5 – Exemplo de formulação para fabricação de um detergente para limpeza pesada.

Fase A:	Ácido sulfônico	60g
	Solução de hidróxido de amônio	60mL
	Aminometilpropanol	10mL
Fase B:	Dietanolamida ácido graxo coco	20mL
	Água deionizada	100mL
	EDTA	1g
	Butilglicol	20mL
	Formol	2mL
Fase C:	Essência	20mL
Fase D:	Água deionizada	650mL
Fase E:	Solução de sulfato de magnésio 20%	60mL

Pesar o ácido sulfônico e adicionar aos poucos a solução de hidróxido de amônio e AMP. Dissolver a dietanolamida na água e juntar o EDTA. Verter essa solução no ácido sulfônico neutralizado. Adicionar a essência e depois o restante da água. Colorir o produto e acrescentar a solução de sulfato de magnésio. Ajustar o pH para 8,0.

Fonte: Inventa Brasil.Net, 2005.

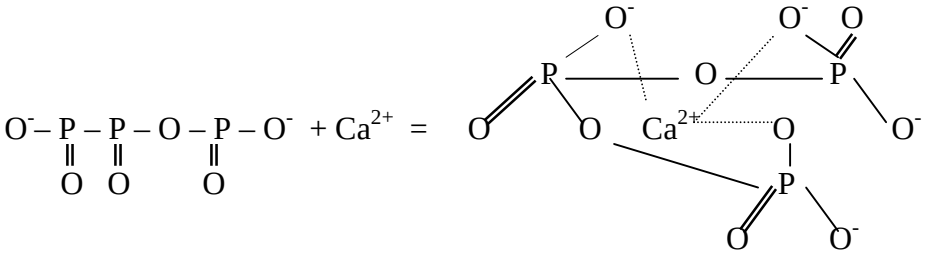
Em virtude da redução do poder de limpeza de um detergente quando em contato com íons causadores da dureza na água, principalmente, o cálcio e o magnésio, devido à formação de complexos insolúveis, foi necessário incluir na fórmula dos detergentes sintéticos substâncias denominadas seqüestrantes. Os seqüestrantes formam complexos solúveis com os íons metálicos causadores da dureza, permitindo assim, a operação limpante dos íons e moléculas do detergente. Os seqüestrantes, normalmente, também transformam a água de lavagem num pH ligeiramente alcalino, o que é importante para a remoção de sujeiras (BAIRD, 2002).

a) $P_3O^{5-}_{10} + H_2O \longrightarrow P_3O_{10}H^{4-} + OH^-$ (3.3)

b) $P_3O^{5-}_{10} + 2\ H_2O \longrightarrow 3PO_4^{3-} + 4H^+$ (3.4)

As substâncias seqüestrantes possuem mais de um sítio de ligação com o íon metálico e produzem estruturas em anel que incorporam o metal. Estas substâncias também são denominadas de agentes quelantes. Os compostos quelatos resultantes são muito estáveis em função de várias ligações formadas e, normalmente, não liberam os íons metálicos capturados na sua forma livre (BAIRD, 2002).

Um exemplo é o TPF (tripolifosfato), contido no $Na_5P_3O_{10}$ (tripolifosfato de sódio), muito usado no passado como seqüestrante na formulação dos detergentes sintéticos. O TPF contém em sua estrutura átomos alternados de fósforo e oxigênio, com oxigênios adicionais ligados aos átomos de fósforo por uma dupla ligação. Em solução, um íon TPF pode formar um complexo com os íons cálcio e magnésio, através da interação dos átomos de oxigênio com íon metálico em questão (BAIRD, 2002).


O⁻– P – P – O – P – O⁻ + Ca²⁺ =
O O O
O O O

apresentada, existe uma interação característica, porém, o princípio de seqüestro permanece o mesmo. Outro agente seqüestrante muito utilizado em formulações de detergentes é o EDTA (etilenodiaminatetracetato), que apresenta um excelente poder quelante, pois possui seis átomos doadores, podendo assim, seqüestrar o íon metálico em seis sítios diferentes (BAIRD, 2002).

Outra característica importante apresentada pelos sabões e detergentes é o poder surfactante. O conceito de surfactante abrange qualquer composto que modifica (usualmente reduz) a tensão superficial, quando dissolvido em água ou em soluções aquosas, e que altera, de maneira análoga, a tensão interfacial de dois líquidos (SAWYER, 1994).

Estas propriedades fazem com que os surfactantes sejam adequados para uma ampla gama de aplicações industriais envolvendo detergência, emulsificação, lubrificação, capacidade espumante, capacidade molhante, solubilização e dispersão de fases (NITSCHKE e PASTORE, 2002).

Os surfactantes dos detergentes efetuam na lavagem a ação de limpeza primária e de espumejamento mediante o mesmo mecanismo de redução da tensão superficial. O processo de limpeza consiste em: (1) molhagem completa da sujeira e da superfície do material (2) remoção da sujeira da superfície e (3) manutenção da sujeira numa solução ou suspensão estável (detergentes) (APHA, AWWA e WPCF, 1998).

Na água de lavagem, os detergentes aumentam a molhabilidade da água, de modo que ela possa penetrar mais facilmente e atingir a sujeira. Cada molécula da solução de limpeza pode ser considerada como uma cadeia comprida. Uma extremidade da cadeia é hidrófila e a outra hidrófoba. As extremidades de algumas dessas moléculas são atraídas por uma partícula de sujeira e a envolvem, onde ao mesmo tempo as extremidades hidrófilas puxam as moléculas e as partículas de sujeira e lançam-nas na água de lavagem. Esta é a ação que, combinada com a agitação mecânica, faz com que um detergente remova a sujeira (SAWYER,1994).

Devido a esta propriedade, os detergentes e sabões permitem formar emulsões de óleo em água, porque as caudas apolares das moléculas de detergente ou sabão penetram no óleo e as cabeças polares ficam na água. A emulsão, neste caso, é uma mistura de gotículas de óleo em água. Dessa forma, detergentes e sabões limpam objetos engordurados porque emulsionam a gordura, isto é, transformam-na em gotículas, que podem ser arrastadas pela água (SAWYER,1994).

Em suma, pode-se dizer que detergentes são agentes tensoativos, surfactantes ou espumantes que têm a propriedade de diminuir a tensão superficial dos líquidos, sendo

utilizados para emulsionar substâncias hidrófobas como óleo, gorduras e petróleo (SAWYER,1994).

De acordo com o apresentado na **Figura 3.6**, a estrutura de uma molécula de um surfactante consiste em duas regiões distintas. Uma região, representada por sua "cabeça", corresponde à fração hidrofílica, de natureza polar ou iônica, com característica de solubilidade em água. A outra região, representada por sua "cauda", corresponde à porção hidrofóbica, de natureza apolar, onde não apresenta solubilidade em água (UFSC, 2004).

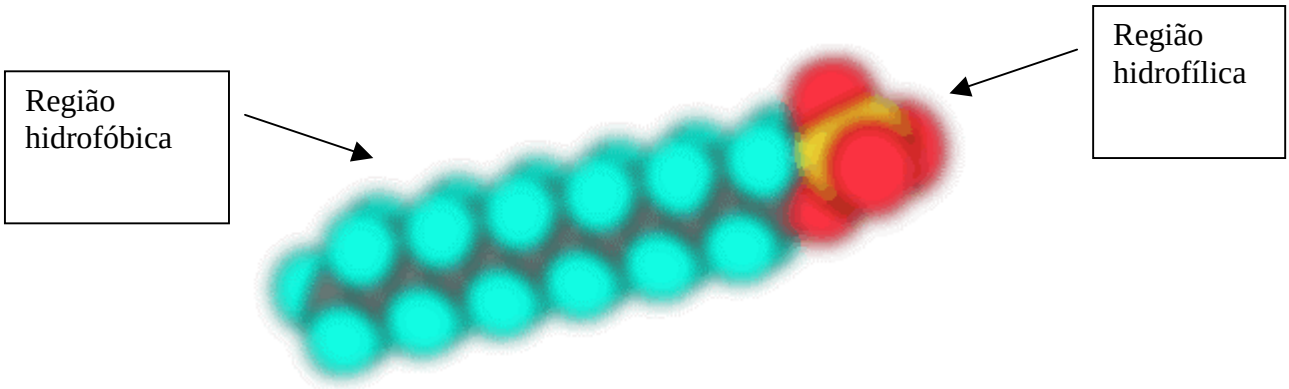


Figura 3.6 – A estrutura da molécula de um surfactante. Fonte: Aula sobre surfactantes e micelas. UFSC, 2004.

Depois de uma certa concentração, chamada de concentração crítica micelar, as moléculas surfactantes passam a se agregar sob a forma de micelas. As micelas são responsáveis pela catálise micelar e pela solubilização de gorduras (UFSC, 2004).

Na **Figura 3.7** é representada uma estrutura micelar. As regiões hidrofóbicas formam o núcleo apolar, sendo mantidas afastadas das moléculas de água, que por sua vez, interagem com a camada externa da micela representada pelos grupos hidrofílicos (UFSC, 2004).

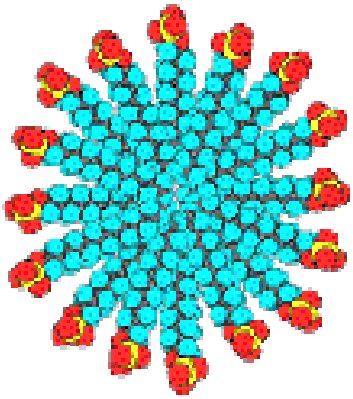


Figura 3.7 – A estrutura micelar. Fonte: Aula sobre surfactantes e micelas. UFSC, 2004.

O principal motivo que leva os monômeros de surfactantes a se juntarem é a diminuição da área de contato entre as cadeias hidrocarbônicas do surfactante e a água. Porém, em uma situação extrema, a formação dessas associações leva a uma situação de repulsão eletrostática entre os grupamentos hidrofílicos, cabeça do surfactante, dificultando a formação de micelas (UFSC, 2004).

Para solucionar esse problema, é adicionado à estrutura do surfactante um contra-íon, de carga oposta a carga do surfactante que, quando ionizado em solução aquosa, atenua o efeito de repulsão eletrostática entre os monômeros do surfactante, favorecendo a formação micelar (UFSC,2004).

Na **Figura 3.8,** uma molécula de SDS (surfactante aniônico) dissocia-se em solução aquosa em duas espécies hidratadas: um cátion, o contra-íon, e um ânion, o monômero surfactante. O SDS é no caso o monômero surfactante, e o Na (sódio), é o contra-íon (UFSC, 2004).

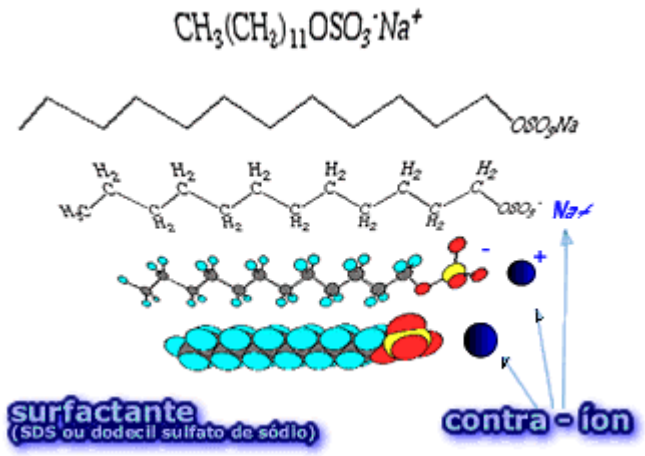


Figura 3.8 – Funcionamento do contra-íon na molécula de SDS. Fonte: Aula sobre surfactantes e micelas. UFSC, 2004.

Muitos são os modelos que tentam mostrar a forma e o comportamento de uma micela. Dentre os mais aceitos no meio científico, destaca-se o modelo de Stigter **(Figura 3.9)**. Os monômeros surfactantes, de acordo com o autor, organizariam-se em forma esférica, onde todos os grupamentos hidrofóbicos do surfactante estariam voltados para o centro, formando o núcleo, e os grupamentos hidrofílicos na superfície da esfera, formando uma interface com a água. O diâmetro do núcleo micelar varia com o tamanho da cauda do monômero surfactante, sendo aproximadamente de 3,6 nm para o SDS, molécula considerada na **Figura 3.8**. A camada de Stern é formada pelas cabeças iônicas do surfactante, ou grupamento hidrofílico, e seus respectivos contra-íons não dissociados (informações recentes mostram que uma

quantidade considerável de água entra na camada de Stern). Esta camada compreende a parte compacta da dupla camada elétrica que circunda a superfície externa da esfera micelar. A outra camada, mais difusa, que contém os ânions remanescentes, é chamada de camada de Gouy-Chapman (UFSC,2004).

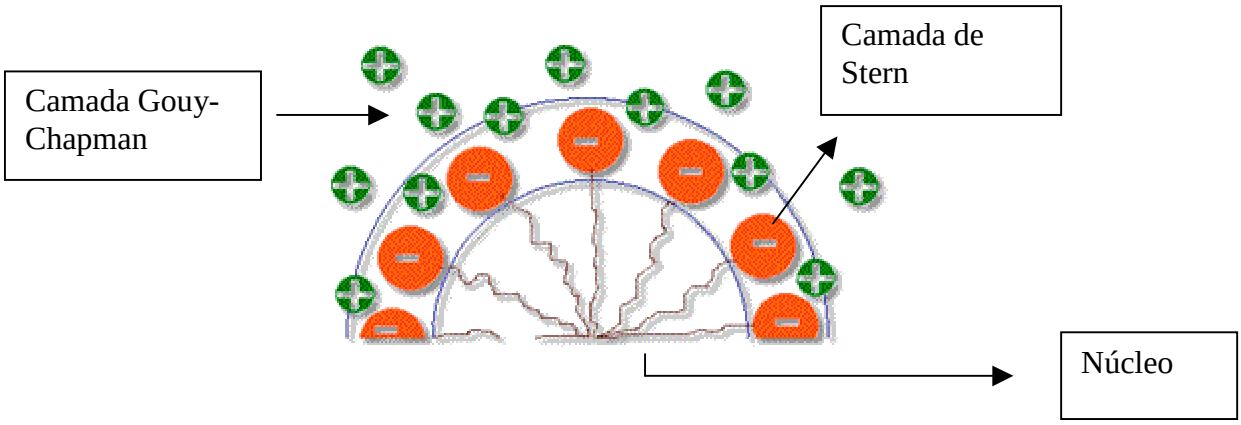


Figura 3.9 – Modelo da estrutura micelar com suas respectivas camadas. Fonte: Aula sobre surfactantes e micelas. UFSC, 2004.

O comportamento da condutividade de um surfactante iônico em solução aquosa depende da concentração micelar crítica, ou CMC. Até a CMC, os monômeros surfactantes comportam-se como um eletrólito forte. Após esse ponto, quando ocorre a micelização, os monômeros surfactantes acrescentados passam a ser incorporados nas micelas; porém, apenas uma parcela fica ionizada nas micelas, permanecendo a fração restante solubilizada, comportando-se, então, como um eletrólito fraco (UFSC, 2004).

Através de uma titulação condutivimétrica, determina-se essa condição. O encontro entre as duas retas é denominado CMC (UFSC, 2004), representado na **Figura 3.10**.

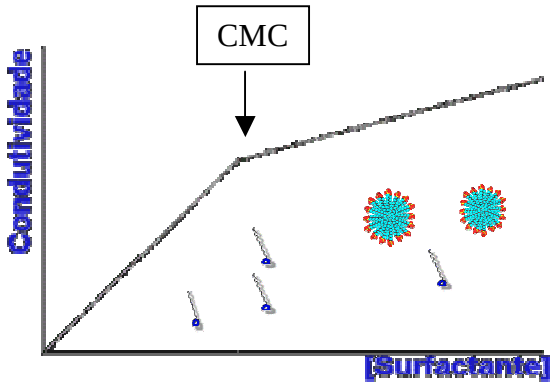


Figura 3.10 – Concentração micelar crítica. Fonte: Aula sobre surfactantes e micelas. UFSC, 2004.

Existem, basicamente, dois grandes grupos de surfactantes sintéticos: os neutros, ou não iônicos, e os iônicos **(Figura 3.11)**. Os iônicos podem ser divididos em catiônicos, aniônicos e anfóteros (SAWYER,1994).

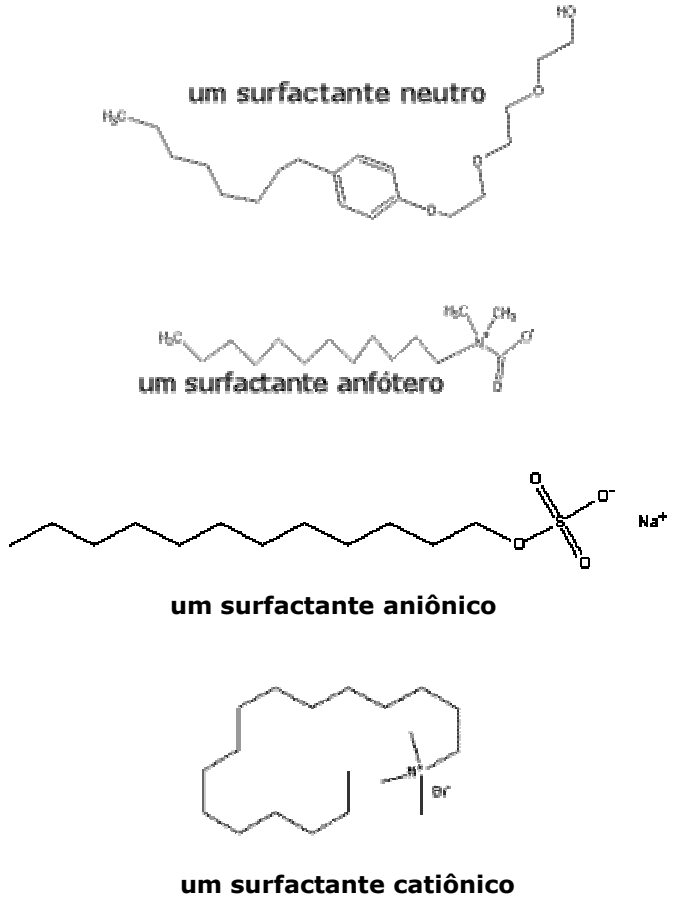


Figura 3.11 – Tipologia dos surfactantes. Fonte: Pesticides, herbicides, PCB´s, PAH´s and by-products of manufacturing processes lecture. Northern Arizona University, 1998.

Os surfactantes neutros, ou não iônicos **(Figura 3.12)**, não se ionizam, dependendo assim de grupos colocados na molécula para torná-los solúveis. Nesse caso, os polímeros de óxido de etileno realizam esta função. Contudo, a sua utilização é reduzida em relação aos surfactantes aniônicos devido ao preço mais alto para sua produção. Nos Estados Unidos, os surfactantes iônicos constituem dois terços do total de surfactantes, e os não iônicos apresentam a parcela de um terço. Dentre os iônicos, os catiônicos correspondem a uma utilização de apenas um décimo do total (APHA, AWWA e WPCF, 1998).

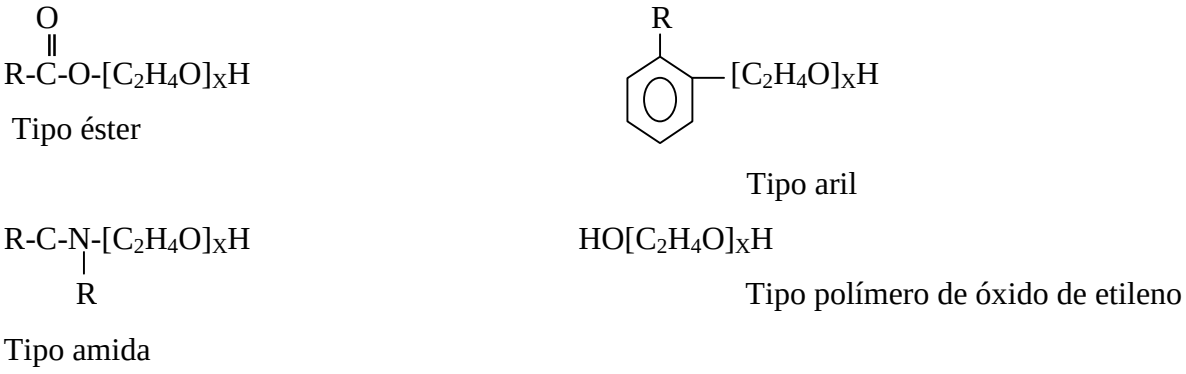


Figura 3.12 – Tipologia dos surfactantes não iônicos. Fonte: Chemistry for environmental engineering. Sawyer, C., 1994.

Os surfactantes catiônicos correspondem aos sais de hidróxido de amônia quaternária **(Figura 3.13)**, onde os hidrogênios da amônia quaternária são substituídos por radicais alquil. A propriedade de superfície ativa está contida no cátion gerado (SAWYER, 1994).

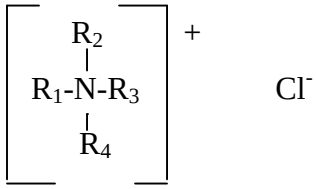


Figura 3.13 – Estrutura de um surfactante catiônico. Fonte: Chemistry for environmental engineering. Sawyer, C., 1994.

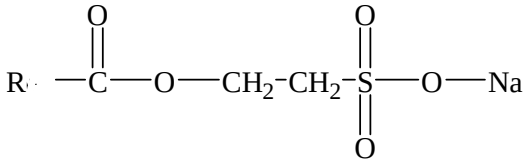
Os surfactantes aniônicos são compostos de sais de sódio que quando ionizados produzem um íon de superfície ativa de carga negativa, além do íon sódio (Na^+). Os mais comuns derivam dos sulfatos e sulfonatos. A grande parte dos detergentes sintéticos hoje disponíveis no mercado é de origem aniônica. Os surfactantes originados de sulfatos são produzidos através da reação de álcoois de cadeia longa com o ácido sulfúrico. Esta reação representada de forma simplificada produz sulfatos, ésteres inorgânicos, com íons de superfície ativa. O álcool dodecil ou lauril é comumente utilizado (SAWYER, 1994).

$$C_{12}H_{25}OH + H_2SO_4 \longrightarrow C_{12}H_{25} - O - SO_3H + H_2O \qquad (3.6)$$

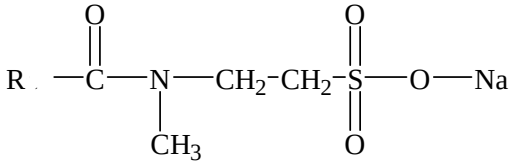
Quando o álcool sulfatado é neutralizado com hidróxido de sódio, a reação resultante produz um surfactante (SAWYER,1994).

$$C_{12}H_{25}\text{-}O\text{-}SO_3H + NaOH \longrightarrow C_{12}H_{25}\text{-}O\text{-}SO_3Na + H_2O \qquad (3.7)$$

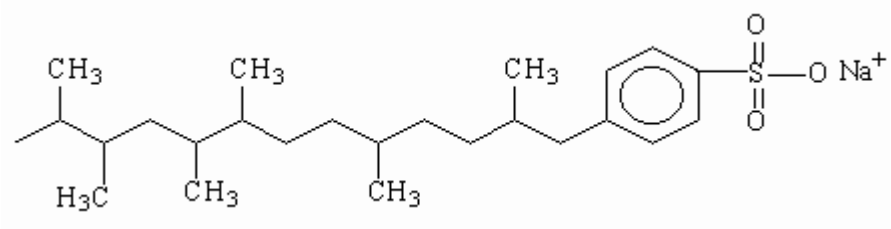
Os álcoois sulfatados foram os primeiros surfactantes a serem produzidos comercialmente. Estes também são combinados com outros tipos de syndets para produzir misturas especiais. Já os tipos originados dos sulfonatos **(Figura 3.14)** derivam basicamente dos ésteres, amidas e alquilbenzenos (SAWYER,1994).



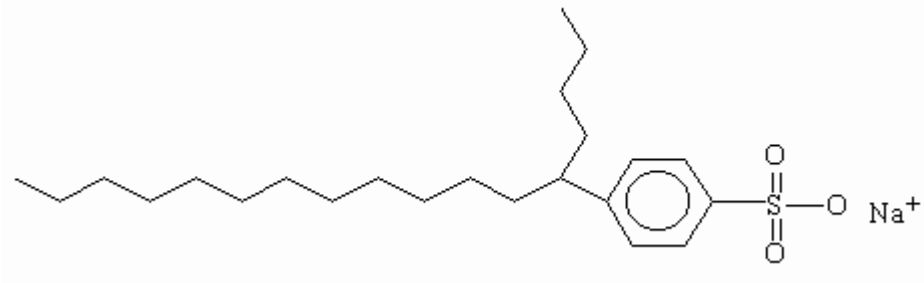
Éster



Amida



Alquil benzeno sulfonato (ABS)



Alquil benzeno sulfonato linear (LAS)

Figura 3.14 – Representação dos surfactantes sulfonatos. Fonte: Chemistry for environmental engineering. Sawyer, C., 1994. Pesticides, herbicides, PCB´s, PAH´s and by-products of manufacturing processes lecture. Northern Arizona University, 1998.

Os ésteres e as amidas têm a sua origem em ácidos orgânicos com 16 ou 18 carbonos. No passado, o alquil benzeno sulfonato (ABS) era derivado de polímeros do propileno e o grupamento alquil, que tinha em média doze átomos de carbono, era ramificado (SAWYER, 1994). Contudo, devido a problemas relacionados a biodegradação do ABS, em função de

suas ramificações, a partir de 1965, formulou-se um novo tipo de surfactante denominado alquil benzeno sulfonato linear (LAS), com cadeias lineares parafínicas, substituindo as cadeias ramificadas. A conexão da cadeia de alcanos no LAS com o anel benzênico ocorre em carbonos primários e secundários, no intuito de facilitar ainda mais o processo de biodegradação (HUANG, 2000).

O LAS é o surfactante aniônico mais utilizado comercialmente. Segundo NIELSEN et al. (1997), só no ano de 1994, foram comercializados nos Estados Unidos, Europa e Japão cerca de 950.000 toneladas métricas deste produto. Em um trabalho realizado por KAISER et al. (1995), foram encontradas faixas de concentração de 1 a 5 mg/L de de LAS na entrada de estações de tratamento de esgoto doméstico (HUANG ,2000).

A grande maioria dos surfactantes produzidos no mundo é sintetizada a partir de derivados da indústria petrolífera. Porém, outra qualidade de surfactante, denominada de surfactantes naturais, também encontra-se disponível no mercado. Os surfactantes naturais têm uso preponderante nos países em desenvolvimento, enquanto nos países desenvolvidos entorno de 75% do mercado é de origem petrolífera. Dentre os surfactantes naturais, os biossurfactantes, que consistem subprodutos metabólicos de bactérias, fungos e leveduras, aparecem como uma boa opção ambiental. Estes produtos possuem uma característica de maior biodegradabilidade, por se tratarem de substâncias produzidas por microorganismos, em face aos surfactantes de origem petrolífera, especialmente o ABS ramificado (NITSCHKE e PASTORE, 2002). A **Tabela 3.6** elenca os principais surfactantes utilizados.

Tabela 3.6 – Tipos de surfactantes naturais e sintéticos.

NATURAIS	SINTÉTICOS
Alquil poliglicosídeos	Alcanolaminas
Biossurfactantes	Alquil e aril éter carboxilatos
Amidas de ácidos graxos	Alquil aril éter sulfatos
Aminas de ácidos graxos	Alquil etoxilados
Glucamidas	Alquil sulfonatos
Lecitinas	Alquil fenol etoxilados
Derivados de proteínas	Aminoóxidos
Sapominas	Betaínas
Sorbitol e ésteres de sorbitan	Co polímeros de óxido de etil propileno
Ésteres de sacarose	Ácidos graxos etoxilados
Sulfatos de álcoois graxos naturais	

Fonte: Biossurfactantes: Propriedades e aplicações. Nitschke, M.; Pastore, G. UNICAMP, 2002.

Os detergentes, nas atividades automotivas, possuem as mesmas características apresentadas até este momento do trabalho, e são constituídos por agentes surfactantes, ou tensoativos, seqüestrantes e emulsionantes. De acordo com o tipo de aplicação específica, são adicionados solventes e aditivos em composições diferentes.

Em muitos casos, os detergentes são chamados de desengraxantes, desengordurantes, desencrustrantes, ou outros nomes, como “limpa baú”, pelo efeito final observado nas atividades de limpeza. Os desengraxantes e desengordurantes também podem apresentar misturas com solventes específicos ou compostos unicamente por solventes.

Basicamente, os detergentes automotivos são utilizados para lavagem de veículos, em proporções de diluição com água que variam de acordo com a aplicação, estado de sujeira e fabricante. Uma parcela também é utilizada para lavagem de peças. Neste caso, o detergente pode ser diluído em produtos de base petroquímica, como o querosene e o óleo diesel, em proporções que variam com a necessidade de limpeza e hábito do trabalhador envolvido. Outra aplicação dos detergentes é a limpeza de pisos em áreas de trabalho.

Normalmente, os termos desengraxante, desengordurante, desencrustrante e outros afins são empregados para limpezas mais pesadas, carregadas de óleo e outras sujidades. A aplicação desses produtos ocorre com mais freqüência nas lavagens de motor e na porção inferior do veículo, comumente chamada de lavagem de chassis. Na limpeza de pisos também é observada a aplicação desses produtos. O termo detergente propriamente dito é mais utilizado para a limpeza de carroceria mais branda.

De um modo geral, os detergentes são sintéticos e produzidos por empresas especializadas de caráter regional **(Figura 3.15)**, ou até mesmo nos próprios estabelecimentos automotivos. A produção é praticamente negociada diretamente entre o fabricante e as atividades automotivas. O pH apresenta-se nas faixas alcalina, ácida e neutra, com aditivos de substâncias alcalinizantes ou ácidas. Normalmente, apresenta-se em estado líquido, podendo também ser em pó ou pastoso. Possuem adição de corantes, aromatizantes, estabilizantes, dispersantes, inibidores especiais e outros.

A identificação do conteúdo químico dos detergentes automotivos encontrados no mercado, em geral, não é muito detalhada em seus rótulos, onde assim, acaba prevalecendo o seu nome comercial.

Alguns detergentes também se apresentam com a denominação de shampoo para veículos, possuindo também tipologias de aplicação, inclusive com agentes de proteção contra corrosão, antiestática (para poeiras), além de possuir e substâncias que conferem brilho, como ceras, por exemplo.

Um produto bastante utilizado como desengraxante para a limpeza de veículos e de peças em geral é o Solupan. O Solupan é um detergente desengraxante líquido, viscoso e alcalino, e pode apresentar aditivos anti-corrosivos, como silicatos, por exemplo. Devido à popularidade do Solupan, muitos outros produtos empregados no dia-a-dia com a função de detergente ou solvente passaram a ser denominados com o mesmo nome. O metassilicato de sódio em pó, por exemplo, é comumente chamado de Solupan. Este composto é empregado nas atividades automotivas para limpeza de pisos de áreas de abastecimento e de veículos.

Outros tipos de linhas de detergente automotivo importantes compreendem os detergentes automotivos utilizados para a limpeza de vidros, denominados de limpa-vidros, e os produtos utilizados para a limpeza de alumínio (aros de rodas e os tanques de combustíveis de caminhões).

Figura 3.15 – Tipos de detergentes automotivos em embalagens plásticas. Fonte: Limplus ind. e com. de produtos de limpeza, 2004.

3.5.2. Os Solventes

Os solventes encerram as substâncias de maior quantidade, pertencentes a uma solução homogênea. O outro componente é o soluto, que, normalmente, encontra-se em menor quantidade e dissolvido no solvente (BROWN, 1997).

A grande função de um solvente é a dissolução de espécies químicas. Esse fato é fundamental para o metabolismo dos seres vivos e para o transporte de massa e substâncias na natureza. A água, nesse caso, é de fundamental importância. Ela é conhecida como “solvente universal”, de característica polar, e é utilizada para dissolver e transportar a maioria das substâncias existentes (BROWN, 1997). Os poluentes, que são os subprodutos das atividades antrópicas, também são transportados, e, ou, dissolvidos, de uma forma geral, com eficiência pela água (GIORDANO, 2004).

Na indústria, os solventes, sintéticos ou não, também têm a função de dissolver outras substâncias, e são fundamentais para a fabricação e composição de inúmeros produtos e processos, especialmente os químicos (RHODIA, 2005).

No presente caso das atividades automotivas, os solventes encontrados são compostos orgânicos utilizados principalmente para dissolver, limpar e remover óleos, graxas e sujeiras de peças de um modo geral, e também em operações de manutenção e limpeza de veículos. Assim como os detergentes, os solventes também possuem funções desengraxantes e desengordurantes.

Para tal, é necessário haver uma afinidade química entre o solvente e o soluto, no sentido, de que haja a dispersão do material que se deseja retirar. Substâncias com forças de atração intermoleculares que se assemelham tendem a solubilizar umas nas outras. No caso dos óleos e graxas, por se tratar de um produto de característica apolar, os solventes utilizados para esta finalidade são apolares (BROWN, 1997).

Os solventes também podem ser acrescidos de substâncias tensoativas presentes nos detergentes, no intuito de melhorar a interação com a água, facilitando a sua remoção e transporte do efluente final. Em outros casos, os solventes, por si só, já possuem características surfactantes.

Uma outra propriedade importante dos solventes é a co-solvência, definida como um fenômeno onde um composto químico dissolvido na água aumenta a solubilidade de um segundo composto, devido à alta solubilidade do segundo composto no primeiro (CORDAZZO, 2000).

Um exemplo de importância ambiental é a mistura de álcool etílico na gasolina brasileira, onde a presença do álcool ajuda a solubilizar a gasolina na água (CORDAZZO, 2000).

No mercado, há centenas de diferentes tipos de solventes, onde é muito comum a apresentação de produtos com misturas. Existem três grandes grupos de solventes orgânicos: os hidrocarbonetos, os organoclorados e os produtos oxigenados (REVISTA QUÍMICA, 2005).

Os solventes derivados de hidrocarbonetos são os de maior utilização no Brasil, inclusive nas atividades automotivas. A utilização em maior escala desses solventes ocorre em virtude da indústria petrolífera, que proporciona um barateamento do preço devido à produção (REVISTA QUÍMICA, 2005).

Os hidrocarbonetos utilizados como solvente são divididos basicamente em: alifáticos, aromáticos e hidrogenados. Os hidrocarbonetos clorados normalmente são classificados como solventes clorados, portanto em outra categoria (ANP, 1999).

As propriedades físico-químicas dos hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos são apresentadas no **Anexo 2**. Alguns exemplos de solventes aromáticos e alifáticos utilizados são dados pela Resolução 171/99 da ANP (Agência Nacional de Petróleo) , que lista alguns dos principais solventes comercializados, mediante anuência prévia do órgão:

I – Aromáticos: benzeno de petróleo, benzóis de alcatrão de hulha, tolueno de petróleo, toluóis de alcatrão de hulha, orto-xileno, meta-xileno, para-xileno, xilenos mistos de petróleo, xilóis de alcatrão de hulha, rafinado de reforma, alquis-benzeno e misturas, aromáticas, C9 pirólise hidrogenada, solvente C6C9 hidrogenado, reformado pesado e outros solventes aromáticos.

II – Alifáticos: óleo para sinal, aguarrás mineral (mineral spirit, white spirit), hexano comercial, hexano grau polímero, heptano, pentano, normal parafina, iso-parafina, ciclohexano, solvente para borracha, corrente C6C8, benzina industrial, nafta para solvente, rafinado de pirólise e outros solventes alifáticos.

Outros nomes comuns de produtos usados são o thinner (que compreende a mistura de dois ou mais solventes, não necessariamente de origem de hidrocarbonetos), naftas, varsol (hidrocarboneto alifático), querosene e petrolatos em geral (ANP, 1999).

O querosene é um composto formado por uma mistura de hidrocarbonetos alifáticos, naftênicos e aromáticos, com faixa de destilação compreendida entre 150 °C e 300 °C. O produto possui diversas características específicas como uma ampla curva de destilação, conferido a este um excelente poder de solvência e uma taxa de evaporação lenta, além de um ponto de fulgor que oferece relativa segurança ao manuseio (REFAP, 2005).

Os solventes hidrogenados consistem uma nova concepção de solventes, originada por uma pressão de mercado que vem exigindo uma melhor perfomance ambiental, principalmente devido aos efeitos tóxicos dos hidrocarbonetos aromáticos, especialmente o benzeno. São compostos de hidrocarbonetos que sofreram processo de hidrogenação, em altas pressões (acima de 200 atm), e purificação, eliminando o máximo possível o teor de aromáticos e compostos de enxofre, garantindo assim uma menor toxicidade (USEPA, 2005).

No Brasil, os organoclorados, ou solventes clorados, ou halogenados, utilizados como solventes comercializados no mercado compreendem na sua maioria o tricloroetileno, o cloreto de metileno e o percloroetileno. Outros solventes clorados importantes são o clorofórmio e o diclorobenzeno (REVISTA QUÍMICA, 2005).

Os compostos organoclorados possuem baixa solubilidade em água, e assim como os solventes aromáticos, também são muito visados devido a sua toxicidade e poder carcinogênico (BAIRD, 2002).

A linha de produtos oxigenados é um segmento de solventes que vem crescendo muito no mercado como opção de substituição aos hidrocarbonetos aromáticos, em virtude de apresentarem melhores indicadores ambientais, principalmente os ésteres. Estima-se que, nos Estados Unidos e na Europa, o consumo de solventes oxigenados já supere aos dos hidrocarbonetos. Porém, algumas espécies também apresentam efeitos tóxicos consideráveis. Os solventes oxigenados possuem características sintéticas e compreendem, principalmente, os ésteres, cetonas, aldeídos, éteres, éteres glicólicos e álcoois (REVISTA QUÍMICA, 2005).

Os compostos oxigenados são formados por alcanos e alcenos, onde partes dos hidrogênios presentes nestas moléculas foram substituídos por grupos funcionais contendo oxigênio (RHODIA,2005).

3.5.3. Os Combustíveis

Os combustíveis, nas atividades automotivas, podem contribuir com o efluente final gerado nos estabelecimentos, através de vazamentos nas áreas de abastecimento, lavagem de veículos, limpeza de pisos ou pela utilização como solventes para limpeza e manutenção de peças mecânicas e veículos.

Os combustíveis líquidos automotivos utilizados no Brasil compreendem basicamente o álcool etílico, a gasolina e o óleo diesel (PETROBRÁS,2005). Para a propriedade de solvente, a utilização é bastante comum para o óleo diesel e a gasolina.

Nos projetos padrões de engenharia, também mencionado na NBR 14605, as áreas de abastecimento também devem ser providas de sistemas separadores água e óleo, e assim como os óleos, detergentes e solventes, os combustíveis também podem participar na composição do efluente drenado para os SAO's.

Nas áreas de lavagem e manutenção de peças, quando utilizados como solventes, os combustíveis são drenados para os SAO's da mesma forma que os detergentes e solventes.

4. ASPECTOS TOXICOLÓGICOS E AMBIENTAIS DOS EFLUENTES AUTOMOTIVOS

4.1. ASPECTOS TOXICOLÓGICOS

A toxicologia é uma ciência que estuda os efeitos nocivos ocasionados por substâncias químicas nos seres vivos. Outra vertente da toxicologia é a ecotoxicologia, que estuda o comportamento nocivo das substâncias tóxicas produzidas pelo homem e seu relacionamento com o meio ambiente (GÓES, 1991).

Nesse aspecto, hoje no mundo existem 7 milhões de substâncias químicas registradas, e a cada ano são lançadas 6 mil novas substâncias. Esse dado é preocupante, pois mesmo que todos os laboratórios credenciados do mundo fossem designados para estudar os fenômenos toxicológicos dessas substâncias, não haveria condições técnicas para acompanhar esse ritmo. Por isso, ainda é desconhecido os efeitos toxicológicos e ecotoxicológicos de muitas substâncias disponíveis no mercado (HEINSOHN *apud* CHEMICAL ABSTRACTS, 1999).

Devido a sua composição química complexa, retratada no Capítulo 3, o petróleo e seus derivados, incluindo os óleos automotivos, além dos produtos coadjuvantes, possuem características toxicológicas importantes a serem colocadas, justificando sua abordagem neste capítulo.

4.1.1. A Toxicologia do Óleo

Em uma determinada área de derrame, o petróleo pode promover a eliminação de comunidades marinhas presentes na região, e após um longo período, espécies em estágio de sucessão inicial podem recolonizar o local (PEREIRA e SOARES, 2002).

Os resultados de vários estudos decorrentes de grandes derramamentos indicaram que os hidrocarbonetos do petróleo são acumulados pelos organismos marinhos. Nesse caso, a incorporação é feita através da absorção de hidrocarbonetos, na coluna d'água, na água intersticial, ou por ingestão dos mesmos. Os tecidos de organismos próximos a áreas onde há poluição crônica por petróleo refletem os mesmos índices de concentração de hidrocarbonetos encontrados na água, experimentando a bioacumulação. Os invertebrados e os peixes tendem a acumular o óleo em tecidos ricos em lipídeos, tais como o fígado e as gônadas. Outro fato importante observado é que mesmo em pequenas concentrações os mecanismos de reprodução de alguns organismos são inibidos. Algas expostas ao óleo têm alterações em sua morfologia e reprodução (GÓES, 1991).

Os hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos podem acarretar uma série de problemas toxicológicos e ecotoxicológicos. O hexano, exemplo de um alcano, é volátil e lipossolúvel, absorvido pela via respiratória e pela pele. No sangue, tem afinidade pelas lipoproteínas plasmáticas, migrando para o sistema nervoso central, rico em gorduras. No fígado, o hexano é biotransformado, sendo oxidado para 2-5 hexanodiona, metabólito este tóxico para o sistema nervoso central, podendo ser eliminado pela urina. Na pele, causa irritação, devido a propriedades desengordurantes e, na ingestão, provoca náuseas, tontura, irritação brônquica e intestinal. Para o homem, 50 mL pode ser fatal se aspirado pelas vias respiratórias. A exposição crônica causa degeneração do sistema nervoso, acarretando distúrbios motores, visuais e de memória. O nonano, em altas concentrações, atua como depressor do sistema nervoso central. Este é metabolizado a derivados hidrofílicos. A exposição prolongada pode levar a alteração dos leucócitos (GÓES, 1991).

O benzeno e a série benzênica são lipossolúveis, sendo rapidamente absorvidos pela via respiratória devido à característica volátil. Em virtude da afinidade por gordura, são armazenados nos tecidos ricos deste material, como por exemplo, o sistema nervoso central e a medula óssea. Na forma líquida, o benzeno pode ser absorvido pela pele, provocando irritações, como a dermatite e eritema. A exposição crônica do benzeno, através de mecanismos de biotransformações no organismo, acarreta o acometimento da medula óssea, levando a anemia e leucemia, além de danificar os ácidos nucléicos. Nesse aspecto, aberrações nos cromossomos têm sido observadas em animais e homens (GÓES, 1991).

Na natureza, o benzeno é nocivo em pequenas doses e pode persistir na água sem reagir com outras substâncias. Esse elemento pode bioacumular na cadeia alimentar. Em muitos casos, os processos de mistura e autodepuração são, muitas vezes, ineficientes para a assimilação. Fenômenos de fadiga, náuseas, perda de apetite, dor de cabeça, irritação têm sido observados devido à exposição prolongada ao benzeno (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE-IBAMA, 1994).

Os PAH´s presentes na água potável, em quantidades de nanogramas por litro, constituem uma fonte para os seres humanos. Observou-se que PAH´s provenientes de óleos vazados acumulam-se nos organismos de animais marinhos no tecido adiposo, provocando tumores e lesões hepáticas (BAIRD, 2002).

O potencial carcinogênico dos PAH´s, especialmente o benzo[a]pireno, ocorre devido a transformação deste no organismo devido a várias reações metabólicas. A primeira reação é a formação de um anel epóxido (COSTA, 2001), conforme **Figura 4.1**.

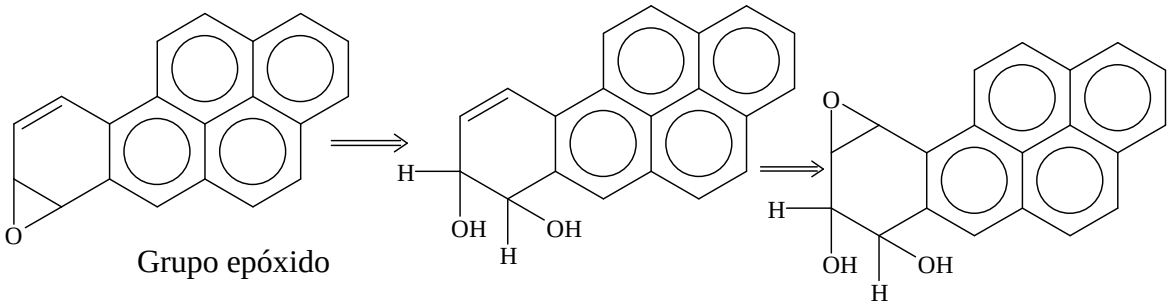


Figura 4.1 – Biotransformação do benzo[a]pireno. Fonte: Química Ambiental. Baird, C., 2002.

Os epóxidos tendem a adicionar água à molécula na tentativa do organismo formar moléculas mais hidrofílicas. Os PAH´s que possuem região côncava formam cátions estáveis que levam ao câncer. As moléculas de H^+, agregadas ao final do processo, podem-se ligar a molécula de DNA (Ácido Desoxirribonucléico) (BAIRD, 2002).

Os metais, presentes na constituição do óleo, podem em quantidades excessivas significar um risco para a saúde e o meio ambiente. Os metais classificados como tóxicos, onde os pesados praticamente todos se encontram (o Fe é uma exceção), apresentam riscos mesmo em quantidades pequenas (BARBOSA FILHO, 2000). A **Tabela 4.1** apresenta uma lista de alguns metais.

Tabela 4.1- Natureza tóxica de alguns metais.

TOXICIDADE	METAIS
Não tóxico	Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Cu, Zn
Tóxico	As, Pb, Al, Ba, Cr, Cd, Co, Se, Hg, Ag

Fonte: Controle da Poluição. Barbosa Filho, 2000.

Os metais não são biodegradados, possuindo potencial bioacumulativo na natureza, inclusive alguns podem experimentar a biomagnificação, como o caso do mercúrio (BARBOSA FILHO, 2000).

Na sua forma livre, os metais não são particularmente tóxicos, porém nas suas formas catiônicas quando ligados a carbonos de cadeia curta são perigosos (BAIRD, 2002).

Levando em consideração o lado bioquímico, no ser humano e em animais, os cátions metálicos possuem uma forte atração pelo enxofre. Dessa forma, estes se ligam aos grupos sulfidrilas (-SH), que ocorrem nas enzimas e controlam a velocidade das reações metabólicas,

causando efeitos tóxicos devido à alteração do funcionamento desse mecanismo (BAIRD, 2002).

Devido à presença na composição dos óleos lubrificantes e diesel de todos os grupos de alcanos, cicloalcanos, aromáticos, PAH´s e metais, discutidos nos itens acima, os óleos lubrificantes podem apresentar as observações toxicológicas relativas a estes componentes.

De maneira isolada, como produto, o óleo diesel afeta o sistema respiratório em altas concentrações e causa depressão no sistema nervoso central. O risco à ingestão é moderado, e alguns aditivos podem irritar os olhos. No caso dos óleos lubrificantes, a exposição a névoas sob altas temperaturas causa irritação na mucosa respiratória e pneumonite química devido ao contato do pulmão com os aerodispersóides. O óleo lubrificante remove a gordura da membrana celular na pele, provocando irritação, vermelhidão, alergias e eczema crônico. O efeito crônico dos óleos lubrificantes está relacionado ao bloqueio dos poros da pele, ocasionando lesões cancerígenas (GÓES, 1991).

4.1.2. A Toxicologia dos Detergentes

De uma forma geral, os efeitos tóxicos dos detergentes têm sido observados com maior freqüência em peixes do que no homem. A ingestão dos detergentes pode causar complicações gastroentéricas, sem efeitos tóxicos agudos, quando em baixa concentração. Em concentrações altas, comportam-se como agentes cáusticos e irritantes, causando alterações hidroeletrolíticas mais ou menos graves. Irritação nos olhos, pele e membranas têm sido observadas (USEPA, 2004).

Andrews e Snyder (1986) observaram que os vapores do alquilbenzeno (presente nos detergentes sintéticos) causam danos ao sistema nervoso central. Em testes feitos em grupos de animais, a aplicação desse mesmo vapor tem sido fatal. Alguns aditivos incorporados aos detergentes podem apresentar toxicidade mais elevada do que os próprios surfactantes (GREENPEACE, 2004).

A fertilização e o desenvolvimento de organismos marinhos são afetados pelo princípio ativo do LAS. Em muitos casos, os detergentes utilizados para a remoção de petróleo em derramamentos têm demonstrado maior efeito tóxico ao meio ambiente do que o próprio óleo. Estudos feitos com a espécie de crustáceo *Daphnia magna* demonstraram efeitos tóxicos agudos observáveis para o alquilbenzeno linear (LAB) (JOHNSON, 2003).

A comissão européia em 1993 estabeleceu limites ecotoxicológicos relacionados aos LAB´s, onde alguns desses limites encontram-se exemplificados na **Tabela 4.2**.

Tabela 4.2 – Indicies toxicológicos ligados ao LAB.

ORGANISMO	VALOR
Danio rerio (peixe) 14 dias em teste estático com renovação	LC 50 > 0,0055 mg/L para toxicidade aquática
Daphinia magna (crustáceo) 48h teste estático	NOEC> 0,013 mg/L EC 50 > 0,013 mg/L para toxicidade aquática
Rato (dose oral única)	LD 50 10000 mg/kg peso corpóreo para toxicidade aguda oral
Rato	LC 50 > 1,82 mg/L LC 50> 71 mg/L toxicidade aguda por inalação

Fonte: Microbial degradation of linear alkylbenzene cable oil in soil and aqueous culture under aerobic and anaerobic conditions. Johnson, Stephen J., 2003.

Demais efeitos toxicológicos ligados ao benzeno, discutidos no **Tópico 4.1.1**, também são atribuídos aos detergentes.

4.1.3. A Toxicologia dos Solventes

Os solventes apresentam efeitos toxicológicos variados. Os derivados de hidrocarbonetos apresentam maior toxicidade para os compostos originados de cadeias aromáticas, em face aos de cadeia alifática (USEPA, 2004).

Basicamente, os efeitos tóxicos observados nos solventes aromáticos estão relacionados ao anel benzênico. As considerações toxicológicas principais do benzeno e dos demais hidrocarbonetos foram abordadas no **Tópico 4.1.1**. A linha de produtos hidrogenados constitui um segmento menos tóxico devido a menores teores de enxofre e aromáticos (USEPA, 2004).

Um exemplo típico de solvente originado de hidrocarbonetos é o querosene. Para a exposição aguda, o contato com a pele determina a absorção dos hidrocarbonetos devido à solubilidade destes nos lipídeos, constituintes da membrana celular. Fenômenos hemorrágicos nos pulmões e cérebro, edema pulmonar e danos ao sistema nervoso central são também observados. A exposição crônica está vinculada aos danos potenciais do benzeno (GÓES, 1991).

O querosene apresenta efeitos tóxicos aos organismos aquáticos, observados em testes para organismos específicos (CETESB, 2005).

Os solventes clorados experimentam efeitos de bioacumulação, biomagnificação e toxicidade, devido à ação do cloro, e da solubilidade dos organoclorados na gordura animal. Efeitos carcinogênicos e mutagênicos foram observados em animais e no homem, além da produção de hormônios ambientais (BAIRD, 2002).

Os solventes oxigenados possuem características de baixa e alta toxicidade dependendo da espécie considerada. O formol, por exemplo, encontrado na formulação de detergentes automotivos, apresenta efeito tóxico alto para microorganismos, daí a sua utilização para embalsamar cadáveres (SAWYER, 1994). Este também apresenta efeitos carcinogênicos e toxicidade aguda quando ingerido, inalado ou em contato com a pele (INCA, 2005).

Outros oxigenados como o acetato de butila, etila e o butilglicol possuem baixa toxicidade e são enquadrados como solventes ecológicos, considerados como possíveis substitutos dos hidrocarbonetos (RHODIA, 2005).

A **Tabela 4.3** exemplifica uma lista de solventes tóxicos admitidos pela USEPA e a **Tabela 4.4** lista alguns solventes utilizados em grande escala e seus parâmetros de controle.

Tabela 4.3 – Lista de solventes tóxicos comumente utilizados de acordo com a USEPA.

SOLVENTE
Benzeno, Bisulfeto de carbono , Tetracloreto de carbono, Clorobenzeno, Cresóis, Ácido cresílico, Espíritus de petróleo, O-diclorobenzeno, Etanol, 2 –Etoxietanol, Bicloreto de etileno , Isobutanol, Isopropanol, Querosene, Metiletilcetona, Cloreto de metileno , Nafta, Nitrobenzeno, 2-Nitrobenzeno, Solventes de petróleo, Piridina, 1,1,1 tricloroetano, 1,1,2 tricloroetano, Tetracloroetileno, Tolueno, Tricloroetileno, Triclorofluorometano, Triclorotrifluoroetano , Acetona, Álcool n-butanol, Etilbenzeno, Ciclohexanona, Acetato de etila, Éter etílico, Dicloreto de etileno, Metanol, Metilisobutilcetona, Destilados de petróleo, Xileno

Fonte: USEPA, 2004.

Tabela 4.4 – Tipos de solventes e seus parâmetros de controle.

SOLVENTE	PARÂMETRO DE CONTROLE
Querosene	100 mg/L NIOSH (40 horas semanais homem) Via oral DL 50 rato 800mg/kg Toxicidade aquática: *Lepomis macrochirus* (peixe) Tlm 24 horas 2.990ppm DBO (5dias) = 53%
Formaldeído	Agente cancerígeno para as seguintes doses: 1170 mg/kg (oral ratos) OSHA 350 mg/kg (dérmica ratos) OSHA 15 ppm(6horas inalação ratos) OSHA
Aguarrás mineral	Toxicidade organismos aquáticos: TLm 96 10-100 ppm. TLV-TWA: 400 ppm (homem) Biodegradabilidade: 80% de bio-oxidação em cultura de água doce sintética

Fonte: INCA (Instituto Nacional do Câncer), CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental-SP) e Braskem S.A, 2005.

4.1.4. A Toxicologia dos Combustíveis

No contexto da exposição aguda, à inalação, a gasolina é depressora do sistema nervoso e seus efeitos vão desde a convulsão, falta de coordenação, inconsciência, até o coma e a morte em exposições severas. Lesões degenerativas podem ocorrer nos rins, fígado e em outros órgãos. No caso de ingestão, o principal risco é a pneumonite química, edema pulmonar e hemorragia conseqüente à aspiração para as vias aéreas. Para a exposição crônica, o risco do contato com a gasolina é decorrente da toxicidade do benzeno, que promove doenças sanguíneas. O hexano, outro componente importante, provoca doença degenerativa do sistema nervoso periférico (GÓES, 1991).

Para os organismos aquáticos, o produto é altamente tóxico, principalmente pela presença de aromáticos, podendo transmitir qualidades indesejáveis à água, prejudicando seu uso. Afeta o solo por sua boa mobilidade, atingindo o lençol freático (PETROBRÁS, 2005).

O etanol, em comparação com a gasolina, é um composto bem menos tóxico. Em dosagens não muito elevadas, não oferece risco significativo ao meio ambiente (UNITED

STATES-MARYLAND STATE, 2001). Contudo, efeitos toxicológicos relacionados ao etanol são observados. Neste caso, a exposição aguda à inalação do etanol causa irritação nas vias respiratórias e, em dosagens maiores, risco ao sistema nervoso central. A ingestão causa irritações gástricas; na pele, dermatoses e irritações são observadas, inclusive nos olhos. A exposição crônica pode levar a perda total de consciência, além de efeitos mutagênicos e fatais. Na água, em concentrações consideráveis, é tóxico para peixes e bactérias (UNESP, 2005).

O etanol apresenta efeitos tóxicos ao solo em concentrações maiores que 4% (KOLESNIKOVAS e CORSEUIL, 2000).

O metanol possui efeitos tóxicos agudos maiores que o etanol. A sua biotransformação **(Figura 4.2)** forma metabólitos tóxicos ao organismo, especialmente ao sistema nervoso central. A exposição crônica está relacionada à cegueira e a morte do indivíduo (UFPR, 2005).

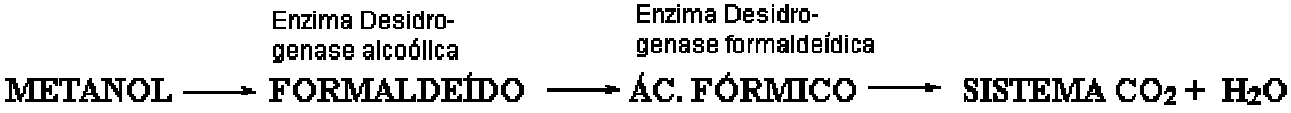


Figura 4.2 – Efeito da biotransformação do metanol. Fonte UFPR, 2005.

A **Tabela 4.5** lista alguns dos principais tipos de combustíveis e seus parâmetros de controle.

Tabela 4.5-Tipos de combustíveis e seus parâmetros de controle.

COMBUSTÍVEL	PARÂMETROS DE CONTROLE
Gasolina	TLV/TWA: 300 ppm. Toxicidade aguda inalação homem 1 hora: 900 ppm Ingestão efeitos tóxicos em adultos: 20 a 50 g
Etanol	TLV/TWA 1000 ppm Inalação CL 50 (rato, 10 h): 20.000 ppm Ingestão DL 50 (rato): 7060 mg/kg
Metanol	TLV/TWA: 200 ppm Ingestão de dosagens de 30 a 100 mL pode ser fatal ao homem

Fonte: Ficha de informação de segurança de produto químico, gasolina C, Petrobrás e UFPR, 2005.

4.2. ASPECTOS AMBIENTAIS

4.2.1. O Óleo no Ambiente Aquático

O lançamento das águas residuárias oleosas nos corpos hídricos receptores causa danos estéticos e à vida aquática, porque forma-se uma película oleosa sobre a superfície d'água, dificultando a reaeração, o que causa asfixia por entupimento das vias respiratórias dos peixes e dificulta a utilização de oxigênio pelos mesmos (SAWAMURA,1999).

Nos vegetais presentes em áreas circundantes aos corpos hídricos (mata ciliar, manguezal, plantas aquáticas em geral), os óleos podem aderir aos estômatos, folhas e raízes, interferindo nos processos metabólicos e fotossíntese. A película de óleo formada na superfície dificulta não só a troca gasosa entre a atmosfera e o corpo hídrico, mas também dificulta a entrada de luz solar, interferindo na realização da fotossíntese pelo plâncton. Este também pode ter a sua membrana celular colmatada pelas frações dissolvidas e emulsionadas, alterando os padrões de fotossíntese e processos metabólicos (ITOPFL, 2004).

As frações mais pesadas de óleo *podem se depositar no fundo dos corpos hídricos e se inserir nos sedimentos, persistindo ali por muito tempo*. Os organismos bentônicos incorporam o óleo por mecanismos de bioacumlação, acarretando efeitos toxicológicos e metabólicos. Para verificar essa condição, estudos têm sido feitos em invertebrados bentônicos (ITOPFL, 2004).

As aves, os mamíferos e outros animais vertebrados ou não, que dependem do ambiente aquático para sobrevivência podem apresentar contaminação de óleo. É muito comum observar colmatação do corpo em grandes acidentes envolvendo óleo. Alterações metabólicas, efeitos toxicológicos e até a morte de indivíduos são observados (ITOPFL, 2004).

O *runoff* urbano (no qual as atividades automotivas contribuem) e as instalações petrolíferas constituem umas das maiores fontes de poluição por óleo nos corpos hídricos fluviais e marinhos. Devido a este fato, através do deságüe dos rios e correntes marinhas, os ecossistemas estuarinos compreendem um dos ambientes mais afetados pelo óleo de uma maneira geral (PEREIRA e SOARES, 2002).

Os ecossistemas estuarinos possuem a maior produtividade primária bruta do planeta, aproximadamente entre 10 a 25 g/m^2 dia de matéria orgânica em base seca. Assim sendo, em virtude da sensibilidade e importância dos estuários, a poluição oleosa influi na alteração do fluxo de energia e matéria na ecosfera (ODUM, 1971).

Quando o petróleo, ou um óleo, é derramado e entra em contato com a água, vários processos físico-químicos e biológicos são passíveis de ocorrer e a intensidade de cada um deles varia ao longo do tempo. Dentre esses, estão o espalhamento, que ocorre na interface água-ar, e é caracterizado pela formação de um filme-superficial; a evaporação, que depende fundamentalmente da temperatura e da agitação do corpo hídrico; a solubilização, que, como nos dois processos anteriores, ocorre com maior intensidade nas primeiras horas após o derramamento, e tende a ser mais efetiva para compostos com menor número de átomos de carbono (PEREIRA e SOARES, 2002).

Os outros processos constituem a emulsificação, caracterizada pela agregação e pelo aumento de peso e de volume de partículas; o fracionamento mecânico e a submersão, que consistem, respectivamente, na “quebra” e no “afundamento” de partículas devido a seu aumento de volume; a foto-oxidação, que pode transformar os hidrocarbonetos em outras substâncias como os aldeídos (aos quais são muito mais danosos que os produtos originais); e a biodegradação, que consiste na degradação do petróleo, ou óleo, por ação microbiana. Em geral, quanto maior é o numero de átomos de carbono do composto presente no óleo, maior será a sua persistência no ambiente, mais lenta será a sua evaporação e a sua solubilidade e menor será a sua susceptibilidade à biodegradação (PEREIRA e SOARES, 2002). A **Figura 4.3** exemplifica de forma simplificada os principais processos, discutidos neste tópico, que ocorrem na massa líquida quando submetida a um impacto por óleo.

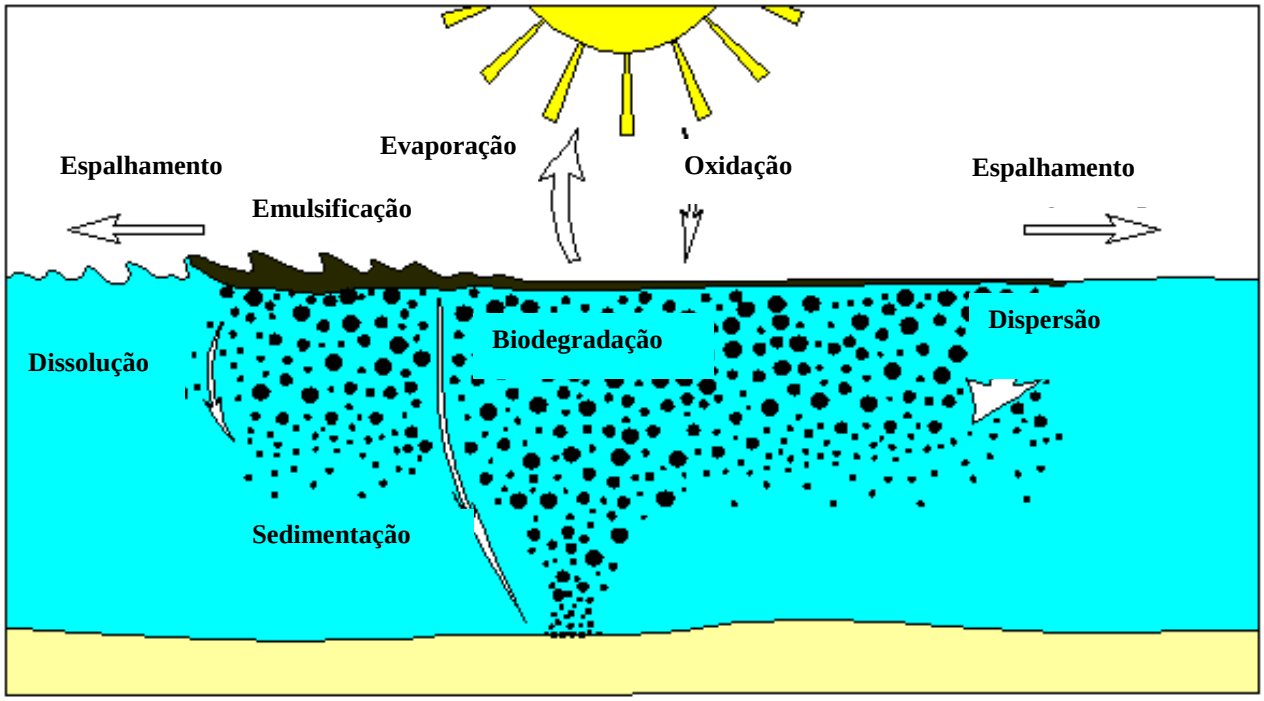


Figura 4.3 – Processos de interação do óleo com a massa líquida. Fonte: Adaptação ITOPFL, 2004.

Ainda tomando como referência a **Figura 4.3**, dois fenômenos merecem uma atenção especial:

- ***A Biodegradação do óleo***;
- ***A Lei de Henry***.

Os processos de biodegradação do óleo podem ocorrer de duas formas abrangentes. A primeira é a mineralização, que consiste na transformação completa das substâncias orgânicas em inorgânicas , tais como: SO_4^{2-}, $NH4^+$, CO_2, PO_4^{3-}, H_2O, Cl^- (SAWYER,1994).

A segunda é a biotransformação, onde os orgânicos são convertidos parcialmente em novas espécies orgânicas e inorgânicas (SAWYER, 1994).

Os hidrocarbonetos são oxidados por certas bactérias sob condições aeróbias. O processo de oxidação ocorre mediante vários passos. A primeira etapa é muito lenta biologicamente e envolve a conversão do hidrocarboneto em um álcool (SAWYER,1994).

$$2CH_3CH_2CH_3 + O_2 \xrightarrow{\text{(bactérias)}} 2CH_3CH_2CH_2OH \quad (4.1)$$

(hidrocarboneto) (álcool)

Após etapas oxidativas adicionais, os microorganismos convertem o hidrocarboneto em gás carbônico e água, com liberação de energia (E), conforme reação abaixo (SAWYER,1994).

$$CH_3CH_2CH_3 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O + E \quad (4.2)$$

Cabe ressaltar que, devido à característica aeróbia do processo de biodegradação, é necessária a presença de oxigênio dissolvido disponível na massa líquida para a realização do processo, em virtude da geração de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) no sistema.

É de fundamental importância que se conheçam todas essas variáveis, para que uma sobrecarga de hidrocarbonetos não comprometa a qualidade ambiental da massa líquida, em detrimento da depleção de oxigênio dissolvido.

A lei de Henry menciona que a solubilidade de um gás em um líquido é diretamente proporcional à pressão parcial do gás em equilíbrio com a solução (SAWYER, 1994). A interpretação desta Lei é dada pela seguinte expressão:

$$C_{equilíbrio} = KP_{gás} \quad (4.3)$$

Onde C é a concentração do gás no líquido, K a constante de Henry do gás para uma dada temperatura e $P_{gás}$ é a pressão parcial do gás.

A compreensão da lei de Henry é fundamental para entender o funcionamento das trocas gasosas entre o meio aquático e a atmosfera, possibilitando a avaliação da interferência antrópica nos ecossistemas naturais. Nesse aspecto, a alteração das condições do meio devido à formação de uma película oleosa, por exemplo, pode dificultar a solubilidade de um gás na massa líquida devido à modificação da constante K para uma dada temperatura e condição.

Os grandes acidentes mundiais ocasionados pelo derramamento do petróleo impulsionaram o homem a estudar os danos causados ao meio ambiente, através das observações feitas durante estes eventos.

A partir de então, inúmeras entidades governamentais e não governamentais passaram a atuar no sentido de compreender e mitigar os impactos ambientais do óleo em todas as suas formas de utilização na sociedade.

Vários estudos sinecológicos têm sido feitos em comunidades marinhas reconstituídas artificialmente em laboratório, decorrentes dos grandes acidentes mais recentes, com a finalidade de desvendar efeitos ecotoxicológicos do petróleo. Muito embora os casos de poluição por petróleo no mar causados por grandes navios petroleiros tenham sempre despertado uma maior atenção da mídia, este tipo de contribuição representa apenas uma pequena parcela da quantidade de petróleo introduzida nos oceanos. Na realidade, as operações rotineiras de transporte e os efluentes urbanos são as maiores fontes de petróleo para o ambiente marinho. Particularmente, no Brasil, o alto grau de desenvolvimento alcançado na exploração *off-shore*, levou a implantação de uma rede de terminais marítimos para transporte e distribuição do produto ao longo de várias áreas da costa, aumentando a quantidade de derrames e, conseqüentemente, a possibilidade de impacto nas comunidades marinhas (PEREIRA e SOARES, 2002).

Nesse aspecto, as atividades automotivas contribuem no somatório da influência da parcela dos efluentes urbanos. Assim sendo, é fundamental a implantação de sistemas de tratamento para efluentes oleosos eficientes nesses estabelecimentos, no intuito de reduzir os impactos ambientais dos efluentes urbanos.

A **Figura 4.4** apresenta uma relação de contribuições relativas da introdução do óleo no ambiente marinho.

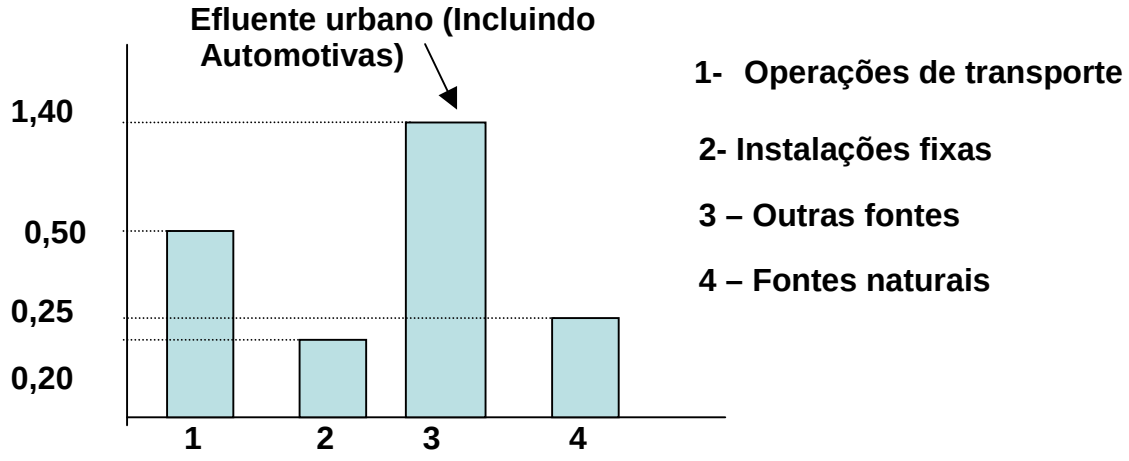


Figura 4.4 - Influência relativa na poluição marinha por óleo. Fonte: Pereira e Soares, 2002.

No Brasil, o maior derramamento de Petróleo em volume ocorreu na Baía de Guanabara, em 1974, com o vazamento do navio Tarik, totalizando 6 milhões de litros. Desde este acidente, em 1974, até 2004, ocorreram mais de cinqüenta acidentes ambientais, com repercussão na mídia, envolvendo derramamento de petróleo no país (AMBIENTE BRASIL, 2005).

Recentemente, em 2000, ocorreram dois grandes impactos oriundos de vazamentos de óleo de grande repercussão nos meios de comunicação. O primeiro, em janeiro, na Baía de Guanabara, devido ao rompimento de um duto transportador de petróleo, PE-2, da Reduc-Petrobrás (Refinaria Duque de Caxias), totalizando 1,3 milhões de litros, ocupando uma área de 50 km^2 (REVISTA PESCA, 2004).

Este acidente causou inúmeros danos ao mangue circundante restante da baía, especialmente a APA (Área de Preservação Ambiental) de Guapimirim, a fauna local, a comunidade bentônica, devido à sedimentação do óleo, além das praias **(Figura 4.5)** e atividades econômicas e turísticas (REVISTA PESCA, 2004).

Figura 4.5 – Aspecto geral da praia de Mauá, em Magé-RJ, após o vazamento. Fonte: Revista Pesca, 2004.

O segundo acidente ocorreu em julho, no rio Iguaçu, Paraná, onde 4 milhões de litros de petróleo cru vazaram da Repar-Petrobrás (Refinaria Getúlio Vargas), devido ao rompimento de uma junta de expansão de uma tubulação na refinaria, espalhando-se por uma extensão de 40 km. Este acidente, ilustrado na **Figura 4.6**, causou a morte de inúmeros indivíduos de diferentes espécies da fauna e flora aquática locais, além de contaminar uma série de afluentes, impedindo atividades turísticas e econômicas (AMBICENTER, 2004).

Figura 4.6 – Aspecto da contaminação de óleo na bacia do rio Iguaçu-PR. Fonte: Ambicenter, 2004.

4.2.2. Os Detergentes no Ambiente Aquático

No que compete à interação dos detergentes no ambiente aquático, é importante salientar quatro tópicos fundamentais:

- ***O efeito da tensão superficial***;
- ***A eutrofização***;
- ***A biodegradação dos detergentes;***
- ***A alteração do pH natural do corpo receptor.***

Os líquidos têm a tendência de adotar uma forma que faça com que a sua área de superfície seja minimizada, no intuito de manter o maior número possível de moléculas semelhantes no seu entorno. Isto ocorre porque as moléculas no interior do líquido são em média atraídas na mesma intensidade em todas as direções, onde as que estão na superfície, por não apresentarem moléculas do líquido acima, apenas o ar atmosférico, sofrem uma atração de maior intensidade para o centro da massa líquida (BROWN, 1997).

Considerando essa condição, a forma esférica possui a menor relação superfície por volume e, assim sendo, é a forma que é adotada pelos líquidos em sua configuração. Para alterar a superfície de um líquido qualquer é necessário realizar um trabalho. A razão entre o trabalho realizado e a área de deslocamento na porção superficial do líquido é chamada de tensão superficial. O efeito de casca, ou película, observado na superfície de um líquido é produto da tensão superficial. Este efeito é resultado do desbalanceamento de forças intermoleculares do líquido (BROWN, 1997). Do ponto de vista ambiental, nas águas naturais, a tensão superficial é importante como meio suporte para a vida e reprodução de muitos organismos **(Figura 4.7)**, como, por exemplo, o fitoplâncton, que realiza fotossíntese, e muitas espécies de insetos (BRAGA, 2002).

Figura 4.7– Efeito suporte da tensão superficial. **Fonte: Santos, Fabiane Raquel O., 2004.**

Quando um surfactante é adicionado à água, o grupamento hidrofóbico entra em repulsão com o líquido, de modo que este se encarrega de se rearranjar na tentativa de minimizar este efeito. Assim, os grupos polares, hidrofílicos, permanecem em solução aquosa, bem próximos à superfície, e os grupamentos apolares, hidrofóbicos, ficam na interface água-ar, minimizando o contato com a água **(Figura 4.8)**. Este fato gera uma diminuição na tensão superficial do líquido, em virtude do rearranjo de sua superfície (UFSC, 2004).

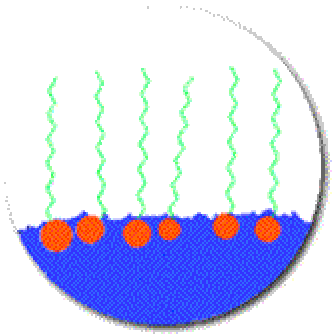


Figura 4.8 – Monômeros surfactantes na superfície de um líquido. Fonte: Aula sobre surfactantes e micelas. UFSC, 2004.

Após a CMC (**Figura 4.9**) , as micelas formadas ficam em solução e, nesse caso, não interferem mais na alteração da tensão superficial, já preenchida pelos monômeros (UFSC, 2004).

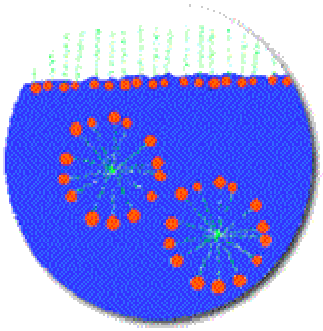


Figura 4.9- Comportamento do surfactante após a CMC. Fonte: Aula sobre surfactantes e micelas. UFSC, 2004.

Desse ponto em diante (CMC), a tensão superficial alterada permanece constante **(Figura 4.10)**.

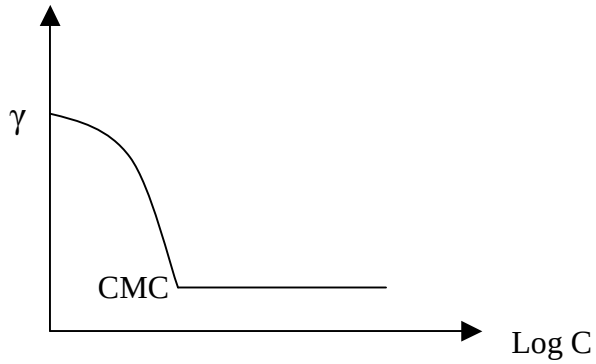


Figura 4.10 – Tensão superficial da água X Concentração surfactante. Fonte: Aula sobre surfactantes e micelas. UFSC, 2004.

O lançamento indiscriminado de efluentes contendo surfactantes nas águas naturais acarreta danos ao meio ambiente. A diminuição da tensão superficial inviabiliza a sustentação na água de uma série de seres vivos. Insetos que utilizam esta propriedade para locomoção e reprodução, como no exemplo da **Figura 4.7**, além de aves e outros animais, sofrem com este problema. Muitos peixes também se alimentam de insetos que utilizam a tensão superficial, e assim ficam sem alimento adequado (BRAGA, 2002).

Outro exemplo é o plâncton, que é constituído por uma comunidade de indivíduos que apresentam baixo poder de locomoção e, normalmente, densidades maiores que a da água, apresentando tendência a afundarem. Assim, muitas espécies se utilizam desta propriedade, além de outras como a viscosidade e movimentos turbulentos, para estabelecerem-se próximos a superfície. A permanência na superfície é fundamental, pois trata-se de uma zona abundante em incidência solar, primordial para a realização da fotossíntese e obtenção de alimento (BRAGA, 2002).

Os surfactantes também podem alterar quimicamente a estrutura das membranas de microorganismos, como as bactérias, por exemplo, interferindo no seu metabolismo, inclusive em processos de biodegradação. As trocas gasosas realizadas entre a superfície da massa líquida e a atmosfera também podem sofrer alterações. A redução da tensão superficial pode acarretar a perda de oxigênio dissolvido no corpo hídrico (BRAGA, 2002).

Nos ambientes aquáticos, principalmente em ambientes lacustres, o nitrogênio junto com o fósforo são os fertilizantes principais no tocante ao crescimento de algas. O excesso de fertilização, devido à presença destes nutrientes, causa um fenômeno chamado de eutrofização (BRAGA, 2002).

Em muitos detergentes sintéticos produzidos, existe fósforo em sua composição, apesar de seu uso estar sendo limitado hoje em dia. O fósforo que normalmente está presente

na forma de polifosfato é incorporado aos detergentes por possuir uma ação seqüestrante, conforme discutido no **Tópico 3.4.1**. As fórmulas mais tradicionais de detergentes possuem em média de 12 a 13 % de fósforo, ou 50 % de polifosfatos (SAWYER, 1994).

A concentração crítica para o fósforo inorgânico, no que se refere à influência para o surgimento de florescimento de algas, é de 5 μg/L, sob condições de alta luminosidade solar.

O efluente doméstico é rico em compostos de fósforo, oriundos do metabolismo humano, através da excreção, e pelo uso dos detergentes sintéticos, variando entre 2 a 3 mg/L de inorgânicos, e de 0,5 a 1 mg/L de orgânicos (SAWYER, 1994).

Os detergentes sintéticos lançados nos efluentes nas diversas atividades humanas, incluindo as automotivas, conforme exposto nos parágrafos acima, influenciam no tocante ao fornecimento de fósforo para o surgimento da eutrofização.

Durante o fenômeno da eutrofização **(Figura 4.11)**, o fitoplâncton (principalmente algas e cianobactérias, também categorizadas como bacterioplâncton), e os vegetais aquáticos se proliferam sob a ação da energia solar, produzindo biomassa em quantidades acima do normal, devido à presença de nutrientes e energia em abundância. O aumento dessa produção primária também provoca, num primeiro momento, um aumento da população dos consumidores devido à disponibilidade de alimento, como o zooplâncton, por exemplo. Este efeito espalha-se para a cadeia alimentar. Na ausência de luz solar, onde não há fotossíntese, por conseguinte, produção de oxigênio, as atividades de respiração celular de bactérias (ou bacterioplâncton), plâncton, vegetais e do próprio nécton consomem oxigênio dissolvido (OD). Em virtude do crescimento de biomassa mencionado, cria-se uma demanda maior por OD, e como não há suprimento suficiente, ocorre a morte destes indivíduos (BRAGA, 2002).

O efeito se potencializa quando as bactérias aeróbias presentes na água oxidam a matéria orgânica morta, resultando em mais consumo de OD. Dentro deste cenário, os seres vivos mais exigentes (peixes, crustáceos, etc) acabam competindo com as bactérias, algas e outros pelo oxigênio disponível, e assim, como são mais complexos, morrem, gerando mais demanda de oxigênio para sua biodegradação aeróbia. Este ciclo recomeça num novo dia e o resultado, em médio prazo, é a transformação do ecossistema num ambiente predominante anaeróbio, com a ocupação desse espaço por espécies que apresentam tais características (BRAGA, 2002).

A importância do nitrogênio como nutriente limitante na eutrofização é mais significativa para a água do mar nas regiões estuarinas. Nos ambientes lacustres, o fósforo normalmente é o nutriente limitante (SAWYER, 1994).

A eutrofização também contribui para a perda de água limpa da massa líquida, devido à utilização da molécula da água na respiração anaeróbia, em mecanismos de oxi-redução. A

formação de NH_3, H_2S, CO_2 e CH_4, por exemplo, utiliza a molécula da água e, como essas substâncias se apresentam na forma de gás, escapam para a atmosfera, acarretando a perda mencionada. No caso, quanto maior o estágio de eutrofização, ou anaerobiose do corpo hídrico, maior será a perda de qualidade d'água (OKAZAKI, 2005).

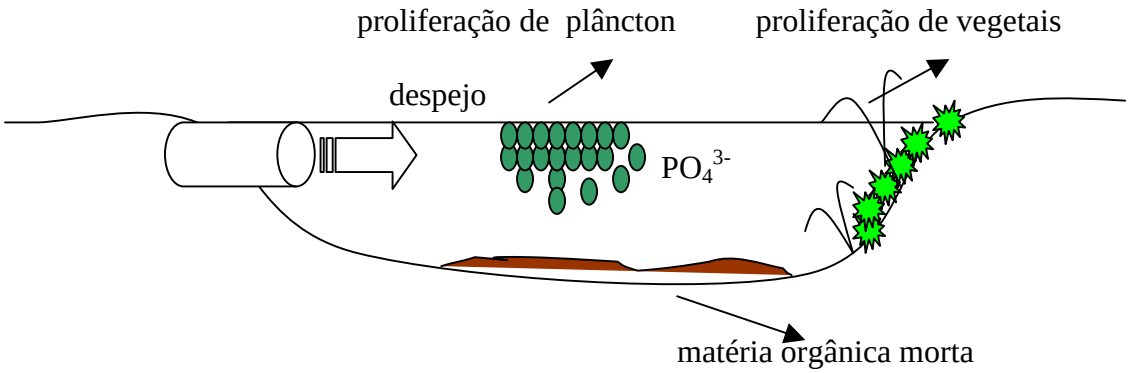


Figura 4.11 –Diagrama esquemático de um lago eutrofizado por influência do fósforo.

A biodegradação dos detergentes depende muito da sua estrutura química. No caso dos sabões comuns e dos álcoois sulfatados, estes são degradados rapidamente e utilizados como alimento para as bactérias. Os detergentes sintéticos com ligações de éster e amidas são rapidamente hidrolisados. Os subprodutos das hidrólises podem ou não servir de alimentos para as bactérias dependendo de sua estrutura química (SAWYER, 1994).

Já os detergentes sintéticos derivados de polímeros de óxido de etileno são susceptíveis à degradação biológica, apesar de estudos mais recentes apontarem para uma parcial biodegradação, onde o grupamento alquilbenzeno é deixado como subproduto do processo. O alquil benzeno sulfonato, derivado do propileno, é bastante resistente à biodegradação e esta persistência se traduz pela formação de espuma nas águas superficiais e subterrâneas (SAWYER, 1994).

Com a chegada do LAS no mercado, o problema da espuma foi aliviado, devido à característica de maior biodegradabilidade deste produto. A biodegradabilidade do LAS ocorre em virtude da presença de carbonos primários e secundários em sua estrutura. Já do ABS, a presença de carbonos terciários e quaternários dificulta muito mais o ataque biológico. Além disso, a cadeia parafínica linear do LAS é muito mais biodegradável do que as cadeias ramificadas do ABS (SAWYER, 1994).

Porém, apesar da característica de maior biodegradabilidade do LAS, parte de sua molécula apresenta condições de maior dificuldade de biodegradabilidade. O sulfonato, e seu contra-íon, o sódio, são rapidamente ionizados. O grupamento parafínico do LAS é

biodegradado com facilidade, onde a porção resultante, o alquilbenzeno, devido a sua configuração aromática, contendo duplas ligações alternadas (conforme texto técnico em anexo), apresenta uma resistência elevada à biodegradação. A exceção ocorre em ambientes com boas condições aeróbias, podendo acumular nos sedimentos com considerável estabilidade por um período longo de tempo **(Figura 4.12)** (JOHNSON *et al*, 2001).

O problema da acumulação do alquilbenzeno nos sedimentos foi observado por PRESTON e RAYMUNDO (1993), em sedimentos estuarinos do Rio Mersey, Inglaterra; ZENG e YU (1996), nos sedimentos marinhos da baía de Santa Mônica, Estados Unidos; e também por BAYONA (1997), na baía de Tokyo, Japão (JOHNSON *et al*, 2001).

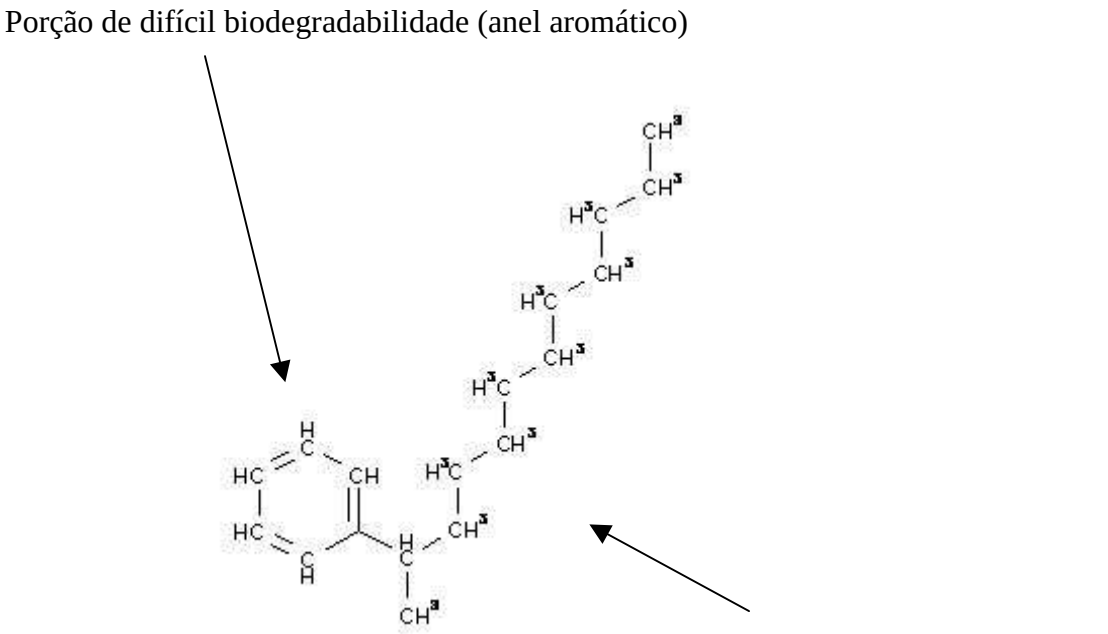


Figura 4.12 – Regiões de diferentes biodegradabilidades no LAS. Fonte: Potential for Anaerobic Biodegradation of Linear Alkylbenzene Cable Oils: Literature Review and Preliminary Investigation. Johnson, Stephen J., 2001.

A biodegradação do LAS, especificamente do alquilbenzeno, pode ser feita por via aeróbia ou por via anaeróbia, onde a via anaeróbia é menos provável de ocorrer no meio hídrico e mais favorável no solo. O alquilbenzeno é bastante susceptível à biodegradação por via aeróbia, onde estudos com vários tipos de alquilbenzenos lineares (LAB) indicaram que uma significante degradação deste composto só ocorre em via aeróbia (JOHNSON apud

HOLT & BERNSTEIN, 1992). Em boas condições aeróbias o alquilbenzeno é mineralizado em um curto espaço de tempo.

Em outro estudo com o LAB, a biodegradação anaeróbia foi observada sob certas condições específicas, com muitos condicionantes de inibição, de forma mais lenta que o processo aeróbio, com aceptores de elétrons diferentes, tais como NO_3^-, FeIII, SO_4^{2-}, nesta ordem de preferência. A predominância do processo anaeróbio ocorre em um ambiente como um aqüífero contaminado, por exemplo. A biodegradação do alquilbenzeno residual encontrado nos sedimentos estuarinos, mencionados anteriormente, ocorre em via anaeróbia, devido à baixa presença de oxigênio nesse meio, explicando assim, a sua persistência nesse ecossistema (JOHNSON *et al*, 2001).

Tanto na via aeróbia como na via anaeróbia, os processos dependem da produção de enzimas por parte de microorganismos especializados. A *Nurcadia, Acinetobacter e Pseudomonas* representam espécies aeróbias. O *Rhodopseudomonas polustris, o Thavera aromatia* e *Azoarcus evansii,* representam espécies anaeróbias (JOHNSON, 2003).

As vias de degradação são exemplificadas na **Figura 4.13**. A clivagem do anel benzênico em ambiente aeróbio, de alto potencial redox, ocorre através da oxidação do benzeno, via oxigênio, na presença de água, principalmente nos primeiros passos da reação, onde a hidrólise também pode ocorrer. Ao final do processo gera-se um grupamento de um ácido carboxílico, que é removido do anel **(Figura 4.14)**. Já no processo anaeróbio, que ocorre em ambientes de baixo potencial redox, a clivagem é realizada apenas pela hidrólise, gerando compostos associados às enzimas produzidas (JOHNSON, 2003).

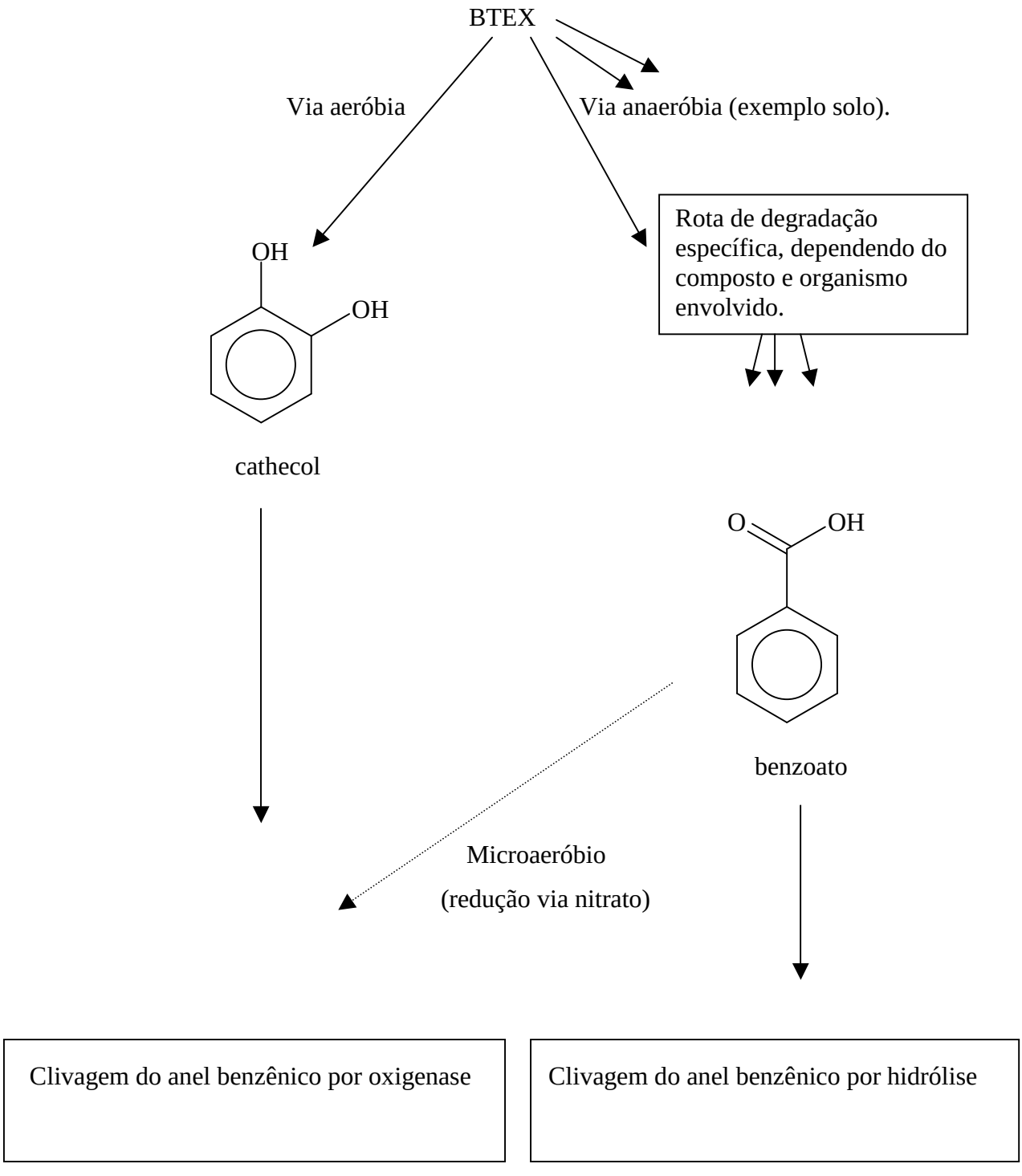


Fig 4.13 - Rotas de degradação aeróbia e anaeróbia do BTEX, especificamente o anel benzênico. Fonte: Potential for Anaerobic Biodegradation of Linear Alkylbenzene Cable Oils: Literature Review and Preliminary Investigation. Johnson, Stephen J., 2001.

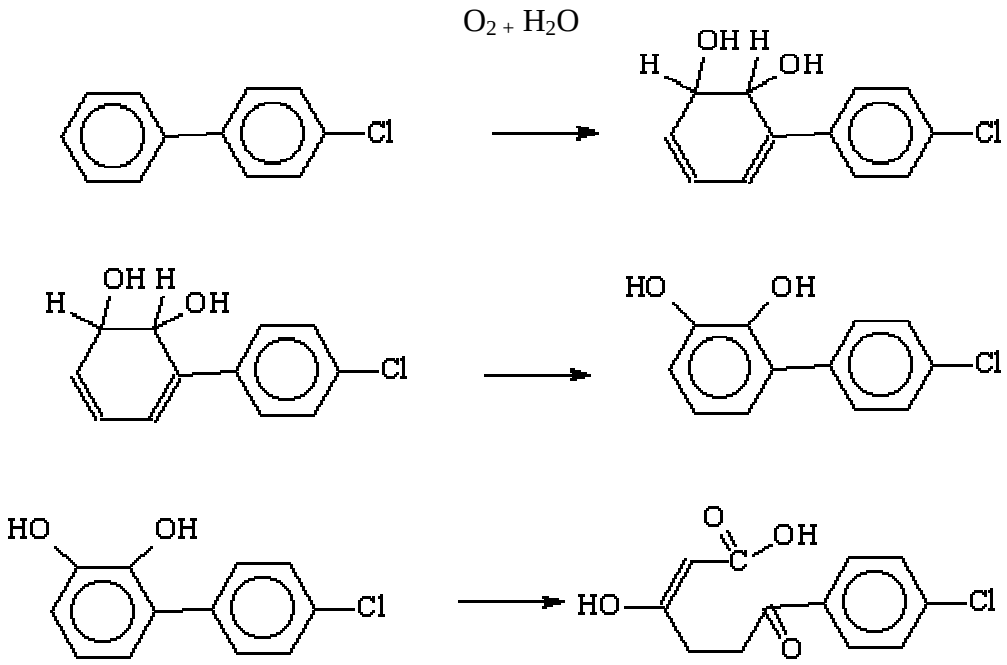


Fig 4.14 – Exemplo da clivagem do anel benzênico em uma molécula de PCB na presença de H_2O e O_2. Fonte: Pesticides, herbicides, PCB´s, PAH´s and by-products of manufacturing processes lecture. Northern Arizona University, 1998.

Conforme apresentado no Capítulo 3, a composição dos detergentes é de natureza ácida e básica, dependendo do produto e fabricante. Após as operações de lavagens, o efluente automotivo apresenta características do pH do produto utilizado e, quando descartado no meio ambiente, o pH influencia a solubilização de compostos químicos, inclusive dos chamados metais pesados. Este fenômeno ocorre preferencialmente para algumas faixas de pH, dependendo do elemento ou composto envolvido. A variação brusca do pH, ou até mesmo a alteração do seu valor natural, em um determinado corpo hídrico, causa danos à vida macroscópica e microscópica (SAWYER, 1994).

4.2.3. Os Demais Coadjuvantes no Ambiente Aquático

Os solventes e combustíveis quando descartados em cursos d'água apresentam características diversas em termos de biodegradabilidade, volatilidade, solubilidade e toxicidade. Os grupos de solventes que possuem características biodegradáveis e baixa toxicidade geram demanda por oxigênio dissolvido em meio aquoso. Esta demanda, quando excessiva, pode acarretar uma carência deste elemento no corpo d'água, e assim, causar impactos à biota aquática. Persistindo o impacto, a médio e longo prazo, o ambiente aquático pode tornar-se anaeróbio. O butilglicol, o acetato de etila, butila e outros solventes

oxigenados, além dos hidrocarbonetos hidrogenados constituem um grupo denominado solventes ecológicos, e, portanto, enquadram-se no grupo de solventes de boa biodegradabilidade e baixa toxicidade (RHODIA, 2005).

Quando o solvente apresenta características recalcitrantes e tóxicas, este gera baixa demanda de oxigênio dissolvido, pois não consegue ser biodegradado aerobicamente de forma adequada. Assim, passa a apresentar fenômenos de bioacumulação no ambiente aquática, manifestando sua toxicidade. Neste caso, também devem ser levados em consideração outros fenômenos de intemperismo (espalhamento, evaporação, dispersão, emulsificação, dissolução, oxidação e sedimentação), detalhado no **Tópico 4.2.1**. O formol, usado na composição de detergentes automotivos, o MTBE (Éter metil terbutílico), presente na composição da gasolina, os solventes aromáticos usados na limpeza de peças, clorados e alguns oxigenados são exemplos típicos de solventes recalcitrantes e tóxicos.

A ligação carbono-cloro, presente nos solventes clorados, caracteriza-se por ser difícil de romper, tornando-se persistente na natureza. A presença do cloro reduz a reatividade de outras moléculas orgânicas. (BAIRD, 2002).

As margens dos corpos hídricos também podem ser afetadas por despejos de solventes tóxicos, tornando possível a observação de danos à vegetação de entorno, além da fauna local. Os solventes também possuem características surfactantes (AKZONOBEL, 2005), e dessa forma, atuam na alteração da tensão superficial, conforme discutido no **Tópico 4.2.2**.

Os solventes hidrofóbicos menos densos que a água podem formar um filme sobre a superfície d'água, e assim afetar as trocas gasosas e os organismos que ali vivem. O querosene é um solvente formador dessa película (REFAP, 2005) e é muito utilizado em diversas aplicações nas atividades automotivas.

A **Tabela 4.6** apresenta algumas propriedades de alguns solventes de uso comum.

Tabela 4.6- Características de biodegradabilidade de alguns solventes em função de propriedades avaliadas.

Propriedade	Solventes hidrogenados (1)	Aguarrás mineral (2)	Querosene (2)
Kauri butanol	29 – 30	31 – 32	31 – 33
Ponto de Anilina (^oC)	70 – 75	47 – 50	50 – 55
Teor de enxofre (ppm)	2	600	700
Teor de aromáticos ($\%_p$)	< 0,2	13	15
Biodegradabilidade	Moderada	Baixa	Baixa

Fonte: USEPA, 2004.

O etanol é solubilizado e biodegradado com facilidade nos corpos hídricos, porém essa biodegradação consome o oxigênio dissolvido. Em função da concentração do etanol, o consumo excessivo de oxigênio dissolvido pode acarretar impactos diversos. O etanol não apresenta grandes desdobramentos de impactos ambientais para a biota aquática em quantidades não muito elevadas. A gasolina, por constituir uma composição de hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos, é biodegradada preferencialmente em ambiente aeróbio. Assim como os solventes e o álcool, o consumo de oxigênio dissolvido faz-se necessário para que ocorra a biodegradação. A demanda de oxigênio pode gerar uma depleção nos níveis deste elemento, ocasionando algum tipo de impacto. Ao contrário do etanol, a gasolina apresenta maiores conseqüências de impactos ambientais para a biota aquática. Os demais fenômenos de intemperismo também devem ser observados para a gasolina (CORDAZZO, 2000).

4.2.4. Os Sólidos no Ambiente Aquático

Os sólidos presentes nos efluentes causam danos ao ambiente aquático, sejam estes presentes nas formas dissolvidas, coloidais, suspensas ou sedimentáveis.

Os dissolvidos e uma parcela dos coloidais estão associados à cor dos despejos, e podem influenciar na mudança de cor dos corpos receptores, causando problemas de ordem estética ou até mesmo tóxica. Os sólidos em suspensão e parcela dos coloidais presentes nos despejos reduz a transparência dos corpos hídricos, através da turbidez gerada, afetando os processos de fotossíntese, o que causa danos à fauna e flora aquática (GIORDANO, 2004). O lançamento de sólidos sedimentáveis, em padrões acima dos limites, provoca danos em corpos hídricos, especialmente em ambientes lacustres e baías, pelo assoreamento gerado por estes sólidos presentes nos despejos (GIORDANO, 2004). Os sólidos sedimentáveis podem vir associados a outros poluentes, como os metais pesados, por exemplo, causando danos às comunidades bentônicas (SAWYER, 2004).

4.2.5. A Ação do Óleo no Meio Antrópico

No meio antrópico, o descarte de óleo pode causar inúmeros males à sociedade de uma maneira geral. Quando introduzidos no sistema público de esgotos, sem pré-tratamento ou por descargas clandestinas, podem causar incrustações nas tubulações e dificultar a transferência de oxigênio e degradação de outros substratos nos processos de tratamento (SAWAMURA, 1999).

Os compostos orgânicos voláteis (VOC´s), referentes às frações leves ou degradadas do óleo causam problemas de enjôos e náuseas na população de entrono envolvida com o descarte (GÓES, 1991). Em localidades ribeirinhas a canais e valas próximos a oficinas mecânicas, por exemplo, é comum haver cheiro forte constante devido a descartes clandestinos, vazamentos e má utilização dos dispositivos de tratamento de óleo, demonstrado na **Figura 4.15**. Em dias de chuva forte, as frações mais pesadas de óleo retido na rede de drenagem urbana migram para córregos, valas e canais devido à alta vazão submetida. Esse óleo, após a passagem da chuva, fica impregnado no entorno das residências ribeirinhas, causando contaminação do solo e cheiro, através da geração de VOC´s. O fato é muito comum, por exemplo, no perímetro REDUC, no município de Duque de Caxias – RJ, onde caminhoneiros autônomos descartam óleo na rede de drenagem urbana em pequenas oficinas e retíficas, ou diretamente pelo caminhão nas "bocas de lobo", acarretando os problemas acima mencionados (SEMAPE,2004) e retratados nas **Figuras 4.16 e 4.17**:

Figura 4.15 – Aspecto de poluição[1] oleosa do Rio Calombé . Fonte: SEMAPE, 2004.

Figura 4.16 – Aspecto da poluição[2] por óleos pesados. Fonte: SEMAPE, 2004.

[1] Causada por lançamento clandestino.

[2] Em dias de chuvas intensas, os óleos originados da rede pública deságuam neste canal de drenagem. Os lançamentos ocorrem através de purgas de caminhões tanque e oficinas mecânicas desprovidas de sistemas separadores água e óleo, que se acumulam na rede de drenagem em tempo seco.

Figura 4.17 – Outro ângulo do canal[3] da figura anterior. Fonte: SEMAPE, 2004.

Os óleos têm influência direta na perda de atrito das faixas de rolamento, ocasionando a derrapagem de veículos. Sistemas de tratamento oleoso e de acumulação mal projetados e operados contribuem para a drenagem desses óleos para as faixas de rolamento, aumentando a possibilidade de acidentes. Nas atividades automotivas, as lavagens de veículos que utilizam óleos sintéticos, minerais ou vegetais contribuem para esse processo, pois os óleos migram para as pistas por gotejamento após a lavagem e no tráfego sob chuva. As ações de manutenção e estacionamento de veículos, acondicionamento de óleo e lavagem de veículos também podem acarretar a contaminação direta de óleo nas pistas, caso não possuam sistemas eficientes de tratamento oleoso (SEMAPE, 2004).

4.2.6. A Ação dos Coadjuvantes no Meio Antrópico

Do mesmo modo que o óleo, os produtos coadjuvantes também exercem danos à vida do homem, merecendo uma atenção especial. Os detergentes, quando lançados em um manancial para consumo humano, causam sabor desagradável à água. O mesmo fato é observado para os peixes consumidos em corpos hídricos com alta concentração de detergentes em suas águas. A espuma observada em rios causa danos de ordem estética, econômica e de saúde devido à liberação de gases e o contato físico com o detergente (BRAGA, 2002).

No município de Pirapora do Bom Jesus-SP **(Figura 4.18)**, esse fenômeno é bastante comum, onde os resíduos urbanos e industriais de Mogi das Cruzes são descartados no rio Tietê a montante da cidade (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2005).

[3] Ao fundo do canal constatou-se vestígio da contaminação por óleo, causando problemas nas casas adjacentes devido ao forte cheiro proveniente da volatilização das frações mais leves de óleo.

A falta de oxigênio dissolvido no rio faz com que o detergente não seja solubilizado, e assim, são observados grandes blocos de espuma, que podem alcançar até 5 metros. A espuma invade casas, ruas, pontes e praças, modificando a rotina de vida dos moradores. Há a liberação de gás sulfídrico e também são observados problemas de pele entre os moradores (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA, 2005).

Outro aspecto importante de se considerar é a interferência dos detergentes nas plantas de tratamento de água e esgoto. Os detergentes produzem alterações químicas, propriedades surfactantes, nas bactérias responsáveis pela digestão dos efluentes nas unidades de tratamento, afetando a taxa de biodegradação. Também são observados efeitos tóxicos nas mesmas. O lodo descartado das estações de tratamento, que possui quantidades significativas de detergentes incorporados em sua massa, pode ser vetor de contaminação de outros poluentes quando descartados no solo (BIGARDI, 2002).

Além disso, os detergentes também emulsionam o óleo retido em unidades separadoras água e óleo, reduzido a eficiência destes dispositivos, e incorporando óleo em excesso no meio ambiente (USEPA, 1999 e PAXÉUS, 1996).

Solventes e combustíveis, de um modo geral, possuem características inflamáveis e, quando mal acondicionados ou confinados, através de vazamentos ou má operação, podem gerar incêndios nestas localidades. Quando penetrado no solo, os solventes e combustíveis, alcançam os aqüíferos, em virtude da sua boa mobilidade, inviabilizando a utilização da água subterrânea para consumo e demais aplicações. Operações caras de remediação de solo devem ser executadas, sendo necessária uma aplicação considerável de recursos financeiros para solucionar tal problema (BAIRD, 2002).

Figura 4.18 – Espuma no rio Tietê, observada no município de Pirapora do Bom Jesus – SP. Fonte: http: //ctjovem.mct.gov.br, Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005.

Os descartes e lançamentos de efluentes contendo combustíveis e solventes em corpos hídricos, além de inviabilizar o consumo de água superficial, devido a sua toxicidade, causam danos a atividades diversas, como a pesca e o turismo. O mau cheiro exalado, devido aos VOC´s, é tóxico, causando inúmeros problemas de irritações, enjôos, mal estar e náuseas nas populações que vivem no entorno do ponto de descarte. Outros problemas de exposição crônica são observados em virtude dos seus constituintes, especialmente os compostos aromáticos, no caso das atividades automotivas (BAIRD, 2002).

O excesso de solventes e combustíveis em estações de tratamento de esgoto doméstico, ou até sistemas fossa-filtro, é prejudicial ao tratamento, em função da toxicidade e o poder recalcitrante de alguns compostos presentes (GIORDANO, 2004). Nos dispositivos separadores água e óleo, os solventes e combustíveis têm o poder de emulsionar o óleo segregado, e assim como os detergentes, estes reduzem a eficiência dos sistemas implantados (USEPA, 1999 e PAXÉUS, 1996).

4.2.7. A Ação dos Sólidos no Meio Antrópico

O lançamento de sólidos sedimentáveis em padrões acima dos limites de lançamento acarreta problemas de assoreamento em redes de drenagem de águas pluviais, redes coletoras de esgoto, canais urbanos, estações de tratamento de esgotos e efluentes, além de entupimento dos próprios separadores água e óleo (GIORDANO, 2004).

5. OS SISTEMAS SEPARADORES ÁGUA E ÓLEO E TECNOLOGIAS APLICADAS

5.1. A MISTURA ÁGUA-ÓLEO

As misturas consistem em combinações de duas ou mais substâncias na sua forma pura, sem que haja reação química entre elas. As características intrínsecas de cada substância envolvida são mantidas, não havendo alterações. Estas podem ser classificadas em homogêneas, heterogêneas e coloidais (BROWN, 1997).

As homogêneas, ou soluções, consistem em um sistema monofásico, onde não é possível distinguir a mistura das partes envolvidas. O dispersante é chamado de solvente e o disperso de soluto. Por efeito de solvatação, as partículas dispersas são invisíveis e não se precipitam. As heterogêneas, ou suspensões, são sistemas polifásicos, duas ou mais fases, onde é possível distinguir as porções misturadas. As misturas água e óleo figuram entre as misturas heterogêneas, e assim, podem-se distinguir as substâncias envolvidas (BROWN, 1997).

A dispersão coloidal é um caso a parte, pois consiste em uma categoria intermediária entre as misturas homogêneas e heterogêneas. As partículas do disperso podem ser gasosas, líquidas ou sólidas. Quanto ao seu tamanho, são maiores que as partículas de soluto, em uma solução, mas em contrapartida, não são suficientemente grandes para serem separadas pela ação da gravidade, como no caso das suspensões. A classificação de uma dispersão coloidal é dada pelo estado físico de seus componentes, classificando-se em: emulsão, nevoeiro, fumaça, sol e gel (BROWN, 1997). A **Figura 5.1** apresenta a distribuição dos sólidos em função do tamanho.

No caso das misturas água e óleo, as emulsões ocorrem freqüentemente, sendo assim consideradas um fenômeno importante. Este tipo de formação coloidal consiste na dispersão de gotas de um líquido em um outro líquido (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

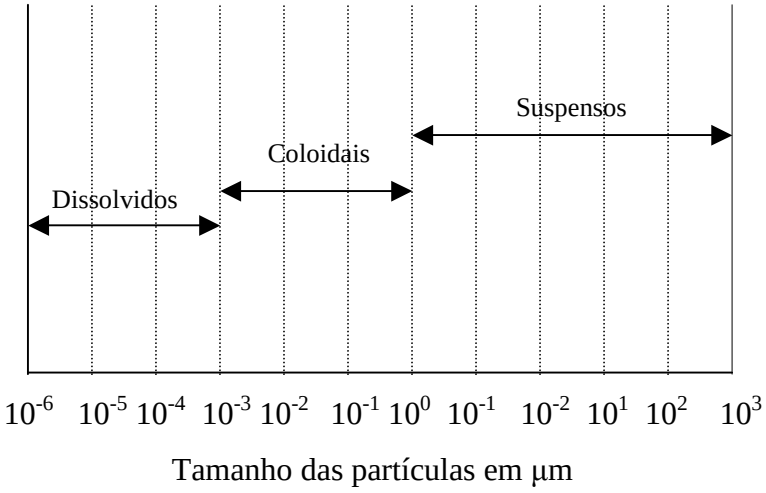


Figura 5.1-Classificação e distribuição dos sólidos em função do tamanho. Fonte: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. Sperling, M.V., 1996.

As misturas água-óleo presentes nos efluentes oleosos se classificam em cinco formas:

a) óleo livre – Consiste em gotículas de óleo com diâmetro igual ou superior a 20 micrômetros. Estas gotículas possuem pouca ou nenhuma água associada e, dessa forma, flutuam na superfície devido a seu peso específico ser inferior ao da água. Este estado pode ser facilmente separado por um método de separação gravitacional (SAWAMURA, 1999).

b) óleo fisicamente emulsionado - Consiste na emulsão formada por gotículas de óleo com diâmetro variando entre 5 a 20 micrômetros. Nesse caso, o óleo disperso na água se encontra sob uma forma estável. As emulsões mecânicas são formadas por ações de agitação causadas por bombeamento, operações de abertura e fechamento de válvula ou outras restrições ao fluxo. Também podem ser formadas por incidência direta de chuvas ou jateamento de água diretamente na câmara de separação do SAO. Estas emulsões instáveis podem ser quebradas, mecanica ou quimicamente e, então, separadas da fase oleosa. Entretanto, as emulsões estáveis, requerem um tratamento mais sofisticado para atender a legislação ambiental vigente (SAWAMURA, 1999).

c) óleo quimicamente emulsificado – São emulsões formadas por gotículas de óleo com diâmetros inferiores a 5 micrômetros. Normalmente, são formadas através do uso de detergentes, desengraxantes, solventes e produtos afins (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

d) óleo dissolvido - São as gotículas de óleo com diâmetros inferiores a 0,01 micrômetro, que solubilizam-se na água (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

e) óleo adsorvido em partículas sólidas – Consiste no óleo que adere ao material particulado e sedimenta devido à ação da força gravitacional. Nos sistemas separadores água e óleo, este tipo de óleo é removido como borra oleosa (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

Outra consideração importante a ser feita para a mistura água e óleo consiste na polaridade das duas substâncias envolvidas. A água é uma substância polar e o óleo é uma substância apolar (BROWN, 1997).

A molécula é dita polar quando o centro das cargas positivas e negativas não coincide, fato que ocorre com a água e não com o óleo. Uma decorrência desta propriedade está na solubilidade das substâncias. As substâncias polares solubilizam-se, na grande maioria dos casos, em substâncias polares e o mesmo caso vale para as substâncias apolares. Assim sendo, o óleo também pode ser caracterizado como uma substância hidrofóbica (BROWN, 1997).

Devido a esta propriedade, a água e o óleo não são solúveis entre si, ocorrendo apenas em uma pequena fração, conforme discutido na apresentação das cinco categorias de mistura abordadas neste tópico. O resultado claro é a separação de fases observada entre as duas substâncias citadas (BROWN, 1997), cujo fenômeno deu origem à concepção de dispositivos físicos de tratamento de águas oleosas, denominados separadores água e óleo.

5.2. CARACTERÍSTICAS GERAIS E TIPOLOGIAS DOS SEPARADORES ÁGUA E ÓLEO

O separador água e óleo (SAO) é um tipo de equipamento aplicável para a remoção de óleo em estado livre. O princípio de funcionamento é baseado na separação da fase oleosa e aquosa em virtude da diferença de densidade existente entre elas (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

A utilização do SAO ocorre em estabelecimentos industriais ou comerciais que apresentam efluentes com características oleosas, como, por exemplo, as refinarias de petróleo e as atividades automotivas. O SAO também pode ser utilizado no tratamento preliminar de uma estação de tratamento de efluentes, ou esgotos (ETE), no intuito de minimizar os impactos do óleo nas etapas seguintes, como, por exemplo, no tratamento biológico (GIORDANO, 2004).

O equipamento consiste basicamente em uma câmara de sedimentação, onde é retida a borra oleosa, 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 escoa através das câmaras **(Figura 5.2)**, onde ocorre a separação e 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 que os sólidos em conjunto com o óleo adsorvido sedimentam e depositam-se no fundo. Os sólidos sedimentados (borra oleosa) e camada de óleo (óleo livre) são removidos no processo de limpeza do sistema (FEEMA/COPPETEC, 2003).

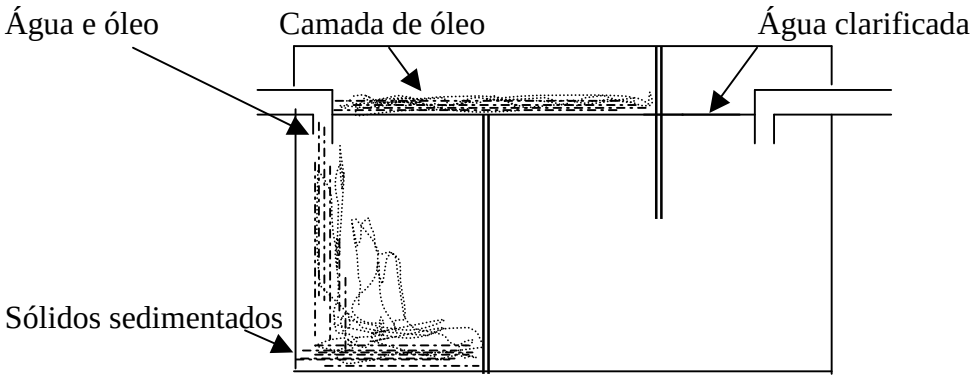


Figura 5.2 – Esboço das separações de fase ocorridas em um SAO. Fonte: Programa de capacitação técnica e gerencial de órgãos ambientais. FEEMA/COPPETEC, 2003.

Os SAO´s são construídos normalmente em concreto, polipropileno, polietileno, aço-carbono e fibra de vidro e podem assumir formas prismáticas e cilíndricas.

A concepção básica de um separador água e óleo é um tanque simples que reduz a velocidade do efluente oleoso, de forma a permitir que a gravidade separe o óleo da água. Como o óleo tem uma densidade menor que a da água, ele flutua naturalmente para, então, separar-se fisicamente (FEEMA/COPPETEC, 2003).

A separação deve ocorrer em um regime hidráulico não turbulento para não acarretar o arraste do óleo ou destruição das emulsões coalescidas (FEEMA/COPPETEC, 2003).

A lei de Stokes evidencia a taxa de separação. Os principais fatores que afetam a taxa de separação são (FEEMA/COPPETEC, 2003):

- O tamanho da gota de óleo;
- A densidade do óleo;
- Temperatura do óleo;
- Vazão;
- Turbulência;
- Tamanho das partículas óleo/contaminantes.

$$V_t = \frac{2\, g\, r^2\, (\rho_1 - \rho_2)}{9\mu} \qquad (5.1)$$

Onde,

V_t = velocidade de ascensão ou sedimentação da partícula – cm/s

g = aceleração da gravidade – cm/s^2;

r = raio da partícula – cm;

ρ_1 = densidade da partícula – g/cm^3;

ρ_2 = densidade do meio – g/cm^3;

μ = viscosidade absoluta do meio – s/cm^2.

As caixas e a canalização deverão apresentar dimensões suficientes para permitir a vazão da mistura óleo e água, sem provocar transbordamentos.

Os tipos básicos de projetos de separadores água e óleo são listados abaixo (Arizona Department,1996):

1- Separador convencional (Tipo modelo FEEMA) ou *spill control* **(Figura 5.3)**;
2- Separador de placas coalescentes ou *coalescing plate* (CP) **(Figura 5.4)**;
3- Separador API ou *American Petroleum Institute separator* **(Figura 5.5)**.

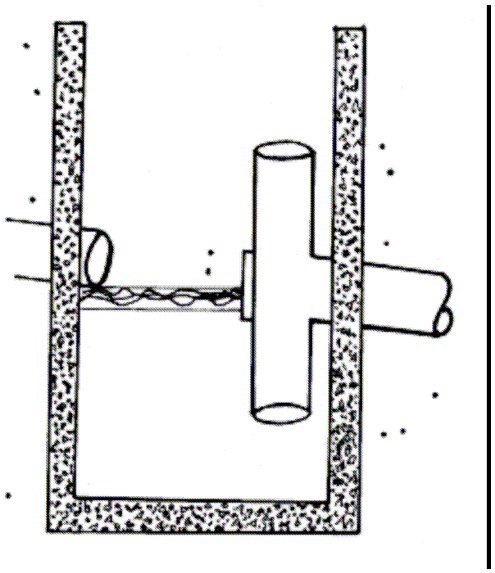


Figura 5.3 – Separador convencional. Fonte: Mississippi State Universty. **Training for construction site erosion control and storm water facility inspection, 1993.**

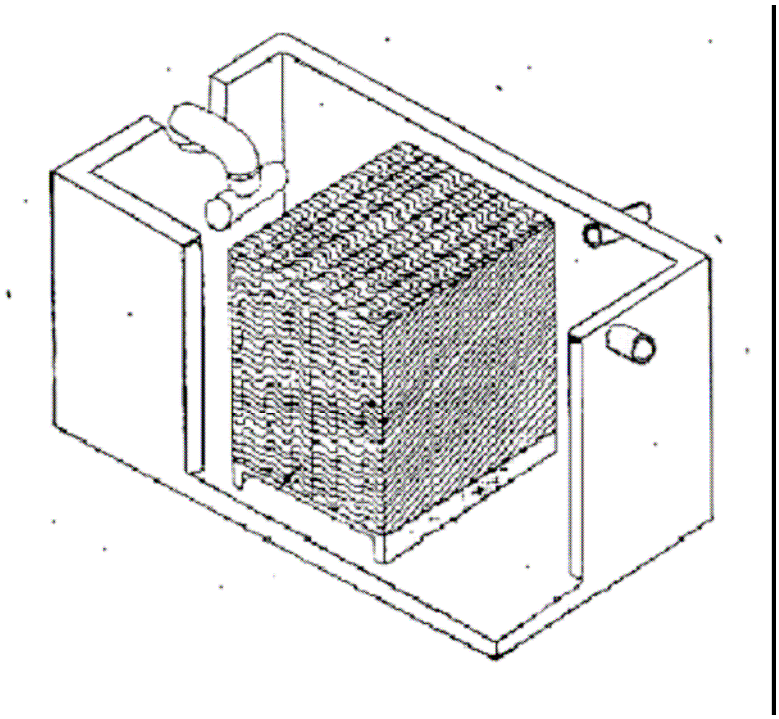


Figura 5.4 – Separador de placas coalescentes. Fonte: Mississippi State University. Training for construction site erosion control and storm water facility inspection, 1993.

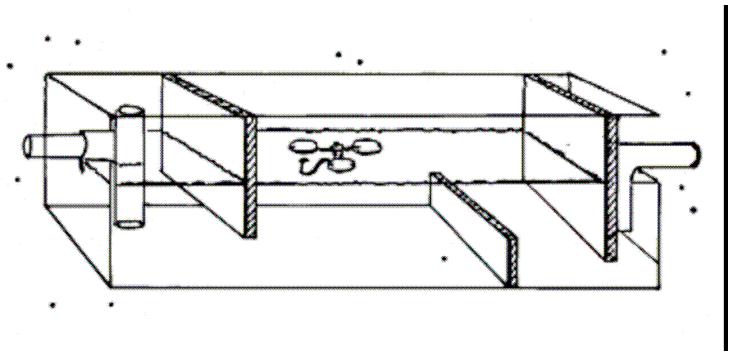


Figura 5.5 – Separador API. Fonte: Mississippi State University. Training for construction site erosion control and storm water facility inspection, 1993.

5.2.1. Os Separadores Convencionais

Nas atividades automotivas em operação no país, a utilização dos separadores convencionais, em unidades feitas em concreto, ocorre com muito mais freqüência em relação aos demais sistemas de separação e materiais empregados. Em muitos casos, esses separadores são projetados e construídos sem critérios técnicos adequados, de forma empírica, com utilização de mão-de-obra não qualificada (FEEMA/COPPETEC, 2003).

No estado do Rio de Janeiro, o modelo FEEMA é largamente empregado, inclusive, citado como referência para uso nas atividades automotivas, através de diplomas legais. A legislação municipal da cidade do Rio de Janeiro, através da Lei Municipal 2.482 de 04/10/96, adota este sistema como referência para as atividades automotivas (FEEMA/COPPETEC, 2003).

O modelo FEEMA, adotado nesta dissertação como um referencial de estudo para os sistemas convencionais típicos encontrados nas atividades automotivas, é composto em linhas gerais das seguintes etapas:

I- Caixa de Areia.

O sistema de pré-tratamento, composto de gradeamento e caixa de sedimentação de areia, deverá ser instalado dentro do *box* de lavagem, ou área de geração dos efluentes, sendo o entorno da área de lavagem provida de canaletas (providas com grelhas), segregando as águas servidas das pluviais, ao mesmo tempo em que retêm sólidos grosseiros e materiais sedimentáveis (areia), provenientes dos chassis, rodas dos veículos e lavagem de piso. Os efluentes são destinados à caixa separadora de óleo A (FEEMA/COPPETEC, 2003).

II - Caixa Separadora de Óleo A.

A caixa separadora de óleo A tem a função de reduzir a velocidade do fluxo e reter a maior parte do óleo livre proveniente da área de geração de efluentes, além de pequena parcela de óleo emulsionado, especialmente as emulsões instáveis. O efluente final é drenando para a caixa separadora de óleo B por gravidade (FEEMA/COPPETEC, 2003).

III - Caixa Separadora de Óleo B.

A caixa separadora de óleo B tem a mesma função da caixa A, porém apresenta o objetivo de aumentar a eficiência do sistema, através do recebimento do efluente oriundo do pré-tratamento realizado pela caixa A. O efluente final é encaminhado para a galeria de águas pluviais, rede de esgoto ou lançado diretamente em um corpo hídrico, desde que sejam atendidos os padrões de lançamento estabelecidos. O óleo livre separado é retirado periodicamente, impedindo que o mesmo venha a se emulsionar novamente (FEEMA/COPPETEC, 2003).

As **Figuras 5.6, 5.7 e 5.8** apresentam o projeto, em planta e corte, do sistema separador de óleo convencional modelo FEEMA.

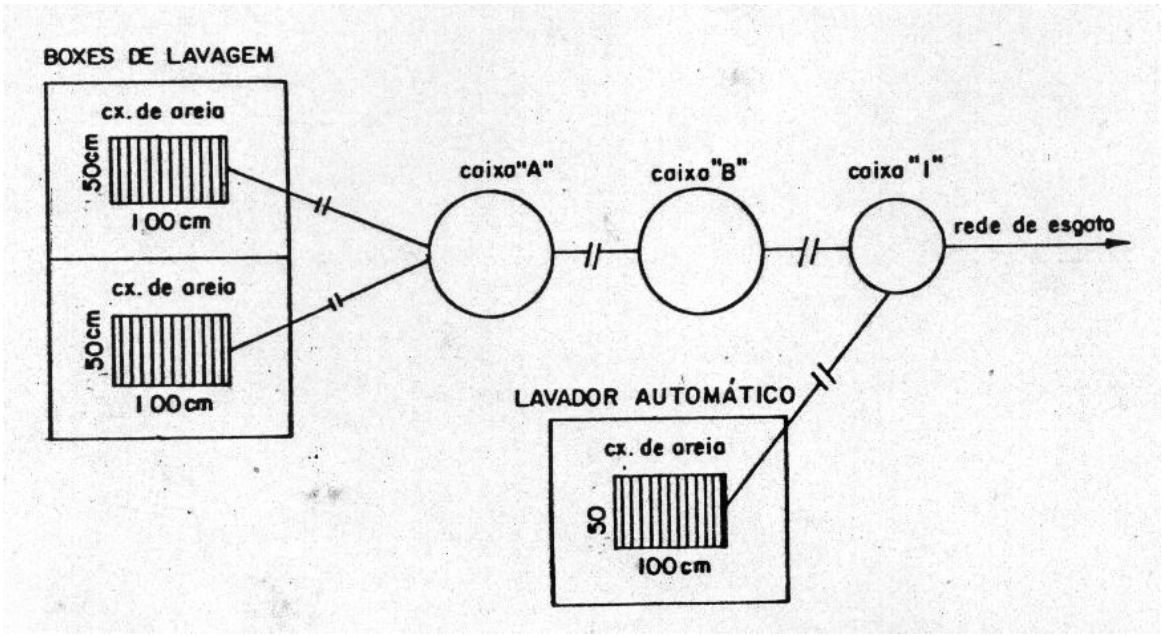


Figura 5.6 – Planta do sistema FEEMA, englobando as unidades separadoras A e B e o sistema preliminar com caixas de areia. Fonte: Avaliação da eficiência de sistemas separadores de óleo para efluentes provenientes da lavagem e lubrificação de veículos. Jesus, Odair P., 1985.

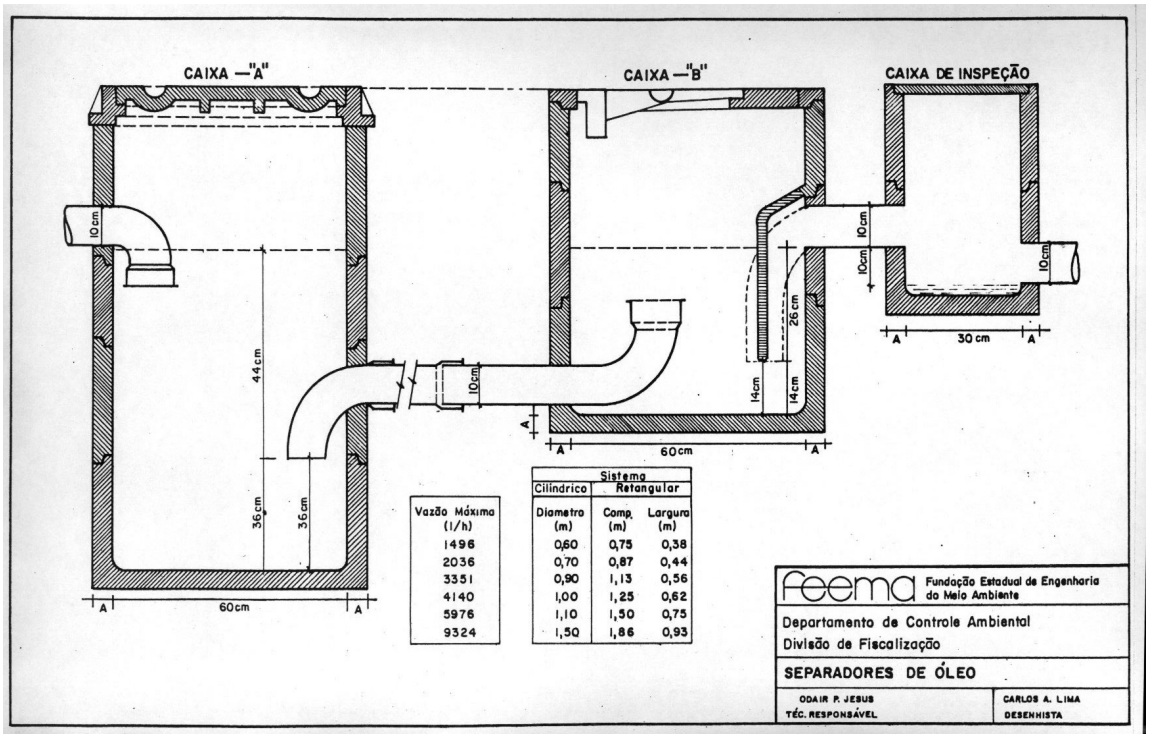


Figura 5.7 – Corte do modelo FEEMA tradicional com as caixas A e B separadas. Fonte: Avaliação da eficiência de sistemas separadores de óleo para efluentes provenientes da lavagem e lubrificação de veículos. Jesus, Odair P., 1985.

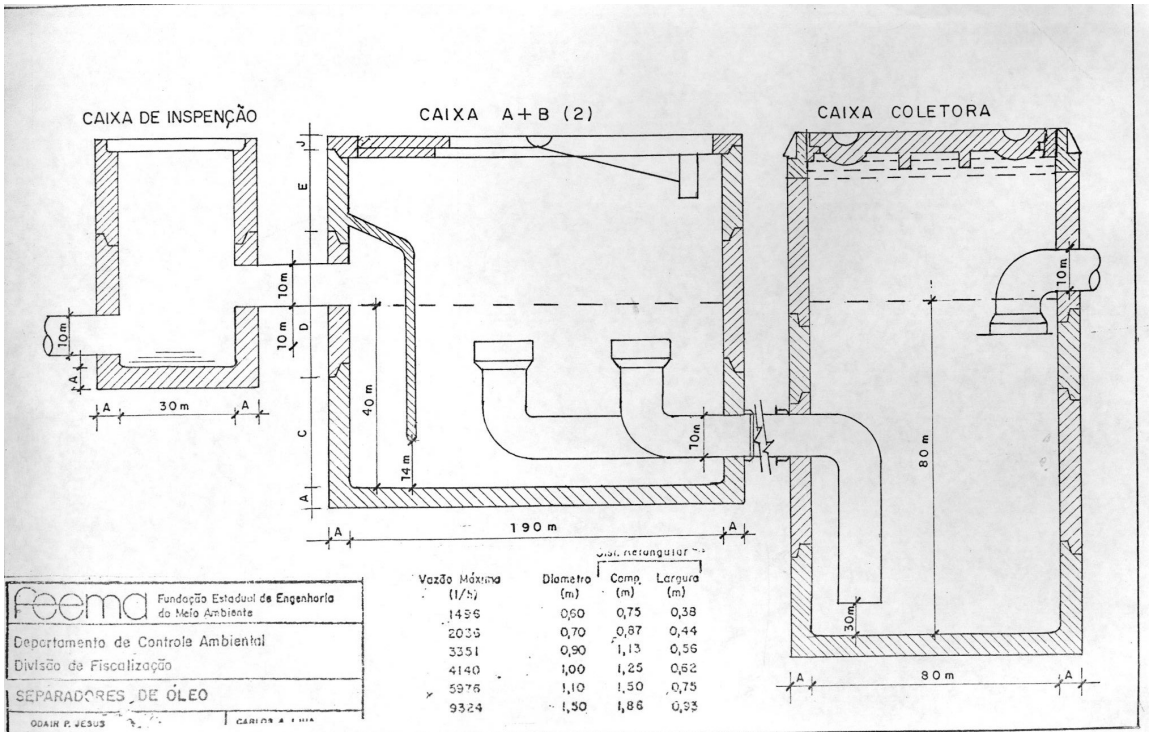


Figura 5.8- Variação do modelo FEEMA com caixas A e B juntas. Fonte: Avaliação da eficiência de sistemas separadores de óleo para efluentes provenientes da lavagem e lubrificação de veículos. Jesus, Odair P., 1985.

Os critérios de dimensionamento, obtidos através de dados experimentais, seguem relacionados na **Tabela 5.1**.

Tabela 5.1 – Dimensionamento de caixas separadoras de óleo.

Vazão Máxima (L/h)	Diâmetro(m)	Comprimento (m)	Largura(m)
1426	0,60	0,75	0,38
2036	0,70	0,87	0,44
3351	0,90	1,13	0,56
4140	1,00	1,25	0,62
5976	1,10	1,50	0,75
9324	1,50	1,86	0,93

Fonte: Avaliação da eficiência de sistemas separadores de óleo para efluentes provenientes da lavagem e lubrificação de veículos. Jesus, Odair P., 1985.

A **Figura 5.9** mostra um separador água e óleo convencional instalado.

Figura 5.9 – Separador convencional. Fonte: SEMAPE, 2004.

O modelo de caixa separadora de óleo convencional, projetado pela FEEMA, quando submetido a um efluente de lavagem de veículos envolvendo água e óleo, sem aplicação de solventes e detergentes, apresentou concentrações máximas de óleos e graxas em torno de 100 mg/L no efluente final (após o SAO). Tal situação foi verificada pelo estudo de campo de remoção de óleos e graxas (afluente e efluente dos SAO´s), realizado em estabelecimentos que praticavam lavagem e lubrificação de veículos (JESUS, 1985). No tocante ao atendimento do valor exigido como padrão de lançamento pela Resolução CONAMA 357/2005 e a NT 202 R-10 (no valor de 20 mg/L), o sistema separador água e óleo modelo FEEMA não atende totalmente ao cumprimento da legislação em vigor (ODAIR P.DE JESUS, 2005).

5.2.2. Os Separadores de Placas Coalescentes

O grande diferencial deste tipo de separador em relação aos demais é a presença da placa coalescente. Esta técnica utiliza um meio coalescente oleofílico, isto é, facilidade em reter ou aderir ao óleo. Alguns exemplos destes materiais são o TEFLON e o polipropileno. As gotas de óleo aderem à superfície oleofílica e podem grupar-se formando uma gota de maior diâmetro, saindo do meio aquoso mais facilmente (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Geralmente, o meio coalescente é colocado inclinado aumentando o tempo de subida e, portanto, permitindo que mais gotas se juntem formando uma gota muito maior. Em contrapartida, os sólidos também sedimentam com maior facilidade, pois aumentando o tempo de retenção, estes separam-se da água nas placas. As **Figuras 5.10 a, b** exemplificam o funcionamento de um SAO de placas coalescentes (FEEMA/COPPETEC, 2003).

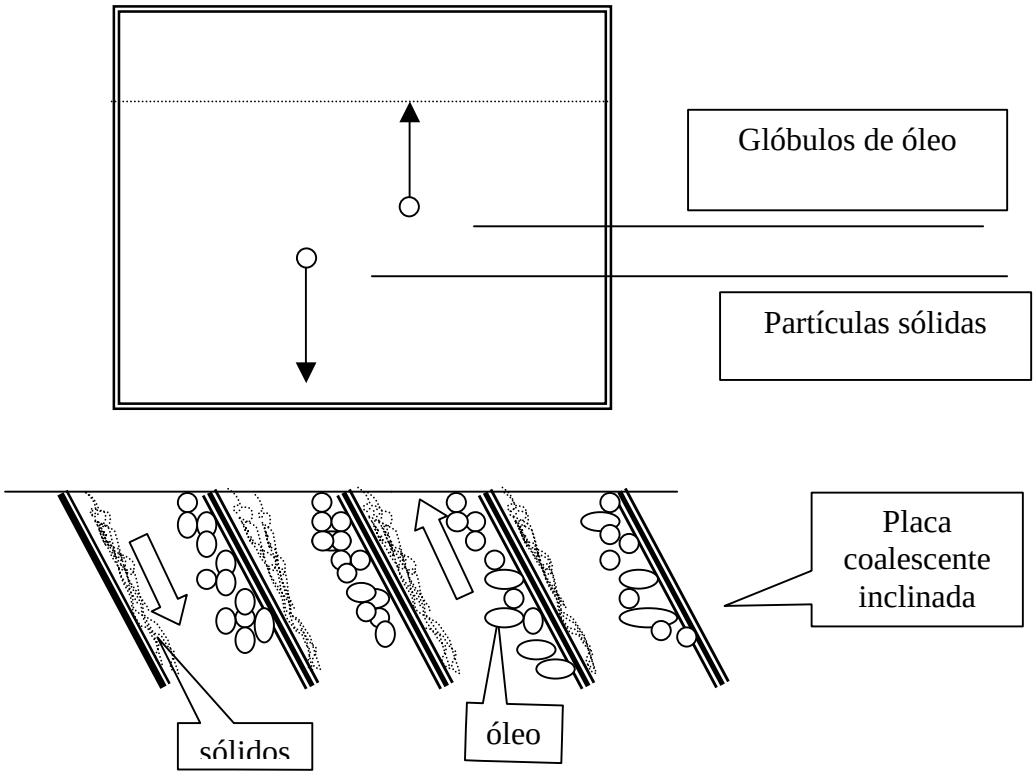
O arranjo de chicanas estabelece um fluxo hidráulico ordenado, aumentando o tempo de retenção e a superfície de contato, promovendo com mais eficiência os mecanismos discutidos neste tópico.

A presença dessas chicanas pode promover um sistema mais compacto, não dependendo tanto do desenvolvimento do fluxo linear como os separadores API, ou até mesmo os convencionais, uma vez que o efluente oleoso percola entre os espaços das placas (FEEMA/COPPETEC, 2003).

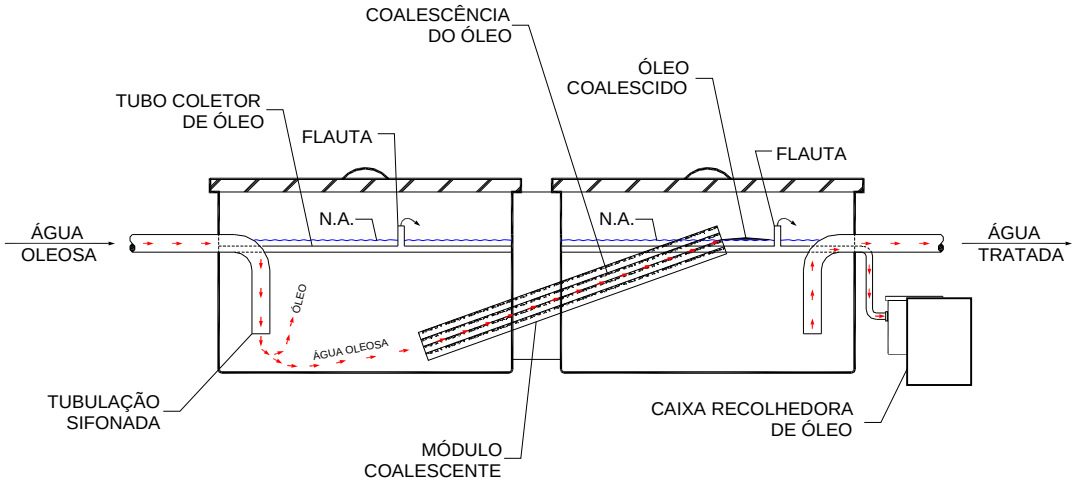
Os separadores de placas coalescentes são aplicados em atividades onde o fluxo de óleo é mais intenso, assim como a freqüência de vazamentos. Nessa situação, os separadores convencionais não apresentam uma boa eficiência (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

Existe um grande número de modelos e empresas fabricantes no mercado que diferem entre si em termos de capacidade, material construtivo, disposição, formato do elemento coalescente e número de câmaras.

Os modelos aplicados para baixas vazões alcançam aproximadamente 1 m^3/h e os de alta capacidade atingem a ordem de 2300 m^3/h, sendo capazes de tratar efluentes com até 5% de óleo livre. É possível a remoção de gotículas de óleo com diâmetros de até 60 μm (ARIZONA DEPARTMENT,1996).



(a)



(b)

Figura 5.10 – (a) Corte do elemento coalescente. Fonte: Programa de capacitação técnica e gerencial de órgãos ambientais. FEEMA/COPPETEC, 2003. (b) Corte do sistema separador de placas coalescentes.

A **Figura 5.11a** mostra um modelo de separador de placas coalescentes. A **Figura 5.11b** detalha o meio coalescente e os drenos para retirada de óleo.

Assim como no modelo convencional, é importante a aplicação de uma fase preliminar nos separadores de placas coalescentes para a retirada de sólidos grosseiros, através de uma caixa de areia. Este procedimento evita entupimentos entre as placas e aumenta a eficiência de remoção do óleo (FEEMA/COPPETEC, 2003).

(a) **(b)**

Figura 5.11 – (a) e (b) Separador de placas coalescentes. Fonte: Tecma - Tecnologia em Meio Ambiente Ltda e Zeppini Comercial Ltda, 2004.

5.2.3. Os Separadores Modelo API

Os separadores API, ou American Petroleum Institute, têm a aparência de um longo tanque séptico com placas paralelas instaladas em distanciamento estabelecido. A sua eficiência está vinculada ao seu desenvolvimento longitudinal. Do mesmo modo que os separadores convencionais, os separadores API possuem um sistema de sifonamento na saída e entrada do separador.

As placas instaladas, assim como nos separadores de placas coalescentes, possuem o objetivo de promover uma barreira ao escoamento do óleo, e assim fornecer um contato maior para a coalescência das frações emulsionadas (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

Neste tipo de separador, a teoria de separação água-óleo está baseada na taxa de ascensão das gotas de óleo (velocidade vertical), e sua relação com a taxa de carga hidráulica superficial (velocidade horizontal). A taxa de ascensão é a velocidade com que as partículas de óleo se movem para a superfície do separador, como resultado da diferença de densidade entre o óleo e a fase aquosa do efluente. A taxa de carga superficial é a relação da vazão e a área da seção reta do separador. A mistura água-óleo, ao entrar no equipamento, geralmente

passa por um regulador de fluxo que distribui de forma homogênea o efluente na câmara de separação, onde ocorre a separação de óleo e das partículas presentes na fase aquosa por ação da aceleração da gravidade (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

Os separadores API, também chamados de modelos convencionais do tipo API, apresentam-se basicamente em duas formas (ARIZONA DEPARTMENT,1996):

- Câmara em série;
- Canais em paralelo.

Os modelos tipo canais paralelos são operados alternadamente, sendo um reserva do outro, o que oferece segurança ao sistema de tratamento, não necessitando paralisação total para manutenção de rotina (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

Os separadores API não removem gotículas com diâmetros inferiores a 150 μm e apresentam menores eficiências que os sistemas de placas coalescentes (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

Devido à necessidade de unidades muito grandes, em virtude principalmente da eficiência verificada pelo desenvolvimento vertical da planta, e o alto custo de implantação, os separadores API não são utilizados na prática nas atividades automotivas. É comumente encontrado em refinarias de petróleo. A **Figura 5.12** apresenta um conjunto planta e corte de um separador modelo API (ARIZONA DEPARTMENT,1996).

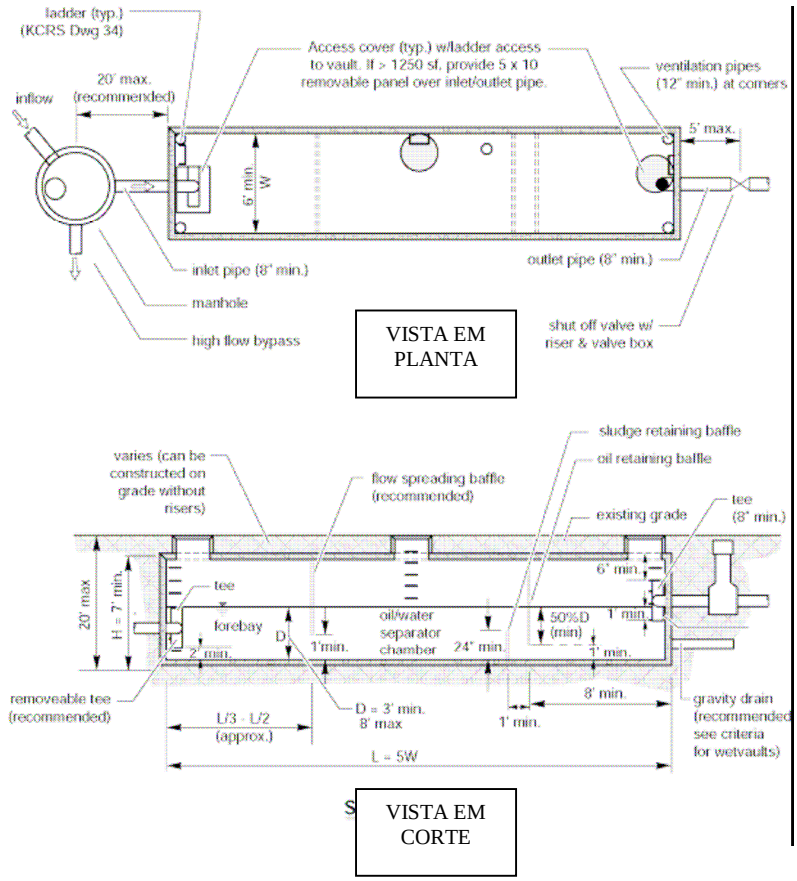


Figura 5.12 – Planta e corte de um separador API. Fonte: Thurston County Department of Water and Waste Water Management. Runoff Treatment BMP´s, 2003.

5.2.4. Manutenção e Operação dos Sistemas Separadores Água e Óleo

Periodicamente, os resíduos sólidos retidos que se acumulam nas caixas de areia e no sistema separador água e óleo deverão ser retirados manualmente ou através de sistemas à vácuo. Esta operação visa manter a eficiência do sistema e a não poluição do meio ambiente (FEEMA/COPPETEC, 2003).

As tampas das caixas de visitas e sistemas de tratamento, principalmente no caso de câmaras subterrâneas, deverão permanecer desobstruídas de forma que possam ser inspecionadas para recebimento de manutenção periódica (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Preferencialmente, o uso de produtos de limpeza biodegradáveis deve ser estimulado, evitando o lançamento de uma carga poluidora maior no meio ambiente ou nos sistemas de tratamento (FEEMA/COPPETEC, 2003).

A freqüência da limpeza deverá ser estimada em função da quantidade de veículos lavados e material retido, acondicionando os resíduos em tambores ou reservatórios

apropriados, devidamente cobertos e protegidos das intempéries, principalmente para evitar a proliferação de vetores (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Os óleos retirados dos sistemas separadores água e óleo devem ser encaminhados para empresas que realizam rerrefino. O rerrefino de óleo consiste em um processo industrial onde os óleos lubrificantes usados ou contaminados são submetidos à remoção de contaminantes dos produtos de degradação e de aditivos. Ao final do processo, o produto obtido apresenta as mesmas características do óleo lubrificante básico (ANP, 1999).

No caso dos separadores de placas coalescentes, os módulos coalescentes devem ser trocados periodicamente, de acordo com indicação do fabricante. A instalação do sarcófago, caixa de concreto que serve como base para este separador, deve ser realizada de tal forma que o separador não fique estrangulado. Este deve ser ancorado, para que não sofra com o empuxo de um possível alagamento do sarcófago, e assim romper as ligações com as tubulações. O cuidado com o alagamento do sarcófago evitaria também a contaminação dessas águas, e, por conseguinte, a passagem de água oleosa para a rede pública. Outra opção seria instalar o sistema de forma aérea, nesse caso com bombeamento (FEEMA/COPPETEC, 2003).

5.3. NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS AOS SEPARADORES ÁGUA E ÓLEO

No Brasil, até o momento, não há nenhuma norma específica para o dimensionamento, utilização e monitoramento de sistemas separadores água e óleo. A base para referência do dimensionamento desses sistemas é internacional.

As principais normas aplicáveis, que balizam o emprego e projeto dos sistemas separadores água e óleo no país (ABNT, 2005), são apresentadas a seguir:

a) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14605. Posto de serviço-Sistema de drenagem oleosa**.

Esta norma não é um instrumento específico para separadores água e óleo, mas mesmo assim é a única norma brasileira que aborda o assunto de forma mais clara, mesmo que feito de modo indireto e incompleto. De acordo com a NBR 14605, a instalação, operação e manutenção dos SDO (Sistemas de Drenagem Oleosa), são orientadas conforme especificação e procedimentos definidos pelo projetista ou fabricante, incluindo nesse caso o separador água e óleo.

Segundo esta norma, além dos “procedimentos definidos pelo projetista ou fabricante”, a drenagem oleosa, ou a eficiência do separador, deve atender a Resolução

CONAMA n° 20/86 (Já revogada pela CONAMA nº 357/2005), para aos seguintes parâmetros:

- Óleos e graxas <= 20 mg/L
- Sólidos em suspensão <= 20 mg/L
- Materiais sedimentáveis <= 1 mL/L

Ainda observando a NBR 14605, a retenção seletiva deve ser feita para sólidos grosseiros por meio de grelha, para a separação da porção oleosa livre por meio de SAO e para sedimentação de sólidos pesados através de caixa de areia ou no próprio SAO.

b) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS-ASTM. **ASTM D6104-97(2003). Standard Practice for Determining the Performance of Oil/Water Separator Subjected to Surface Run-off.**

Descreve o procedimento, os equipamentos e as técnicas de amostragem necessários para avaliar a performance de um separador água-óleo.

c) AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE - API. **API 421-90. Management of Water Discharges Design and Operation of Oil-Water Separator.**

Apresenta uma especificação técnica que tem por objetivo apresentar diretrizes para projeto e operação de separadores água e óleo do tipo API.

Outras normas importantes e que estão sendo avaliadas pelo grupo de trabalho da ABNT, no processo de revisão da NBR 14605, são as seguintes:

1) BS EN 858-1-2002 - Separator systems for light liquids (e.g; oil and petrol) - part 1: Principles of product design, performance and testing, marking and quality control / BS EN 858-2:2003 - Separator systems for light liquids (e.g; oil and petrol) - part 2: Selection of nominal size, installation, operation and maintenance.

2) API Publication 421 - Monographs on Refinery Environmental Control - Management of Water Discharge - Discharge and Operation of Oil-Water Separators.

3) Environmental Guidelines for Water Discharges from Petroleum Industry Sites in New Zealand.

5.4. A PROBLEMÁTICA DOS PRODUTOS COADJUVANTES

Geralmente, as atividades automotivas não destinam apenas os efluentes oleosos para os separadores de óleo, mas também as águas de lavagem de carroceria, lavagem de motor, lavagem de piso, limpeza de peças e outros similares.

Essas águas possuem detergentes, desengraxantes, desengordurantes, solventes diversos e combustíveis, denominados produtos coadjuvantes, apresentados no Capítulo 3. Os produtos coadjuvantes, além de serem destinados à rede pública e ao meio ambiente sem a devida tratabilidade, através da sua carga poluidora própria, ajudam a emulsionar o óleo contido no efluente automotivo, contribuindo para a formação de uma maior parcela de emulsões estáveis, que não são retidas pelos SAO´s (USEPA, 1999 e PAXÉUS,1996).

Para exemplificar o problema, alguns casos práticos podem ser citados. Um primeiro exemplo trata-se do separador de placas coalescentes (Fabricante TECMA) instalado na Companhia de Limpeza Urbana da Cidade do Rio de Janeiro – COMLURB.

Neste exemplo, ilustrado na **Figura 5.13**, fica nítida a interferência dos produtos coadjuvantes na retenção do óleo livre no SAO, em virtude do aspecto leitoso observado.

Figura 5.13 – Separador de placas coalescentes recebendo efluente de lavagem de veículos e operações desengraxantes. Fonte: Relatório de avaliação do separador água e óleo instalado na gerência de transporte (IGT). COMLURB, 2003.

O separador em questão foi instalado na gerência de transportes da companhia, conhecida como IGT, em substituição ao separador convencional antes existente. A área drenada para o separador inclui o setor de troca de óleo, a limpeza de pisos das garagens e o pátio entre as oficinas, apresentando a função principal de remover a fração livre oleosa dos

efluentes vindos destes setores. Após a passagem pelo separador, o efluente é descartado na rede pública.

A **Tabela 5.2** ilustra o monitoramento da qualidade do efluente final alcançado após a instalação do separador de placas coalescentes.

Tabela 5.2 – Resultados obtidos no efluente final do SAO instalado na COMLURB.

Amostra	Data	pH	DQO (mg/ L)	DBO (mg/ L)	Materiais Sedimentáveis (mL/L)	RNFT (mg/ L)	Óleos e Graxas (mg/ L)
01	13/04/1999	6,51	1.700	945	7	58,6	-
02	28/10/2002	-	-	-	-	-	210
03	21/11/2002	-	-	-	-	-	373
04	17/12/2002	-	-	-	-	-	467
05	20/02/2002	-	-	-	-	-	180
06	10/07/2003	6,78	1.465	649	0,1	370	177
07	14/07/2003	7,80	697	-	5	-	142
08	15/07/2003	6,84	1.680	-	4	-	68
09	16/07/2003	7,42	2.061	-	1,4	640	169
10	17/07/2003	7,24	1.487	-	4,5	180	254
11	18/07/2003	6,94	1.800	-	5	-	300
	Resultados obtidos antes da instalação do novo Separador de Água e Óleo.						
PADRÕES FEEMA		5 a 9	< 200	-	Até 1	-	Até 20

Fonte: Relatório de avaliação do separador água e óleo instalado na gerência de transporte (IGT). COMLURB, 2003.

Os resultados obtidos, através dos parâmetros monitorados, confirmam o aspecto visual ruim do efluente observado na **Figura 5.13**.

Os parâmetros DQO e óleos e graxas encontraram-se bem acima dos padrões de lançamento estabelecidos pela FEEMA. Os valores também consideráveis de RNFT refletem no aspecto leitoso observado.

Cabe salientar que por si só a carga poluidora da lavagem de caminhões de lixo, que possui chorume, já é um indicativo de possibilidade de haver uma leitura alta de DQO. Os solventes e detergentes utilizados para a lavagem e manutenção também podem representar uma parcela dessa carga poluidora.

Outros exemplos de problemas observados em unidades separadoras água e óleo por uso de produtos coadjuvantes foram constatados durante o cadastramento de postos de serviços e venda de combustíveis líquidos da cidade do Rio de Janeiro, realizado pela SMAC, no ano de 2000.

Em uma das fases deste estudo, foram inspecionados 231 postos de serviço, onde foram constatados diversos problemas de ordem de manutenção e utilização dos SAO.

Apesar do estudo não enfatizar diretamente a influência dos coadjuvantes, e tampouco ter realizado alguma análise química, através da inspeção visual realizada, constatou-se que pelo menos 40% dos estabelecimentos vistoriados apresentaram observações negativas específicas em relação aos separadores água e óleo.

Ainda no campo das prefeituras municipais, um outro exemplo a citar vem do CMAP, do município de Duque de Caxias-RJ. Este cadastro possui em seu escopo alguns resultados de amostragens de efluentes industriais, inclusive de atividades automotivas. Nas **Tabelas 5.3 e 5.4,** encontram-se dados de efluentes de sistemas separadores água e óleo convencionais, em uma empresa de transporte coletivo urbano, para as áreas de lavagem de chassis e carroceria, respectivamente.

Tabela 5.3 – Dados referentes à saída do SAO da área de lavagem de chassis.

Parâmetro	**Resultado**
DQO	1.550 mg/L
pH	5,8
Óleos e Graxas	90 mg/L
Sólidos Sedimentáveis	< 0,1 mL/L
Sólidos Suspensos totais	63 mg/L

Fonte: SEMAPE, 2004.

Tabela 5.4 – Dados referentes à saída do SAO da área de lavagem de carroceria.

Parâmetro	Resultado
DQO	290 mg/L
pH	6,3
Óleos e Graxas	45 mg/L
Sólidos Sedimentáveis	2,5 mL/L
Sólidos Suspensos totais	415 mg/L
Surfactantes MBAS	7 mg/L

Fonte: SEMAPE, 2004.

Os resultados observados na amostragem confirmam o potencial poluidor do efluente da atividade em questão, além da não conformidade na remoção de óleos e graxas. A empresa fazia uso de detergentes automotivos e solventes para a realização destas operações.

A vazão máxima aferida na caixa de passagem final, abrangendo os dois tipos de lavagem, foi de 2,6 L/s.

No campo acadêmico, em um trabalho desenvolvido pela URI (Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e Missões), campus Santo Ângelo-RS, foram coletadas duas amostras do efluente da área de lavagem de dois postos de gasolina em um intervalo de quinze dias, após a passagem em caixas separadoras de óleo. O resultado dessa amostragem identificou a presença de uma média de óleos e graxas de 1.015 mg/L no posto A e de 160 mg/L no posto B.

Este estudo foi motivado devido à presença de efluentes oleosos nas lagoas locais, acarretando inúmeros danos observados.

A conclusão chegada foi de que esses postos estavam poluindo os corpos receptores, uma vez que o limite de lançamento estabelecido, na época do estudo, era dado pela Resolução CONAMA n° 20/86, no valor de 20 mg/L. No caso da legislação do estado do Rio Grande do Sul este limite é de 10 mg/L.

Observando os valores significativos encontrados, constatou-se que os sistemas separadores água e óleo eram sensíveis às águas que recebiam detergentes para lavagem de veículos, reduzindo sua eficiência de remoção.

Ainda no sul do país, no município de Tubarão-SC, um outro trabalho desenvolvido pela UNISUL (Universidade do Sul de Santa Catarina), com avaliação de dois postos combustíveis A e B, considerou os parâmetros pH, óleos e graxas, DQO, material sedimentável e surfactantes. Houve a constatação da ineficiência de remoção e da falta de atendimento à legislação vigente, quanto aos limites de lançamento de DQO, surfactantes e óleos e graxas do efluente coletado nos separadores água e óleo instalados. **A Tabela 5.5** ilustra o resultado final na saída dos separadores.

Tabela 5.5 - Parâmetros avaliados no efluente de dois postos de combustíveis em Tubarão-SC.

Parâmetro	Valores (postos A e B respectivamente)
pH	7,5 e 8,2
DQO	547 e 385 mg/L
Surfactantes	2,3 e 4,63 mg/L
Óleos e Graxas	32 e 87 mg/L
Material Sedimentável	0,6 e 1,0 mL/L

Fonte: Caracterização físico-química dos efluentes gerados de dois postos de combustíveis do município de Tubarão-SC. Fernandes, A., 2001.

Outro exemplo de estudo de caso no Brasil vem da UFES (Universidade Federal do Espírito Santo). Nesta instituição, em 2003, foi elaborada uma dissertação de mestrado, com o título de "Estudo de resíduos gerados nas atividades de lavagem de carros em postos de serviço automotivo na cidade de Vitória-ES".

Neste estudo, além da questão dos resíduos, foram realizadas amostragens da água residuária, proveniente dos sistemas separadores água e óleo, exemplificado pelos resultados obtidos na **Tabela 5.6**.

Tabela 5.6 - Parâmetros analisados no trabalho apresentando a faixa de valores obtidos[1].

PARÂMETRO	ENTRADA SAO	SAÍDA SAO	% REMOÇÃO MÉDIA
pH	7,0-7,9	7,5-8,3	5,0
Temperatura (C°)	27,0-29,0	28,1-29,9	4,0
Sólidos suspensos totais (mg/L)	34,0-227,0	26,0-163,0	26,0
Turbidez (NTU)	10,2-131,0	5,2-106,0	35,0
Óleos e graxas (mg/L)	48,2-88,4	39,40-59,80	18,2

Fonte: Estudo de resíduos gerados nas atividades de lavagem de carros em postos de serviço automotivo na cidade de Vitória-ES. Dissertação de mestrado, Groberio, F., 2003.

[1] Para o caso, observado na tabela, foram amostrados efluentes na entrada e saída de 3 separadores água e óleo convencionais, em 3 postos de abastecimento, totalizando 4 amostras por posto, ou 12 no total.

Os valores encontrados para óleos e graxas estão acima dos limites estabelecidos pela legislação ambiental. Foram também analisadas as concentrações de metais pesados para 10 parâmetros (Cd, Cr, Pb, Hg, Fe, Al, Cu, Zn, Mn, Ar) e os resultados mais significativos foram encontrados para o Ferro, 0,050 mg/L, e Alumínio, 0,077 mg/L, onde estes encontravam-se abaixo dos limites de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 20/86, vigente na época, e os limites estabelecidos pela legislação do CONDEMA (Conselho Municipal de Meio Ambiente de Vitória-ES) 02/91.

Um exemplo de trabalho acadêmico, desenvolvido no exterior, vem do município de Göteborg, Suécia, intitulado "*vehicle washing as a source of organic pollutants in municipal wastewater*". O autor do artigo, Nicklas Paxéus, afirma que detergentes contendo surfactantes prejudicam a separação das frações água e óleo, através da formação de emulsões, e assim a concentração de óleos e graxas mantém-se alta. A conclusão foi que, com exceção do naftaleno, a contribuição dos outros orgânicos, provenientes de lavagem de veículos, na carga total do esgoto doméstico da cidade de Göteberg, não é significativa a ponto de demandar um tratamento diferenciado. Valores bem significativos de DQO, em 7.500 mg/L, e óleos e graxas, em 1.750 mg/L, foram observados no efluente.

5.5. OUTRAS TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES AUTOMOTIVOS

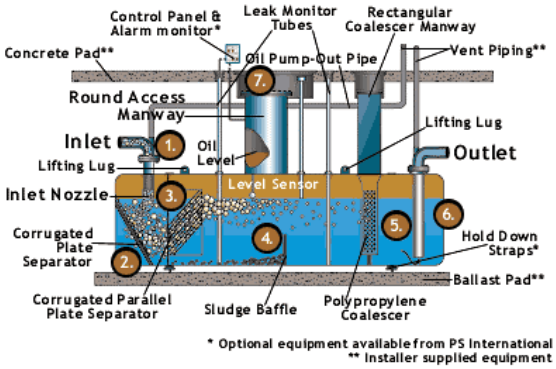
5.5.1. Modelos Diferenciados de SAO

Dentro dos tipos básicos de separadores água e óleo (convencional, placas coalescentes e API), existem no mercado inúmeras variações de projeto. Os modelos de sistemas de placas coalescentes são os que apresentam maiores diferenciações de projeto e representam uma tendência mais moderna de mercado em relação aos sistemas convencionais, principalmente, frente aos confeccionados em alvenaria, para utilização em atividades automotivas.

Na seqüência de **Figuras 5.14 a,b,c,d,e,f,g,** são apresentados alguns diferentes modelos de separadores fabricados e comercializados na Europa e Estados Unidos. Na **Figura a** (unidade amarela) é apresentado um modelo produzido pela empresa inglesa Fibretech GRP Ltd., para separação de óleos em pátios e estacionamentos, oriundos de águas pluviais. O óleo é separado antes do descarte na rede. A **Figura b** apresenta um modelo de placas coalescentes com fluxo vertical, fabricado pela empresa americana AFL Industries. A **Figura c** apresenta um modelo de placas coalescentes, com bombeamento do óleo livre, produzido pela empresa americana PS International. A **Figura d** apresenta um modelo portátil de placas coalescentes, com sistema de bombeamento, pertencente à empresa americana Industrial Air Solutions Inc. As **Figuras e, f** apresentam um separador de placas coalescentes com flotação e remoção mecânica do sobrenadante. Este modelo é produzido pela empresa holandesa Nijhuis Water Technology. A **Figura g** apresenta um SAO de placas coalescentes automatizado com sistema de bombeamento e reservatório para recolhimento de óleo acoplado, propriedade da empresa americana Flo Trends Systems.

(a)

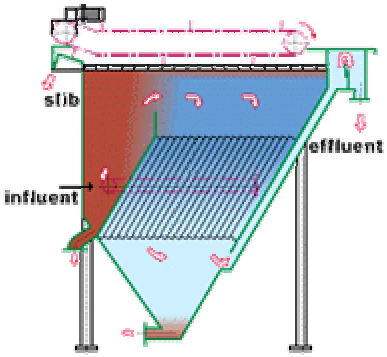
(b)



(c)

(d)

(e)



(f)

(g)

Figura 5.14 - Diferentes modelos de separadores água e óleo[2].

[2] Em seqüência de cima para baixo e da esquerda para direita.

5.5.2 - Sistemas de Filtros

Figura 5.15 – Sistema de filtragem e elementos filtrantes. Fonte: Metal Sinter, 2005.

Os sistemas de filtros têm a função de promover a separação dos sólidos e a água. O exemplo da **Figura 5.15** apresenta a linha Hydrocarbon da americana Parker Hannifin, com elementos e filtros para vazões até 3800 litros por minuto, e pré-filtros com micronagens variando de 0,3 a 2,5 microns, coalescentes, para separação de água e remoção de sólidos com qualificação API. Os filtros apresentam uma função de polimento em relação aos sistemas separadores água e óleo.

5.5.3. Sistemas Compactos de Tratamento de Efluentes Automotivos

As tecnologias compactas de tratamento de efluentes são bem difundidas no mercado ambiental voltado para efluentes e águas residuárias, com aplicações em inúmeros segmentos de prestação de serviços e industriais.

No tocante à área automotiva, existem sistemas especializados para o tratamento e aproveitamento dos efluentes gerados nesses estabelecimentos. Normalmente, o funcionamento dos dispositivos não é mostrado com clareza, visando o segredo industrial do sistema de tratamento.

Os sistemas compactos podem estar acoplados ao reaproveitamento da água, em circuito fechado, ou simplesmente tratar o efluente descartando-o dentro de padrões ambientais adequados, em circuito aberto. Principalmente, devido a questões ambientais e a minimização de custo de operação das empresas do ramo automotivo, a utilização de sistemas compactos têm tido grande freqüência para o reaproveitamento da água nas empresas.

Uma outra modalidade de tratamento refere-se aos solventes usados, que podem ser recolhidos em recipientes específicos, ou até mesmo em sistemas projetados, funcionando como uma unidade de depósito temporário. Posteriormente, são encaminhados a empresas que praticam a reciclagem, reaproveitamento ou rerrefino do solvente coletado.

5.5.3.a. Sistema UDSA

Nas **Figuras 5.16 a e b e 5.17,** são mostradas variações de modelos de um sistema de tratamento desenvolvido em Portugal, com utilização em atividades automotivas neste país. A presença de uma legislação e fiscalização mais avançada faz com que o emprego de sistemas compactos seja muito mais comum na Europa, do que no Brasil, apesar da diferença econômica entre as duas regiões. O caso abaixo fornecido pela empresa Aquoludsa – Proteção e Reabilitação do Ambiente Ltda. mostra um sistema patenteado denominado UDSA (Unidade Despoluidora do Solo e Água). Esse sistema apresenta a utilização conjunta de técnicas de separação gravitacional, flotação e filtragem do efluente, visando a remoção de óleo livre, óleo emulsionado e sólidos em suspensão. O sistema também apresenta possibilidade de recirculação do efluente tratado.

(a) **(b)**

Figura 5.16 – Diagrama esquemático e foto do U.D.S.A (Unidade despoluidora do solo e água). Fonte: Aquoludsa, Lda. –Portugal, 2005.

Figura 5.17-Um modelo de um UDSA instalado, com recirculação de águas residuárias. Aquoludsa, Lda. –Portugal, 2005.

No Brasil, um sistema semelhante, desenvolvido pela UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e com o apoio do CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), utiliza técnicas de floculação e flotação, podendo ser usado para remoção de óleos, sólidos e tensoativos. A sua aplicação é destinada ao reuso da água, reaproveitando 80% dessa, e assim, gerando economia no consumo de água (CNPq, 2005). Outro estudo, realizado pela UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas-SP), indica a viabilidade de utilização do reaproveitamento de água em lavadores automáticos de carroceria empregados em postos de combustíveis (tipo *rollover*), utilizando um sistema de coagulação, floculação e flotação por ar dissolvido (UNICAMP, 2004).

5.5.3.b. Tratamento Biotecnológico com Recuperação e Reutilização de Águas Residuárias

Este tipo de tecnologia utiliza um composto nas águas recuperadas, após a filtração, com a capacidade de geração de enzimas, que em conjunto com microorganismos especializados, atua de forma a biodegradar consideráveis volumes de materiais orgânicos, especialmente os hidrocarbonetos presentes. Como o sistema trabalha em ciclo fechado, através da recuperação e filtragem das águas, este sistema elimina a geração de efluentes, produzindo significativa economia no custo com água e descarte de resíduos. O modelo em questão é fornecido pela empresa Água Viva Tratamento Biotecnológico, e o composto utilizado é o BIO 13, observado na **Figura 5.18**.

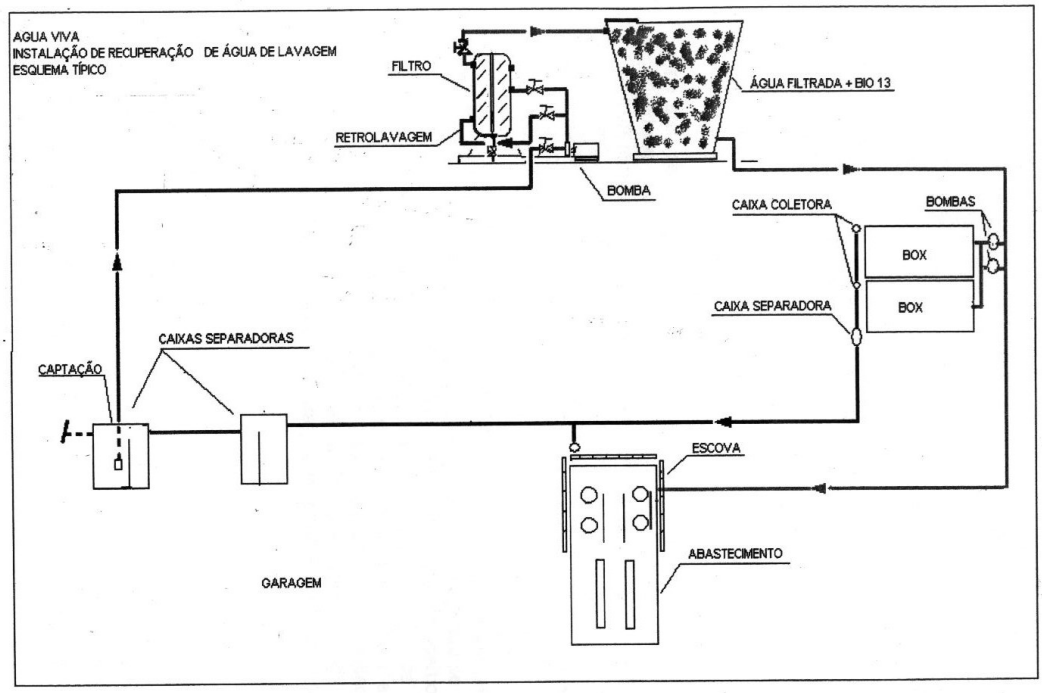


Figura 5.18 - Diagrama esquemático do tratamento biotecnológico. Fonte: Água Viva Tratamento Biotecnológico, 2005.

Uma variação desse sistema consiste simplesmente no uso da recirculação do efluente, utilizando apenas a filtração. Tanto no primeiro caso como na filtração simples existe uma perda de água por evaporação, onde o efluente tratado é adicionado à água captada para reaproveitamento na lavagem. A geração de efluente pode ocorrer na retrolavagem do filtro, caso este não seja projetado para ser reinjetado no sistema.

5.5.3.c. Biorreatores com Pré Tratamento com SAO de Placas Coalescentes e Filtração

Este sistema compacto aplicado às atividades automotivas propõe-se a remover, além dos sólidos e o óleo livre, em sua fase preliminar, os hidrocarbonetos emulsionados e produtos químicos orgânicos que produzem DBO e DQO em valores consideráveis. O fabricante é a empresa americana Hydro Engineering.

Na **Figura 5.19** é apresentado um modelo mais simplificado do sistema em três estágios. O primeiro estágio consiste em um módulo separador água e óleo de placas coalescentes, que remove óleos e graxas em patamares abaixo de 50 ppm, além dos sólidos grosseiros. O segundo estágio é um biorreator com leito rotativo, onde ocorre a biodigestão de hidrocarbonetos emulsionados e químicos orgânicos, e a biomassa é sistematicamente revirada, através desse leito. Tal processo permite aeração e maior contato da biomassa com o efluente automotivo. O terceiro estágio consiste em uma visita e /ou polimento. As dosagens automáticas e os mecanismos de bombeamento acoplados promovem uma melhor eficiência ao sistema.

O sistema pode ser adicionado a uma etapa de filtração, oferecendo melhor desempenho ao tratamento **(Figura 5.20)**, ou também inserido em um sistema de reciclagem de efluente tratado **(Figura 5.21)**.

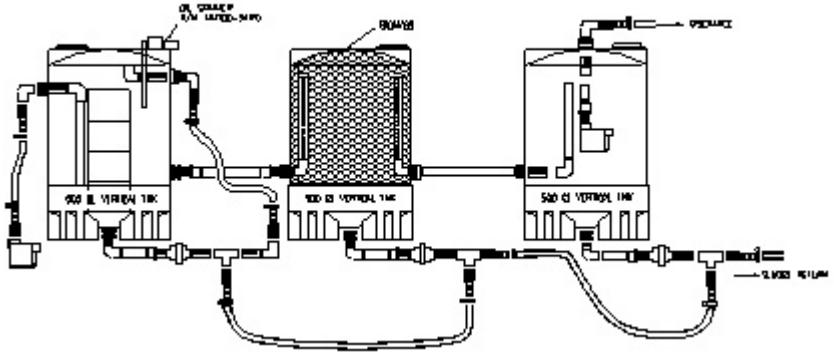


Figura 5.19 – Biorreator em 3 estágios. Fonte: Hydro Engineering, 2005.

Figura 5.20 – Biorreator com estágio intermediário de filtração. **Fonte: Hydro Engineering, 2005**.

Figura 5.21 – Biorreator completo com sistema de recirculação do efluente tratado. Fonte: Hydro Engineering, 2005.

5.5.3.d. Sistema Ceccato WSQ/WSC – Filtros de Areia e Carvão Ativado

O modelo WSQ/WSC realiza tratamento de até 95% do total da água utilizada na operação de lavagem e enxágüe. É composta por um cilindro de aço constituído de camadas internas de areia de quartzo que efetua a absorção das impurezas mais grosseiras e filtração da água, em um primeiro estágio, e outro cilindro de aço constituído de camadas internas de carvão ativado para remoção de agentes tensoativos, em um segundo estágio. Apresenta um painel elétrico de comando 24 V, sistema de bombas e retrolavagem automático.

Figura 5.22 – Modelo WSQ/WSC. Fonte: Ceccato, 2005.

Este sistema pode apresentar um caráter reciclador, acoplado a um hidrociclone (espécie de centrífuga que separa a sujeira da água), purificando até 85% da água usada na lavagem de veículos. Um modelo foi testado em um projeto piloto da Petrobrás-BR, no Posto Arte Moderna, no Aterro do Flamengo, na Zona Sul do Rio de Janeiro. A mini-estação de tratamento de água **(Figura 5.22)** é da empresa italiana Ceccato, que também fabrica máquinas de lava-jato.

5.5.4. Argilo Minerais

O emprego de argilo minerais constitui uma forma de tratamento de efluentes, pois promove o encapsulamento dos poluentes, através de fenômenos de complexação pelo material argiloso. A barreira de argilo mineral funciona como um filtro dentro de uma planta de tratamento de efluentes (NEDER, 1999).

Inicialmente, esse encapsulamento era uma alternativa de tratamento para poluentes iônicos, como, por exemplo, os metais pesados. Recentemente, também tem sido empregado para poluentes não iônicos, como os óleos e graxas (NEDER, 1999). As terras diatomáceas são argilo minerais bastante empregados para esta finalidade (COMLURB, 2003).

Uma desvantagem do sistema é o resíduo sólido final formado, que corresponde ao material argiloso mais o poluente complexado. Este material deve ser destinado de acordo com as técnicas de resíduos sólidos empregadas. Para fins de tratamento automotivo, ou outro tipo envolvendo um efluente oleoso, esse resíduo seria enquadrado como Classe 1 (COMLURB, 2003).

5.5.5. Lodos Ativados com Flotação e Coagulação Química

Este tipo de tratamento, utilizando-se de processos físico-químicos e biológicos, pode ser aplicado às atividades automotivas, através do projeto e confecção de uma estação de tratamento. É mais aplicável às atividades automotivas de maior porte, que possuem vazões mais altas, como as empresas de transporte urbano (GIORDANO, 2004).

Um tipo de modelo proposto pela empresa TECMA, apresenta três etapas de tratamento para remoção de óleo livre, óleo emulsificado e solventes orgânicos solúveis **(Figura 5.23)** (GIORDANO, 2004).

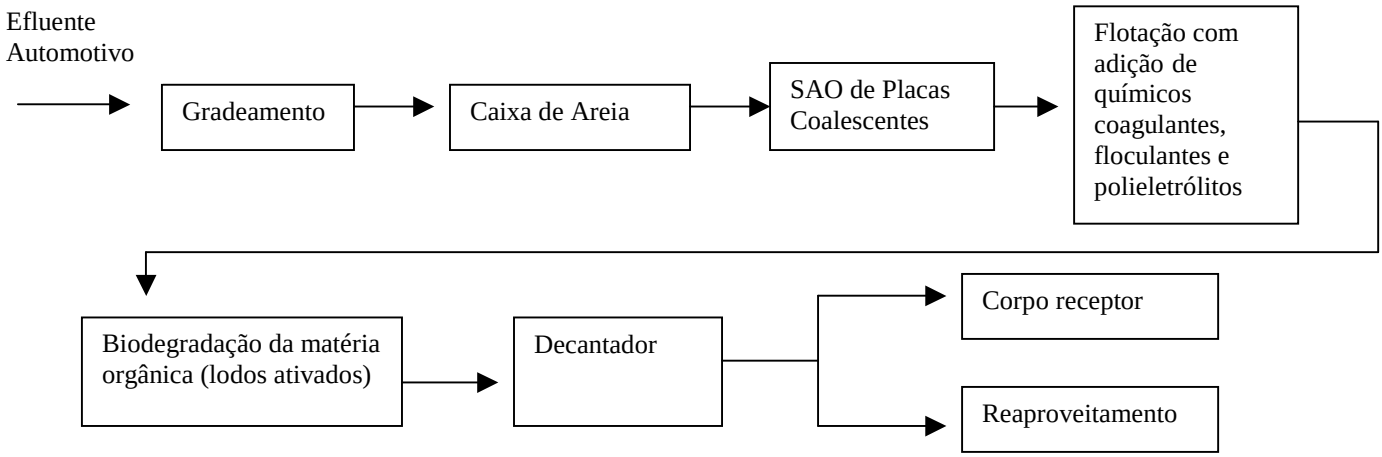


Figura 5.23 – Diagrama esquemático do tratamento de lodos ativados com flotação e coagulação química. Fonte: Tratamento e controle de efluentes industriais. Giordano, G., 2004.

As etapas preliminares com gradeamento e caixa de areia visam à remoção de sólidos grosseiros e sedimentáveis. O SAO de placas coalescentes é projetado na intenção de remover o óleo em estado livre. Já a etapa de flotação, com adição de produtos químicos (coagulantes, floculantes e polieletrólitos), atua como elemento físico-químico que permite a remoção da fase emulsionada do óleo, através da ação do ar dissolvido e dos químicos aplicados na massa líquida. A remoção ocorre na superfície (GIORDANO, 2004).

A etapa seguinte, a biodegradação da matéria orgânica, destina-se a remoção dos solventes orgânicos solúveis, ou outros orgânicos presentes nos solventes, detergentes ou nos resquícios das fases oleosas previamente retiradas. Este tratamento é realizado em um reator aeróbio, preferencialmente, um sistema de lodos ativados. A etapa final corresponde a um decantador, dispositivo este que permite a sedimentação do lodo, com recirculação deste no sistema (GIORDANO, 2004).

A destinação final do efluente gerado, após o tratamento, pode ser o reaproveitamento, o lançamento na rede coletora, ou corpo receptor, respeitando os limites estabelecidos na legislação ambiental pertinente. O lodo gerado deverá ser destinado como um resíduo classe 1, com secagem prévia (GIORDANO, 2004).

5.5.6. Eletrocoagulação

A eletrocoagulação é a passagem da corrente elétrica pelo efluente em escoamento pela calha eletrolítica **(Figura 5.24)**, sendo responsável por diversas reações que ocorrem no meio: a oxidação dos compostos; a substituição iônica entre os eletrólitos inorgânicos e os sais orgânicos, com a conseqüente redução da concentração da matéria orgânica dissolvida na solução; e a desestabilização das partículas coloidais (GIORDANO, 2004).

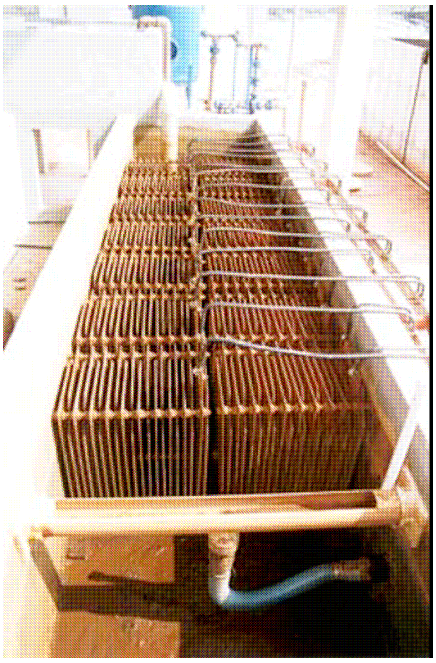


Figura 5.24 – Sistema de calhas eletrolíticas. Fonte: Tratamento e controle de efluentes industriais. Giordano, G., 2004.

Desde a última década, a eletrocoagulação tem sido largamente usada na América do Sul, América do Norte e Europa para o tratamento de efluentes contendo óleo e detergentes sintéticos (MOLLAH, 2001). Devido à grande eficiência observada e praticidade de instalação e operação, o seu uso poderia ser estendido aos estabelecimentos automotivos.

Esta técnica tem sido aplicada em fábricas de molas, que possuem um efluente tipicamente oleoso (ODAIR P. DE JESUS, 2005).

6. MÉTODOS E PARÂMETROS DE ANÁLISE

Os parâmetros determinados para a avaliação dos efluentes automotivos neste estudo foram escolhidos através de critérios técnicos envolvendo a natureza do efluente, a aplicabilidade comercial do método, além de questões relacionadas à análise de custo e benefício na amostragem. Esses parâmetros visaram avaliar a influência dos principais constituintes dos efluentes automotivos levantados, que são: óleos, sólidos, detergentes, solventes e combustíveis.

Neste contexto, os parâmetros de análise selecionados foram:

- ***Óleos e Graxas;***
- ***MBAS, ou Surfactantes;***
- ***DQO;***
- ***Sólidos em Suspensão, ou RNFT;***
- ***Sólidos Sedimentáveis, ou Materiais Sedimentáveis;***
- ***pH.***

Para cada parâmetro acima listado foram levantados os métodos de análise utilizados pelo laboratório da TECMA – Tecnologia em Meio Ambiente Ltda., responsável pelas análises das amostras. Este laboratório encontra-se devidamente credenciado, licenciado e certificado para a realização das análises dos parâmetros selecionados. Os métodos empregados são bem difundidos na prática laboratorial, citados em normas e padrões técnicos nacionais e internacionais.

As referências utilizadas foram as Metodologias FEEMA, conhecida também pela sigla MF, empregadas em larga escala no estado do Rio de Janeiro, e o Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water (APHA, AWWA, WPCF, 1998), 20ª Edição, utilizado universalmente para análise de águas residuárias.

6.1. COMENTÁRIOS SOBRE OS PARÂMETROS DE ANÁLISE

Os óleos e graxas, ou OG (Óleos e Graxas), ou SE (Solúveis em Éter), já configuram um parâmetro típico avaliado nas atividades automotivas. A sua determinação é de forma direta, através da extração e pesagem da fração oleosa.

A presença dos detergentes nas águas residuárias ou naturais é avaliada de forma indireta, em função da presença de tensoativos ou surfactantes, através de diferentes metodologias. O método usualmente empregado para determinação de detergentes aniônicos, em águas naturais e de abastecimento, é o colorimétrico do azul de metileno, conhecido pela sigla MBAS (*Methylene Blue Active Substances* ou Substâncias Ativas que Reagem com o Azul de Metileno).

O parâmetro DQO (Demanda Química de Oxigênio) foi selecionado como parâmetro indireto para avaliar a presença de solventes e combustíveis nas águas residuárias dos estabelecimentos automotivos, além do potencial poluidor do efluente. A escolha da DQO ocorreu pelos seguintes motivos:

- ***Característica recalcitrante dos combustíveis e solventes utilizados nos estabelecimentos automotivos***;
- ***Facilidade e larga aplicabilidade do método na avaliação do potencial poluidor de efluentes industriais***;
- ***Custo financeiro da análise menor em relação a outros métodos de química analítica, tais como: absorção atômica, espectrometria de massa e cromatografia gasosa***.

A desvantagem do método é que, devido à oxidação da matéria orgânica presente, eventuais parcelas de óleos dissolvidos e detergentes presentes na amostra também podem ser oxidadas, e assim influenciar na leitura da DQO, mascarando a influência dos solventes e combustíveis. Em outros métodos analíticos, a leitura seria precisa por tipo de espécie química. Contudo, mesmo que o efluente contenha óleos, detergentes ou outras substâncias químicas, nesse caso, a DQO é importante como um parâmetro de avaliação do potencial poluidor do efluente automotivo (solventes, combustíveis, detergentes e partículas oxidáveis), pela presença de substâncias orgânicas, tóxicas e recalcitrantes oxidadas pelo método.

Os sólidos podem ser basicamente divididos em dois grandes grupos: primeiramente de acordo com suas características físicas, agrupadas em virtude de seu diâmetro médio

(suspensos, coloidais e dissolvidos), e por suas características químicas (composição orgânica e inorgânica).

Dentro desse universo, os sólidos em suspensão, ou SST (Sólidos em Suspensão Totais), ou ainda RNFT (Resíduos Não Filtráveis Totais), consistem um grupo de sólidos retidos em um procedimento específico de filtração, seguido de um processo de evaporação e secagem da amostra. Já os MS (Materiais Sedimentáveis), ou SS (Sólidos Sedimentáveis) consistem um grupo de sólidos passíveis de sedimentação dentro de um intervalo de tempo e volume estabelecidos.

Os sólidos em suspensão são subdivididos em sólidos coloidais e sedimentáveis/ flutuantes. Os coloidais são aqueles mantidos em suspensão devido ao pequeno diâmetro e pela ação da camada de solvatação que impede o crescimento dessas partículas. É importante ressaltar que partículas com diâmetro entre 0,001 e 1,2 μm são coloidais (suspensão), mas pela metodologia analítica padronizada são quantificadas como sólidos dissolvidos. Os sólidos sedimentáveis e os flutuantes são aqueles que se separam da fase líquida por diferença de densidade (GIORDANO,2004).

Os sólidos suspensos constituem um parâmetro de importância ambiental, sendo utilizado para valorar o potencial poluidor de uma água residuária e para avaliar a eficiência de tratamento de uma ETE (Estação de Tratamento de Esgotos), doméstica ou industrial (SAWYER, 1994). No caso das atividades automotivas, partículas de poeiras, argilas, emulsões oleosas, espuma de detergentes e partículas orgânicas com diâmetro até 45 μm, todas podem fazer parte dos sólidos em suspensão.

A avaliação dos sólidos sedimentáveis é estabelecida através de um teste de 1 hora no cone Imhoff, e é empregada para o dimensionamento de fases preliminares de tratamento de efluentes, seja este doméstico ou industrial, inclusive para os sistemas separadores água e óleo. O monitoramento deste parâmetro no efluente visa observar a eficiência de remoção.

O pH (potencial de hidrogênio) consiste na indicação do caráter básico ou ácido de uma dada solução, representado pela atividade do íon hidrogênio. A escala de pH é logarítmica e graduada de 1 a 14, tomando como referência o produto de ionização da água (APHA, AWWA, WPCF, 1998). A expressão abaixo define o pH :

$$pH = -\log [H^+] \qquad (6.1)$$

Na engenharia ambiental, a medição de pH é um dos principais parâmetros avaliados no dia-dia. Apresenta importância fundamental para o controle de estações de tratamento de água, esgoto e efluentes, nas variantes de processos físico-químicos e biológicos.

A aferição do pH, nesse estudo, foi realizada por dois métodos diferentes: o potenciométrico e a fita indicadora universal. O método potenciométrico é baseado no emprego de um eletrodo para aferir o pH de uma determinada amostra. O eletrodo utilizado como padrão universal é o de hidrogênio, contudo, por questões de praticidade operacional, esse eletrodo não é usado. O eletrodo de hidrogênio é utilizado apenas como referência padrão para outros, onde para amostragem diária utiliza-se o eletrodo de vidro e o de calomelano.

A fita indicadora de pH consiste em um papel com cores graduadas que, ao ser imersa no efluente, irá apresentar um padrão colorimétrico final, depois de ocorridas as reações com os indicadores presentes. O resultado final é comparado visualmente com o padrão presente na caixa.

7. ASPECTOS LEGAIS

No Brasil, a legislação que estabelece os padrões ambientais permitidos para o lançamento de efluentes oleosos é a Resolução CONAMA n° 357, de 17 de março de 2005, que substituiu recentemente a Resolução CONAMA n° 20, de 18 de junho de 1986, que regulamentava esses padrões anteriormente (BRASIL, 2005).

As unidades da federação, e alguns municípios, também apresentam valores próprios adotados como limites de lançamento em corpos receptores, através de suas legislações ambientais, contudo, estes não podem exceder aos valores máximos adotados pela União. Neste caso, podem ser apenas mais restritivos (MARTINI JÚNIOR e GUSMÃO, 2003). Nem todos os parâmetros de lançamento são estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, no qual os parâmetros contidos nas 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. Inclusive, os estados e municípios podem considerar diferentes metodologias e parâmetros de análise, que por ventura considerem importantes em suas realidades (BRASIL, 2005).

A Resolução CONAMA nº 357/2005 considera que estados e municípios devem possuir parâmetros próprios de lançamento, independentemente destes estarem inclusos ou não na Resolução, seja através de norma específica ou por licenciamento de atividade. A avaliação da capacidade suporte do corpo hídrico para empreendimentos de significativo impacto também é prevista nessa Resolução e deve ser empregada pelos municípios e estados para fins de licenciamento (BRASIL, 2005).

O licenciamento ambiental para atividades potencialmente poluidoras, em âmbito nacional, é definido em linhas gerais pela Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a política nacional de meio ambiente. A Resolução CONAMA n° 1, de 23 de janeiro de 1986, que estabeleceu os procedimentos e requisitos básicos para a aplicação da AIA (Avaliação de Impactos Ambientais), e a Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997, que estabeleceu os critérios gerais e as atividades passíveis de licenciamento ambiental, constituem outros instrumentos importantes nesta questão (MARTINI JÚNIOR e GUSMÃO, 2003).

No caso específico dos postos de abastecimento, que possuem instalações e sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis, em virtude do potencial de contaminação de corpos d'água subterrâneos, superficiais, ar e solo, instituiu-se o licenciamento ambiental obrigatório, em âmbito nacional, através da Resolução CONAMA 273, de 29 de novembro de 2000 (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Para as demais atividades automotivas, que não possuem sistemas de armazenamento de combustíveis derivados de petróleo, o licenciamento ambiental é realizado em virtude da interpretação do órgão licenciador competente, podendo este ser a União, o estado, ou até mesmo o município (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Normalmente, é de senso comum, que atividades que lidam com resíduos oleosos tenham que ser submetidas a processos de licenciamento, devido à toxicidade e impactos ambientais potenciais que esse tipo de resíduo pode apresentar (FEEMA/COPPETEC, 2003).

Existem inúmeros diplomas legais em nível estadual e municipal no país que norteiam a ação dos organismos ambientais lotados nessas esferas, no tocante ao licenciamento e controle da poluição dos efluentes oleosos gerados nas atividades automotivas.

Como exemplo do exposto acima, no estado do Rio de Janeiro, a IT 1842 R-0, estabelece entre outros assuntos, os critérios de controle de efluentes para postos de abastecimento. No caso da cidade do Rio de Janeiro, a Lei Municipal 2.482, de 04 de outubro de 1996, estabelece que atividades automotivas em geral, tais como postos de gasolina, oficinas e garagens de ônibus, devam possuir caixas separadoras de óleo, de acordo com o modelo estabelecido pela FEEMA, para fins de licenciamento junto ao município (FEEMA/COPPETEC, 2003).

7.1. LIMITES DE LANÇAMENTO PARA O ÓLEO

A Resolução n° 357/2005 define em seu artigo 34 o padrão de lançamento de 20 mg/L para óleos minerais, e 50 mg/L para óleos vegetais e gorduras animais.

Na **Tabela 7.1**, encontram-se exemplificados os parâmetros adotados para óleos minerais, vegetais e animais em alguns estados do país.

Tabela 7.1 – Padrões de lançamento de óleo em diferentes estados.

ESTADO	VALOR DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Rio de Janeiro	20 mg/L (óleo mineral), 30 mg/L (óleo vegetal, animal)	NT – 202 R.10
Minas Gerais	20 mg/L (óleo mineral), 50 mg/L (óleo vegetal, animal)	Deliberação normativa nº 10/86
Rio Grande do Sul	10 mg/L (óleo mineral), 30 mg/L (óleo vegetal, animal)	Portaria 01/89 SSMA

7.2. LIMITES DE LANÇAMENTO PARA OS SURFACTANTES

A Resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece um padrão de lançamento para surfactantes. Esta resolução apenas estabelece o limite máximo permissível de concentração em um corpo hídrico, em função de sua classe, conforme **Tabela 7.2**.

Tabela 7.2 – Limite de concentração máxima de surfactantes de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

	Classe das águas	Limite máximo permitido
MBAS	Doces, salobras e salinas	0,5 mg/L LAS (alquil benzeno sulfonato linear) para águas doces, e 0,2 mg/L LAS para águas salobras e salinas

O limite de lançamento de surfactantes é determinado por legislações estaduais, através de seus órgãos de controle ambiental, representado na **Tabela 7.3**.

Tabela 7.3 – Limites de lançamento de surfactantes para diferentes estados brasileiros.

ESTADO	VALOR DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Rio de Janeiro	2,0 mg/L MBAS	NT – 202 R.10
Rio Grande do Sul	2,0 mg/L MBAS com ausência de espumas	Portaria 01/89 SSMA

7.2.1. Outros Diplomas Legais de Importância Ambiental em Relação aos Detergentes

A fabricação e importação de detergentes não biodegradáveis no Brasil foram proibidas através da Lei 7.365, de 13 de setembro de 1985.

Anteriormente a esta Lei, a Portaria 112, de 14 de maio de 1982, da Vigilância Sanitária, já determinava que a composição dos surfactantes aniônicos deveria ser biodegradável.

Os testes de biodegradabilidade são baseados em outra portaria complementar da Vigilância Sanitária de nº 120, de 24 de novembro de 1995.

Com relação ao conteúdo dos detergentes, a resolução 01/78 do Conselho Nacional de Saúde, define os parâmetros a serem seguidos.

7.3. LIMITES DE LANÇAMENTO PARA A DQO

Os limites de lançamento de DQO no Brasil são estabelecidos pelos respectivos órgãos ambientais estaduais, cada um em sua esfera de atuação. A Resolução CONAMA n° 357/2005, não faz menções para este parâmetro.

Na **Tabela 7.4**, encontram-se exemplificados os limites de lançamento de DQO adotados em alguns estados brasileiros.

Tabela 7.4 – Limites de lançamento de DQO para diferentes estados brasileiros.

ESTADO	VALOR DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Minas Gerais	Fixado em máximo de 90 mg/L independente da atividade	Deliberação Normativa nº 10/86
Rio de Janeiro	Varia em função da tipologia da atividade Mínimo de 150 mg/L para fabricação de bebidas, e máximo de 400 mg/L para curtumes e processamento de peles	DZ – 205 R.5
Rio Grande do Sul	Varia em função da vazão do estabelecimento Para atividades já implantadas o mínimo é de 160 mg/L, para vazões superiores a 10.000 m^3/dia, e máximo de 450 mg/L para vazões inferiores a 20 m^3/dia. Para atividades a serem implantadas o mínimo é de 100 mg/L, para vazões superiores a 10.000 m^3/dia, e máximo de 360 mg/L, para vazões inferiores a 20 m^3/dia	Portaria 01/89 SSMA

7.4. LIMITES DE LANÇAMENTO PARA OS SÓLIDOS EM SUSPENSÃO E MATERIAL SEDIMENTÁVEL

O limite de lançamento para Materiais Sedimentáveis estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 é de 1 mL/L. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes. Este padrão é seguido nas legislações ambientais dos diferentes estados brasileiros.

Os sólidos em suspensão são apenas controlados na legislação ambiental de alguns estados. A Resolução CONAMA n° 357/2005 não estabelece limites para este parâmetro. A **Tabela 7.5** relaciona alguns limites de lançamento para diferentes estados brasileiros.

Tabela 7.5 – Limites de lançamento de sólidos em suspensão para diferentes estados brasileiros.

ESTADO	VALOR DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Minas Gerais	Concentração máxima diária até 100 mg/L, e Concentração média aritmética mensal de 60 mg/L	Deliberação Normativa nº 10/86
Rio de Janeiro	Não há limite estabelecido	-
Rio Grande do Sul	Para atividades já implantadas o limite mínimo é de 50 mg/L para vazões acima de 10.000 m^3/dia, e 200 mg/L para vazões abaixo de 20 m^3/dia. Para atividades a serem implantadas o limite mínimo é 40 mg/L, para vazões acima de 10.000 m^3/dia, e 120 mg/L para vazões abaixo de 20 m^3/dia	Portaria 01/89 SSMA

7.5. LIMITES DE LANÇAMENTO PARA O pH

A resolução CONAMA n° 357/2005 estabelece uma faixa de pH entre 5 e 9 para lançamento em qualquer corpo hídrico.

Os demais estados brasileiros estabelecem limites de lançamento próprios. Em alguns casos, os limites determinados na Resolução CONAMA nº 357/2005 são repetidos, em outros casos, são fixados limites mais restritivos. Na **Tabela 7.6** são exemplificados os limites empregados em alguns estados.

Tabela 7.6 – Limites de lançamento de pH para diferentes estados brasileiros.

ESTADO	VALOR DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Goiás	5 a 9	Decreto 1745/79
Minas Gerais	6,5 a 8,5	Deliberação Normativa nº 10/86
Rio de Janeiro	5 a 9	NT – 202 R.10
Rio Grande do Sul	6 a 8	Portaria 01/89 SSMA

8. METODOLOGIA DE TRABALHO

Este estudo iniciou-se com a pesquisa de dados presentes na literatura técnica ambiental, com o levantamento de trabalhos desenvolvidos no meio acadêmico, *internet*, e em entidades ambientais, que fundamentassem, de uma forma geral, as informações obtidas anteriormente à elaboração desta dissertação, relacionadas à não conformidade ambiental dos efluentes automotivos, observada na atuação de fiscalização ambiental na SEMAPE.

A partir disso, tomando como referência os parâmetros de efluentes líquidos escolhidos, mencionados no Capítulo 6, determinou-se uma lista das principais atividades automotivas, que representasse com mais fidelidade um possível grupo de estudo, organizada abaixo:

- ***Postos de Abastecimento de Combustíveis;***
- ***Garagens de Ônibus;***
- ***Transportadoras de Carga;***
- ***Lava-Jatos;***
- ***Auto-Centers;***
- ***Concessionária de Veículos;***
- ***Retífica de Motores.***

Outra consideração em relação à escolha das atividades acima consistiu na exeqüibilidade da condição de coleta, pois possuem vazões que viabilizam a consolidação de um trabalho, e, por conseguinte, apresentam aspectos potencialmente poluidores.

Foram realizadas coletas do efluente automotivo nestas diferentes atividades, onde para cada uma individualmente foi estabelecido um plano de amostragem próprio, tomando como base as condições locais. O critério de seleção de empresas baseou-se em atividades automotivas cadastradas no CMAP; no cadastro de empresas licenciadas, ou em licenciamento da FEEMA, através de contatos feitos pelo colega engenheiro Odair Paes de Jesus; e também por intermédio de empresas contatadas pelo orientador Gandhi Giordano, diretor da TECMA.

O trabalho de campo não se limitou apenas às coletas. De uma forma global, foram verificadas e documentadas as atividades geradoras de efluente; o consumo de água; a tipologia e o quantitativo de utilização de solventes e detergentes; o quantitativo de veículos envolvidos e os aspectos relacionados aos separadores água e óleo, tais como: manutenção, tipologias e dimensões. Esse padrão foi seguido como um protocolo para o inventário de efluentes líquidos para todas as atividades automotivas. Para o caso da tipologia e composição

dos detergentes e solventes foi realizada uma pesquisa de mercado através da *internet*, no comércio (supermercados) e nos próprios estabelecimentos automotivos estudados, através de contato com seus fornecedores.

Outro estudo, desenvolvido em paralelo, foi a avaliação da influência dos detergentes na retenção do óleo livre em uma caixa separadora de placas coalescentes, modelo ZP-2000, da Zeppini, sob licença da TECMA.

8.1. ASPECTOS GERAIS DO TRABALHO DE CAMPO

Uma vez estabelecido o contato com a empresa selecionada, os trabalhos de campo iniciavam-se com uma vistoria prévia, no intuito de observar os pontos notáveis para coleta e os tipos de atividades praticadas no local, tais como: manutenção, lavagem, lubrificação, limpeza e abastecimento de peças e veículos. De posse das informações, traçava-se o plano de amostragem.

Concluída essa fase, em uma outra data, era agendada a coleta de efluentes. Antes da coleta era documentada, através de questionário e registro fotográfico, a forma de trabalho dos empregados, as diluições e produtos aplicados nos processos envolvidos, a cubagem da água utilizada (para o caso de mangueiras pressurizadas), e o levantamento de consumo (para o caso de sistemas tipo rolo, ou *rollover*). Para os sistemas separadores água e óleo eram documentados as tipologias, dimensões, tempos de manutenção, aspectos gerais de conservação e vazões de entrada e saída, em alguns casos em caixas de passagem, através de cubagem.

Após os levantamentos preliminares era realizada a amostragem em si, de acordo com o plano pré-estabelecido para cada empresa e área de estudo. A amostragem ocorreu de forma simples (uma amostra retirada numa alíquota representando um único tempo ou ponto de coleta) e composta (uma amostra misturada numa alíquota representando tempos ou pontos de coleta diferentes), dependendo de cada local específico e objetivo de análise. No tocante à identificação das alíquotas, tomou-se como base um critério alfa-numérico. Para a identificação principal escolheu-se uma letra do alfabeto, seguido de índices 10 e 20. O índice 10 correspondeu ao parâmetro óleos e graxas, e o índice 20 correspondeu aos demais parâmetros: MBAS, DQO, Sólidos em Suspensão e Materiais Sedimentáveis. O pH foi determinado ora por fita indicadora, ora por método potenciométrico, sendo recolhido em alíquota à parte. O arranjo da etiqueta foi organizado conforme **Figura 8.1**.

A_{10}	A_{20}
Óleos e graxas	**MBAS,DQO,Sólidos em Suspensão,MS**

Figura 8.1 – Arranjo das etiquetas de identificação.

As alíquotas eram preparadas antes da coleta pelo laboratório, e possuíam uma solução de ácido sulfúrico PA (Solução Padrão) para preservação das amostras, além da etiqueta e tampa, permitindo o seu fechamento completo. Para as atividades de campo, utilizou-se um isopor com gelo, no intuito de preservar as amostras no momento de trabalho, até que estas fossem devolvidas ao laboratório, no mesmo dia da coleta. Todas as amostras coletadas no trabalho de campo foram analisadas pelo laboratório da TECMA e identificadas previamente por uma planilha de coleta de campo. As **Figuras 8.2 a,b** e **8.3 a,b** ilustram diferentes situações de trabalho.

No caso da amostragem no separador ZP-2000, foi analisado apenas o parâmetro óleos e graxas, coletado em três alíquotas diferentes em três momentos diferentes.

(a) **(b)**

Figura 8.2 – (a) Amostras etiquetadas antes da coleta. (b) Amostras preservadas no gelo e isopor após a coleta.

(a) **(b)**

Figura 8.3 – (a) Balde graduado utilizado para cubagem. (b) Alíquotas etiquetadas e organizadas para análise no laboratório da TECMA.

8.2. CONSOLIDAÇÃO DE DADOS GERAIS DE AMOSTRAGEM

A consolidação dos dados gerais de amostragem, representada em forma de tabela **(Tabelas 8.1a e b)**, encerram as 75 amostras coletadas e analisadas durante a realização deste estudo, em 13 diferentes estabelecimentos, além da amostragem realizada no separador de placas coalescentes ZP-2000. Os dados contêm a identificação dos estabelecimentos, a data de coleta, o local de coleta, o tipo de amostra (simples ou composta), além dos dados referentes à identificação do frasco em campo, registrada na etiqueta, conforme o número da amostra, e pelo relatório de ensaio, referente ao número de identificação da amostra no laboratório da TECMA. Nesse relatório, além dos resultados dos parâmetros analisados, também são consolidados os dados preenchidos na planilha de coleta de campo, e a apresentação da incerteza dos resultados analisados, conforme plano de gestão de qualidade deste laboratório.

Tabela 8.1a - Consolidação de dados gerais de amostragem

AMOSTRA Nº	REL TECMA N°	ESTABELECIMENTO	TIPO AMOSTRA	DATA COLETA	LOCAL COLETA
A10	677/05	Posto 1	Composta[1]	29/03/2005	CP após SAO área lavagem
A20	677/05	Posto 1	Composta[1]	29/03/2005	CP após SAO área lavagem
B10	677/05	Posto 1	Composta[1]	29/03/2005	CP após SAO área lavagem
B20	677/05	Posto 1	Composta[1]	29/03/2005	CP após SAO área lavagem
C10	677/05	Posto 1	Composta[1]	29/03/2005	CP após SAO área lavagem
C20	677/05	Posto 1	Composta[1]	29/03/2005	CP após SAO área lavagem
D10	697/05	Posto 1	Simples	29/03/2005	CP após SAO área de abastecimento
D20	697/05	Posto 1	Simples	29/03/2005	CP após SAO área de abastecimento
E10	758/05	Transportadora de cargas	Composta[2]	07/04/2005	Entrada Fosso
E20	758/05	Transportadora de cargas	Composta[2]	07/04/2005	Entrada Fosso
F10	758A/05	Transportadora de cargas	Simples	07/04/2005	CI bombeamento antes SAO
F20	758A/05	Transportadora de cargas	Simples	07/04/2005	CI bombeamento antes SAO
G10	758B/05	Transportadora de cargas	Simples	07/04/2005	Saída 3° SAO
G20	758B/05	Transportadora de cargas	Simples	07/04/2005	Saída 3° SAO
H10	758C/05	Transportadora de cargas	Simples	07/04/2005	Bandeja limpeza de peças
H20	758C/05	Transportadora de cargas	Simples	07/04/2005	Bandeja limpeza de peças
I10	1380/05	Revendedora caminhões	Composta[2]	22/06/2005	Entrada SAO área lavagem
I20	1380/05	Revendedora caminhões	Composta[2]	22/06/2005	Entrada SAO área lavagem
J10	1380A/05	Revendedora caminhões	Composta[2]	22/06/2005	CP após SAO área lavagem
J20	1380A/05	Revendedora caminhões	Composta[2]	22/06/2005	CP após SAO área lavagem
K10	2249/05	Auto-Center	Simples	08/10/2005	Caixa de areia *box* lavagem
K20	2249/05	Auto-Center	Simples	08/10/2005	Caixa de areia *box* lavagem
L10	1663/05	Posto 2	Simples	29/07/2005	Caixa de areia *box* lavagem
L20	1663/05	Posto 2	Simples	29/07/2005	Caixa de areia *box* lavagem
M10	1664/05	Posto 1	Simples	29/07/2005	Caixa de areia *box* lavagem
M20	1664/05	Posto 1	Simples	29/07/2005	Caixa de areia *box* lavagem
N10	1413/05	Garagem de ônibus	Simples	28/06/2005	CP após SAO área lavagem carroceria
N20	1413/05	Garagem de ônibus	Simples	28/06/2005	CP após SAO área lavagem carroceria
O10	1413A/05	Garagem de ônibus	Simples	28/06/2005	Entrada CP após SAO lavagem carroceria
O20	1413A/05	Garagem de ônibus	Simples	28/06/2005	Entrada CP após SAO lavagem carroceria
P10	1413B/05	Garagem de ônibus	Simples	28/06/2005	Caixa de área *box* lavagem chassis
P20	1413B/05	Garagem de ônibus	Simples	28/06/2005	Caixa de área *box* lavagem chassis
Q10	1413C/05	Garagem de ônibus	Simples	28/06/2005	CP após SAO lavagem chassis e interna
Q20	1413C/05	Garagem de ônibus	Simples	28/06/2005	CP após SAO lavagem chassis e interna
R10	2087/05	Posto 3	Simples	21/09/2005	Caixa A SAO área abastecimento
R20	2087/05	Posto 3	Simples	21/09/2005	Caixa A SAO área abastecimento
S10	2087/05	Posto 3	Simples	21/09/2005	CP após SAO área abastecimento
S20	2087/05	Posto 3	Simples	21/09/2005	CP após SAO área abastecimento
T10	2088/05	Posto 3	Composta[2]	21/09/2005	CP após SAO área lavagem
T20	2088/05	Posto 3	Composta[2]	21/09/2005	CP após SAO área lavagem
U10	2089/05	Retífica	Simples	21/09/2005	CP após SAO área limpeza peças
U20	2089/05	Retífica	Simples	21/09/2005	CP após SAO área limpeza peças
V10	2174/05	Lava-Jato	Composta[3]	30/09/2005	Amostra do afluente antes SAO
V20	2174/05	Lava-Jato	Composta[3]	30/09/2005	Amostra do afluente antes SAO
W10	2175A/05	Concessionária veículos	Composta[2]	30/09/2005	CP após SAO área lavagem
W20	2175A/05	Concessionária veículos	Composta[2]	30/09/2005	CP após SAO área lavagem
X10	2174A/05	Lava-Jato	Simples	30/09/2005	Amostra efluente CP após SAO
X20	2174A/05	Lava-Jato	Simples	30/09/2005	Amostra efluente CP após SAO
Y10	2175/05	Concessionária veículos	Simples	30/09/2005	Caixa de areia *box* lavagem
Y20	2175/05	Concessionária veículos	Simples	30/09/2005	Caixa de areia *box* lavagem
Z10	2249A/05	Auto-Center	Simples	08/10/2005	Septo saída SÃO área lavagem
Z20	2249A/05	Auto-Center	Simples	08/10/2005	Septo saída SÃO área lavagem

Tabela 8.1b - Consolidação de dados gerais de amostragem

AMOSTRA Nº	REL TECMA N°	ESTABELECIMENTO	TIPO AMOSTRA	DATA COLETA	LOCAL COLETA
AA10	2882/05	Posto 4	Simples	21/12/2005	CP antes SAO área de abastecimento
AA20	2882/05	Posto 4	Simples	21/12/2005	CP antes SAO área de abastecimento
BB10	2882/05	Posto 4	Simples	21/12/2005	CP após SAO área de abastecimento
BB20	2882/05	Posto 4	Simples	21/12/2005	CP após SAO área de abastecimento
CC10	2883/05	Posto 4	Simples	21/12/2005	CP antes SAO área lavagem
CC20	2883/05	Posto 4	Simples	21/12/2005	CP antes SAO área lavagem
DD10	2883/05	Posto 4	Simples	21/12/2005	CP após SAO área lavagem
DD20	2883/05	Posto 4	Simples	21/12/2005	CP após SAO área lavagem
EE10	2904/05	Posto 5	Composta[1]	22/12/2005	CP antes SAO área de abastecimento
EE20	2904/05	Posto 5	Composta[1]	22/12/2005	CP antes SAO área de abastecimento
FF10	2904/05	Posto 5	Composta[1]	22/12/2005	CP antes SAO área de abastecimento
FF20	2904/05	Posto 5	Composta[1]	22/12/2005	CP antes SAO área de abastecimento
GG10	2904A/05	Posto 5	Simples	22/12/2005	CP após SAO área de abastecimento
GG20	2904A/05	Posto 5	Simples	22/12/2005	CP após SAO área de abastecimento
HH10	2904B/05	Posto 5	Simples	22/12/2005	2º Estágio SÃO área abastecimento
HH20	2904B/05	Posto 5	Simples	22/12/2005	2º Estágio SÃO área abastecimento
II10	156/06	Concessionária veículos 2	Simples	18/01/2006	Entrada SAO área lavagem
II20	156/06	Concessionária veículos 2	Simples	18/01/2006	Entrada SAO área lavagem
JJ10	156/06	Concessionária veículos 2	Simples	18/01/2006	CP após SAO área lavagem
JJ20	156/06	Concessionária veículos 2	Simples	18/01/2006	CP após SAO área lavagem
OG_1	1987/05	SAO ZP-2000	Simples[1]	05/09/2005	Saída SÃO ZP-2000
OG_2	1987/05	SAO ZP-2000	Simples[1]	05/09/2005	Saída SÃO ZP-2000
OG_3	1987/05	SAO ZP-2000	Simples[1]	05/09/2005	Saída SÃO ZP-2000

OBS: As análises Compostas[1] foram coletadas em frascos diferentes, misturadas, gerando um resultado. As análises Compostas[2] foram coletadas no mesmo frasco em tempos diferentes, representando frações de lavagem de carroceria e chassi. As análises Compostas[3] representam a água residuária afluente, antes do SAO. As análises Simples[1] correspondem apenas a óleos e graxas.

8.3. CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS DO LEVANTAMENTO DE CAMPO NOS ESTABELECIMENTOS (PROTOCOLO DE CAMPO)

8.3.1. Posto 1

O posto de abastecimento em questão está situado na Rodovia Washigton Luís, no município de Duque de Caxias, e apresenta serviços de abastecimento de gasolina, álcool e gás veicular. O posto também possui uma área de lavagem automática de carroceria, através de um sistema *rollover*, e uma loja de uma rede de *fast food* **(Figura 8.4)**.

A empresa possui licença de operação, de acordo com previsto na Resolução CONAMA 273/2000, além de bom sistema organizacional, com gerência local e central da rede.

Figura 8.4– Aspecto geral do Posto 1, situado na Rodovia Washington Luís, sentido Rio.

Em relação ao foco de avaliação do presente trabalho foram selecionadas duas áreas para coleta, a de lavagem de carroceria e a de abastecimento de veículos. Para cada uma delas foram escolhidos os seguintes pontos de coleta:

a) Caixa de passagem após o sistema separador da área de lavagem de carroceria;

b) Caixa de areia da área de lavagem, antes do separador da área de lavagem de carroceria;

c) Caixa de passagem após o sistema separador da área de abastecimento.

Ponto a

Esta amostragem foi realizada em uma tarde de tempo bom e condições de operação de lavagem normal. A **Tabela 8.2** apresenta o número de carros lavados no posto no mês de março, que incluem carros de passeio, caminhonetes e *vans*.

Tabela 8.2 – Número de veículos lavados durante o mês de março de 2005.

DIA	NÚMERO DE VEÍCULOS
1	54
2	87
3	3
4	71
5	129
6	119
7	134
8	112
9	112
10	123
11	122
12	128
13	109
14	95
15	95
16	106
17	75
18	69
19	78
20	126
21	62
22	54
23	95
24	136
25	12
26	31
27	137
28	127
29	126
30	115
31	116
MÉDIA DIÁRIA	**95,42**

O processo de lavagem veicular é dividido em dois turnos. O primeiro turno de 6 da manhã até às 14 h, e o segundo turno, à tarde, que vai das 14 h até às 22 h. A empresa ainda possui um terceiro turno noturno que vai das 22 h até às 6 da manhã, porém, neste horário, não são realizados serviços de lavagem veicular. Do volume total de lavagens, 60% do total é praticado no primeiro turno e 40% no segundo.

O procedimento de lavagem, mostrado nas **Figuras 8.5 a,b,c,d**, apresenta duas fases principais. Na primeira, é realizada um jateamento de espuma com o uso de detergente

automotivo. No sistema *rollover*, caracterizando a segunda fase, ocorre a limpeza automática da carroceria e o enxágüe do detergente automotivo, com prévia retirada manual de sujeira. Antes de colocar a espuma na carroceria do veículo, o mesmo é molhado, através de regadores, para facilitar a aplicação. Durante a passagem do rolo, aplica-se também uma solução com cera automotiva no intuito de conferir um melhor acabamento para a lavagem veicular.

Para a aplicação de água com regador, utiliza-se em média três regadores com volume de 10 litros cada, totalizando 30 litros por veículo. Tomando como referência o número de veículos lavados mensalmente, **Tabela 8.1,** a média é de 96 veículos lavados diariamente.

A **Tabela 8.3** apresenta a seqüência do procedimento de lavagem veicular.

Tabela 8.3 – Seqüência do procedimento de lavagem veicular.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO (segundos)
1ª	Aplicação de água (regador)	30
2ª	Aplicação de espuma	30
3ª	Remoção de sujeira manual com esponja	60
4ª	Funcionamento do rolo (jateamento água com aplicação de cera)	90
5ª	Mobilização/desmobilização	30
	TOTAL	240 (4 minutos)

(a)

(b)

(c)

(d)

Figura 8.5 – (a) Aplicação de água com regador para facilitar a ação da aplicação posterior de espuma. (b) Aplicação de espuma na carroceria. (c) Remoção de sujeira manual com aplicação de esponja. (d) Enxágüe da espuma com aplicação de cera automotiva através da passagem do rolo.

A **Tabela 8.4** apresenta os produtos utilizados no processo de limpeza veicular.

Tabela 8.4 – Produtos aplicados no processo de limpeza veicular.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Cera líquida e opaca para proteção e brilho da pintura	UNISPRAY WAX 750	UNILIMP INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA	Cera de carnaúba, conservante, corante e água	azul	1 litro para 20 litros de água
Detergente concentrado viscoso para limpeza externa de veículos	UNISTAR GREEN 732	UNILIMP INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA	Agentes tensoativos aniônicos e não iônicos, metassilicato de sódio, cloreto de sódio, corantes e água	verde	1 litro e meio para 200 litros de água na bombona de 200 litros

Obs: Cada Diluição apresentada lava um total de 20 veículos.

O sistema de jateamento de espuma, com as bombonas onde é feita a diluição do detergente é apresentado na **Figura 8.6**.

Figura 8.6 – Sistema de Jateamento de espuma com bombona de acumulação de detergente automotivo.

Na **Figura 8.7,** é apresentado um diagrama esquemático da área de lavagem de veículos. O efluente gerado no sistema de lavagem automática passa por um sistema de 3 separadores convencionais retangulares (0,60 x 0,60 m com 0,50 de lâmina d'água), **Figuras 8.8 a e b.** Após esse sistema, o efluente é lançado em uma caixa de passagem, onde foram coletadas as amostras **(Figura 8.8 c)**. No entorno do lavador, existe um sistema de calhas e anteparo para coletar as águas que fluem para a zona de drenagem.

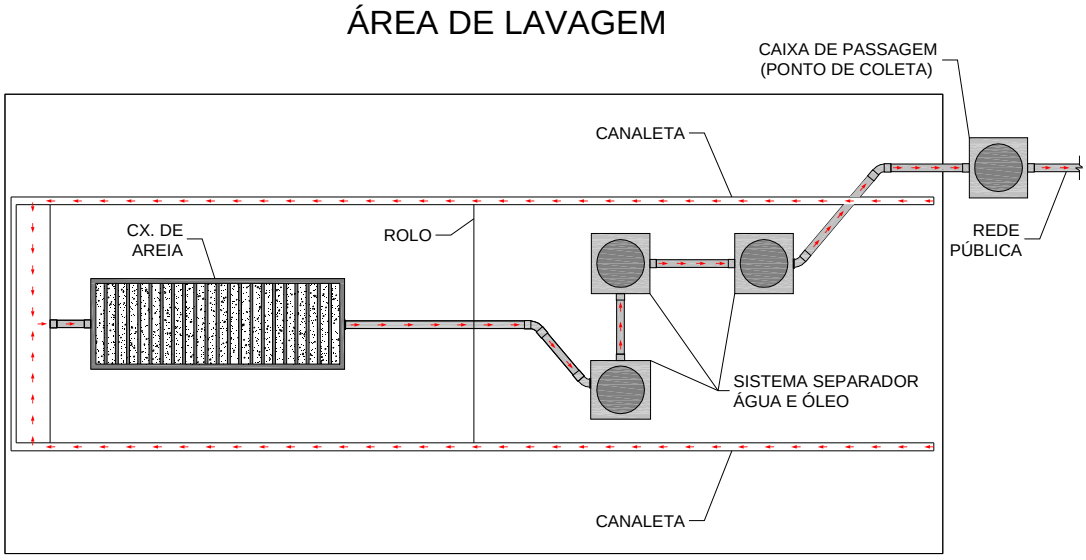


Figura 8.7 – Diagrama esquemático da planta da área de lavagem veicular.

(a)

(b)

(c)

Figura 8.8 – (a) Aspecto geral da área de lavagem veicular focando os separadores água e óleo, a canaleta e o anteparo. (b) Aspecto geral de um dos módulos separadores com presença marcante de espuma oriunda do processo de lavagem. (c) Vista da caixa de passagem onde foram coletadas as amostras.

Ponto b

A coleta no ponto b, também na área de lavagem, ocorreu em data posterior à coleta no ponto A. Nesta amostragem não foi aferida vazão. A intenção foi coletar o efluente oriundo da lavagem de carroceria antes da passagem no SAO **(Figura 8.9)**.

Figura 8.9 – Caixa de areia da área de lavagem de veículos repleta de espuma proveniente do detergente automotivo utilizado na lavagem de carroceria.

Ponto c

A amostragem do ponto c realizou-se em uma coleta noturna, onde foi avaliada a influência da lavagem de piso da área de abastecimento.

A área de abastecimento, **Figura 8.10**, assim como toda área do posto, possui piso impermeável. No primeiro caso, existe uma calha no entorno que drena para um sistema separador água e óleo convencional circular (0,60 x 0,60 m com 0,50 de lâmina d'água), **Figura 8.11**, com duas unidades, que por sua vez é conectado a rede de drenagem pública, passando anteriormente por uma caixa de passagem, onde foi coletado o efluente.

Figura 8.10 – Aspecto geral da área de abastecimento.

Figura 8.11 – Aspecto do primeiro SAO da área de abastecimento. No detalhe é observada a tubulação de entrada de fundo.

A **Figura 8.12** apresenta um diagrama esquemático da área de abastecimento.

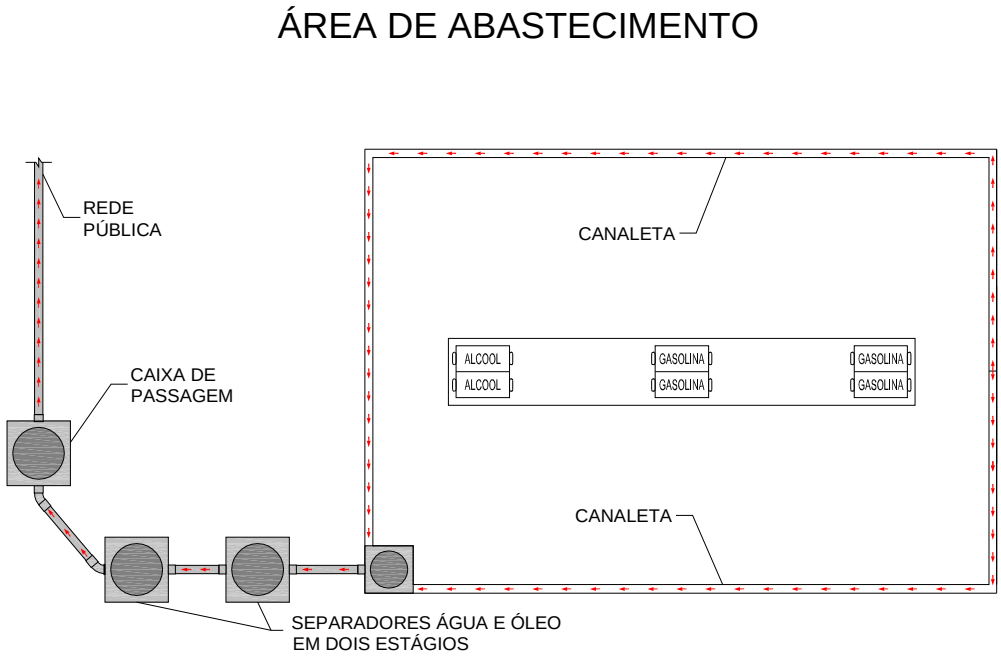


Figura 8.12 – Diagrama esquemático em planta da área de abastecimento.

A área de abastecimento possui um total de 14 pontos de abastecimento, onde 5 são de gasolina, 3 do tipo comum e 2 do tipo aditivado, além de 1 ponto de álcool, 2 pontos de diesel e 6 pontos de gás natural veicular (GNV), abrangendo uma área de 192 m^2. O número médio de veículos que circulam no posto é representado na **Tabela 8.5**.

Tabela 8.5 – Número médio de veículos atendidos no posto.

TIPO DE COMBUSTÍVEL	N° DE VEÍCULOS POR COMBUSTÍVEL
GNV	120
Gasolina	50
Diesel	20
Álcool	10
TOTAL	**200**

O efluente que drena para as caixas separadoras de óleo da área de abastecimento é oriundo de três tipos de fontes diferentes:

a) Lavagem simples do piso;

b) Pequenas lavagens de carroceria e vidros dos veículos;

c) Lavagem especial.

As lavagens simples **(Figura 8.13)** são realizadas 3 vezes ao dia, uma vez por turno, não havendo paralisação dos serviços de abastecimento. Nessas lavagens, não são aplicados quaisquer produtos químicos. As lavagens são feitas com uso direto de água. A aplicação é feita por regadores de 10 litros, onde estima-se um gasto de 100 litros para a sua totalidade, num total de 192 m^2. Como o posto está em horário de funcionamento, a lavagem não é feita de forma uniforme, e sim por partes, com um intervalo entre estes períodos.

Figura 8.13 – Lavagem simples da área de abastecimento.

As pequenas lavagens veiculares **(Figura 8.14)** consistem em aplicações de água, com o uso do regador, em porções da carroceria e dos vidros, para remoção rápida de sujeira. No posto, envolvendo veículos leves e pesados, o número médio é de 20 veículos por dia que solicitam esse serviço. Para efetuar a limpeza é aplicado o mesmo detergente automotivo usado na área de lavagem.

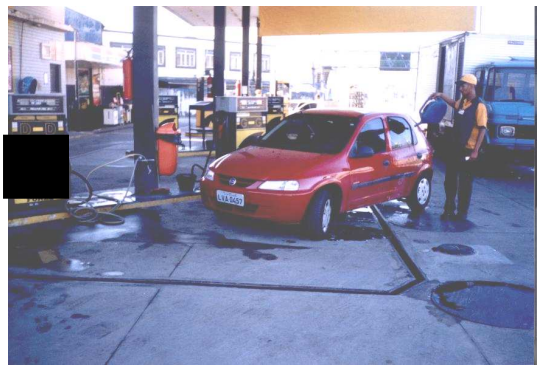


Figura 8.14 – Lavagem veicular na área de abastecimento.

A lavagem especial é a lavagem mais completa do piso da área de abastecimento, realizada durante a madrugada, na freqüência de 2 vezes por semana. Para esse tipo de lavagem, é utilizado um produto especial de limpeza. No caso do posto, o produto usado é o metassilicato de sódio, também chamado de Solupan. A sua ficha técnica é apresentada na **Tabela 8.6**.

Tabela 8.6 – Produto aplicado no processo de limpeza de piso.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Produto em pó utilizado para limpezas pesadas	Metassilicato de sódio	PROSIL	Na_2O, SiO_2 e Carbonatos. Peso 25 kg	branca	Entorno de 2,5 kg por lavagem de piso (área 192m^2)

A lavagem especial é dividida em 3 partes. A primeira é o espalhamento do metassilicato, feita por intermédio de uma pá **(Figura 8.15 a)**. A segunda consiste em esfregar o produto com o auxílio de uma vassoura, com prévia diluição em água, aplicada com regador **(Figura 8.15 b)**. E a terceira é o enxágüe do produto com a utilização de uma mangueira pressurizada **(Figura 8.15 c)**.

O tempo total gasto, nesta lavagem de piso especial, foi de aproximadamente 1 hora, onde a mangueira ficou aberta em processo de jateamento durante 40 minutos, totalizando um gasto de 552 litros. Para diluir o metassilicato, na operação de limpeza com a vassoura, foram gastos 148 litros de água. O total de gasto de água para a limpeza dos 192 m^2 da área de abastecimento foi de 700 litros. Em ambos os casos, a vazão foi aferida por cubagem.

Das formas de lavagem na área de abastecimento observadas, apenas a lavagem especial é que apresentou vazão instantânea suficiente na caixa de passagem para viabilizar uma amostragem de efluentes.

(a)

(b)

(c)

Figura 8.15 – (a) Espalhamento do metassilicato. (b) Processo de limpeza com uso da vassoura e diluição com água. (c) Jateamento final para o enxágüe do produto aplicado.

8.3.2. Posto 2

Situado na Avenida Presidente Kennedy, no município de Duque de Caxias-RJ **(Figura 8.16)**, o trabalho realizado neste posto consistiu em coletar e observar uma lavagem veicular com a utilização de jato pressurizado e uso de detergente automotivo, com o emprego de esponja para remoção de sujidades.

Figura 8.16 – Aspecto geral do Posto 2.

O sistema separador água e óleo (**Figura 8.17)** encontrava-se quebrado e obstruído por pedras. Assim sendo, coletou-se o efluente da lavagem no *box* de lavagem, através do fechamento proposital aplicado à drenagem do *box*, conforme **Figura 8.18**.

Figura 8.17 – Seqüência do sistema separador água e óleo do posto que encontrava-se danificado.

Figura 8.18 – Água residuária represada durante uma lavagem veicular para coleta.

O jateamento ocorreu na carroceria do carro e no chassi no entorno das rodas. O procedimento de lavagem seguiu o critério especificado na **Tabela 8.7**.

Tabela 8.7 – Seqüência do procedimento de lavagem veicular.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO(minutos)
1ª	Aplicação de água jato	1
3ª	Remoção de sujeira manual com esponja e detergente automotivo	7
4ª	Aplicação de água jato para enxágüe	4
	TOTAL	12

A especificação técnica do detergente não pôde ser identificada pela gerência do posto. No caso, este produto, observado na **Figura 8.19,** é encomendado por uma empresa que não possui ficha técnica do produto. A diluição é praticada de forma empírica, em torno de 300 mL de detergente em 6 litros d'água (1 balde), onde lavam-se entorno de 40 veículos por semana. Na sua maioria, carros de passeio, *vans* e caminhonetes.

Figura 8.19 – Detergente automotivo não identificado.

8.4.3. Posto 3

Neste posto situado na Rua São Francisco Xavier, no bairro da Tijuca, Rio de Janeiro-RJ, foram amostradas e verificadas as áreas de abastecimento e lavagem. O posto em questão apresentou boas condições de trabalho e conservação, e possui área para troca de óleo e venda de café **(Figura 8.20)**.

Figura 8.20 – Aspecto geral do Posto 3.

O trabalho foi realizado em um dia chuvoso e os pontos de coleta foram estabelecidos da seguinte forma:

Ponto a – 1ª Caixa do sistema separador água e óleo da área de abastecimento (Caixa A);
Ponto b – Caixa de passagem após o 2° separador água e óleo da área de abastecimento;
Ponto c – Caixa de passagem após o 2° separador água e óleo da área de lavagem.

Ponto a e b

A origem do efluente coletado nas caixas foi a drenagem da água de chuva no piso e molhamento dos vidros dos carros, coletados através das canaletas da área de abastecimento, tendo como destino e tratamento o sistema separador de águas oleosas mencionado. A **Figura 8.21** apresenta o diagrama esquemático da área de abastecimento.

Os pontos de coleta cobrem a entrada e a saída do sistema separador da área de abastecimento, conforme classificação acima. Esse sistema, tipo convencional circular, é dotado de duas caixas separadoras (A e B), onde a caixa A possui diâmetro de 1 metro e a caixa B possui diâmetro de 0,60 m **(Figura 8.22)**. Ambas as caixas têm altura de lâmina

d’água de 0,80 m. Após o sistema existe uma caixa de passagem que efetua a drenagem para o sistema de águas pluviais público.

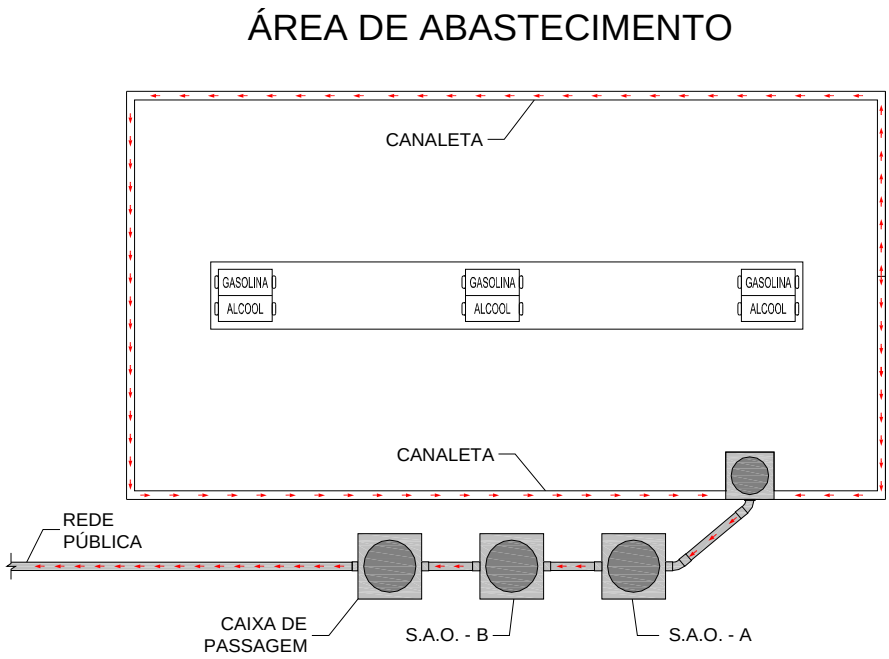


Figura 8.21 –Diagrama esquemático da área de abastecimento.

Figura 8.22 – Caixas separadoras A e B (1ª e 2ª caixas) e caixa de passagem da área de abastecimento. Aspecto geral do piso molhado pela chuva, na seqüência da direita para esquerda, as coletas ocorreram na primeira (Caixa A), e na última, caixa de passagem.

A área de abastecimento possui 4 bombas com 8 bicos, onde 2 são para álcool, 1 para diesel e 5 para gasolina. O número médio de veículos abastecidos por combustível é dado pela **Tabela 8.8**.

Tabela 8.8 – Número médio de veículos atendidos no posto.

TIPO DE COMBUSTÍVEL	N° DE VEÍCULOS POR COMBUSTÍVEL
Gasolina	160
Diesel	20
Álcool	20
TOTAL	**200**

Ponto c

O diagrama esquemático da área de lavagem é dado na **Figura 8.23**. Esta amostragem representou a coleta do efluente da área de lavagem após a passagem no sistema separador de águas oleosas, que é dotado de dois separadores convencionais circulares A e B, na mesma configuração da área de abastecimento, conforme **Figura 8.24 a e b**.

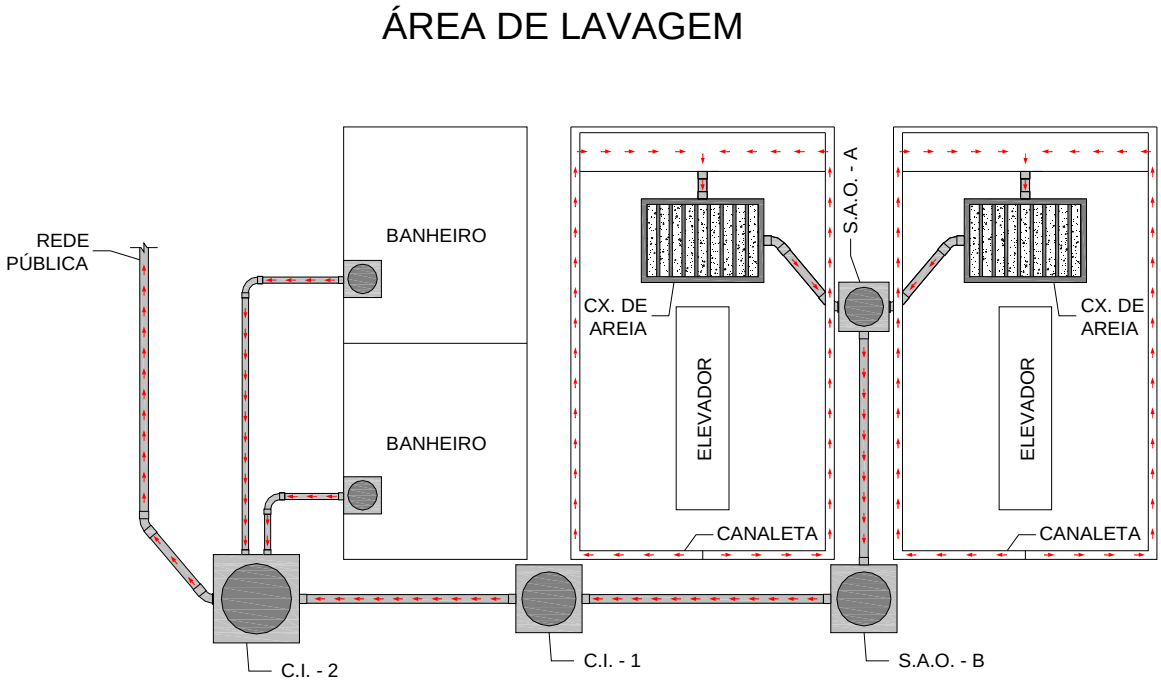


Figura 8.23 – Diagrama esquemático da área de lavagem.

(a)

(b)

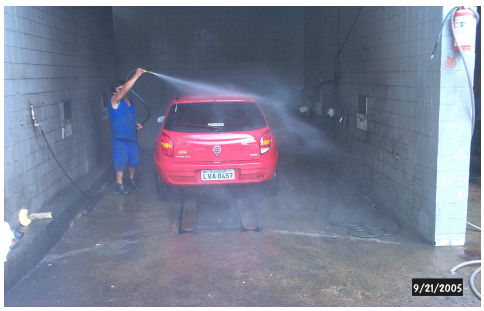
Figura 8.24 – (a) Sistema separador água e óleo da área de lavagem veicular. Ao fundo aspecto dos boxes de abastecimento. O ponto de coleta foi a caixa de inspeção CI 2, a primeira a direita. (b) Aspecto do SAO B, onde observa-se o septo em concreto parcialmente quebrado, e o óleo separado.

O procedimento de lavagem aplicado no posto inclui a lavagem de carroceria e chassi, através do jateamento pressurizado e aplicação de espuma, oriunda de detergente automotivo. A média diária de veículos lavados pelo posto, por tipo de lavagem, é dada pela **Tabela 8.9**. A tipologia básica dos veículos lavados são carros de passeio e *vans*.

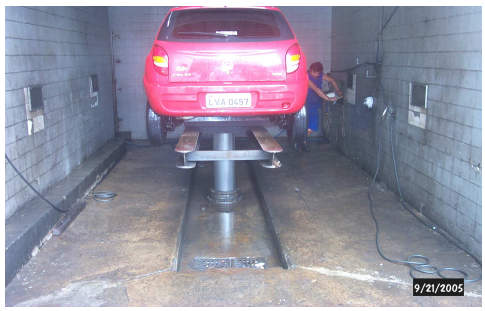
Tabela 8.9 – Tipos e quantitativo de lavagem veicular.

TIPO DE LAVAGEM	N° DE VEÍCULOS POR CATEGORIA
Lavagem simples de carroceria	25
Lavagem geral de carroceria e chassi	5
TOTAL	**30**

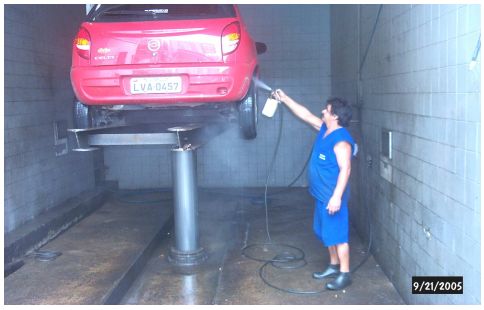
As etapas de lavagem veicular, no caso uma lavagem geral de carroceria e chassi, são apresentadas nas **Figuras 8.25 a, b, c, d, e, f, g**.



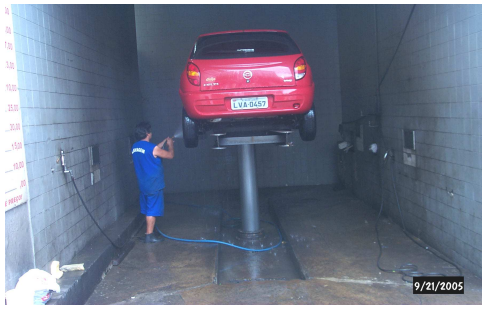
(a)



(b)



(c)



(d)

(e)[1]

(f)

(g)

Figura 8.25 – Seqüência de lavagem veicular. (a) Jateamento de água preliminar . (b) Elevação para lavagem de chassi. (c) Jateamento do detergente automotivo no chassi. (d) Jateamento de água no chassi para enxágüe do detergente automotivo. (e) Prática de lavagem do *box* após a lavagem de chassi. (f) Jateamento de detergente automotivo, ou aplicação de espuma, para lavagem de carroceria e remoção da sujeira com esponja. (g) Jateamento com água para enxágüe do detergente automotivo.

[1] Essa prática pode gerar o carreamento dos sólidos retidos na caixa de areia e prejudicar o sistema separador água e óleo.

A seqüência dos procedimentos de lavagem e os produtos utilizados para limpeza veicular encontram-se, respectivamente, nas **Tabelas 8.10 e 8.11**.

Tabela 8.10 – Seqüência do procedimento de lavagem veicular completa tipo geral.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO (minutos)
1ª	Jatemento de água preliminar	7
2ª	Aplicação de detergente chassi	1
3ª	Jateamento de água enxágüe chassi	5
4ª	Aplicação de espuma e remoção de sujeira carroceria	2
5ª	Jateamento de água para enxágüe carroceria	5
	TOTAL	20

Tabela 8.11 – Produto aplicado no processo de limpeza veicular.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Shampoo Automotivo líquido	UNIPAN LQ 728	UNI-LIMP INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA	Desengraxante alcalino, aromatizantes e silicones	branca	1:25. Utiliza-se uma diluição prática de 1 balde (8litros) em uma bombona de 200 L Essa proporção dura 1 dia de trabalho ou entorno de 30 veículos

8.3.4. Transportadora de Cargas

A Transportadora de Cargas está situada na Rodovia Washigton Luís, no município de Duque de Caxias, onde atua no ramo de transporte de gases, na categoria a granel (botijões) ou em cilindro. As operações de carga e descarga não são feitas nas dependências da empresa, sendo realizadas no próprio cliente. A transportadora possui estrutura própria para manutenção, abastecimento de combustível, troca de óleo, além de serviços de manutenção, lavagem e lubrificação, de sua frota, em torno de 70 veículos. Esta frota permanece em constante movimentação pelo país, inclusive em outras bases da empresa.

A transportadora possui licença de operação, além de bom sistema organizacional, com gerência local da área de segurança e meio ambiente.

Em relação ao foco de avaliação do presente estudo, foi selecionada uma área para coleta, onde são realizados serviços de lavagens de carroceria e chassis de caminhões, além de operações de manutenção, limpeza e lubrificação de peças. A **Figura 8.26** apresenta um panorama geral da empresa.

Figura 8.26 – Aspecto geral da Transportadora de Cargas, situada na Rodovia Washington Luís, sentido Petrópolis.

Os pontos escolhidos para coleta foram:

a) Entrada do fosso de acumulação;
b) Caixa de inspeção após o bombeamento do fosso de acumulação;
c) Terceiro SAO;
d) *Bandeja colocada abaixo de uma limpeza de eixo de caminhão.*

Durante a amostragem, realizada em uma tarde de tempo bom, foi avaliada a lavagem de carroceria e chassi de um caminhão com uma carreta combustível (para transporte de gás), no *box* de lavagem **(Figura 8.27).** O rastreamento do caminho percorrido pelo efluente foi realizado desde a entrada do fosso de acumulação até a caixa de separadora final, referente aos pontos a, b e c, durante o processo de lavagem.

Antes do início da amostragem, o fosso de acumulação encontrava-se vazio, sendo bombeado após a lavagem para o sistema separador água e óleo, do tipo convencional, onde foram coletadas as amostras b e c.

Em outra amostragem, referente a uma lavagem de peças, o efluente foi coletado de uma operação de limpeza de um eixo de caminhão, através de jateamento, com aplicação prévia de um solvente para facilitar o processo de limpeza. No caso da empresa, empregou-se uma mistura de óleo diesel com querosene, ambos na proporção de 50% cada.

Para coletar o efluente, foi utilizado uma bandeja abaixo da peça, no momento do jateamento, no intuito de avaliar a influência direta de uma operação dessa natureza, uma vez que se fosse coletado no fosso de acumulação, ou na tubulação de entrada, esta amostragem sofreria uma gama de interferências.

A coleta diretamente no 3° SAO ocorreu devido a dificuldades no campo para se ter acesso a uma caixa de passagem após o sistema separador, que se encontrava obstruída por grama no seu entorno.

As medições de vazões foram realizadas através de cubagem do efluente.

Figura 8.27 – Aspecto geral da área onde são realizados os serviços de lavagem de caminhões e limpeza de peças.

A seqüência das **Figuras 8.28 a, b, c, d** apresenta os pontos aonde foram coletadas as amostras.

(a)[2]

(b)[3]

(c)[4]

(d)

Figura 8.28 –Seqüência dos pontos de amostragem. (a) Aspecto do fosso de acumulação, e da entrada do fosso de acumulação, parte superior da foto. (b) Caixa de inspeção que recebe o efluente bombeado do fosso de acumulação. (c) Vista geral das unidades separadoras água e óleo. (d) Terceiro separador água e óleo, composto de 3 caixas.

[2] O fosso possui uma caixa de areia, dotada de septo, que também serve como um separador água e óleo precário.

[3] Na figura é observada a presença de espuma proveniente da lavagem do caminhão.

[4] Na figura são observados o 1°, 2°, 3° SAO's, na zona clara. A caixa de inspeção encontra-se na zona escura.

A **Figura 8.29** apresenta um diagrama esquemático da área de lavagem veicular.

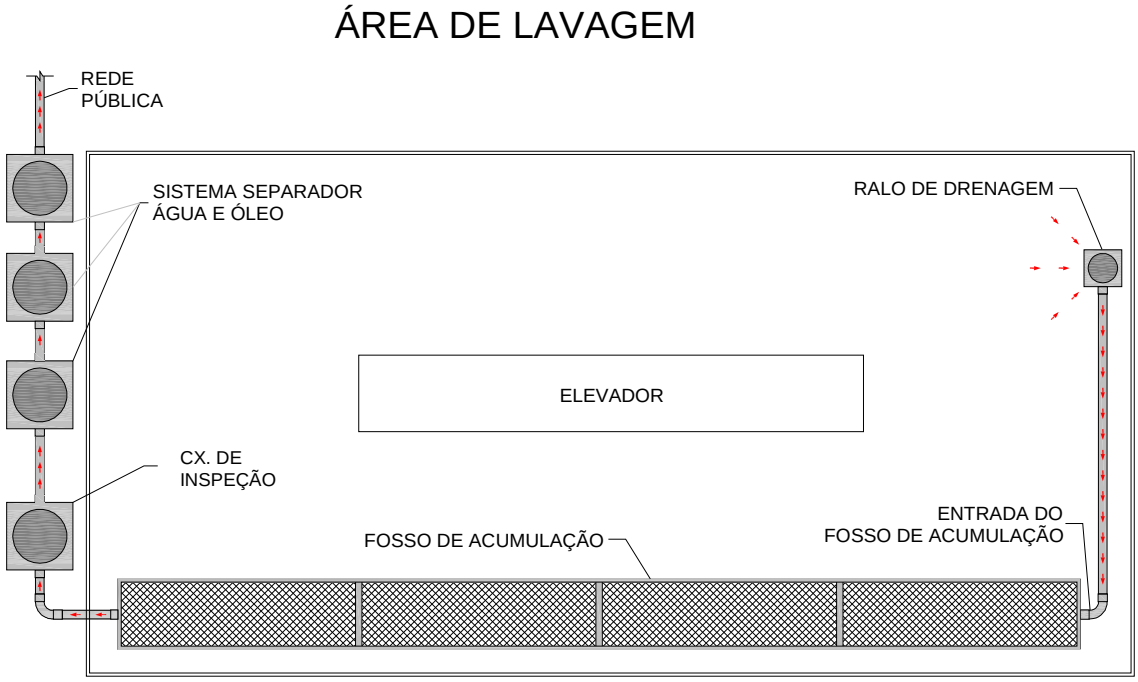


Figura 8.29 – Diagrama esquemático da planta da área de lavagem veicular, onde foram realizadas as coletas.

O processo de lavagem dos caminhões é realizado através de jateamento de água pressurizada. A lavagem de carroceria e a lavagem de chassi são realizadas durante o mesmo processo por um empregado da empresa. No caso da lavagem de chassi, esta pode ser executada de duas formas. Em uma delas, o empregado se abaixa, executando o jateamento na parte de baixo do veículo. Esta modalidade é mais incompleta e executada quando o veículo não está muito carregado de sujidades no chassi. Na outra modalidade, mais completa, o jateamento e a limpeza são realizados diretamente no fosso de acumulação. Essa modalidade é realizada quando o veículo está muito sujo, verificado através de inspeção visual. Nesta amostragem, não foi utilizado o jateamento pelo fosso.

A empresa possui duas categorias de carretas, o tipo combustível e o baú, **Figuras 8.30 a e b** respectivamente, onde ambos passam pelo mesmo processo de lavagem.

(a) **(b)**

Figura 8.30 – (a) Carreta do tipo combustível para transporte de gás. (b) Carreta do tipo baú, utilizada para transporte de botijões de gás.

O procedimento de lavagem consiste, basicamente, em primeiro molhar o veículo, através do jateamento com água pressurizada, e posteriormente aplicar um detergente automotivo, na carroceria, também através de um jateamento. Para a lavagem de chassi é utilizado um outro produto, um desengraxante, também aplicado por jateamento. Os dois produtos, o detergente e o desengraxante, são diluídos e alocados em bombonas diferentes, utilizando-os de acordo com a sua aplicação. Em casos onde a carroceria está muito suja, também é utilizado o desengraxante. Para essa amostragem, o desengraxante foi utilizado somente para a lavagem de chassi.

Após o jateamento com detergente ou desengraxante, é realizada uma limpeza manual, com uso de uma vassoura, para remover as sujidades, tanto na carroceria quanto no chassi.

A última etapa consiste num segundo jateamento com água pressurizada para enxaguar e remover a espuma do veículo.

A empresa lava entorno de 10 conjuntos caminhão-carreta por semana.

A seqüência do procedimento de lavagem do conjunto caminhão-carreta é demonstrada nas **Figuras 8.31 a, b e c**.

(a)[5]

(b)

(c)

Figura 8.31 – Procedimento de lavagem caminhão-carreta. (a) Jateamento com água pressurizada na carroceria (b) Limpeza de carroceria feita com o auxílio de uma vassoura, após o jateamento de espuma. (c) Jateamento de espuma com utilização do desengraxante no chassi do caminhão.

Nas **Tabelas 8.12 e 8.13** seguem os dados observados em campo, relacionados com a limpeza de carroceria e chassi respectivamente.

Tabela 8.12 – Seqüência do procedimento de lavagem carreta-chassi.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO(minutos)
1ª	Jateamento de água de água preliminar	20
2ª	Jateamento de espuma chassi e carroceria	5
3ª	Remoção de sujeira manual com vassoura	15
4ª	Jateamento de água final para enxágüe	20
	TOTAL	60 minutos (1 hora)

[5] O detalhe da espuma no piso mostra o momento de enxágüe do detergente automotivo aplicado.

Tabela 8.13 – Produtos aplicados no processo de limpeza veicular.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Shampoo desengraxante	DESFAST LDB	QUIMIFAST IND E COM LTDA	Sulfato de dodecil benzeno, aminas, álcool etoxilado, fosfatos e tenso ativo	azul	1:3 acondicionado numa bombona de 200 L, onde 5 litros da mistura lavam 1 caminhão
Detergente semi-pastoso para a limpeza de carroceria e chassis	ORQUIMOL	JOHNSON DIVERSEY	Dodecil-benzenossulfonato de sódio, alcalinizante, coadjuvante, corante, espessante, perfume, preservante, seqüestrante, tensoativo não iônico e água	amarelo	1:20 acondicionado numa bombona de 200 L, onde 20 litros lavam 1 caminhão
Detergente líquido ácido para limpeza de ônibus e alumínio	ALUBRITE P	DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS LTDA	Ácidos inorgânicos, inibidores especiais, tensoativos e agentes quelantes	incolor	1:5

Existe ainda mais uma qualidade de limpeza, denominada de limpeza de alumínio, onde as rodas e os tanques de alumínios são lavados com produtos especializados, no caso da empresa, o produto usado é o Alubrite P. Nessa campanha, não foram coletadas amostras referentes a esse serviço. A **Figura 8.32** apresenta o detergente automotivo utilizado na lavagem de carroceria.

Figura 8.32 – Orquimol-detergente automotivo semi-pastoso utilizado para lavagem de carroceria.

A amostragem da limpeza de peças teve como objetivo avaliar o potencial poluidor de um efluente gerado por esta operação, principalmente levando em consideração a utilização de solventes e combustíveis destinados para esse propósito.

A freqüência de limpeza de peças e o modo de trabalho de cada empregado não são muito uniformes, o que dificulta o conhecimento preciso do consumo de água para o serviço. As peças após serem limpas pela mistura de óleo diesel e querosene são jateadas e drenam para o fosso de acumulação **(Figuras 8.33 a e b)**, sendo bombeadas para os separadores água e óleo, assim como o efluente da lavagem dos caminhões. Normalmente, essas águas são misturadas no fosso antes de serem bombeadas, uma vez que os serviços são feitos no mesmo horário. Na avaliação feita nesta amostragem, foi observada a lavagem de um eixo de rodas de carreta. No serviço, foi aplicada uma mistura de querosene com óleo diesel na peça, num total de 6 litros, na proporção de 50% cada, utilizando uma estopa. Após a limpeza da peça, aplicou-se um jateamento, em 3 intervalos de tempo de 10 segundos cada. O sumo resultante desta lavagem foi coletado em uma bandeja colocada embaixo da peça.

(a)

(b)

Figura 8.33 – (a) Limpeza com uso de estopa da peça na área de lavagem de caminhões. (b) Jateamento da peça e recolhimento do sumo gerado em uma bandeja. Ao fundo do lado esquerdo aparecem aros de alumínio posicionados para futura lavagem.

Segundo uma estimativa não muito precisa do pessoal da manutenção da empresa, poderia-se considerar, como efeito comparativo, levando em consideração as lavagens de peças menores, peças de alumínio, entre outras, uma média diária de 5 eixos de rodas, como apresentado nas fotos, para efeito comparativo equivalente de consumo de água e solvente.

8.3.5. Garagem de Ônibus

Situada na Zona Oeste do município do Rio de Janeiro, esta garagem de ônibus figura em uma das principais empresas de transporte de passageiros desta região, atuando em linhas que interligam vários pontos da cidade. A empresa possui uma frota de 129 ônibus, realizando em seu estabelecimento todos os serviços necessários para manutenção, conservação e operação de sua frota, tais como: estacionamento, abastecimento, lavagem, lubrificação, pintura, borracharia e mecânica em geral. A **Figura 8.34** apresenta um aspecto geral das instalações da empresa.

Figura 8.34 – Aspecto do pátio da Garagem de Ônibus.

A campanha de coleta, na garagem de ônibus, ocorreu em período noturno, período este mais utilizado pelas empresas do setor para a realização de serviços de lavagem e lubrificação de veículos. O trabalho de amostragem ocorreu em três áreas pré-estabelecidas:

a) ***Área de lavagem de carroceria;***
b) ***Área de lavagem e lubrificação de chassis;***
c) ***Área de lavagem de interior de veículos.***

Na área de lavagem de carroceria **(Figura 8.35),** foram amostrados dois pontos na caixa de passagem instalada após o sistema separador água e óleo, observada na **Figura 8.36**. O sistema instalado é do tipo convencional circular (0,60 m de diâmetro e 0,80 m para a altura da lâmina d'água). Em um deles, foi coletado o efluente diretamente na tubulação de entrada na caixa, e outro no interior da massa líquida da mesma. A importância da segunda coleta deu-se em função do jateamento preliminar de água e detergente que drena para a caixa de passagem diretamente, uma vez que o sistema separador atende apenas a drenagem do enxágüe da carroceria, através do sistema *rollover*.

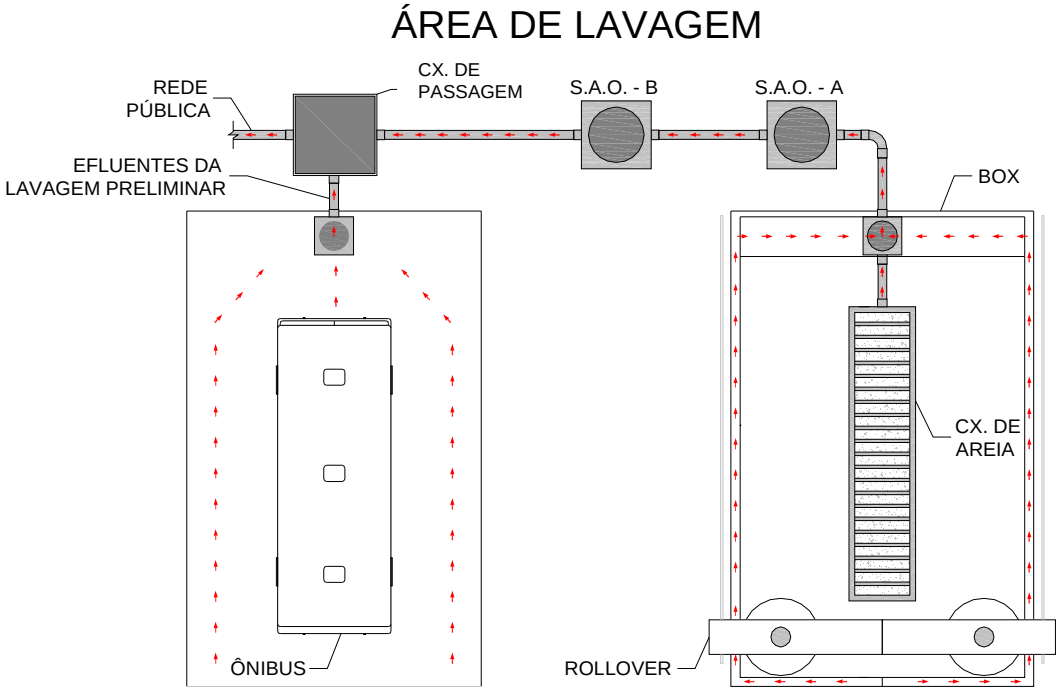


Figura 8.35 – Diagrama esquemático da área de lavagem de carroceria.

Figura 8.36 – Vista dos pontos de visita da caixa de passagem da área de lavagem de carroceria. A coleta nesta área ocorreu na visita da grade aberta.

O procedimento de lavagem de carroceria é dado de acordo com a seqüência das **Figuras 8.37 a, b e c**. A operação de limpeza consiste em mergulhar a escova em um tambor de 200 L, e em seqüência esfregar a escova embebida de detergente na carroceria do ônibus. Conjuntamente, é realizado o jateamento com utilização de água pressurizada. Esta operação é realizada em média por quatro empregados. Em cada noite, são preparados 4 tambores de 200 L.

Na etapa final, o ônibus segue para o sistema *rollover*, apurando o enxágüe e a limpeza da carroceria. O sistema *rollover* utiliza 150 litros de água por veículo, no caso o ônibus.

(a)

(b)[6]

(c)

Figura 8.37 – (a) Aplicação de detergente para limpeza de carroceria, com o uso de uma escova, no intuito de remoção de sujidades. (b) Enxágüe preliminar do detergente automotivo com uso de mangueira pressurizada. (c) Enxágüe definitivo com retirada de sujidades através da passagem do sistema *rollover*.

[6] No canto direito aparece um dos tambores de 200 L utilizados para armazenar a diluição do detergente automotivo

Durante cada noite, de segunda à sexta, são lavados os 129 ônibus. No sábado e domingo, o número cai para 100 e 70 veículos, seguindo esta ordem.

As **Tabelas 8.14 e 8.15** apresentam, respectivamente, a seqüência do procedimento de lavagem veicular e a ficha técnica do produto utilizado na lavagem de carroceria.

Tabela 8.14 – Seqüência do procedimento de lavagem da carroceria.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO(segundos)
1ª	Aplicação de detergente com escova e jateamento	50
2ª	Passagem no sistema *rollover*	40
	TOTAL	90 (1 minuto e meio)

Tabela 8.15 – Produto aplicado no processo de lavagem de carroceria.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Shampoo automotivo	SABÃO NEUTRO	CLEAR BUS	Nonil fenol etoxila, dodecil benzeno sulfonato de sódio, hidróxido de sódio e formol	neutro	3 litros do produto para 200 litros de água

Obs: Essa diluição é suficiente para as lavagens de 32 veículos.

Os serviços de lavagem de chassis e lubrificação são realizados em um *box* independente, dotado de sistema hidráulico para elevação do veículo. Os processos de lubrificação e lavagem dos chassis, eventualmente dos motores também, são realizados dentro do mesmo processo, pelo mesmo encarregado.

A lavagem de chassi consiste basicamente no jateamento prolongado de água pressurizada. Para aumentar a eficiência da remoção de material oleoso, é aplicado óleo diesel, através de uma escova. As juntas, eixos e conexões são jateadas com graxa para efeito de lubrificação. Este serviço é realizado tomando como base a quilometragem do veículo, onde são realizadas em média quatro operações de lavagem e lubrificação de chassis por período da noite. Eventualmente, em períodos de licenciamento de veículo, também é utilizado desengraxante nos chassis, visando uma limpeza mais criteriosa. A **Tabela 8.16** demonstra a seqüência do procedimento de lavagem de chassis.

Tabela 8.16 – Seqüência do procedimento de lavagem de chassis e lubrificação de eixos e conexões.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO (minutos)
1ª	Aplicação de jateamento de água pressurizada	50
2ª	Aplicação de óleo diesel e graxa no chassi, eixos e conexões	20
3ª	Aplicação de jateamento de água pressurizada enxágüe	30
	TOTAL	100 (1 hora e 40 minutos)

A área de lavagem de chassis e a área de lavagem interna de veículos drenam para o mesmo conjunto separador água e óleo. Para o caso da lavagem de chassis, o *box* possui um sistema adicional de caixas separadoras, conforme **Figura 8.38**.

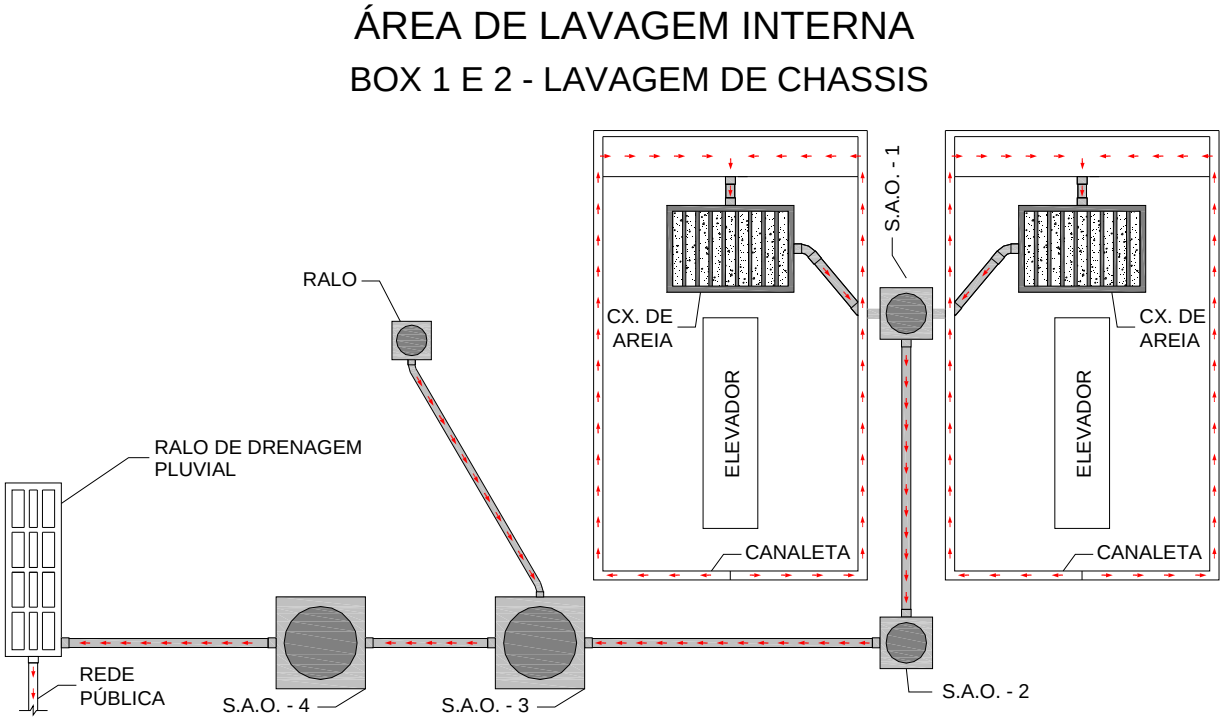


Figura 8.38 – Diagrama esquemático da área de lavagem de chassis e interna.

Os separadores 1 e 2 são circulares com diâmetro de 0,60m e lâmina d'água de 0,60 m. Já os separadores 3 e 4 **(Figura 8.39)** possuem diâmetro de 1 metro e lâmina d'água de 1 metro aproximadamente. Todos são sistemas convencionais construídos em concreto e alvenaria. O efluente final segue para o sistema de água pluvial, dotado de ralos **(Figura 8.40)**, que serve também para o escoamento da água que é drenada do pátio.

Figura 8.39 – Aspecto geral do SAO 4.

Figura 8.40 – 1º ralo de drenagem pluvial onde foi coletado o efluente após o SAO 4, representando a área de lavagem interna e a área de lavagem de chassis.

A seqüência das **Figuras 8.41 a, b e c** apresentam as fases de lavagem e lubrificação de chassis. O serviço inicia-se com o jateamento, utilizando água pressurizada, de forma exaustiva. Para dissolução do óleo e sujeiras incorporadas ao chassi é aplicado óleo diesel, seguido de novo jateamento com água pressurizada. Eventualmente, é aplicado desengraxante, normalmente em períodos de licenciamento de veículos.

(a)

(b)

(c)

Figura 8.41 – (a) Jateamento pressurizado com água para enxágüe e remoção de sujeira do chassi. (b) Lubrificação com jateamento de graxa nos eixos, conexões e peças. (c) Vassoura e recipiente utilizado para armazenar o óleo diesel aplicado para a limpeza do chassi. Este é utilizado para dissolver materiais oleosos e sujidades presas no chassi.

A lavagem do interior do ônibus consiste na varrição **(Figura 8.42)** e jateamento pressurizado com água, no sentido de remoção de material arenoso, argiloso, sujeiras e sólidos grosseiros, como por exemplo, garrafas plásticas e papéis.

O processo continua com a aplicação do mesmo detergente automotivo que é aplicado na lavagem de carroceria. A aplicação é feita com derramamento de baldes, onde as sujidades são removidas através de escovação. Após esse procedimento, é realizado novo jateamento com água pressurizada.

Para casos de remoção de sujeira específicos, também é utilizado um produto denominado limpa alumínio, que visa a remoção pontual. Esse procedimento é realizado durante o dia e não envolve fluxo de água, sendo trabalhado com o auxílio de panos e estopas. Algumas vezes, pode ser aplicado o desengraxante. Normalmente, durante um período de trabalho noturno, são lavados internamente cerca de 40 ônibus.

As **Tabelas 8.17 e 8.18** apresentam a seqüência de lavagem interna e a ficha técnica dos produtos de limpeza utilizados na empresa.

Figura 8.42 – Lavagem interna veicular.

Tabela 8.17 – Seqüência do procedimento de lavagem interna.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO (minutos)
1ª	Aplicação de jateamento de água pressurizada	1
2ª	Aplicação de detergente automotivo com escovação	1
3ª	Aplicação de jateamento de água pressurizada enxágüe	2
	TOTAL	4 minutos

Tabela 8.18 – Produtos aplicados no processo de lavagem de chassis e interna.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Shampoo automotivo	SABÃO NEUTRO	CLEAR BUS	Nonil fenol etoxila, dodecil benzeno sulfonato de sódio, hidróxido de sódio e formol	neutro	5 litros do produto para 200 litros de água
Desengraxante	DESENGRAXANTE	CLEAR BUS	Água, ácido sulfônico, hidróxido de sódio, tripolifosfato de sódio e Isobutildiglicol	-	1:5
Multi uso	VEJA	RECKITT BENCKISER	Água, ácido sulfônico, nonil fenol etoxilado, butilglicol, hidróxido de sódio e hidróxido de amônio	neutro	puro
Limpa alumínio	ASSIM	ASSOLAN	Água, amina etoxilada quartenizada, espessante e corante	-	1:5
Limpa alumínio	BYT'S	-	Ácido dodecil benzeno sulfônico, acidificante, corante e veículo	-	1:5

OBS: A diluição do *shampoo* automotivo lava entorno de 30 veículos.

8.3.6. Revendedora de Caminhões

Localizada na rodovia Washington Luís, no município de Duque de Caxias, conforme **Figura 8.43**, a Revendedora de Caminhões é uma empresa que trabalha com venda de caminhões usados e utilitários em geral.

Figura 8.43 – Característica geral da Revendedora de Caminhões.

O trabalho de amostragem realizado na empresa ocorreu na área de lavagem veicular **(Figura 8.44)** dotada de um sistema separador água e óleo convencional, circular, em dois estágios (caixas A e B). A caixa A possui diâmetro de 1 metro e profundidade de lâmina d'água entorno de 0,80 m. A caixa B possui diâmetro de 0,60 m e lâmina d'água entorno de 0,50 m. As coletas foram feitas na entrada da caixa A (ponto a) e na caixa de passagem após a caixa B (ponto b), representada na **Figura 8.45**. Na **Figura 8.46,** é apresentado um diagrama esquemático da área de lavagem.

Figura 8.44 – Área de lavagem veicular da empresa.

Figura 8.45 – Caixa de passagem onde foi coletado o efluente após o SAO.

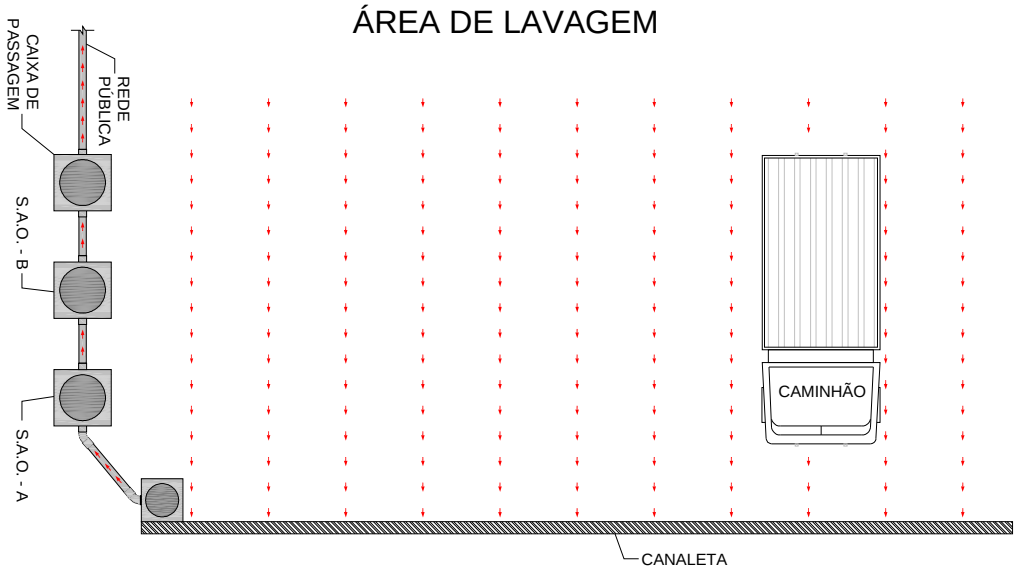


Figura 8.46 – Diagrama esquemático da área de lavagem da Revendedora de Caminhões.

O efluente coletado foi originado de uma lavagem de caminhão, tipo baú. Nesta lavagem o baú não foi lavado. Apenas a carroceria do caminhão, suas rodas e parte do chassi foram lavadas.

O procedimento de lavagem adotado na Estrada Veículos seguiu o seguinte roteiro, apresentado nas **Figuras 8.47 a, b e c.**

a) ***Jateamento com água pressurizada, antes e após a aplicação dos produtos utilizados para limpeza;***
b) ***Aplicação de pulverização de óleo diesel nas rodas e desengraxante no chassi;***
c) ***Lavagem de carroceria com shampoo automotivo, com retirada das sujidades através do uso de esponja.***

A freqüência de lavagem é de aproximadamente 1 veículo por dia.

(a)

(b)

(c)

Figura 8.47 – (a) Jateamento com água pressurizada antes e após a aplicação dos produtos. (b) Jateamento dos produtos utilizados: Desengraxante para o chassi e óleo diesel para as rodas. (c) Lavagem da carroceria com aplicação de *shampoo* automotivo, utilizando esponja para remoção das sujeiras.

O *Shampoo* automotivo aplicado na lavagem veicular é apresentado na **Figura 8.48**.

Figura 8.48 – Aspecto do *shampoo* automotivo utilizado.

A vazão da operação de lavagem foi realizada por método de cubagem, aferida na caixa de passagem onde foi coletado o efluente. As **Tabelas 8.19 e 8.20** apresentam a seqüência do procedimento de lavagem e a ficha técnica dos produtos utilizados na limpeza veicular.

Tabela 8.19 – Seqüência do procedimento de lavagem veicular.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO(minutos)
1ª	Aplicação de jato d'água carroceria e chassi (retirada grosseira de sujeiras, incluindo óleo)	5
2ª	Aplicação de óleo diesel nas rodas	2
3ª	Aplicação de jato d'água rodas	3
4ª	Pulverização com desengraxante no chassi	5
5ª	Aplicação de jato d'água no chassi	10
6ª	Aplicação de esponja com *shampoo* automotivo na carroceria	3
7ª	Aplicação de jato d'água enxágüe carroceria	2
	TOTAL	30

Tabela 8.20 – Produtos aplicados no processo de limpeza veicular.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Shampoo automotivo líquido e viscoso	L-70	BELLUCHE COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA	Tensoativos sintéticos, soda cáustica, água corante e perfume	amarela	300 mL para 15 litros de água. Normalmente essa diluição lava 1 veículo. Para um novo trabalho em outro dia a água é descartada
Shampoo automotivo desengraxante	DESFAT LDB	QUIMIFAST IND.E COM, LTDA	Sulfonato de dodecil benzeno, aminas, álcool, fosfatos e tenso ativos	azul	1:5, onde 1,5 litro lavam 1 veículo
-	ÓLEO DIESEL	-	-	preto	500 mL por veículo

8.3.7. Concessionária de Veículos

Situada no bairro da Tijuca, na cidade do Rio de Janeiro, esta Concessionária de Veículos trabalha com a venda e revenda de carros novos e seminovos de sua marca **(Figura 8.49)**. A concessionária também presta serviços de manutenção, reparo e conservação para seus clientes, possuindo em suas instalações área de oficina, pintura, lavagem e lubrificação de veículos. O estabelecimento possui licença de operação expedida pelo órgão ambiental estadual, no caso a FEEMA.

Figura 8.49 – Aspecto geral da Concessionária de Veículos.

Os trabalhos de estudo na concessionária focaram a área de oficina **(Figura 8.50)** e área de lavagem e lubrificação de veículos. Na área de oficina não se observou a utilização de água no processo de reparo e manutenção dos veículos. O piso, impermeável, é conservado limpo, onde possíveis vazamentos na área de trabalho são removidos com estopas e destinados como resíduos sólidos.

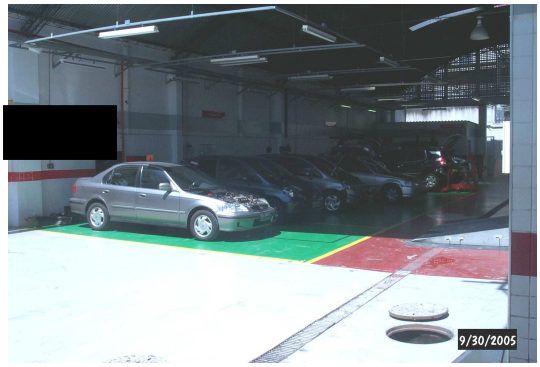


Figura 8.50 – Área de oficina e piso limpo conservado.

Os serviços de limpeza de peças da empresa são realizados em área separada **(Figura 8.51 a)**, onde os solventes e desengraxantes utilizados para tal finalidade são recolhidos em uma pia que succiona o efluente para um coletor (bombona de 30 litros), conforme **Figura 8.51 b**. Esta água residuária é enviada para uma empresa que faz uma recuperação deste material, segregando o óleo e os solventes.

(a)

(b)

Figura 8.51 – (a) Lavagem de peças com uso de desengraxante recolhida em uma bacia durante o trabalho de limpeza. (b) Sistema de recolhimento da águas residuária da lavagem de peças.

Na área de lavagem, demonstrada no diagrama esquemático da **Figura 8.52** e na **Figura 8.53**, observou-se a rotina de trabalho de lavagem e lubrificação de veículos padronizada na empresa. Na mesma área foram amostrados dois pontos. O primeiro foi coletado na caixa de areia do *box* de lavagem **(Figura 8.54 a)** e o segundo ponto foi coletado na caixa de passagem localizada após a 2ª caixa separadora (SAO B), conforme **Figura 8.54 b**.

Nesta mesma caixa separadora, foi aferida a vazão da lavagem de veículos, por método de cubagem, tomando como resultado a vazão média do período, através de 3 medidas instantâneas de vazão.

ÁREA DE LAVAGEM

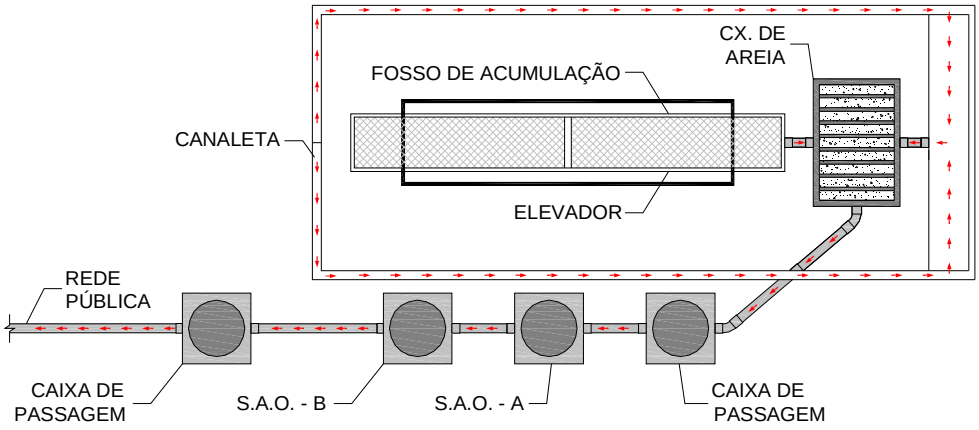


Figura 8.52 – Diagrama esquemático da área de lavagem de veículos da Concessionária de Veículos.

Figura 8.53 – Área de lavagem de veículos.

(a) **(b)**

Figura 8.54 – (a) Caixa de areia onde foram coletadas as amostras antes do sistema separador água e óleo. (b) Sistema separador água e óleo. Da direita para esquerda: Caixa de passagem preliminar, SAO A, SAO B e caixa de passagem final. Nesta última foram coletadas as amostras após o sistema separador e aferida a vazão da lavagem.

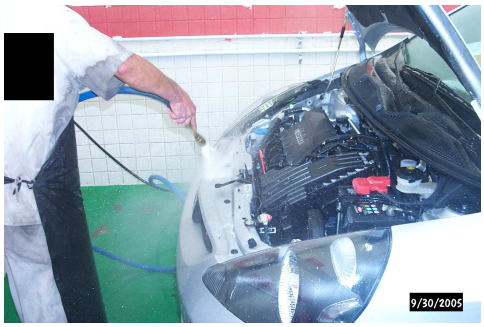
O sistema separador águas e óleo existente na empresa é dotado de dois estágios (Caixa A e B), convencional e circular. A caixa A possui diâmetro de 1 metro, com 1 metro de lâmina d'água. A caixa B possui 0,60 m de diâmetro, com 0,50 de altura de lâmina d'água.

A lavagem de veículos apresenta uma rotatividade média de 30 veículos por dia, operando de segunda a sexta. O procedimento de lavagem é realizado de acordo com o roteiro abaixo, incluindo seus aspectos gerais, apresentado nas **Figuras 8.55 a, b, c, d, e, f, g.**

a) ***Jateamento com uso de água pressurizada na carroceria, chassi e motor antes e após o uso dos produtos de limpeza;***
b) ***Lavagem de carroceria com uso de shampoo automotivo diluído em água, através de aplicação de esponja para remoção de sujeiras;***
c) ***Lavagem de chassi com pulverização de desengraxante diluído com querosene e água;***
d) ***Lavagem de motor com pulverização de shampoo para motor diluído em água.***

(a)

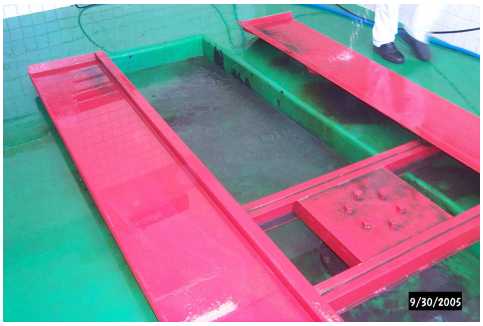
(b)



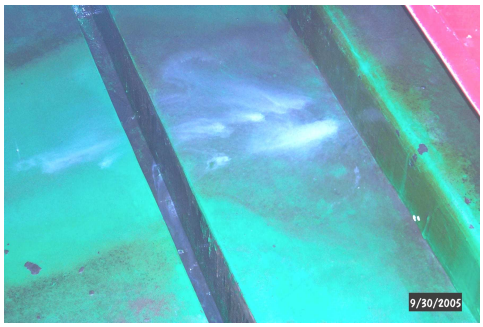
(c)

(d)

(e)



(f)



(g)

Figura 8.55 – (a) Jateamento com água pressurizada na carroceria. (b) Jateamento de água pressurizada no chassi. (c) Jateamento de água pressurizada no motor. (d) Aplicação de *shampoo* automotivo com remoção de sujeiras da carroceria com uso de esponja. (e) Pulverização de *shampoo* para o motor. (f) Aspecto da água oleosa, após a lavagem de um veículo no fosso de acumulação. (g) Formação de espuma na água residuária proveniente da lavagem veicular.

As **Tabelas 8.21 e 8.22** apresentam, respectivamente, a seqüência do procedimento de lavagem e a ficha técnica dos produtos utilizados na limpeza veicular.

Tabela 8.21 – Seqüência do procedimento de lavagem veicular.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO(minutos)
1ª	Aplicação de jato d'água carroceria e chassis (retirada grosseira de sujeiras, incluindo óleo)	10
2ª	Aplicação de esponja com *shampoo* automotivo na carroceria	5
3ª	Pulverização com desengraxante no chassi	5
4ª	Aplicação de jato d'água na carroceria e chassi para enxágüe	5
5ª	Aplicação de jato d'água no motor com pulverização de *shampoo* e enxágüe	3
6ª	Jateamento de água pressurizada para enxágüe geral	2
	TOTAL	30

Tabela 8.22 – Produtos aplicados no processo de limpeza veicular.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Shampoo automotivo carroceria	SILICLIN	DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS LTDA	Fluido de silicone, composto de polímeros dimetil-siloxano e solventes isoparafínicos hidrogenados	incolor	1:200 É empregada uma bombona de 200 L, onde é colocado 1 L de *shampoo* Essa proporção lava entorno de 600 carros, ou 1 mês de trabalho
Desengraxante chassi e motor	EMULSIN 10	DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS LTDA	Mistura homogênea de hidrocarbonetos alifáticos, surfactantes não-iônicos, aniônicos e butil glicol éter	vermelho	Para o chassi são empregados 2 litros de desengraxante diluídos em 3 litros de querosene e 10 litros de água, num total de 15 litros Essa proporção lava 30 carros, ou 1 dia de trabalho Para o motor a diluição usada é 1:6, onde é aplicado 0,5 litro de *shampoo* para 3 litros de água Essa proporção lava 4 carros
Solvente	QUEROSENE	DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS LTDA	Hidrocarbonetos parafínicos, naftênicos e aromáticos	incolor	São empregados 3 litros de querosene diluídos em 2 litros de desengraxante e 10 litros de água, num total de 15 litros Essa proporção lava 30 carros, ou 1 dia de trabalho

8.3.8. Lava-Jato

Situado no bairro da Tijuca, município do Rio de Janeiro-RJ, o Lava-Jato analisado atua no ramo de lavagem veicular, categoria esta popularmente conhecida como lava-jato **(Figura 8.56)**. Os serviços realizados no estabelecimento incluem a lavagem de carroceria, através de sistema *rollover*, e limpeza interna de veículo com aspiração de pó. Assim como os lava-jatos situados no estado do Rio de Janeiro, este lava –jato não possui licença ambiental.

Figura 8.56 – Aspecto geral do Lava-Jato.

A amostragem e os estudos realizados no lava-jato em questão focaram a área de lavagem de carroceria **(Figura 8.57)**. Neste aspecto, foram coletadas amostras do efluente na caixa de areia da área de lavagem de carroceria, referente ao sistema *rollover* **(Figura 8.58)**, e na caixa de passagem após o sistema separador água e óleo **(Figuras 8.59 e 8.60)**. Em virtude da drenagem local, os dois pontos de coleta objetivaram a coleta bruta, antes da passagem no SAO, e a tratada, após a passagem no SAO. Neste caso, para a amostra bruta foi considerada uma amostragem composta da água residuária contida na caixa de areia do *box* de lavagem, com uma amostra da drenagem da área de jateamento preliminar e aplicação de espuma. Esta última drenagem flui para a mesma caixa de passagem onde é drenado o efluente tratado, após o SAO. Estas duas drenagens chegam à caixa de passagem em duas tubulações diferentes.

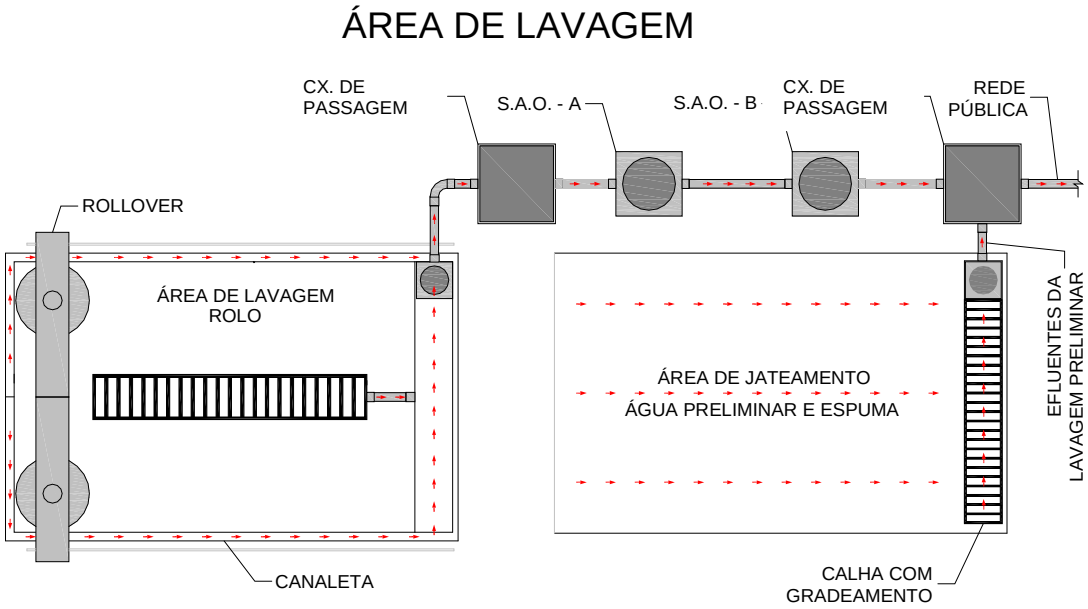


Figura 8.57 – Diagrama esquemático da área de lavagem do Lava-Jato.

Figura 8.58 – Aspecto da caixa de areia com espuma. Este local foi um dos pontos de coleta do efluente bruto.

Figura 8.59 – Detalhe da calha com gradeamento e uma poça de água residuária contendo detergente fluindo para a caixa de passagem com dispositivo de visita fechado.

Figura 8.60 – Aspecto da caixa de passagem após o SAO[7].

O sistema separador água e óleo instalado no lava-jato é do tipo convencional, circular e possui dois estágios (Caixas A e B). Ambos possuem diâmetro de 0,60 m e lâmina d'água entorno de 0,50 m **(Figura 8.61)**.

Figura 8.61 – Aspecto geral do SAO B.

O procedimento de lavagem veicular, apresentado nas **Figuras 8.62 a,b,c,d,e,f,g,h**, segue o seguinte roteiro:

a) Jateamento com água pressurizada preliminar na carroceria e calotas;

b) Aplicação de desengraxante nas calotas por processo de pulverização;

c) Aplicação de esponja para remoção de sujeiras grosseiras;

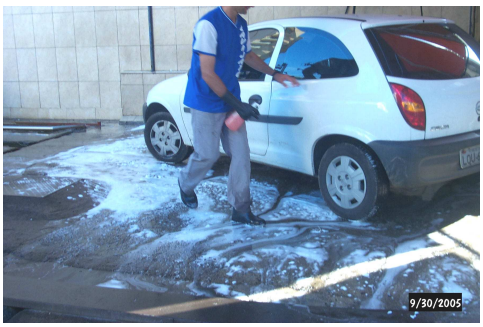
d) Jateamento de espuma utilizando detergente automotivo;

e) Jateamento com água pressurizada no chassi, através da utilização sistema de esguicho instalado no piso;

f) Lavagem e secagem do veículo no sistema rollover.

[7] Na tubulação inferior foi coletada a amostra do efluente tratado, após o SAO. Na tubulação superior foi coletada a outra porção da amostra do efluente bruto, oriundo da calha gradeada.

(a)



(b)

(c)

(d)

(e)

(f)

(g)

(h)

Figura 8.62 – (a) Jateamento preliminar da carroceria e calotas. (b) Aplicação de desengraxante nas calotas. (c) Aplicação de esponja na carroceria. (d) Jateamento de espuma de detergente automotivo. (e) Esguicho de água no chassi. (f) Lavagem de carroceria no sistema *rollover*. (g) Secagem do veículo. (h) Serviços de limpeza e aspiração interna veicular.

A movimentação de veículos, para lavagem, gira entorno de 80 veículos diários, em dias de tempo bom, e 30 veículos em dias de tempo nublado. Os dias de chuva não geram movimento. A média diária é de 68 veículos. As **Tabelas 8.23 e 8.24** apresentam, respectivamente, a seqüência do procedimento de lavagem e a ficha técnica dos produtos utilizados na limpeza veicular.

Tabela 8.23 – Seqüência do procedimento de lavagem veicular.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO(segundos)
1ª	Aplicação de jato d'água na carroceria (retirada grosseira de sujeiras, incluindo óleo), com aplicação de esponja	60
2ª	Aplicação de espuma na carroceria	10
3ª	Esguicho de água no chassi	20
4ª	Lavagem sistema *rollover*	80
5ª	Secagem do veículo	70
	TOTAL	240(4minutos)

Tabela 8.24 – Produtos aplicados no processo de limpeza veicular.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Shampoo automotivo carroceria	SHAMPOO JET	ALVAMINE QUIMICA E COM LTDA	Alquil sulfonato de sódio, formaldeído, essência, corante e veículo	verde	1:200. É empregada uma bombona de 200 L, onde é colocado 1 L de *shampoo* Duas proporções lavam entorno de 80 carros, ou 1 dia bom de trabalho
Desengraxante calotas	-	-	-	rosa	1:20. É diluído em 1 litro de água e pulverizado em 1 veículo. Uma embalagem de 20 litros dura entorno de 2 meses, ou 2400 veículos
Limpa Pneus	PNEU SUPER	ALVAMINE QUIMICA E COM LTDA	Formaldeído, álcool etílico, corante e veículo	preto	Utilizado no setor de limpeza interna para acabamento dos pneus

8.4.9. Retífica de Peças e Motores

Situada no município de Nova Iguaçu – RJ, esta Retífica é uma empresa que atua no ramo de reparo de motores diesel, gasolina e álcool, além de montagem e serviços de torno **(Figura 8.63)**.

Figura 8.63 – Aspecto da entrada da Retífica.

As amostragens e os estudos na empresa concentraram-se na área de lavagem e limpeza de peças **(Figura 8.64)**. O sistema de drenagem para esta área flui para um sistema separador de água e óleo convencional, circular, em dois estágios (Caixa A e B), de diâmetro 0,60 m e profundidade de lâmina d'água entorno de 0,80 m **(Figura 8.65)**. As coletas foram realizadas na tubulação de entrada da caixa de passagem após a Caixa B. Neste ponto, foi aferida a vazão de entrada por método de cubagem.

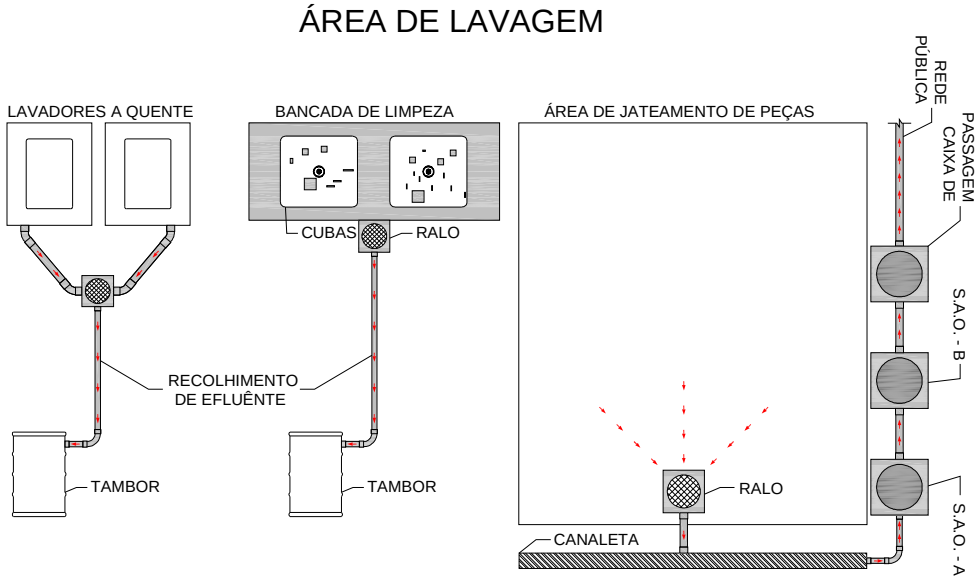


Figura 8.64 – Diagrama esquemático da área de lavagem e limpeza de peças da Retífica.

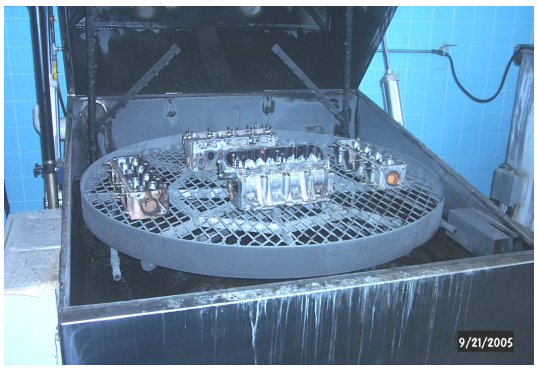
Figura 8.65 – Aspecto do sistema separador água e óleo[8].

A metodologia de trabalho da lavagem e limpeza de peças, demonstrada nas **Figuras 8.66 a,b,c**, consiste primeiramente em um banho à quente, em duas máquinas lavadoras de peças. Neste tipo de banho, é aplicado um desengraxante diluído na água de banho em temperaturas elevadas. Posteriormente, as peças são jateadas com uso de ar comprimido e água pressurizada. Em alguns casos, as peças são colocadas em um uma bancada onde passam por um novo processo de limpeza com uso de óleo diesel e querosene, e assim, são novamente jateadas com ar comprimido e água pressurizada. Para esta limpeza manual, são colocadas bandejas, duas no total, onde o líquido resultante é recolhido. São lavadas em média 50 unidades de diversos tipos de peças por dia.

A drenagem da água de banho à quente é recolhida em um recipiente à parte e destinada para uma empresa que faz a recuperação do óleo. O líquido nas bandejas é coletado e também destinado para recuperação do óleo. Entretanto, foram observados indícios de que este líquido também era diluído com o uso da água pressurizada e drenado para o sistema separador, inclusive com a presença de detergentes.

O restante da drenagem de águas residuárias para o sistema separador é proveniente do jateamento de água pressurizada nas peças.

[8] Da esquerda para direita: SAO A, SAO B e caixa de passagem. Nesta última foram coletadas as amostras da área de lavagem e limpeza de peças. É observado um caráter emulsionado e leitoso da água residuária tratada.



(a)

(b)

(c)

Figura 8.66 – (a) Máquina lavadora de peças à quente. (b) Jateamento com água pressurizada (c) Limpeza manual de peças com uso de óleo diesel e querosene.

A **Tabela 8.25** apresenta a ficha técnica dos produtos utilizados na limpeza veicular.

Tabela 8.25 – Produtos aplicados no processo de limpeza de peças.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Detergente desincrustante alcalino para chassis em pó	SOLUPAN TÉCNICO	JOHNSON DIVERSEY	Metassilicato de sódio, alcalinizante, coadjuvante, seqüestrante e tensoativo	branca	2 a 4 kg para cada 100 litros de água
Desengraxante para lavadoras de alta pressão utilizadas em retíficas de motores em spray	RIDOLINE 53 S	ICATIBA PRODUTOS QÚIMOCOS LTDA	-	-	-
	ÓLEO DIESEL	-	Hidrocarbonetos parafínicos, naftênicos e aromáticos	preto	Diluído em proporção 1:1 com óleo diesel. Entorno de 2,5 litros por bandeja dia
-	QUEROSENE	-	Hidrocarbonetos parafínicos, naftênicos e aromáticos	incolor	Diluído em proporção 1:1 com óleo diesel entorno de 2,5 litros por bandeja dia

8.3.10. Auto-Center

Localizado no município de Duque de Caxias-RJ, o Auto-Center é uma atividade do ramo automotivo que trabalha com troca de peças, como suspensão, amortecedores, molas, baterias, filtros, pneus, além de realizar serviços de alinhamento, balanceamento, lavagem, lubrificação e troca de óleo de veículos **(Figura 8.67)**.

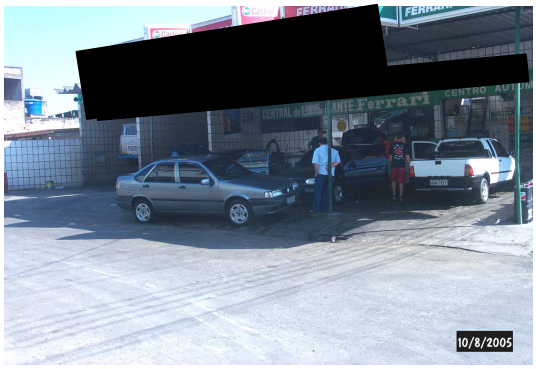


Figura 8.67 – Aspecto geral do Auto-Center.

A drenagem da lavagem veicular, que é realizada em dois boxes, conforme diagrama esquemático da **Figura 8.68**, drena para um sistema separador água e óleo em dois estágios (Caixa A e B), tipo convencional e circular. A caixa A possui diâmetro de 1 metro e no momento da verificação de campo encontrava-se cheia de lodo, apresentada na **Figura 8.69 a**. A caixa B, separada por septo de concreto, conforme **Figura 8.69 b**, possui diâmetro de 0,60 m e profundidade de lâmina d'água de 0,30 m.

As amostragens e os estudos focaram a área de lavagem veicular e polimento final. As coletas ocorreram em dois pontos: o primeiro na caixa de areia do *box* de lavagem **(Figura 8.69 c)** e o segundo na caixa separadora B, após o septo. Devido à geometria da caixa e da ausência de caixa de passagem após o sistema separador, não foi possível aferir a vazão.

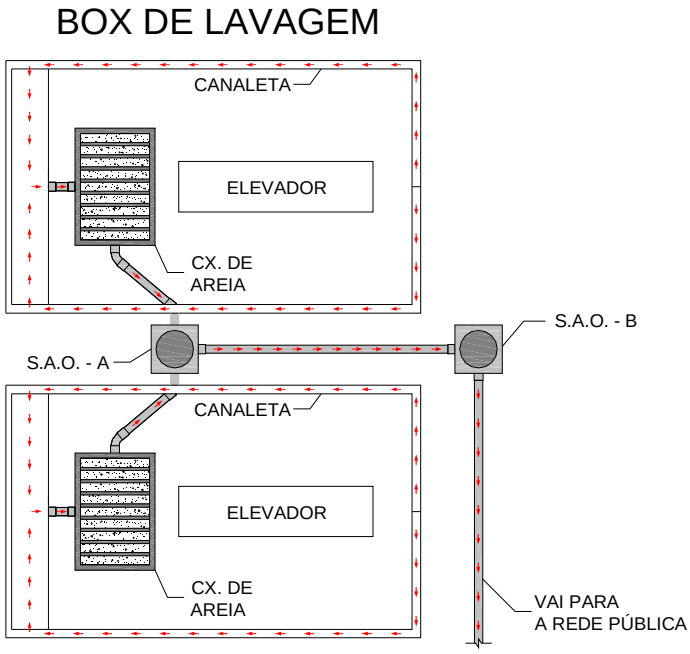


Figura 8.68 – Diagrama esquemático da área de lavagem do Auto-Center.

(a)

(b)

(c)

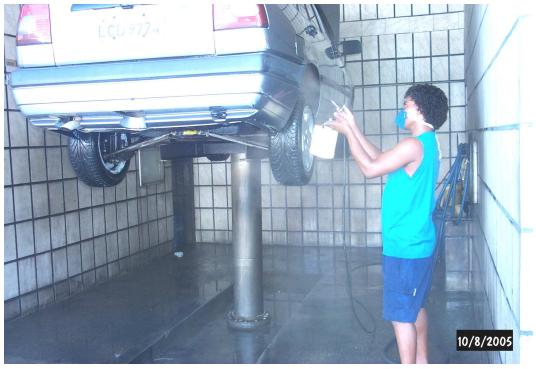
Figura 8.69 – (a) SAO A completamente cheio de lodo. (b) Aspecto do SAO B. A coleta neste ponto ocorreu após o septo de concreto. (c) Caixa de areia no fosso do *box* de lavagem. Este ponto foi um dos locais de coleta.

A lavagem de veículos no Auto-Center apresenta uma rotatividade média de 20 veículos por dia, operando de segunda a sábado. O procedimento de lavagem empregado é a lavagem completa, ou geral, realizada de acordo com o roteiro abaixo, apresentado nas **Figuras 8.70 a,b,c,d,e**.

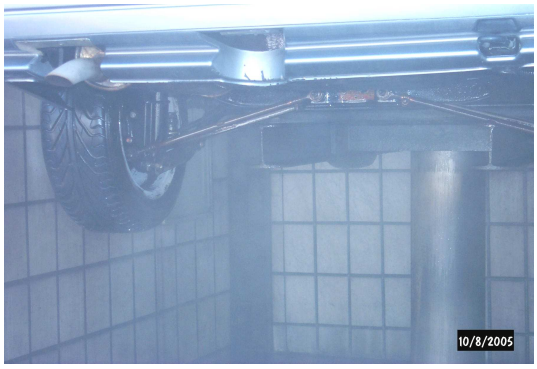
a) ***Jateamento com uso de água pressurizada na carroceria, chassi e motor antes e após o uso dos produtos de limpeza;***
b) ***Lavagem de carroceria com uso de shampoo automotivo diluído em água, através de aplicação de esponja para remoção de sujeiras;***
c) ***Lavagem de chassi e motor com pulverização de desengraxante diluído em água;***
d) ***Pulverização de óleo de mamona no chassi como forma de polimento para a lavagem.***

Após a lavagem terminada, o veículo segue para os serviços complementares de polimento e de limpeza interior com duração de 30 minutos.

(a)



(b)[9]



(c)[10]

(d)

(e)

Figura 8.70 – (a) Procedimento de jateamento de água pressurizada. (b) Pulverização de óleo de mamona nas rodas e chassi após o fim da lavagem. (c) Aerossol formado durante a aplicação de óleo de mamona. (d) Pulverização de óleo diesel nas calotas para acabamento. (e) Aplicação de silicone líquido na frente do veículo.

[9] O mesmo procedimento é aplicado para o desengraxante.
[10] O aerossol formado apresenta característica asfixiante.

As **Tabelas 8.26 e 8.27** apresentam, respectivamente, a seqüência do procedimento de lavagem e a ficha técnica dos produtos utilizados na limpeza veicular (produzidos no próprio estabelecimento mediante compra de insumos básicos).

Tabela 8.26 – Seqüência do procedimento de lavagem veicular.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO(minutos)
1ª	Aplicação de jato d'água carroceria e chassis (retirada grosseira de sujeiras, incluindo óleo)	15
2ª	Aplicação de esponja com *shampoo* automotivo na carroceria	6
3ª	Pulverização com desengraxante no chassi	7
4ª	Aplicação de jato d'água na carroceria e chassi para enxágüe.	15
5ª	Aplicação de jato d'água no motor e tapetes com pulverização de *shampoo* e enxágüe	5
6ª	Jateamento de água pressurizada para enxágüe geral	5
7ª	Pulverização de óleo de mamona no chassi e rodas	7
	TOTAL	60

Tabela 8.27 – Produtos aplicados no processo de limpeza veicular.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Shampoo automotivo carroceria	-	Fabricação própria no estabelecimento	Ácido sulfônico, soda cáustica e amida	incolor	1:20 6 litros de solução lavam 5 veículos
Desengraxante automotivo motor e chassi	-	Fabricação própria no estabelecimento	Ácido sulfônico, soda cáustica e amida	incolor	1:25 50 litros de solução lavam 1 período de trabalho ou 30 veículos
-	ÓLEO DE MAMONA	-	Óleo vegetal	incolor	Puro: Entorno de 1 litro por veículo

8.3.11. Posto 4

Este posto de abastecimento está situado no bairro da Lagoa, no município do Rio de Janeiro, e apresenta serviços de abastecimento de gasolina, álcool e diesel. Possui uma área de lavagem veicular por jateamento, atendendo basicamente carros de passeio, e uma loja de rede de conveniência **(Figura 8.71)**.

O Posto 4 possui licença de operação, de acordo com previsto na Resolução CONAMA 273/2000, além de sistema gerencial local e central da sede da empresa, coordenando postos em todo país.

Figura 8.71– Aspecto geral do Posto 4.

No trabalho de avaliação do posto, foram selecionadas duas áreas para coleta: a de lavagem de carroceria e a de abastecimento de veículos. Para cada uma delas, foram escolhidos os seguintes pontos de coleta:

a) Caixa de passagem antes do sistema separador da área de lavagem de carroceria;
b) Caixa de passagem após o sistema separador da área de lavagem de carroceria;
c) Caixa de passagem antes do separador da área de abastecimento;
d) Compartimento final de saída do SAO da área de abastecimento.

Pontos a e b

Esta amostragem foi realizada em uma manhã de tempo bom e condições de operação de lavagem normal, representando o efluente da área de lavagem, antes e após a passagem no sistema separador água e óleo, que é dotado de dois separadores convencionais circulares A e B com 1 metro de diâmetro e altura da lâmina d'água de 0,80 m, conforme **Figura 8.72**.

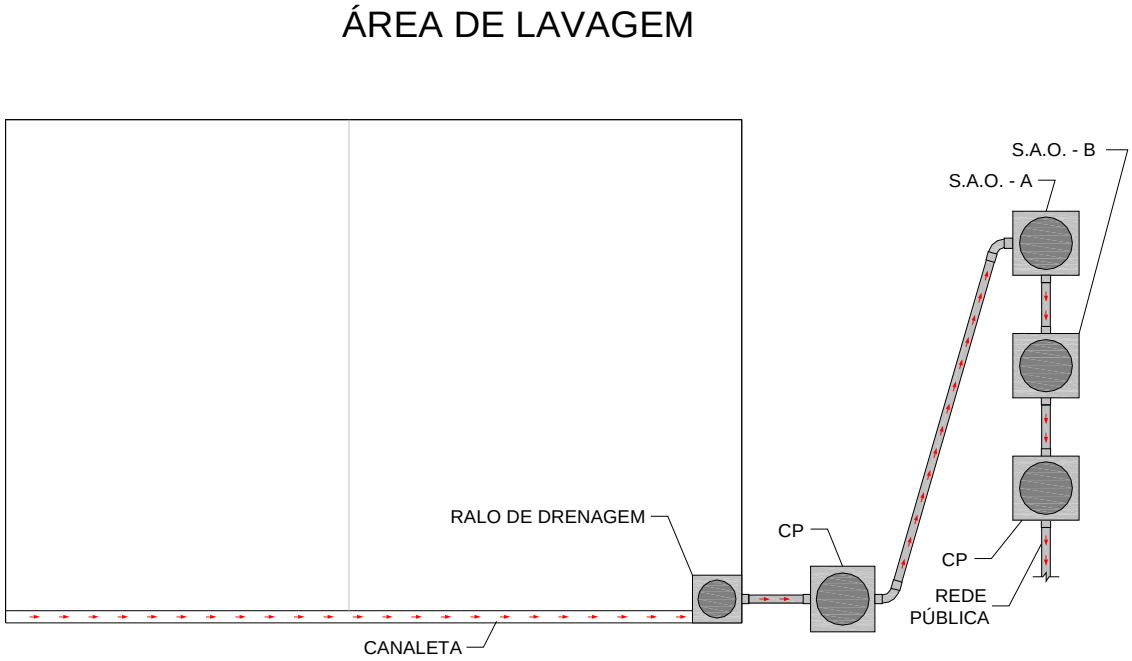


Figura 8.72 - Diagrama esquemático da área de lavagem.

Nas **Figura 8.73 a, b** são apresentadas as caixas A e B do sistema separador água e óleo, e a caixa de passagem, após o sistema, na área de lavagem.

(a) **(b)**

Figura 8.73 – (a) Aspecto do sistema separador água e óleo (caixas A e B), e caixa de passagem, onde foi coletado o efluente final, respectivamente de cima para baixo. (b) Aspecto da caixa A do sistema separador água e óleo[11].

[11] O separador encontrava-se com lâmina expressiva de óleo livre, já necessitando remoção.

O procedimento de lavagem apresenta duas fases principais. A primeira, onde é aplicado um pano embebido de água com detergente automotivo, realizando movimento de fricção na carroceria do veículo. A segunda, onde é realizado um jateamento de água pressurizada para remoção do detergente e demais sujidades. O posto também executa serviços de acabamento de lavagem automotiva com aplicação de cera e aspiração interna.

Para a aplicação de água pressurizada, o posto emprega uma lavadora automática da marca Kärcher HD 800, alcançando a vazão de 800 L/h, apresentada na **Figura 8.74**. O Posto 4 lava entorno de 10 veículos por dia, incluindo carros de passeio, caminhonetes e *vans*.

Figura 8.74 - Lavadora automática utilizada para lavagem veicular.

Na **Tabela 8.28** seguem alguns dados observados em campo, relacionados com a limpeza de carroceria.

Tabela 8.28 – Seqüência do procedimento de lavagem veicular.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO (segundos)
1ª	Aplicação de pano embebido	300(5 minutos)
2ª	Jateamento com jato pressurizado	600(10 minutos)
	TOTAL	900(15 minutos)

As Figuras 8.75 a,b,c,d apresentam o procedimento de lavagem veicular e o encaminhamento do efluente da lavagem.

(a) **(b)**

(c) **(d)**

Figura 8.75 – (a) Jateamento de água pressurizada após aplicação prévia do pano embebido de água e detergente. (b) Efluente com detergente fluindo para a calha. (c) Caixa de passagem antes do SAO tomada por espuma de detergente[12]. (d) Acabamento com aplicação de cera automotiva.

A **Tabela 8.29** apresenta os produtos utilizados no processo de limpeza veicular.

Tabela 8.29 – Produto aplicado no processo de limpeza veicular.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Detergente Automotivo	RZK	RZK QUÍMICA DO BRASIL LTDA	Água, nonil fenol etoxilado, hidróxido de sódio,ácido sulfônico, trietalonamina, corante essência e conservante	vermelho	1:100. Cada diluição é previamente preparada e lava um máximo de 3 veículos (balde 8 litros)

[12] Neste ponto foi coletado o efluente antes do SAO.

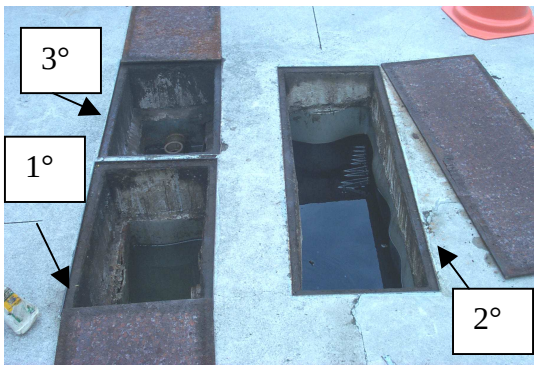
Ponto c e d

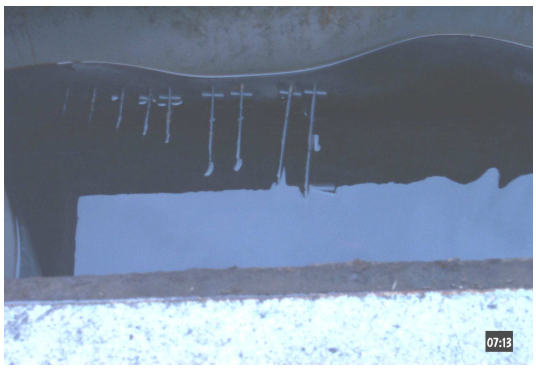
A amostragem dos pontos c e d foi realizada na mesma manhã da amostragem da área de lavagem, na área de abastecimento voltada para a pista no sentido Lagoa-Centro, **Figura 8.76,** onde foi avaliada a influência de um efluente escoando pela calha instalada na área de abastecimento. Para a obtenção do fluxo, foi realizado um escoamento induzido na calha, conforme **Figura 8.77**, através da aplicação de água em um regador, empurrando o fluxo através de um dispositivo de limpeza de calhas.

A área de abastecimento, assim como toda área do posto, possui piso impermeável. No caso da área de abastecimento, existe uma calha no entorno que drena para um sistema separador água e óleo de placas coalescentes, uma unidade, em 3 estágios, com dimensões de aproximadamente 1,20 m x 0,80 m x 1 m (comprimento, largura e altura), da empresa Ecoflex, detalhada na **Figura 8.78 a,b,c**. Este separador, por sua vez, é conectado à rede de drenagem pública, passando anteriormente por uma caixa de passagem. O efluente da área de abastecimento foi coletado em dois pontos, um na caixa de passagem antes do SAO de placas coalescentes e outro no estágio final do SAO, na tubulação de saída.

Figura 8.76 – Aspecto geral da área de abastecimento.

Figura 8.77 – Escoamento induzido na calha.





(a)[13] **(b)**

(c)

Figura 8.78 – (a) Aspecto do primeiro SAO de placas coalescentes da área de abastecimento em seus estágios (1°, 2° e 3°). (b) Aspecto do 2° estágio, com placas coalescentes avariadas. (c) Detalhe do SAO, à direita o 1° estágio, com sifonamento, à esquerda o 3° estágio, onde foi coletado o efluente final.

A **Figura 8.79** apresenta um diagrama esquemático da área de abastecimento.

[13] No momento da coleta no SAO percebeu-se forte cheiro de compostos voláteis, especialmente gasolina.

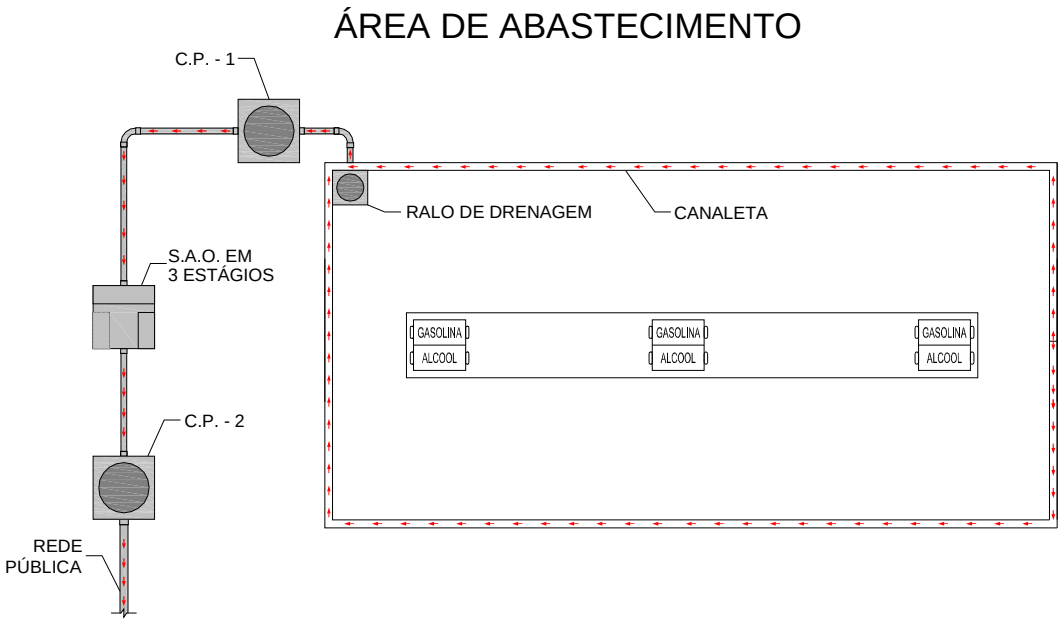


Figura 8.79 – Diagrama esquemático em planta da área de abastecimento.

A área de abastecimento possui um total de 24 pontos, onde 18 são de gasolina, além de 4 pontos de álcool e 2 pontos de diesel, abrangendo uma área aproximada de 300 m^2. O número médio de veículos que circulam no posto é representado na **Tabela 8.30**.

Tabela 8.30 – Número médio de veículos atendidos no posto sentido Lagoa-Centro.

TIPO DE COMBUSTÍVEL	N° DE VEÍCULOS POR COMBUSTÍVEL
Gasolina	255
Diesel	15
Álcool	30
TOTAL	**300**

Nessa área, também são realizados serviços de lavagens de vidro durante o abastecimento dos veículos. Estima-se um número de atendimento entorno de 45 veículos por dia. Para a limpeza utiliza-se o mesmo detergente automotivo da área de lavagem, inclusive a diluição, onde em média são gastos 20 litros de água por veículo. A aplicação do detergente é feita por intermédio de um pano embebido, através de movimento de fricção. No momento da coleta, não estavam sendo realizadas operações de lavagem.

8.3.12. Posto 5

Situado no bairro de Copacabana, próximo à praia, no município do Rio de Janeiro **(Figura 8.80)**, pertencente à mesma rede de postos do Posto 4, o trabalho realizado neste posto consistiu em coletar as águas residuárias da área de abastecimento.

Figura 8.80 – Aspecto geral do Posto 5 e sua área de abastecimento.

No trabalho de avaliação da área de abastecimento foram selecionados os seguintes pontos de coleta:

a) Caixas de passagens A e B antes do SAO de placas coalescentes;
b) 2° compartimento do SAO de placas coalescentes;
c) Caixa de passagem após SAO de placas coalescentes.

Pontos a,b,c

A amostragem dos pontos a,b,c foi realizada em uma tarde de tempo bom, e localizou-se em uma das "ilhas" da área de abastecimento voltada para a pista no sentido Leme-Copacabana, **Figura 8.80.** O efluente coletado baseou-se nas águas residuárias paradas remanescentes nas caixas de passagem, antes e após o SAO, e no próprio SAO. Não foram coletadas águas referentes a um fluxo d'água por não estarem ocorrendo lavagens no momento.

O Posto 5 não possui área específica para lavagem veicular, contudo são realizados serviços de lavagem de vidros e lavagens de carroceria simples na área de abastecimento.

A coleta do ponto a, referente às duas caixas de passagens antecedentes ao SAO, foi

realizada em frascos individualizados, contudo, a sua análise laboratorial ocorreu de forma composta, no sentido de representar o efluente antes do sistema separador água e óleo.

A área de abastecimento, assim como toda a área do posto, possui piso impermeável. O posto possui duas grandes áreas de abastecimento, cada uma voltada para um sentido da pista, onde em cada uma dessas áreas existem duas ilhas de abastecimento, 4 no total. Cada uma das áreas possui um sistema separador de placas coalescentes instalado, pertencentes a dois fabricantes diferentes. A drenagem do efluente automotivo é feita por uma calha no entorno de ambas as áreas, passando previamente por caixas de passagem.

O sistema separador de placas coalescentes amostrado foi o do fabricante Zeppini, Modelo ZP-2000, possuindo uma unidade de dois 2 estágios, com dimensões aproximadas de 1,60 m x 0,90 m x 1,40 m (comprimento, largura e altura), detalhada na **Figura 8.81 a,b,c**. A capacidade de vazão do equipamento é de 2000 L/h, onde o ângulo de inclinação dos elementos coalescentes é de 45°. Em relação ao óleo retido, o separador possui a capacidade de armazenar 475 litros de óleo por estágio, e, ao final, é conectado a rede de drenagem pública, passando anteriormente por uma caixa de passagem. A **Figura 8.81 d** retrata o outro modelo de SAO utilizado no posto.

(a)

(b)

(c)

(d)

Figura 8.81 – (a) Vista geral SAO placas coalescentes Zeppini. (b) Aspecto do SAO, à esquerda o 1° estágio sifonado, à direita o 2° estágio com o módulo coalescente. (c) Aspecto da caixa com a presença de óleo. (d) SAO placas coalescentes da área de abastecimento não amostrada[14].

A **Figura 8.82** apresenta um diagrama esquemático da área de abastecimento.

[14] Na figura observa-se o sarcófago com água oleosa de drenagem de chuva que não passa no SAO.

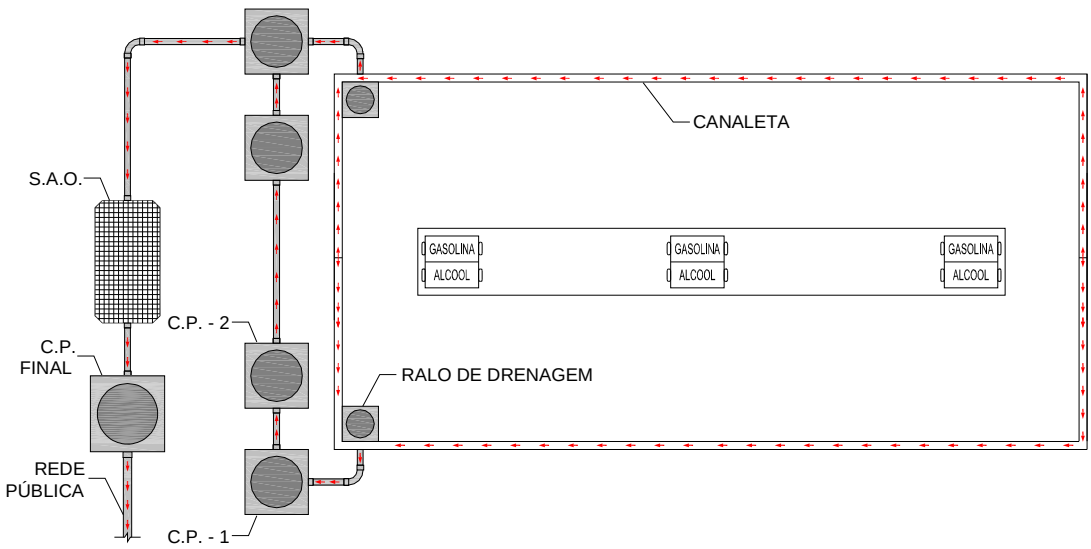


Figura 8.82 – Diagrama esquemático da área de abastecimento sentido Leme-Copacabana.

A área de abastecimento no sentido Leme-Copacabana possui um total de 16 pontos de abastecimento, onde 8 são de gasolina, além de 4 pontos de álcool e 4 pontos de diesel, abrangendo uma área aproximada de 300 m^2. O número médio de veículos que circulam no posto é representado na **Tabela 8.31**.

Tabela 8.31 – Número médio de veículos atendidos no posto sentido Leme-Copacabana.

TIPO DE COMBUSTÍVEL	N° DE VEÍCULOS POR COMBUSTÍVEL
Gasolina	350
Diesel	75
Álcool	75
TOTAL	**500**

As lavagens de vidro e de carroceria simples realizadas na área de abastecimento são realizadas durante o abastecimento dos veículos, de acordo com quantitativo expresso na **Tabela 8.32**.

Tabela 8.32 – Tipos e quantitativo de lavagem veicular no posto sentido Leme-Copacabana.

TIPO DE LAVAGEM	N° DE VEÍCULOS POR CATEGORIA
Lavagem simples de carroceria	10
Lavagem de vidro	75
TOTAL	**85**

As lavagens são realizadas manualmente, onde a aplicação do detergente é feita por intermédio de um pano embebido, através de movimento de fricção, onde o enxágüe é realizado pela aplicação de água por intermédio de um regador, sem pressão. Em média são gastos 20 litros de água por veículo, para a limpeza de vidro, e 40 litros para a lavagem simples de carroceria. **A Tabela 8.33** apresenta o produto aplicado na limpeza veicular.

Tabela 8.33 – Produto aplicado no processo de limpeza veicular.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Shampoo Automotivo em líquido viscoso	SHAMPOO PARA CARROS	LEIMAR INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE SABÃO LTDA	Tensoativos aniônicos, agentes emulsionantes e solubilizantes	amarelo	3% (30 mL por litro)

Obs: Cada Diluição é previamente preparada e lava um máximo de 10 veículos (vidro) (balde 6 litros).

8.3.13. Concessionária de Veículos 2

A Concessionária de Veículos 2 **(Figura 8.83)** está situada na Rodovia Washington Luís, no município de Duque de Caxias-RJ, e além de realizar a venda de carros novos e seminovos de sua marca, também realiza serviços de manutenção, reparo e conservação para os seus clientes. As instalações abrangem a área de oficina, pintura, lavagem e lubrificação. A empresa possui licença ambiental, conforme determinação do órgão ambiental estadual.

Figura 8.83 – Aspecto geral da Concessionária de Veículos 2.

O trabalho realizado na Concessionária de Veículos 2 focou a área de lavagem veicular, com intuito de amostrar a água residuária proveniente do processo de lavagem dos carros. Neste aspecto, foram amostrados os seguintes pontos:

a) Entrada do SAO de placas coalescentes;

b) *Caixa de passagem após o SAO de placas coalescentes*.

Pontos a e b

Estes pontos cobrem, respectivamente, a entrada e a saída do sistema separador da área de lavagem **(Figura 8.84)**, conforme itemização acima, apresentado na **Figura 8.85**. Esse sistema é do tipo placas coalescentes retangular, 1 unidade, com 2 estágios, e dimensões de 1,50 m x 0,90 m x 0,90 m (comprimento, largura e altura), conforme **Figuras 8.86 e 8.87**. As águas residuárias são drenadas por canaletas e drenadas para o SAO, onde após passar por ele, o efluente drena para uma caixa de passagem **(Figura 8.88)**, que efetua a drenagem para o sistema de águas pluviais público. Existe também uma caixa coletora de óleo ao lado com o objetivo de acondicionar o óleo livre removido do SAO, apresentada na **Figura 8.89**.

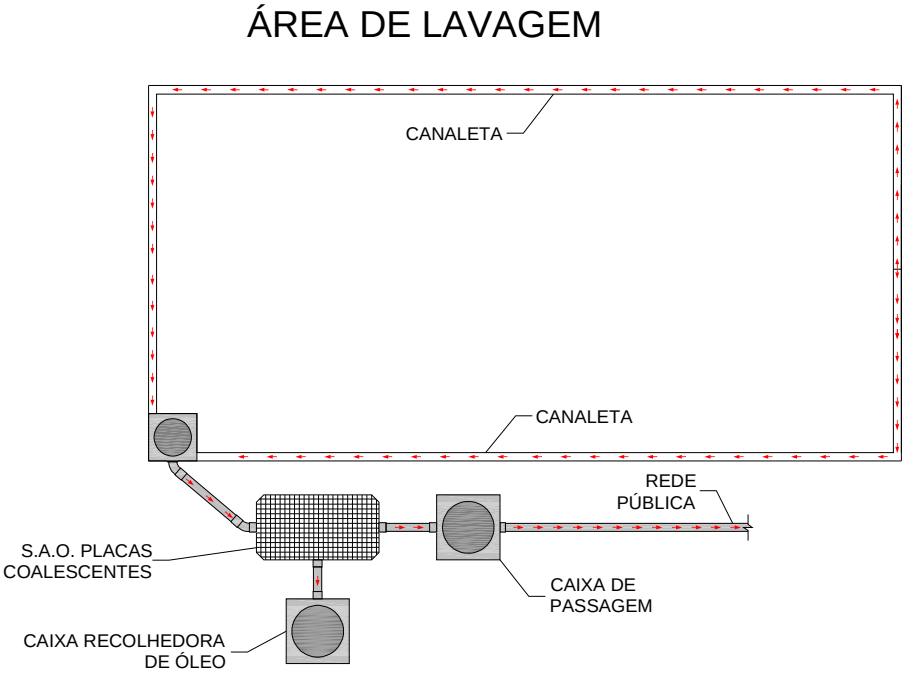


Figura 8.84 –Diagrama esquemático da área de lavagem.

Figura 8.85 – Aspecto da área de lavagem.

Figura 8.86 – Caixa separadora de placas coalescente na área de lavagem. Aspecto geral do módulo coalescente, da canaleta coletora de óleo (flauta), e da chicana que separa o primeiro e o segundo estágio.

Figura 8.87 – Coleta na caixa separadora de placas coalescentes.

Figura 8.88 – Caixa de passagem após o SAO de placas coalescentes. Neste ponto foram coletadas as amostras correspondentes ao ponto b.

Figura 8.89 – Aspecto da caixa coletora de óleo[15].

O procedimento de lavagem aplicado no posto inclui apenas a lavagem de carroceria, através do jateamento pressurizado. A aplicação do detergente automotivo ocorre manualmente através da aplicação de esponja, por processo de fricção. A média diária de veículos lavados pelo posto, por tipo de lavagem é dada pela **Tabela 8.34**. A tipologia básica

[15] No momento da foto o funcionário estava tentando desobstruir a tubulação de recolhimento do óleo livre, entupida de areia por falta de manutenção. O óleo livre não estava sendo recolhido na caixa coletora.

dos veículos lavados são carros de passeio. O produto utilizado na lavagem veicular, além da propriedade de *shampoo* automotivo, também possui a característica de remoção de ceras acrílicas protetivas, normalmente aplicadas na ocasião de fabricação do carro.

Tabela 8.34 – Tipos e quantitativo de lavagem veicular diária.

TIPO DE LAVAGEM	**N° DE VEÍCULOS**
Lavagem carroceria	7
TOTAL	**7**

A seqüência dos procedimentos de lavagem, e os produtos utilizados para limpeza veicular encontram-se, respectivamente, nas **Tabelas 8.35 e 8.36**.

Tabela 8.35 – Seqüência do procedimento de lavagem veicular completa tipo geral.

ORDEM	AÇÃO	TEMPO (minutos)
1ª	Jatemento de água preliminar	2
2ª	Aplicação de esponja com embebida de detergente com remoção de sujeira da carroceria e outros serviços	15
3ª	Jateamento de água para enxágüe carroceria	3
	TOTAL	**20**

Tabela 8.36 – Produto aplicado no processo de limpeza veicular.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Shampoo Automotivo líquido removedor de ceras	PROAUTO MULT REMOCERAS	PROAUTO	Tensoativos iônicos e não iônicos, lauril éter sulfato de sódio, nonifenol, sais alcalinos e silicatos	-	1:30. Utiliza-se uma diluição prática de 1 balde (6litros) em uma bombona de 200 L. Essa proporção dura 1 semana de trabalho ou entorno de 35 veículos

8.4. TESTE ÓLEO-DETERGENTE APLICADO À CAIXA SEPARADORA DE PLACAS COALESCENTES ZP-2000

A intenção deste teste foi reproduzir, de modo simplificado, a metodologia ASTM, para testes de desempenho envolvendo sistemas separadores água e óleo de placas coalescentes, acrescentando a interferência da ação de um detergente automotivo. Na observação, objetivou-se indicar a influência dos coadjuvantes, especialmente o detergente, nos processos de emulsificação do óleo livre retido. Nesse aspecto, foram recolhidas três amostras para análise de óleos e graxas, onde a primeira foi recolhida sem a influência do detergente e as demais com a influência do detergente, ao longo de 4 horas de teste. Toda a estrutura e supervisão para a realização do teste foram dadas e acompanhadas pelo laboratório da TECMA. A **Figura 8.90** apresenta o diagrama esquemático do teste.

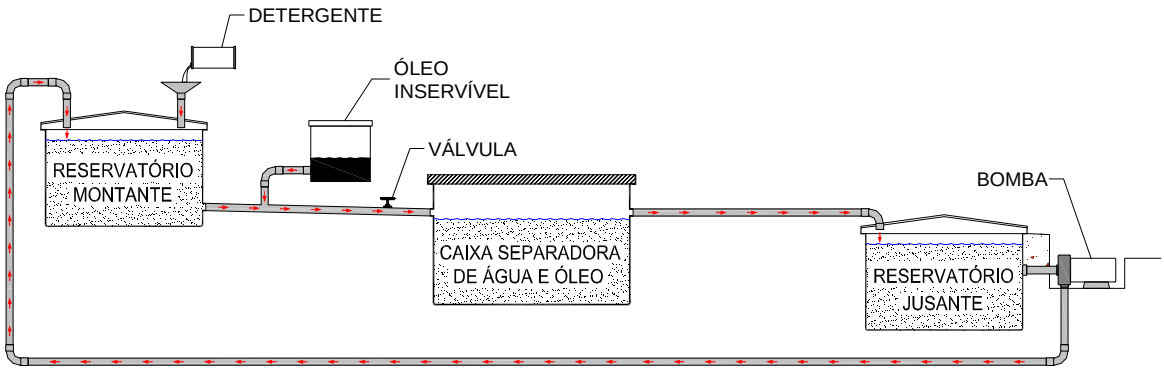


Figura 8.90 – Diagrama esquemático do teste aplicado.

O teste foi realizado, num primeiro momento, com a introdução apenas de óleo inservível oriundo de um tanque plástico, por processo de gravidade, conforme **Figura 8.91**, no sistema separador água e óleo de placas coalescentes, Modelo ZP-2000. O SAO também foi interligado em dois tanques de água, um a montante e outro a jusante, sendo mantido por bombeamento, em uma vazão de 2000 L/h **(Figura 8.92)**.

Figura 8.91– Sistema de aplicação de óleo inservível por gravidade (reservatório branco).

Figura 8.92 - Aspecto do reservatório superior, SAO de placas coalescentes e reservatório inferior (da esquerda para a direita, respectivamente).

Após 1 hora da introdução de óleo no sistema, realizou-se uma coleta do efluente. Nesse momento, mais de 50% do volume do óleo inservível reservado, num total de 10 litros, já havia sido introduzido. Como o somatório das águas circuladas no SAO (entorno de 1000 litros) e nos dois reservatórios (1000 litros), um ciclo completo ocorria a cada 1 hora, assim, na plenitude da inserção de óleo, a concentração no sistema chegou a 5.000 ppm.

Em seguida, introduziu-se detergente automotivo nos reservatórios a montante e jusante do SAO **(Figura 8.93)**. Daí em diante, novas amostragens de efluente foram

realizadas 1 hora após e 3 horas após, exemplificado na **Figura 8.94**. O óleo inservível continuou a ser liberado, alcançando 100% do total após a 3ª hora de teste.

Figura 8.93 - Presença de detergente nos reservatórios superior e inferior após aplicação.

Figura 8.94 - Coleta do efluente antes da aplicação do detergente[15].

Após a 2ª hora de teste observou-se a presença de duas pequenas manchas de óleo no reservatório a jusante, apesar do efluente a vazão constante não ter apresentado uma característica visual oleosa, observada na saída da tubulação, em virtude da retenção do óleo promovida pelo SAO **(Figura 8.95)**. Essas pequenas manchas permaneceram constantes no reservatório, com adição de outras poucas, ainda menores, até o fim do teste. Outro fenômeno observado foi a emulsificação do óleo livre retido no 1º e 2º estágios do separador **(Figura 8.96)**.

[15] É observada a característica não oleosa e clara do efluente.

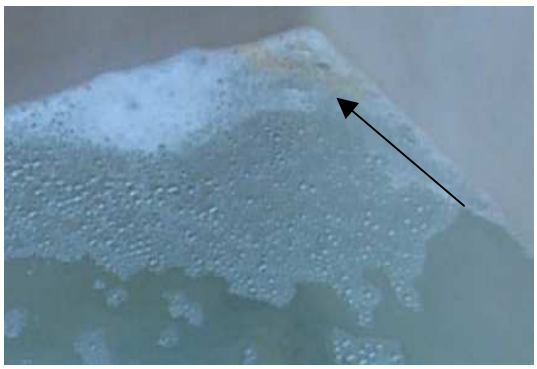


Figura 8.95 - Aspecto de uma mancha oleosa pequena emulsionada por detergentes indicada pela seta, observada no reservatório a jusante.

Figura 8.96 - Processo de emulsão oleosa formada no SAO devido à aplicação do detergente automotivo.

O detergente aplicado, e suas características são apresentados na Tabela **8.37.**

Tabela 8.37 – Produto aplicado no processo de teste do SAO.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	DILUIÇÃO
Detergente Automotivo	LAVA AUTOS COM CERA	PROAUTO	Dodecilbenzeno sulfonato de sódio, cera de carnaúba, polímero, preservante, perfume e água desmineralizada	branca	Utilizou-se 1 litro do produto diluído em aproximadamente 2.000 L de água (Separador e 2 reservatórios)

9. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostragens realizadas nas empresas estudadas, apresentadas no Capítulo 8, e consolidadas nas **Tabelas 8.1a e 8.1b**, permitiram obter informações importantes sobre o potencial poluidor do efluente automotivo. As tabelas abaixo apresentam os resultados dos parâmetros de monitoramento escolhidos, incluindo os dados de vazão e consumo de água. Após a apresentação dos resultados, são comentados, de uma forma geral, os valores obtidos para cada parâmetro. Para efeito comparativo, estes resultados são confrontados com os valores de lançamento permitidos no estado do Rio de Janeiro, conforme **Tabela 9.1.**

Os resultados da amostragem de óleos e graxas da caixa separadora de placas coalescentes ZP-2000 também são apresentados e comentados, em conjunto com os sistemas separadores água e óleo convencionais.

Tabela 9.1[1] – Limites de lançamento permitidos no estado do Rio de Janeiro.

PARÂMETROS	LIMITES DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	2 mg/L	NT 202. R-10
DQO	250 mg/L	DZ 205. R-5*
Óleos e graxas	20 mg/L	NT 202. R-10*
RNFT	-	-
Materiais Sedimentáveis	1mL/L	NT 202. R-10*
pH	5 a 9	NT 202. R-10*

No caso do parâmetro RNFT, uma vez que a legislação federal e a legislação do estado do Rio de Janeiro não apresentam um limite de lançamento específico, para efeito comparativo da qualidade do efluente, este é confrontado com o limite de lançamento estabelecido no estado de Minas Gerais, conforme **Tabela 9.2.**

Tabela 9.2 – Limite de lançamento permitido no estado de Minas Gerais para RNFT.

PARÂMETRO	LIMITE DE LANÇAMENTO	REFERÊNCIA
RNFT	Máximo diário de 100 mg/L	Deliberação Normativa nº 10/86

[1] Os parâmetros óleos e graxas, pH e materiais sedimentáveis encontram-se em consonância com a Resolução CONAMA 357/2005. O valor de 250 mg/L de DQO equivale ao ramo de Petroquímica e Química. Não existe valor específico para o ramo automotivo.

9.1. RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS NAS ATIVIDADES AUTOMOTIVAS

As **Tabelas 9.3 a 9.50** apresentam os resultados analíticos dos parâmetros de monitoramento das atividades automotivas.

a) Posto 1

Tabela 9.3 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a para as alíquotas A_{10}, B_{10},C_{10}, A_{20}, B_{20},C_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	50,9 mg/L	2 mg/L
DQO	160 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5,0 mg/L para todas as alíquotas	20 mg/L
RNFT	275 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	1,5 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	0,33L/s	-

Tabela 9.4 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto b para as alíquotas M_{10}, M_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	54,6 mg/L	2 mg/L
DQO	329 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	12 mg/L	20 mg/L
RNFT	707 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	5 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.5 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto c para as alíquotas D_{10} e D_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	0,5 mg/L	2 mg/L
DQO	3984 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	341 mg/L	20 mg/L
RNFT	652 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	2,0 mL/L	1mL/L
pH	11	5 a 9
Vazão	0,1L/s	-

Tabela 9.6 – Consumo de água semanal na área de lavagem veicular sistema *rollover*.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem veicular sistema *rollover*	80.640 (120 litros por veículo lavando 6 dias por semana)
TOTAL	**80.640**

O sistema *rollover* consome 90 litros de água por ciclo. O volume de água utilizado com regador é de 30 litros por veículo em um ciclo de lavagem.

Tabela 9.7 – Consumo de água semanal na área de abastecimento.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem de piso simples	1900 (100 litros por turno 19 vezes na semana)
Lavagem veicular na área de abastecimento	1400 (10 litros por veículo 7 dias por semana)
Lavagem de piso especial	1400 (700 litros por lavagem 2 vezes por semana)
TOTAL	**4.700**

A vazão da mangueira pressurizada foi de 828 L/h.

b) Posto 2

Tabela 9.8 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos para as alíquotas L_{10}, L_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	51,1 mg/L	2 mg/L
DQO	773 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	20 mg/L	20 mg/L
RNFT	834 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	4,0 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	-	-

A vazão do jato da mangueira pressurizada aferida foi de 540 L/h. Para o tempo total de lavagem foram consumidos 45 litros de água.

c) Posto 3

Tabela 9.9 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a para as alíquotas R_{10}, R_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	4,30 mg/L	2 mg/L
DQO	1746 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	111 mg/L	20 mg/L
RNFT	123 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,1 mL/L	1mL/L
pH	-	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.10 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto b para as alíquotas S_{10}, S_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	11,8 mg/L	2 mg/L
DQO	2476 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	93 mg/L	20 mg/L
RNFT	2077 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	14 mL/L	1mL/L
pH	5,67	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.11 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto c para as alíquotas T_{10} e T_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	17,8 mg/L	2 mg/L
DQO	167 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	13 mg/L	20 mg/L
RNFT	93 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	1,0 mL/L	1mL/L
pH	6,67	5 a 9
Vazão	0,2 L/s	-

Tabela 9.12 – Consumo de água semanal na área de lavagem.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem completa geral	15.300(510 litros por veículo 6 dias na semana)
Lavagem simples carroceria	54.000(360 litros por veículo lavando 6 dias na semana)
TOTAL	**69.300**

A vazão de água pressurizada aferida na mangueira foi de 1800 L/h.

d) Transportadora de Cargas

Tabela 9.13 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a, alíquotas E_{10} e E_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	207 mg/L	2 mg/L
DQO	2291 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	27 mg/L	20 mg/L
RNFT	1621 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	3 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	0,083 L/s	-

Tabela 9.14 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto b, alíquotas F_{10} e F_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	202 mg/L	2 mg/L
DQO	1826 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	12 mg/L	20 mg/L
RNFT	314 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis (mL/L)	2 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	0,6 L/s	-

Tabela 9.15 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto c, alíquotas G_{10} e G_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	142 mg/L	2 mg/L
DQO	1328 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	21 mg/L	20 mg/L
RNFT	208 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	1 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.16 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto d, alíquotas H_{10} e H_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	< 0,20 mg/L	2 mg/L
DQO	159 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	536 mg/L	20 mg/L
RNFT	8 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,1 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.17 – Consumo de água semanal na área de lavagem.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem de conjunto caminhão-carreta	8.000 (800 litros por veículo lavando 10 unidades por semana)
Lavagem de peças	350(10 litros por eixo lavando 7 dias na semana)
TOTAL	**8.350**

A vazão da mangueira de jateamento, observada na especificação da lavadora de alta pressão HDS 1200, da empresa Kärcher, foi de 1.200 L/h.

e) Garagem de Ônibus

Tabela 9.18 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a (tubulação saída), alíquotas N_{10} e N_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	8,90 mg/L	2 mg/L
DQO	115 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5 mg/L	20 mg/L
RNFT	133 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,1 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	0,5 L/s	-

Tabela 9.19 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a (na caixa), alíquotas O_{10} e O_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	10,3 mg/L	2 mg/L
DQO	77 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5 mg/L	20 mg/L
RNFT	95 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,1 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.20 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto b, alíquotas P_{10} e P_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	67,6 mg/L	2 mg/L
DQO	1033 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	249 mg/L	20 mg/L
RNFT	887 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	4,0 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.21 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto c, alíquotas Q_{10} e Q_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	81,6 mg/L	2 mg/L
DQO	325 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	184 mg/L	20 mg/L
RNFT	75 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,1 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	0,05 L/s	-

Tabela 9.22 – Consumo de água semanal na área de lavagem.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem de ônibus carroceria	54.605(67 litros por veículo jateamento + *rollover* lavando 7 dias na semana)
Lavagem de ônibus chassis	44.800 (1600 litros por veículo lavando 7 dias na semana)
Lavagem ônibus interna	16.800 (60 litros por veículo lavando 7 dias na semana)
TOTAL	**116.205**

A vazão aferida da mangueira com jato pressurizado foi de 1200 L/h. O sistema *rollover* consome 50 litros por ciclo de lavagem (1 veículo).

f) Revendedora de Caminhões

Tabela 9.23 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto a, alíquotas I_{10} e I_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	68,8 mg/L	2 mg/L
DQO	1399 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	334 mg/L	20 mg/L
RNFT	314 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	5,0 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.24 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos no ponto b , alíquotas J_{10} e J_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	67,6 mg/L	2 mg/L
DQO	729 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	70 mg/L	20 mg/L
RNFT	314 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	2,0 mL/L	1mL/L
pH	7	5 a 9
Vazão	0,20 L/s	-

Tabela 9.25 – Consumo de água semanal na área de lavagem.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem veicular na área de abastecimento	2376 (396 litros por veículo lavando 6 vezes por semana)
TOTAL	**2.376**

A vazão aferida da mangueira com jato pressurizado foi de 1200 L/h.

g) Concessionária de Veículos

Tabela 9.26 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas Y_{10} e Y_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	5,0 mg/L	2 mg/L
DQO	344 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5 mg/L	20 mg/L
RNFT	103 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,5 mL/L	1mL/L
pH	6,57	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.27 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas W_{10} e W_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	6,10 mg/L	2 mg/L
DQO	239 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5 mg/L	20 mg/L
RNFT	54 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,5 mL/L	1mL/L
pH	5,97	5 a 9
Vazão	0,22 L/s	-

Tabela 9.28 – Consumo de água semanal na área de lavagem veicular.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem veicular	60.000 (30 veículos dia lavando 5 dias por semana)
TOTAL	**60.000**

O jateamento pressurizado opera em uma vazão entorno de 1200 L/h.

h) Lava-Jato

Tabela 9.29 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas V_{10} e V_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	117 mg/L	2 mg/L
DQO	502 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	12 mg/L	20 mg/L
RNFT	367 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	2 mL/L	1mL/L
pH	6,47	5 a 9
Vazão	0,75 L/s	-

Tabela 9.30 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas X_{10} e X_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	14,4 mg/L	2 mg/L
DQO	89 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5 mg/L	20 mg/L
RNFT	112 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,5 mL/L	1mL/L
pH	7,99	5 a 9
Vazão	0,1 L/s	-

Tabela 9.31 – Consumo de água semanal na área de lavagem.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem com jato pressurizado	8.160 (20 litros por veículo lavando 6 dias por semana)
Lavagem com sistema *rollover*	40.800(100 litros por veiculo lavando 6 dias na semana)
TOTAL	**48.960**

O jato de água pressurizada possui vazão média de 1200 L/h, e o sistema *rollover* opera entorno de 100 L por ciclo.

i) Retífica

Tabela 9.32 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos , alíquotas U_{10} e U_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	6,70 mg/L	2 mg/L
DQO	619 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	63 mg/L	20 mg/L
RNFT	172 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,1 mL/L	1mL/L
pH	9,34	5 a 9
Vazão	0,36 L/s	-

Tabela 9.33[2] – Consumo de água semanal na área de lavagem de peças.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem veicular na área de lavagem de peças	18.000 (3000 litros dia lavando 6 dias por semana)
TOTAL	**18.000**

A vazão aferida da mangueira com jato pressurizado foi de 1200 L/h.

[2] Total incluindo o gasto com a lavagem a quente.

j) Auto-Center

Tabela 9.34 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas K_{10} e K_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	53,3 mg/L	2 mg/L
DQO	571 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	158 mg/L	20 mg/L
RNFT	441 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	1,0 mL/L	1mL/L
pH	8,58	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.35 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas Z_{10} e Z_{20}

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	30,3 mg/L	2 mg/L
DQO	650 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	277 mg/L	20 mg/L
RNFT	457 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	2,0 mL/L	1mL/L
pH	8,89	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.36 – Consumo de água semanal na área de lavagem.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem com jato pressurizado	96.000 (800 litros por veículo lavando 6 dias por semana)
TOTAL	**96.000**

O jateamento pressurizado opera em uma vazão entorno de 1200 L/h.

l) Posto 4

Tabela 9.37 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas AA_{10} e AA_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	2,50 mg/L	2 mg/L
DQO	730 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5mg/L	20 mg/L
RNFT	369 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	4,0 mL/L	1mL/L
pH	5,12	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.38 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas BB_{10} e BB_{20}

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	3 mg/L	2 mg/L
DQO	3060 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5 mg/L	20 mg/L
RNFT	24 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,5 mL/L	1mL/L
pH	-	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.39 – Consumo de água semanal na área de abastecimento.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem vidro área abastecimento	6.300 (20 litros por veículo lavando 7 dias por semana)
TOTAL	**6.300**

Tabela 9.40 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas CC_{10} e CC_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	416 mg/L	2 mg/L
DQO	1393 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5mg/L	20 mg/L
RNFT	313 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	1,0 mL/L	1mL/L
pH	4,11	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.41 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas DD_{10} e DD_{20}

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	56,1 mg/L	2 mg/L
DQO	358 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5 mg/L	20 mg/L
RNFT	178 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	0,7 mL/L	1mL/L
pH	-	5 a 9
Vazão	0,5 L/s	-

Tabela 9.42 – Consumo de água semanal na área de lavagem.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem com jato pressurizado	9.333 (133 litros por veículo lavando 7 dias por semana)
TOTAL	**9.333**

O jateamento pressurizado opera em uma vazão entorno de 800 L/h.

m) Posto 5

Tabela 9.43 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas EE_{10} , FF_{10}, EE_{20}, FF_{20}.

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	8,20 mg/L	2 mg/L
DQO	60 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5mg/L	20 mg/L
RNFT	42 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,5 mL/L	1mL/L
pH	7,67	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.44 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas GG_{10} e GG_{20}

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	5,10 mg/L	2 mg/L
DQO	119 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 5 mg/L	20 mg/L
RNFT	375 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	3,0 mL/L	1mL/L
pH	3,97	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.45 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas HH_{10} e HH_{20}

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	3,60 mg/L	2 mg/L
DQO	100 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	5,9 mg/L	20 mg/L
RNFT	34 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,5 mL/L	1mL/L
pH	6,96	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.46 – Consumo de água semanal na área de abastecimento.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem vidro na área de abastecimento	1.400 (20 litros por veículo lavando 7 dias por semana).
Lavagem carroceria na área de abastecimento	21.000 (40 litros por veículo lavando 7 dias por semana)
TOTAL	**22.400**

n) Concessionária de Veículos 2

Tabela 9.47 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas II_{10}, II_{20}

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	0,50 mg/L	2 mg/L
DQO	158 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	34 mg/L	20 mg/L
RNFT	77 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,5 mL/L	1mL/L
pH	-	5 a 9
Vazão	-	-

Tabela 9.48 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos, alíquotas JJ_{10} e JJ_{20}

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Detergentes (MBAS)	12,2 mg/L	2 mg/L
DQO	307 mg/L	250 mg/L
Óleos e graxas	< 0,5 mg/L	20 mg/L
RNFT	68 mg/L	100 mg/L
Materiais Sedimentáveis	< 0,5 mL/L	1mL/L
pH	6,77	5 a 9
Vazão	1,4 L/s	-

Tabela 9.49 – Consumo de água semanal na área de lavagem.

FONTE	CONSUMO (litros)
Lavagem com jato pressurizado	3.500 (100 litros por veículo lavando 5 dias por semana)
TOTAL	**3.500**

O jato de água pressurizada possui vazão média de 1200 L/h.

9.2. RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS NO TESTE DO SEPARADOR DE PLACAS COALESCENTES

Tabela 9.50 – Parâmetros avaliados e resultados obtidos respectivamente, alíquotas OG_1,OG_2,OG_3

PARÂMETROS	RESULTADOS	REFERÊNCIA
Óleos e graxas (1ªhora)	< 5mg/L	20 mg/L
Óleos e graxas (2ªhora)	< 5mg/L	20 mg/L
Óleos e graxas (4ªhora)	< 5mg/L	20 mg/L

9.3. DISCUSSÃO SOBRE OS PARÂMETROS AVALIADOS

9.3.1 – Detergentes (MBAS)

Os resultados das análises de detergentes, observados no afluente e efluente dos sistemas separadores água e óleo amostrados, indicaram valores acima do limite de lançamento, estabelecido pela NT 202 – R10 da FEEMA, para o estado do Rio de Janeiro, no valor de 2 mg/L , merecendo uma atenção do ponto de vista ambiental.

Excetuando-se o efluente da lavagem de piso no Posto 1, utilizando metassilicato de sódio **(Tabela 9.5)**; a limpeza de peças, na Transportadora de Cargas, com querosene e óleo diesel **(Tabela 9.16)**; e o afluente da Concessionária 2, onde não estava sendo praticada lavagem veicular no momento da coleta **(Tabela 9.47)**, em todos os outros estabelecimentos amostrados, os valores de afluente e efluente ultrapassaram o padrão de lançamento de efluentes. No caso da Transportadora de Cargas, chegou a concentração de 142 mg/L **(Tabela 9.15)** para o efluente e, no Posto 4, 416 mg/L **(Tabela 9.40)** para o afluente da lavagem veicular.

Os valores gerais do efluente dos sistemas separadores água e óleo foram menores que os valores do afluente, indicando assim uma remoção de detergentes pelos sistemas separadores água e óleo **(Tabelas do item 9.1)**. É possível que esta redução tenha ocorrido pelo efeito de "caixa de sabão", observado no trabalho de campo, onde parte da espuma aplicada nos processos de limpeza e lavagem foi retida nos sistemas separadores água e óleo. Porém, esta remoção não foi suficientemente eficiente para enquadrar o efluente final dentro dos padrões de lançamento, uma vez que os níveis de detergentes observados no afluente foram muito altos (acima do limite de lançamento de 2 mg/L), chegando a valores de 416 mg/L **(Tabela 9.40)**.

Outra consideração importante é que foram encontrados três resultados em estabelecimentos diferentes (área de abastecimento do Posto 3, área de abastecimento do Posto 4 e Concessionária de Veículos 1 e 2), onde os valores do efluente foram maiores que os valores do afluente. Isso indica que não existe confiabilidade e credibilidade na aplicação do efeito "caixa de sabão", mesmo em se tratando de uma amostragem simples e instantânea. Constata-se que, no caso, simplesmente não houve remoção de detergentes **(Tabelas 9.9, 9.10; 9.26, 9.27; 9.37, 9.38; 9.47, 9.48)**.

A presença de detergentes nos sistemas separadores água e óleo e nas suas respectivas caixas de passagem e caixas de areia preliminares, observada em exemplos como o das **Figuras 8.8, 8.9, 8.28. 8.69, 8.73, 8.75** pode ter acrescido a concentração de óleos e graxas no

efluente final, acima do valor máximo de lançamento esperado pelos sistemas separadores água e óleo, pelo efeito de emulsão química dos óleos pelos detergentes, conforme retratado nos Capítulos 3 e 5. A emulsão do óleo pode ter ocorrido durante o processo de lavagem ou pela emulsão do óleo retido nos separadores. Em estudos realizados por JESUS (1985), separadores convencionais (modelo FEEMA) apresentaram concentrações máximas de lançamento entorno de 100 mg/L de óleos e graxas no efluente (saída do separador), sem a utilização de detergentes e solventes.

No caso da Garagem de Ônibus, o efluente coletado na saída do SAO que cobre a área de lavagem interna e de chassi apresentou uma concentração de 81,6 mg/L como resultado para detergentes **(Tabela 9.21)**. A concentração final alta de detergentes (no caso 40 vezes acima do limite de lançamento) pode ter influenciado na concentração de óleos e graxas, no valor de 184 mg/L (9 vezes acima do limite de lançamento), observado neste mesmo ponto, pela emulsão do óleo durante o processo de lavagem, uma vez que o modelo de separador convencional instalado no local é similar ao modelo FEEMA (que apresenta valores máximos de lançamento de efluente contendo óleos e graxas para concentrações entorno de 100 mg/L). Os valores de óleos e graxas e detergentes encontrados na caixa de areia do *box* de lavagem de chassis (a montante do SAO), foram respectivamente 67,6 mg/L e 249 mg/L **(Tabela 9.20)**. A diferença de 84 mg/L de óleos e graxas, onde o valor máximo esperado pelo separador era de 100 mg/L, pode estar sendo influenciada pela presença de concentrações elevadas de detergentes no efluente.

Na área de lavagem do posto 4, onde a concentração de óleos e graxas no afluente encontrada foi baixa (abaixo do limite de 5 mg/L de quantificação do método) **(Tabela 9.34)**, observou-se a presença de uma lâmina de aproximadamente 4 cm de óleo livre no separador convencional **(Figura 8.73)**. A concentração de óleos e graxas constatada no efluente também foi menor que 5 mg/L **(Tabela 9.35)**. Isso indica que não houve passagem de emulsões oleosas do óleo livre retido na caixa no efluente do SAO.

Contudo, no separador instalado no Auto-Center **(Figura 8.69)**, onde não se observou a presença de uma lâmina de óleo livre, e sim de iridescências, na presença de concentrações altas de detergentes, no caso, 30,3 mg/L **(Tabela 9.34)**, o efluente final apresentou concentrações altas de óleo (acima do limite de lançamento e acima do valor máximo de lançamento dos separadores convencionais), no valor de 277 mg/L **(Tabela 9.34)**. Tal resultado indica a influência da formação de emulsões oleosas durante o processo de lavagem, não sendo retidas pelo sistema separador. Essa situação repetiu-se em outros estabelecimentos (Retífica **(Tabela 9.32)**, Revendedora de Caminhões **(Tabela 9.23)** e Transportadora de

Cargas **(Tabela 9.13)**), porém os valores de óleos e graxas ficaram abaixo do limite máximo de 100 mg/L esperado no efluente final dos separadores convencionais.

No Capítulo 5, foi apresentado um estudo de caso da COMLURB **(Figura 5.13)**, com um modelo de separador de placas coalescentes do fabricante TECMA. Neste estudo constatou-se que, em um ambiente de lavagem de caminhões com uso de sistema de jateamento, querosene e detergentes em abundância (não mediu-se a concentração de detergentes nesse estudo), a concentração final de óleos e graxas alcançou 467 mg/L **(Tabela 5.2)**. No teste realizado com o separador ZP-2000 **(Item 8.5 e Tabela 9.40)**, verificou-se apenas pequenas manchas de óleo no reservatório a jusante, onde a leitura de óleo no efluente foi menor que 5 mg/L, para três amostras. Não houve jateamento e óleo na mistura com detergente. O detergente foi aplicado separadamente com o óleo, encontrando-se já em fase livre retido no separador (50% do volume), no início da aplicação do detergente.

As observações de campo, incluindo o teste com o separador ZP-2000, indicam que a influência dos detergentes nas emulsões dos óleos ocorre com mais intensidade durante as operações de lavagem, e em pouca intensidade nos óleos já retidos nas caixas separadoras de óleo. Supõe-se que o efeito das emulsões químicas (proveniente dos detergentes), pode estar sendo potencializado pelas emulsões físicas, geradas nas operações de lavagem, principalmente pelo turbilhonamento proveniente dos jatos pressurizados. Neste Capítulo, foram apresentadas as vazões dos jatos pressurizados, alcançando valores de 1200 L/h.

As **Figuras 9.1 e 9.2** apresentam os resultados de detergentes para o afluente e efluente dos sistemas separadores água e óleo.

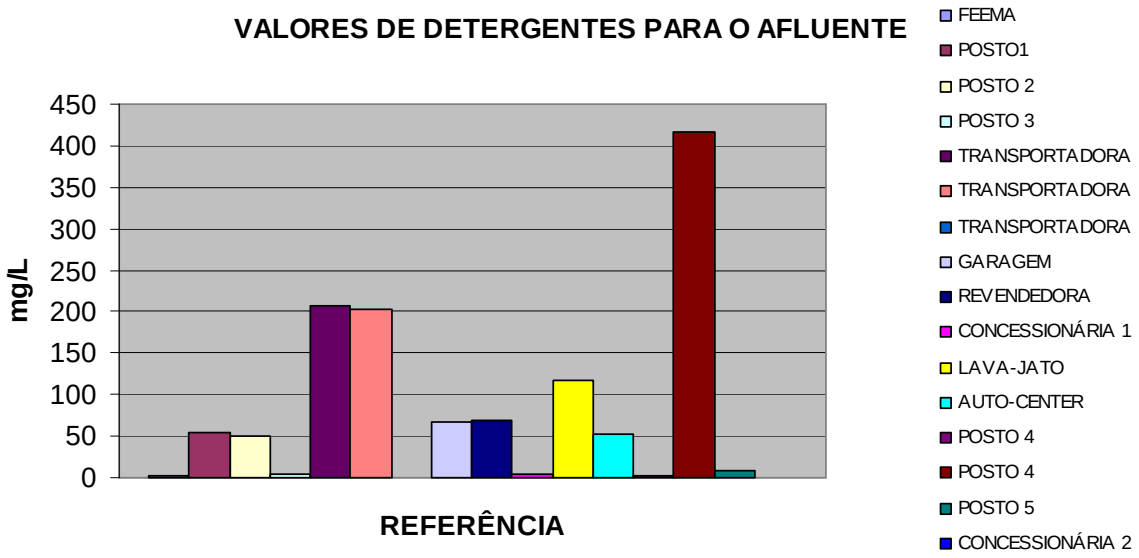


Figura 9.1 - Valores de detergentes para o afluente.

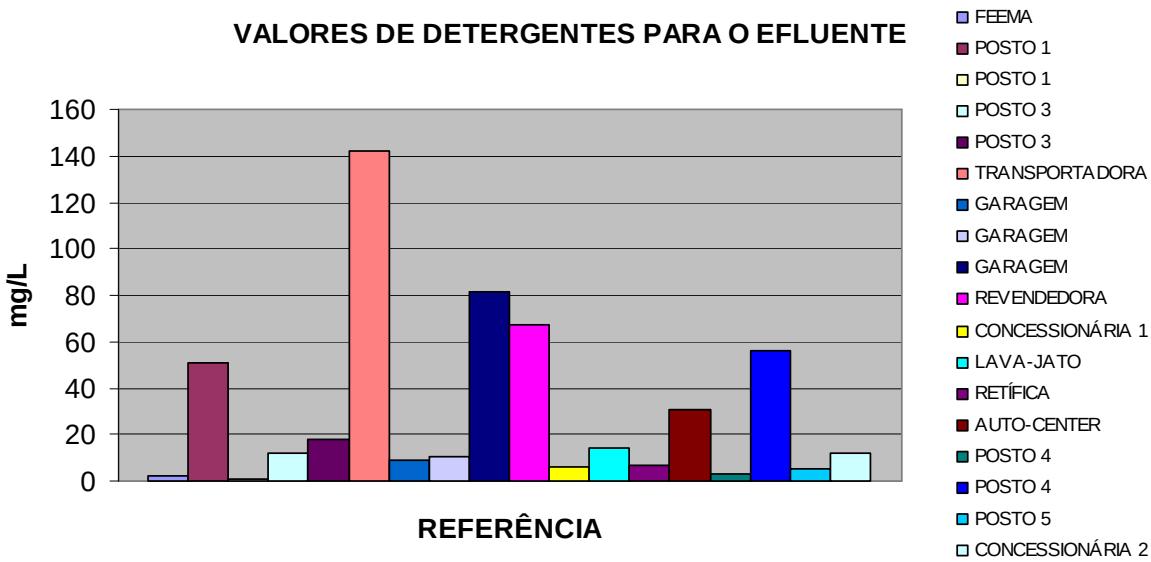


Figura 9.2 - Valores de detergentes para o efluente.

9.3.2. DQO (Demanda Química de Oxigênio)

Os resultados de DQO observados, assim como os valores de detergentes, também alcançaram valores acima do limite de lançamento. A DZ 205 –R5, da FEEMA, não estabelece um valor específico para as atividades automotivas, ou posto de abastecimento, no tocante ao seu limite de lançamento. Nesta mesma diretriz, que é organizada por tipologia de atividades, os valores de lançamento de DQO situam-se entre 100 e 500 mg/L. De um modo geral, os laboratórios adotam como referência o valor de 250 mg/L, referente ao limite de atividades petroquímicas. No País, também não existe uma legislação ambiental específica para padrões lançamento de DQO, seja para as atividades automotivas, ou até mesmo para os postos de abastecimento.

Tomando como referência o limite de 250 mg/L, os valores amostrados para DQO encontrados foram elevados. O valor mínimo observado foi de 60 mg/L **(Tabela 9.43)**, no Posto 5, e o mais elevado foi de 3.984 mg/L **(Tabela 9.5)**, referente à lavagem de piso do Posto 1. Este também foi o maior valor para efluente encontrado. Para a lavagem de veículos, o maior valor no efluente foi de 1.328 mg/L **(Tabela 9.15)**, na Transportadora de Cargas, onde também é realizada limpeza de peças. A lavagem veicular em postos de serviços atingiu o máximo valor para o Posto 4, com concentrações de 1.393 mg/L no afluente **(Tabela 9.40)** e 358 mg/L no efluente **(Tabela 9.41)**. Na área de abastecimento, a maior concentração foi para o efluente do Posto 4, com 3.060 mg/L **(Tabela 9.38)**. O cheiro forte de voláteis constatado indica uma presença de combustíveis no efluente, pois os valores de óleos e detergentes

encontrados foram baixos **(Tabela 9.38)**, estando a concentração de DQO, neste caso, atrelada aos combustíveis.

Por se tratar de um parâmetro indireto de medida, os valores de DQO altos estão diretamente relacionados aos valores altos de RNFT, óleos e graxas e detergentes. Dependendo de combinações específicas, estes parâmetros influenciam numa leitura maior ou menor de DQO.

Quando os valores de DQO superam os valores de RNFT, a leitura de DQO está mais associada à presença de solventes, combustíveis e detergentes. No caso, por exemplo, da área de abastecimento do Posto 3, pôde-se observar uma concentração mais baixa de detergentes, alcançando 4,3 mg/L, e RNFT, no valor de 123 mg/L **(Tabela 9.9)**. No caso, os óleos e graxas, no valor de 111 mg/L, associados aos combustíveis, detectados pelo forte cheiro de voláteis no momento da coleta, contribuíram para a leitura de 1.746 mg/L de DQO **(Tabela 9.9)**. A leitura de RNFT pode estar mais associada a frações suspensas de sólidos inorgânicos não oxidáveis, além de parcela óleos e graxas, uma vez que este parâmetro além da fase livre flutuante, também encontra-se emulsionado, em fase coloidal.

Quando os valores de RNFT superam a leitura de DQO, com valores baixos de óleos e graxas, o caso está mais associado a argilas e material orgânico em suspensão oxidável, removidos dos veículos e peças que conferem uma leitura de DQO. Por exemplo, nas amostras X_{10} e X_{20}, do Lava-Jato, os valores encontrados para detergentes, DQO, óleos e graxas e RNFT foram respectivamente 14,4; 89; <5 e 112 mg/L **(Tabela 9.30)**. Os valores baixos de óleos e detergentes não refletem o resultado de DQO. Assim sendo, essa leitura deve estar associada à fração de sólidos orgânicos observada no valor expressivo de RNFT.

As **Figuras 9.3 e 9.4** apresentam os resultados de DQO para o afluente e efluente dos sistemas separadores água e óleo.

Os detergentes e solventes encontrados nos efluentes líquidos automotivos possuem carga orgânica em suas composições, e esta carga conferiu leitura de DQO nas amostras realizadas. Ao longo do Capítulo 8, e no Anexo 1, foram apresentadas a composição química de detergentes e solventes aplicados nas operações de lavagem veicular e limpeza de peças. A presença desses compostos orgânicos faz com que as concentrações de DQO assumam valores acima dos limites de lançamento.

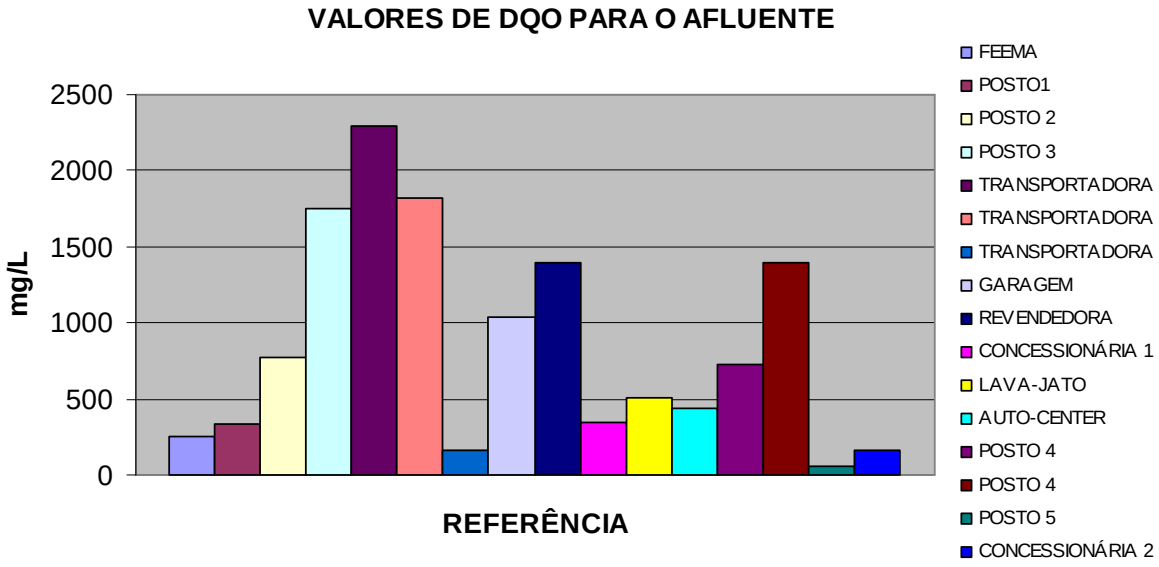


Figura 9.3 - Valores de DQO para o afluente.

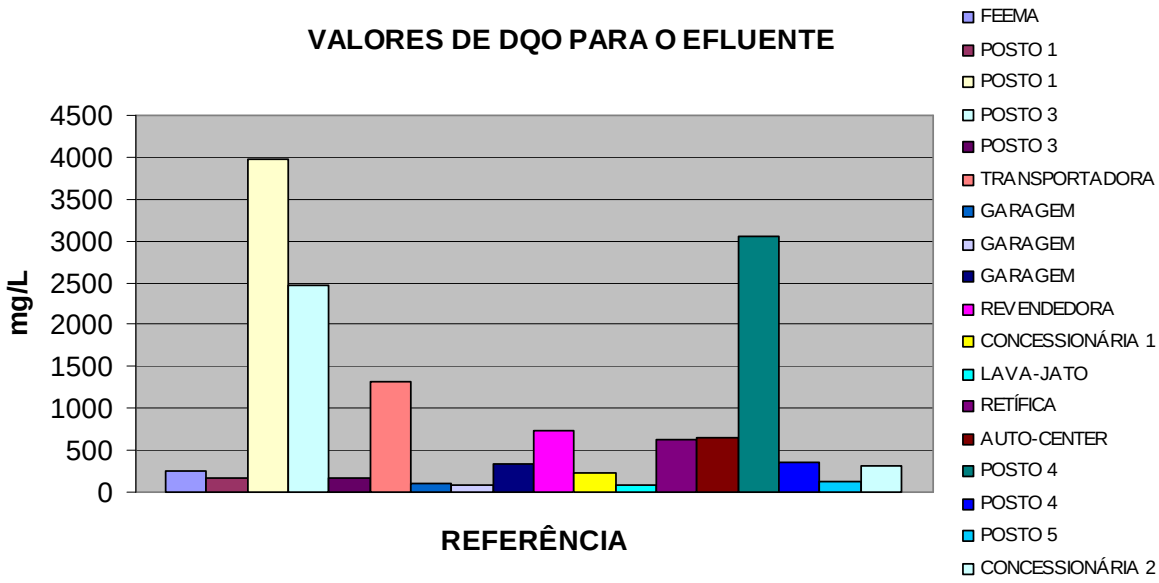


Figura 9.4 - Valores de DQO para o efluente.

9.3.3. Óleos e Graxas

Os resultados de óleos e graxas obtidos apresentaram alguns resultados importantes para o estudo. Nesse aspecto, foram observadas variações de concentração de acordo com os diferentes tipos de operações realizadas nos estabelecimentos amostrados, como por exemplo, a lavagem de carroceria, a lavagem de piso, a lavagem geral e a limpeza de peças. A variação dos resultados oscilou entre 536 mg/L **(Tabela 9.16)**, e valores menores que 5 mg/L, que corresponde ao valor mínimo de quantificação da metodologia de análise. Assim, muitos valores encontrados apresentaram-se acima do limite de 20 mg/L estabelecidos pela NT 202 R-10, da FEEMA, e pela Resolução CONAMA 357/2005.

As lavagens de carroceria, utilizando sistema *rollover*, não indicaram a presença de óleo acima do limite de lançamento nas amostras, onde os resultados encontrados para o Posto 1 apontaram para valores abaixo de 5 mg/L, no efluente, e 12 mg/L no afluente dos SAO´s **(Tabela 9.3)**. No caso do Lava-Jato e da Garagem de Ônibus, envolvendo lavagem de carros de passeio e ônibus, respectivamente, a lavagem de carroceria baseou-se em um sistema híbrido, utilizando-se do sistema *rollover*, com aplicação de detergente e jateamento de água pressurizada prévio. Para essas situações também foram encontrados baixos valores de óleos e graxas (abaixo do limite de lançamento), onde no Lava-Jato, os valores do afluente e efluente ficaram em 12 mg/L e < 5 mg/L **(Tabelas 9.29 e 9.30)**, respectivamente, e na Garagem de Ônibus ambos ficaram em valores < 5mg/L **(Tabela 9.18 e 9.19)**. Essa constatação remete a conclusão de que as lavagens de carroceria, utilizando esses sistemas, geram pouca quantidade de óleo em sua água residuária. As lavagens das áreas de abastecimento e lavagem do Posto 4, e a de abastecimento do Posto 5, onde também são realizadas lavagens veiculares, por focar limpeza de carroceria e vidro, por jateamento, ou regador, também apresentaram resultados baixos de óleos e graxas.

Já no caso das lavagens gerais, ou exclusivamente de chassis, com jateamento de água pressurizada, gera-se quantidades significativas de óleo, que em muitos casos ultrapassam o limite estabelecido pelos padrões de lançamento.

Por exemplo, o efluente do SAO da área de lavagem de chassis e interna da Garagem de Ônibus apresentou uma concentração de 184 mg/L **(Tabela 9.21)**, onde um valor de afluente de 249 mg/L foi observado na caixa de areia situada no *box* de lavagem **(Tabela 9.20)**. Nesse caso, também existe a influência da lavagem interna, que está inserida no valor de 184 mg/L. A lavagem do caminhão na Revendedora de Caminhões também apresentou valores elevados, com 334 mg/L e 70 mg/L **(Tabelas 9.23 e 9.24)**, no afluente e efluente. As lavagens gerais realizadas no Posto 3 e no Auto-Center também apresentaram valores

elevados. Os resultados respectivos para afluente e efluente dos SAO´s foram 111 e 93 mg/L **(Tabelas 9.10 e 9.11)**; e 158 e 277 mg/L **(Tabelas 9.34 e 9.35)**. A parcela significativa de óleos presentes nos veículos em geral está na parte dos chassis. Algumas exceções, como a Concessionária de Veículos, onde os carros lavados no momento da amostragem ou eram novos ou não estavam muito sujos (a leitura de óleo foi < 5 mg/L **(Tabelas 9.26 e 9.27)** tanto para o afluente e efluente). A lavagem veicular da Transportadora de Cargas teve maior ênfase na lavagem de carroceria, onde a parcela de chassis foi realizada apenas pela lateral do veículo, e nesse caso também a leitura de óleo no afluente foi baixa, representando 27 mg/L **(Tabela 9.13)**, um pouco acima do limite de lançamento.

A limpeza de peças foi observada em dois estabelecimentos: Transportadora de Cargas e Retífica. No primeiro caso, foi encontrado o maior valor de óleos e graxas deste estudo, representando o sumo da lavagem de um eixo, no valor de 536 mg/L **(Tabela 9.16)**, onde esse valor era esperado, uma vez que um dos solventes empregados foi o óleo diesel (em conjunto com o querosene). No segundo, o valor encontrado para o efluente do SAO foi de 63 mg/L **(Tabela 9.32)**. Nesse caso, o aspecto leitoso da caixa indica que nesta retífica a característica básica da leitura de óleo está mais presente como óleo emulsionado do que como óleo livre. O óleo diesel e o querosene, apesar de possuírem em sua composição estruturas hidrofóbicas, estes são pouco miscíveis, e assim, solubilizam-se parcialmente na água, aumentando a presença do óleo solúvel no efluente automotivo (referência teórica apresentada nos Capítulos 3 e 5), não sendo removidos pelos sistemas separadores água e óleo.

O uso de solventes, detergentes e água pressurizada indicam uma influência nesse processo, conforme abordado no **Item 9.3.2**. Esse número é o triplo do valor estabelecido como limite de lançamento pela legislação ambiental em vigor. As **Figuras 9.5 e 9.6** apresentam os resultados de óleos e graxas para o afluente e efluente dos sistemas separadores água e óleo.

A área de abastecimento do Posto 3 apresentou alta concentração de óleo, antes e depois do SAO, com 111 e 93 mg/L, respectivamente. Já as áreas de abastecimento dos Postos 4 e 5 apresentaram resultados abaixo de 5 mg/L no afluente e efluente do SAO. Essa diferença de concentração pode ser reflexo da venda de óleo diesel no posto 3, não sendo praticada no posto 5. A lavagem do piso da área de abastecimento faz com que o óleo diesel seja drenado para os separadores. O uso de metassilicato de sódio, ou Solupan, para a dissolução do óleo agregado ao piso, promove a emulsão química, potencializada pela emulsão física do óleo (esfregamento e jateamento d'água do piso), não sendo retidos pelos sistemas separadores água e óleo. O resultado analítico de 341mg/L, observado no Posto 1

(Tabela 9.5), constituiu na maior concentração de óleos e graxas para o efluente dos SAO´s, aferida nesse estudo.

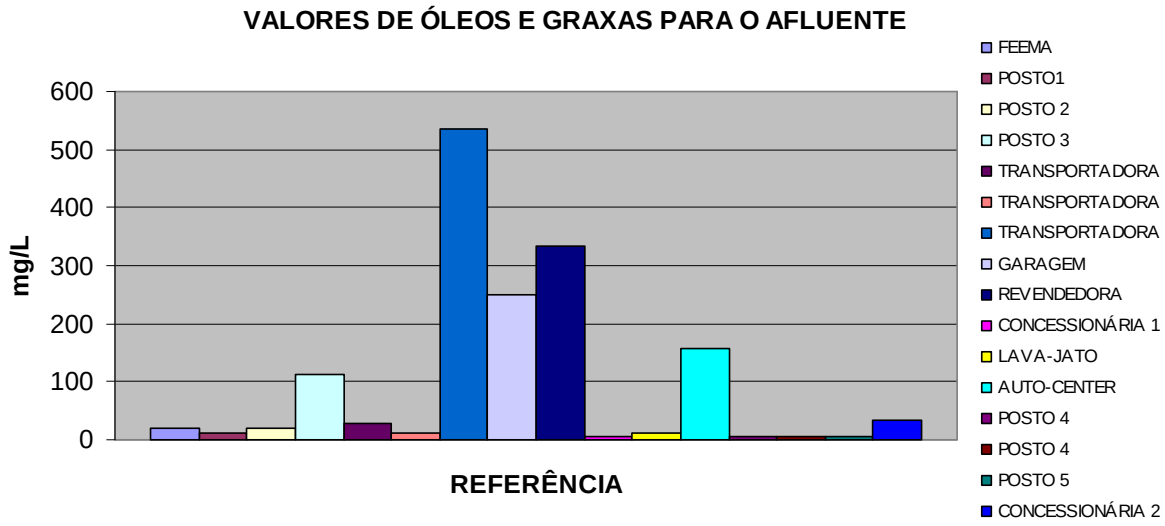


Figura 9.5 - Valores de óleos e graxas para o afluente.

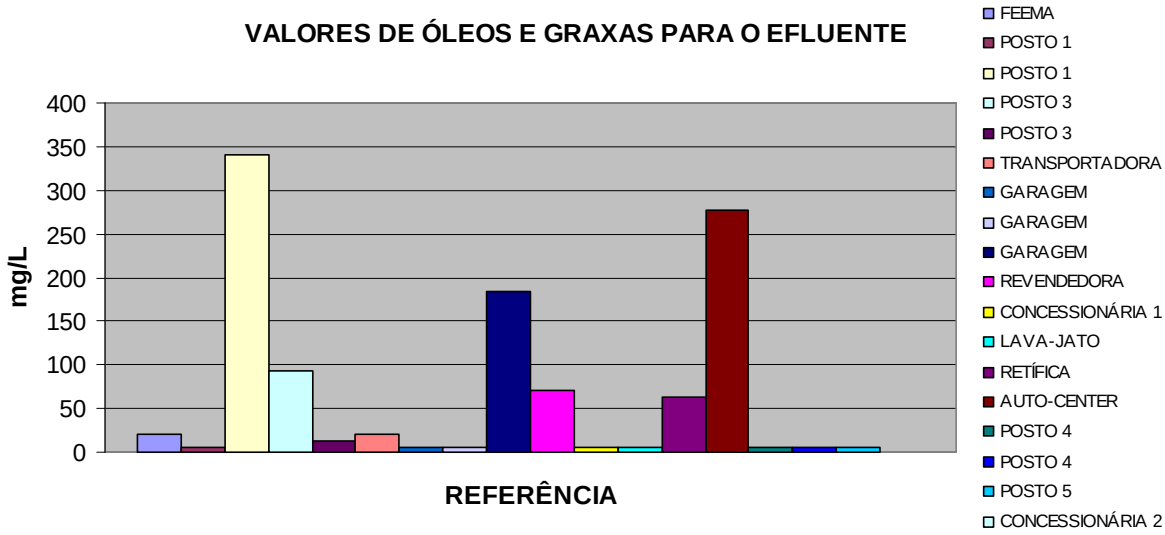


Figura 9.6 - Valores de óleos e graxas para o efluente.

9.3.4. Sólidos em Suspensão (RNFT) e Material Sedimentável

Os valores de RNFT encontrados foram de uma forma geral altos, tomando como referência o limite de lançamento adotado. O estado do Rio de Janeiro e a união não apresentam em suas legislações um limite de lançamento para este parâmetro, onde somente para alguns estados brasileiros este limite é determinado. Para que se estabelecesse um

comparativo, em termos de estudo de caso ambiental, apresentou-se na **Tabela 9.2** o limite de lançamento para o estado de Minas Gerais, no valor de 100 mg/L. Tomando este valor como referência, através das tabelas de resultados obtidos, concluiu-se que os valores amostrados ultrapassaram este limite na quase totalidade das amostras. O menor valor amostrado ficou em 8 mg/L, para Transportadora de Cargas **(Tabela 9.16)** e o maior valor ficou em 2.077 mg/L **(Tabela 9.10)**, registrado no Posto 3. O maior valor para efluente foi de 652 mg/L **(Tabela 9.5)**, registrado na lavagem de piso do Posto 1.

Para os sólidos sedimentáveis, as leituras observadas nos afluentes também foram bem elevadas, tomando-se em conta o limite de lançamento adotado. No caso do efluente, apenas alguns casos observados apresentaram leituras altas. O limite estabelecido no estado do Rio de Janeiro, Pela NT 202 da FEEMA, e pela Resolução CONAMA 357/2005 é de 1 mL/L. O máximo valor observado foi de 14 mL/L, registrado no efluente da área de abastecimento do Posto 3 **(Tabela 9.10)**, e o menor valor registrado foi <0,5 mL/L, observado em oito estabelecimentos diferentes. O maior valor de afluente observado foi de 5 mL/L **(Tabela 9.4)**, registrado no Posto 1 e na Revendedora de Caminhões **(Tabela 9.23)**.

A leitura de RNFT, além da presença de poeiras e sedimentos orgânicos e inorgânicos, pode ser influenciada diretamente pelos parâmetros, materiais sedimentáveis, e em menor escala pelos detergentes e óleos e graxas. No processo de filtragem da metodologia de análise, parte das espumas de detergentes e parte do óleo livre e emulsionado, com diâmetro acima de 0,45 μm, após passagem no forno até 105 °C, podem compor os valores de RNFT. Contudo, a maior contribuição da leitura de detergentes está relacionada à metodologia de sólidos dissolvidos, devido à permeabilidade na membrana. Na realização do método de RNFT, ocorrem também perdas por volatilização das espumas na secagem ao forno. As frações de hidrocarbonetos sensíveis a esta temperatura também são perdidas.

Os sólidos sedimentáveis representam partículas orgânicas e inorgânicas, que por processos mecânicos e físico-químicos específicos, podem ficar em suspensão, porém apresentam a capacidade de sedimentarem, e assim separarem-se da fase líquida. Estes são retidos pela filtragem na metodologia de análise de RNFT. Os valores de sólidos sedimentáveis elevados observados nas amostragens, atrelados a leituras elevadas de RNFT, estão relacionados a grandes quantidades de sujidades orgânicas e inorgânicas, além de argilas, siltes e areias que por ventura não foram retidos preliminarmente nas caixas de areia, ou posteriormente, no efluente, após os SAO´s. Por exemplo, na amostragem feita na caixa de areia da área de lavagem do Posto 1, os valores de RNFT chegaram a 707 mg/L e os valores de sólidos em suspensão chegaram a 5 mL/L **(Tabela 9.4)**, onde visualmente a amostra estava escura. Isto indica o fato acima mencionado, em que as leituras de óleos e detergentes

provavelmente não influenciaram tanto, neste ponto, uma vez que não estavam tão altas (comparando com os limites de lançamento), apesar do valor de detergente estar acima dos limites de lançamento. Já no caso da Retífica, os valores de RNFT chegaram a 172 mg/L e os valores de materiais sedimentáveis foram <0,1 mL/L **(Tabela 9.32)**. Nesse caso, o valor de RNFT pode estar relacionado aos sedimentos orgânicos e inorgânicos (argilas por exemplo), não sedimentáveis, ou coloidais. Parte de óleos no estado emulsionado, no valor total de 63 mg/L **(Tabela 9.32)**, também podem ter influenciado nesta leitura, uma vez que o aspecto leitoso do conjunto separador água e óleo não apresentava visualmente uma camada de óleo livre. As **Figuras 9.7, 9.9 e 9.8, 9.10** apresentam respectivamente os resultados de RNFT e material sedimentável para o afluente e efluente dos sistemas separadores de águas oleosas.

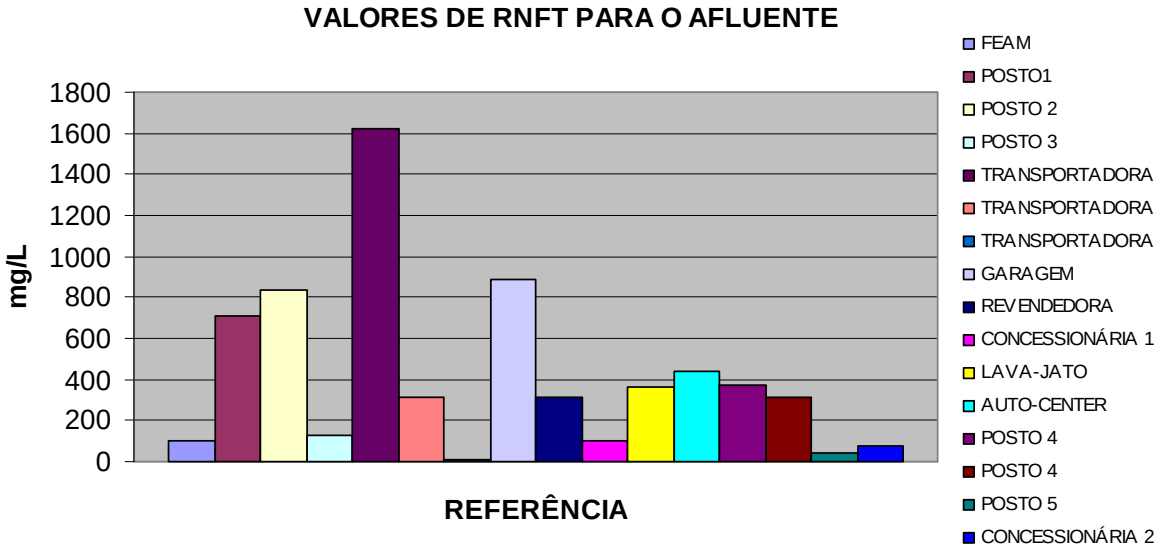


Figura 9.7 - Valores de RNFT para o afluente.

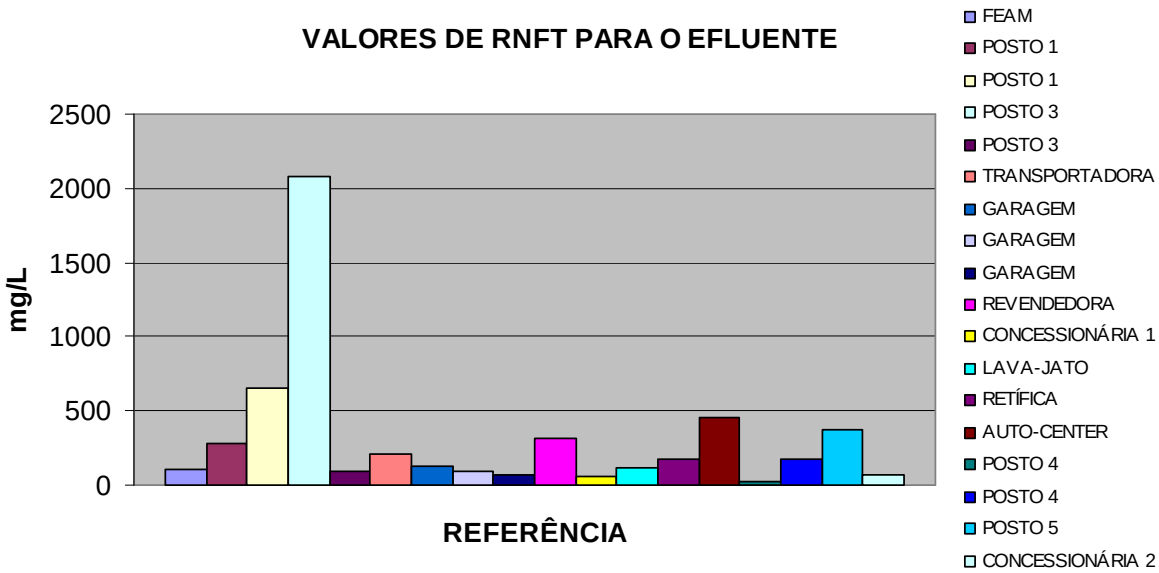


Figura 9.8 - Valores de RNFT para o efluente.

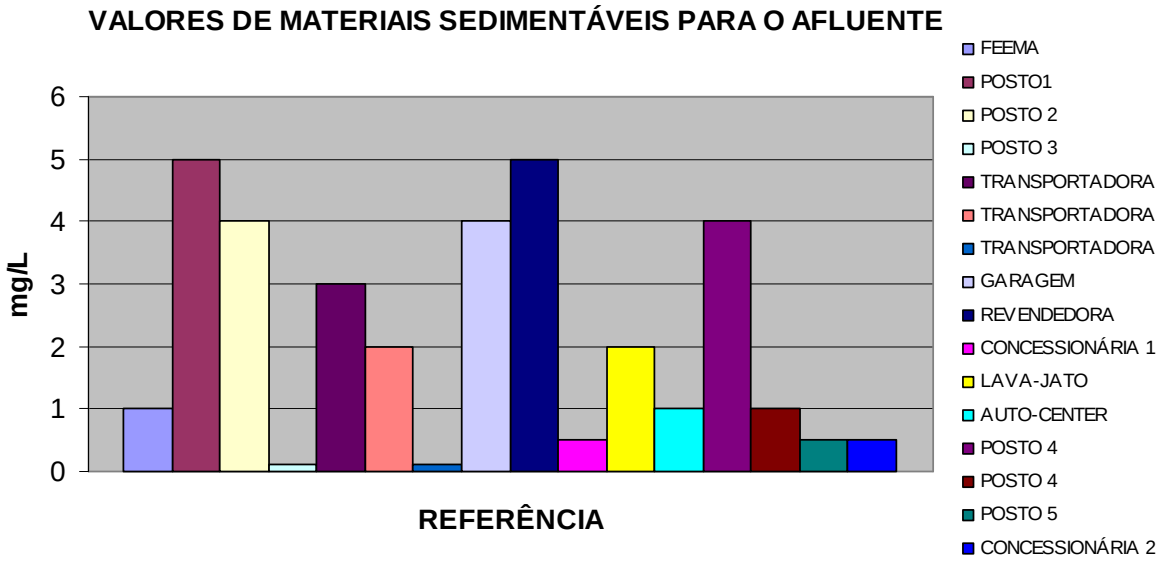


Figura 9.9 - Valores de material sedimentável para o afluente

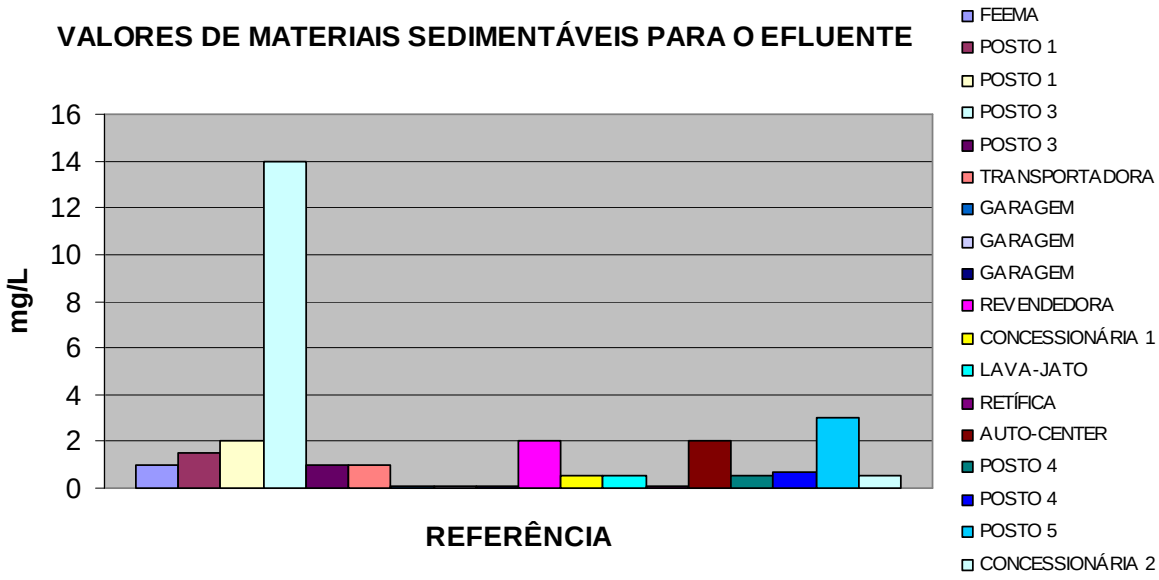


Figura 9.10 - Valores de material sedimentável para o efluente.

9.3.5. pH

As faixas de pH observadas apresentaram um valor médio próximo do pH neutro (7), porém com alguns estabelecimentos em picos de pH altos e baixos. O pH mais alto observado ocorreu na lavagem de piso do Posto 1, alcançando o valor de 11 **(Tabela 9.5)** . O pH mais baixo foi observado no Posto 5, no valor de 3,97 **(Tabela 9.44)**.

No estado do Rio de Janeiro, de acordo com a NT 202 da FEEMA, o limite de lançamento para pH varia de 5 a 9. Esta faixa também é adotada pelo país, através da Resolução CONAMA 357/2005. Assim sendo, conforme os resultados das análises químicas, a faixa de pH foi ultrapassada para quatro estabelecimentos, que foram o Posto 1, com pH de 11 **(Tabela 9.5)**, a Retífica, no valor de 9,34 **(Tabela 9.32)**, o Posto 4 com pH de 4,11 **(Tabela 9.40)**, e o Posto 5 com pH de 3,97 **(Tabela 9.44)**.

A leitura de pH está interligada diretamente com a composição química de detergentes e solventes automotivos. Conforme apresentado no Capítulo 8, os produtos utilizados nos estabelecimentos automotivos apresentam uma característica neutra, básica e ácida, dependendo do tipo de aplicação e fabricante. Existem no mercado, por exemplo, detergentes, desengraxantes, e outros produtos desincrustantes, em pó, ou líquido, de composição neutra, básica e ácida, que influenciam diretamente nos valores observados de pH.

O metassilicato de sódio, também conhecido como Solupan, possui em sua composição química carbonatos e alcalinizantes que conferem uma qualidade básica ao efluente. Para os dois estabelecimentos que ultrapassaram a faixa limite de pH para valores básicos (Posto 1 e Retífica), citados acima, ambos utilizavam este produto, porém de fabricantes diferentes.

Outra consideração importante é que o pH influencia a emulsão dos óleos e graxas, principalmente em faixas alcalinas, em processos de saponificação, conforme discutido no **Item 3.4.1**. O valor de óleos e graxas de 341 mg/L, encontrado no Posto 1, também pode estar sendo influenciado pelo pH 11, encontrado neste efluente **(Tabela 9.5)**.

As **Figuras 9.11 e 9.12** apresentam os resultados de pH para o afluente e efluente dos sistemas separadores de águas oleosas.

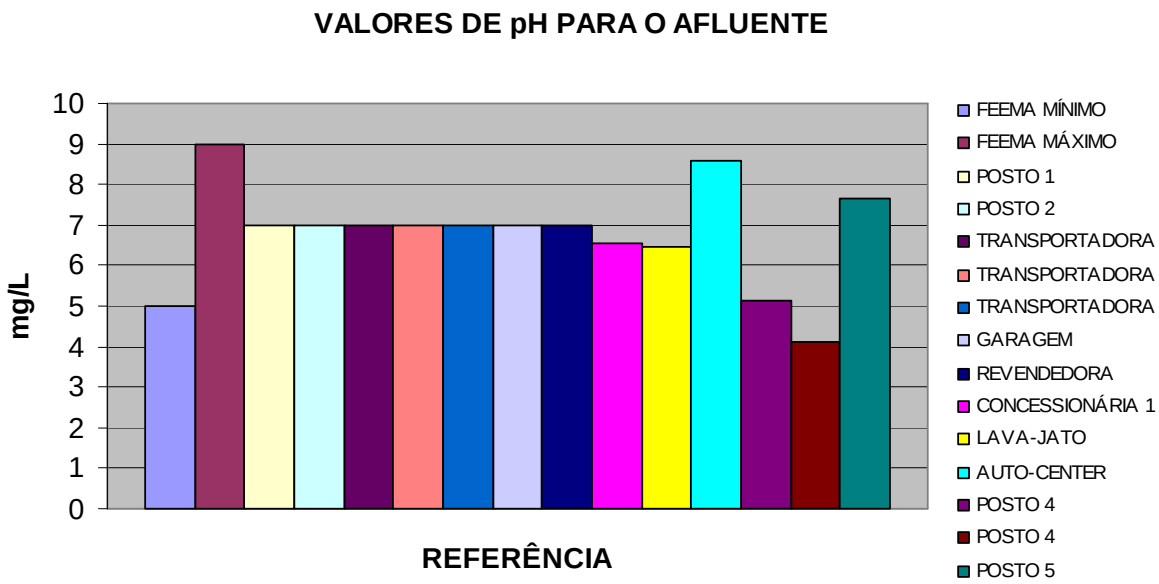


Figura 9.11 - Valores de pH para o afluente.

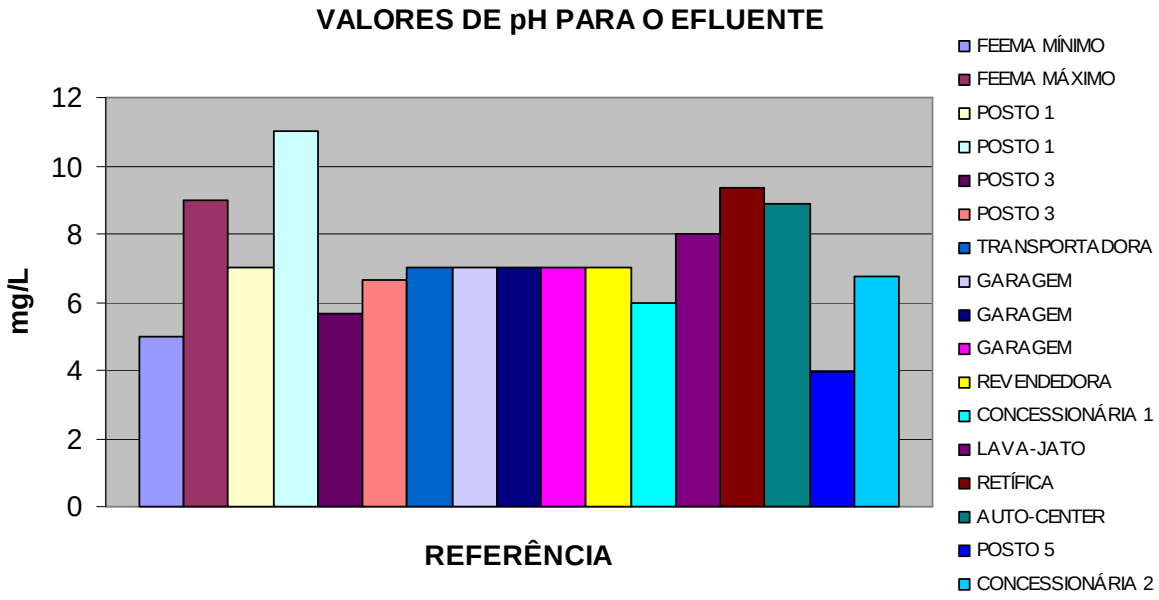


Figura 9.12 - Valores de pH para o efluente.

9.4 - DISCUSSÃO SOBRE O TESTE APLICADO À CAIXA SEPARADORA DE PLACAS COALESCENTES ZP-2000 E OS SISTEMAS SEPARADORES ÁGUA E ÓLEO

O teste realizado com o separador de placas coalescentes modelo ZP-2000, da Zeppini, conforme **Item 8.4.5**, não apresentou leitura de óleos e graxas acima de 5 mg/L para as três amostragens realizadas, tanto para o teste com óleo, como para os testes com óleo e detergente, conforme **Item 9.2**. Este teste, apesar de ter sido uma forma simplificada do proposto pela ASTM, configura uma prova de confiabilidade de retenção de óleo do sistema de placas coalescentes, no atendimento aos limites de lançamento, especialmente este modelo. No aspecto citado, o separador ficou submetido a uma concentração de 5.000 mg/L de óleos e graxas, influenciada por uma carga de detergente automotivo.

Contudo, ainda observado no **Item 8.4.5**, detalhado nas **Figuras 8.100 e 8.101**, o efeito do detergente emulsionou e dissolveu uma parte do óleo livre retido no separador, formando inclusive iridescências, e assim, algumas pequenas manchas de óleo foram verificadas junto às espumas do detergente no tanque à jusante da tubulação de saída do SAO. Esse fenômeno indica uma clara influência dos detergentes na eficiência de remoção de óleo livre em uma unidade separadora água e óleo, por emulsão do óleo livre, mesmo sendo em uma parcela mínima, conforme observado no teste.

No tocante a manutenção dos sistemas separadores água e óleo, alguns problemas foram observados e merecem uma atenção especial. Primeiramente, os usuários dos estabelecimentos automotivos não possuem a boa prática de observar com freqüência os separadores, inclusive não conhecem seus princípios básicos. Estes, de um modo geral, preferem apenas delegar a manutenção e vistoria dos separadores a terceiros que executam a retirada do óleo para processos de rerrefino. Fenômenos de obstrução de tubulações, danos físicos, mau posicionamento de flautas e elementos coalescentes, além de outros poderiam ser evitados caso os usuários conhecessem ou praticassem pelo menos os procedimentos mais simples.

Exemplos verificados na **Figura 8.72**, com SAO tomado por lodo e areia, na **Figura 8.79**, com o SAO repleto de óleo livre, na **Figura 8.95**, devido ao entupimento da tubulação, e na **Figura 8.84**, com o elemento coalescente avariado, necessitando substituição, poderiam ser evitados caso ocorresse uma manutenção preventiva mais eficiente. De outro modo, a qualidade de retenção de sólidos e óleo livre, sob a influência de fenômenos físicos, cairá ao longo do funcionamento.

A influência química dos detergentes, solventes e combustíveis, mesmo quando o sistema é bem operado e mantido, acarreta uma carga poluidora que não é retida pelos separadores água e óleo, observado no **Item 9.1**.

Outro problema enfrentado pelos SAO's refere-se à instalação, nesse caso mais especificamente às instalações de sistemas coalescentes. Existem casos em que o sarcófago (caixa onde o separador é colocado), é pequeno ou grande em demasia. Isso pode acarretar em danos físicos ao separador, ou simplesmente quando o volume do sarcófago é maior que o do separador, problemas de rompimento de tubulação por empuxo, devido à penetração de água da chuva no sarcófago, ou contaminação das águas servidas no interior do mesmo, por transbordamento, podem ocorrer, e assim drenar para a rede pública. A **Figura 8.87** mostra um sarcófago repleto de água oleosa, causando os riscos mencionados ao separador em questão. A **Figura 9.13** apresenta um diagrama esquemático de problemas encontrados em instalações desse tipo de separador água e óleo.

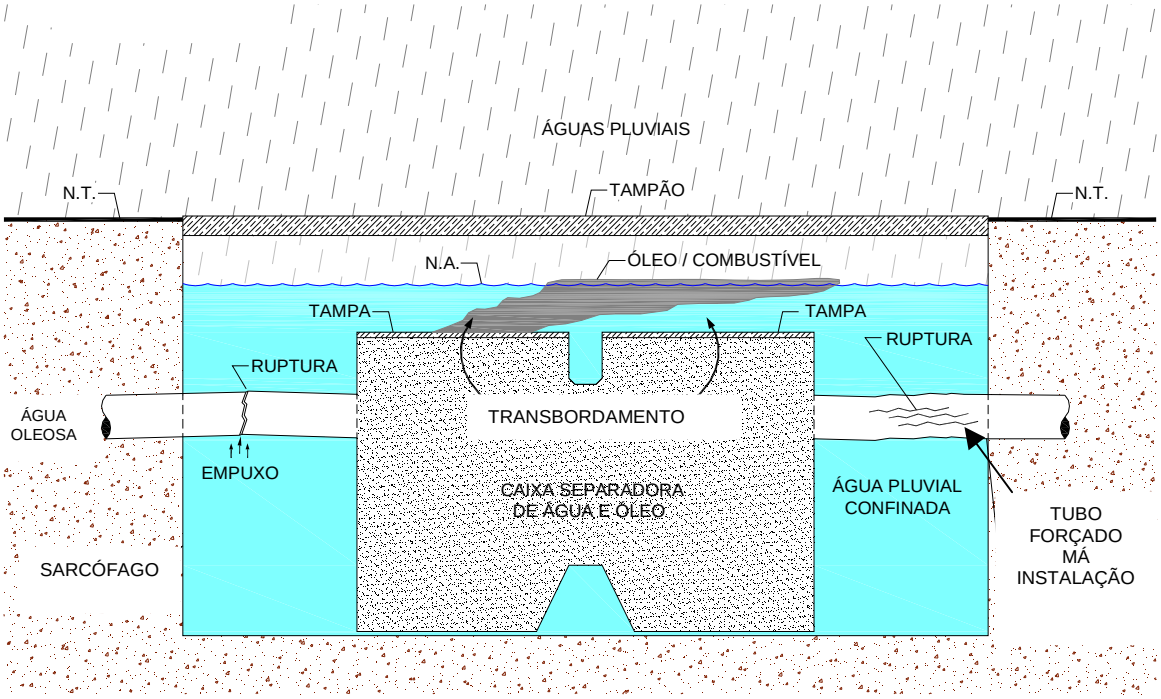


Figura 9.13 – Problemas típicos observados em unidades separadoras água e óleo de placas coalescentes

No caso dos sistemas separadores de placas coalescentes, os testes realizados, conforme **Item 9.1**, indicam que assim como os separadores convencionais, estes podem ser afetados pela poluição química, seja esta por intermédio de detergentes, solventes ou combustíveis, tanto na área de abastecimento, quanto na área de lavagem, independente da manutenção. Para o caso dos óleos e graxas, as referências internacionais, especialmente a

ASTM, estabelecem normas e padronização de testes a serem seguidos, que constatam a eficiência de 20 mg/L. Isso não ocorre para os convencionais, que normalmente não seguem padronizações para essa eficiência de remoção. As placas coalescentes, por exemplo, quando bem mantidas, geram uma melhor confiabilidade de remoção para os parâmetros com influência física (óleo livre e sólidos).

Especificamente nos sólidos, em virtude dos resultados obtidos para o parâmetro material sedimentável, acima do limite em vários casos, faz-se necessária a instalação de dispositivos para remoção prévia de sólidos, as chamadas caixas de areia. Em muitas situações, não havia caixa de areia prévia, como na Revendedora de Caminhões. E em outras, as caixas de areia instaladas devem ser verificadas quanto a sua eficiência de remoção de sólidos. Em último caso, um tratamento físico-químico pode ser aplicado, principalmente para os sólidos coloidais. O jateamento realizado nos boxes deve ser observado com mais atenção, pois este tipo de prática pode estar carreando mais sólidos para o separador, conforme observado na **Figura 8.26(e)**. A regulação do jato seria uma solução.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme avaliação dos dados levantados nos experimentos práticos, em conjunto com as demais informações observadas na pesquisa consolidada nas referências bibliográficas, são enumeradas abaixo as seguintes considerações finais sobre este estudo:

1. Os efluentes das atividades automotivas analisadas, submetidos aos seus respectivos sistemas separadores água e óleo, sejam estes do sistema convencional, ou do sistema de placas coalescentes, de uma forma geral, não atendem, e, portanto, não se encontram em conformidade com os limites de lançamento de efluentes estabelecidos pela legislação ambiental do estado do Rio de Janeiro, conjuntamente com a legislação ambiental federal e de outros estados brasileiros, para os parâmetros propostos no protocolo de monitoramento. Avaliando os demais estudos apresentados no Capítulo 5, observa-se que estes também apontam para uma não conformidade ambiental, indicando assim uma possibilidade de ocorrência generalizada de não atendimento às respectivas legislações ambientais em âmbito nacional e estadual.

2. A falta de manutenção adequada influi diretamente na eficiência de remoção de óleo e de sólidos em um sistema separador água e óleo. Contudo, a influência dos detergentes, solventes e combustíveis, presentes no efluente automotivo, produz uma carga poluidora, especialmente pela presença de matéria orgânica (observada nas tabelas de composição de solventes e detergentes do Capítulo 8 e Anexo 1) e compostos refratários (Capítulos 3 e 4), que não consegue ser removida satisfatoriamente pelos sistemas separadores água e óleo, enquadrando-se fora dos limites de lançamento, especialmente para os parâmetros DQO, detergentes e pH. As vazões observadas (até 1200 L/h), o consumo de água (Capítulo 9), e o número de atividades automotivas no país (Capítulo 3) retratam um quantitativo significativo de carga poluidora proveniente das atividades automotivas no país, representando impacto ambiental para os corpos receptores, ainda mais considerando o baixo percentual de municípios assistidos por redes coletoras com tratamento de esgoto no Brasil.

3. O impacto ambiental decorrente da utilização de detergentes e solventes é potencializado quando as atividades automotivas também fabricam os seus próprios detergentes automotivos. Essa fabricação, constatada em observação de campo

(Capítulo 8), não segue critérios técnicos adequados, onde a manipulação dos insumos básicos pode conter produtos não biodegradáveis e tóxicos, e assim, causar danos de ordem ambiental e de saúde ocupacional. Em outros casos, foi observado que o conteúdo químico de solventes e detergentes não é apresentado na embalagem do produto, inclusive muitos destes fabricantes não possuem ficha técnica de seus produtos. O Solupan é um exemplo de produto em que seu nome é atribuído a uma gama de formulações químicas diferentes, seja esta sólida ou líquida, dificultando a sua fiscalização. O controle da composição dos detergentes e solventes automotivos, uma vez realizado de forma adequada, permitirá mitigar e prevenir impactos, além de auxiliar o enquadramento dos efluentes automotivos (no Brasil é proibida por lei a produção de detergentes não biodegradáveis). Limitar a comercialização de determinados produtos pelas atividades automotivas, mediante a realização de testes específicos, e exigir apresentação de certificados ambientais tecnicamente comprovados, seriam soluções para o caso. A proibição de Fabricações “caseiras” de detergentes é igualmente importante.

4. Tendo em vista a utilização atual de solventes, detergentes e combustíveis para limpeza de peças e lavagem de veículos, além da própria influência de pequenos vazamentos de combustíveis nas áreas de abastecimento veicular, e dos sólidos provenientes de sujidades agregadas aos veículos, observa-se que somente o emprego de separadores água e óleo para o tratamento dos efluentes líquidos automotivos não é o suficiente para enquadrá-los dentro dos padrões de lançamento, tomando como referência o protocolo de monitoramento proposto. Os separadores água e óleo configurariam uma etapa do tratamento do efluente automotivo, e não apenas o único tipo de tratamento, verificado nesta dissertação. Nesse sentido, foram pesquisadas possibilidades técnicas hoje existentes (Capítulo 5), desenvolvidas no Brasil e no exterior, que podem ser aplicadas nas atividades automotivas, ou já foram até projetadas para tal, levando em consideração a especificidade de cada estabelecimento, seja ele um posto de serviço, ou uma garagem de ônibus, por exemplo.

5. A criação de centros de lavagem veicular, dotados de sistemas de tratamento de efluentes, devidamente licenciados, constitui uma proposta para a solução dos problemas de não conformidade descritos. O reuso das águas com aproveitamento de detergentes, que é lançado em grandes concentrações, poderá viabilizar

economicamente a instalação de sistemas unitários de tratamento, inclusive para atividades automotivas de grande porte, em virtude da cobrança de água. Em muitos casos, vários estabelecimentos utilizam água subterrânea, e aparentemente não seria economicamente viável o reuso, devido à abundância de água e a não tarifação. Porém, os órgãos ambientais encarregados da gestão de recursos hídricos no país já apontam para a cobrança de captação subterrânea em vazões de consumo industriais, inclusive sua diluição nos corpos receptores, onde nesse caso, a cobrança do uso irá atingir em larga escala o setor automotivo, inclusive com perspectiva de aumento do custo unitário da água.

6. A não utilização de solventes e detergentes nas lavagens e limpezas automotivas, sendo estes procedimentos feitos com água somente, poderia viabilizar o uso correto de sistemas separadores água e óleo, os quais, uma vez bem dimensionados, produziriam efluentes que atenderiam aos padrões de lançamento. Esse procedimento poderia ser adotado de preferência para as lavagens de carroceria (jato ou *rollover*), devido ao fato dessas operações produzirem pouco óleo no efluente, conforme resultados apresentados no Capítulo 9. A não utilização de solventes e detergentes automotivos nas operações de lavagem poderia ser amplamente aplicada em locais que não tivessem condições técnicas, e, ou, financeiras de implantar um tratamento mais apurado.

7. A utilização de óleo diesel como solvente para limpeza de peças, observada nas atividades automotivas, especialmente na Retífica de Motores e na Transportadora de Cargas, potencializa a presença de óleo livre e solúvel nos efluentes automotivos, aumentando assim a quantidade de óleo a ser retirada pelos separadores água e óleo. A parcela solúvel não é retirada pelos sistemas separadores água e óleo, conforme apresentado no Capítulo 5. Essa carga adicional de óleo também aumenta a DQO do efluente. Quando o óleo utilizado é lubrificante inservível, ou óleo queimado, a presença de metais pesados, PAH´s e compostos refratários observados nesse tipo de óleo, devido ao contato com o motor, é potencialmente prejudicial ao meio ambiente, no caso de contato com o mesmo, conforme retratado nos Capítulos 3 e 4. Dessa forma, a não utilização de óleo diesel e inservível como solvente nas atividades automotivas acarretaria uma menor carga de óleo a ser retirada pelos sistemas, e redução de impacto ambiental por contato do óleo, seja ele diesel ou inservível. Esses mesmos óleos também são utilizados como solventes na limpeza de carroceria e

chassis de veículos, podendo cair nas pistas, aumentando a quantidade de óleo nas mesmas, oferecendo assim riscos de acidentes de trânsito, de acordo com assunto referenciado no Capítulo 3. O mesmo problema é observado para os óleos vegetais, como o óleo de mamona que é aplicado de forma pulverizada (Capítulo 8).

8. Quando submetidos a um efluente contendo água oleosa somente, os sistemas separadores de placas coalescentes, pré-fabricados, são testados por normas internacionais, e nestes testes, esses sistemas verificam o lançamento de concentrações de óleos e graxas abaixo de 20 mg/L, no efluente final, após o SAO, conforme estabelecido pelas legislações ambientais. Já os sistemas separadores convencionais não são testados e dificilmente seguem um padrão estabelecido. No caso do estado do Rio de Janeiro, a FEEMA estabeleceu a partir da década de 1970 um padrão técnico para os sistemas separadores convencionais, com larga aplicação nos estabelecimentos automotivos nesse estado, e no Brasil, vigorando até hoje. Contudo, em testes realizados por JESUS (1985), também envolvendo água e óleo, constatou-se concentrações máximas entorno de 100 mg/L no efluente final, após os SAO´s. Nesse caso, bem acima do limite estabelecido pelas atuais legislações ambientais, que é de 20 mg/L, inclusive chegando a 10 mg/L no caso do estado do Rio Grande do Sul. Cabe salientar que as primeiras legislações ambientais para remoção de óleo, publicadas ainda na década de 1970, mencionavam limites de lançamento de 100 mg/L para óleos e graxas, como por exemplo, a Lei 997 de 31/05/1976, do estado de São Paulo, sobre controle da poluição do meio ambiente. Nesse aspecto, os separadores convencionais atendiam perfeitamente a legislação. Em 1986, com a entrada em vigor da Resolução CONAMA nº 20, passou-se a adotar o limite de lançamento de 20 mg/L, quando as legislações ambientais estaduais passaram a adotar esse limite, ou até serem mais restritivas. Neste novo cenário, os sistemas separadores convencionais ficaram fora do atendimento à legislação, uma vez que só a partir de 100 mg/L seria possível assegurar a concentração de óleos e graxas no efluente final, para um sistema com manutenção constante, conforme JESUS (1985). A introdução de elementos coalescentes aos separadores convencionais poderia ajudar a minimizar essa diferença, desde que realizadas pesquisas e testes necessários. Em suma, comparando a introdução de um afluente em um sistema separador água e óleo, contendo apenas água e óleo, a proposta de instalação de um sistema de placas coalescentes seria mais eficiente do que a instalação de um sistema convencional.

9. A “vida real” dos separadores água e óleo não apresenta apenas água e óleo, conforme realizado nos testes de fabricação de separadores água e óleo de placas coalescentes. Os experimentos realizados e levantados nesta dissertação indicam que a influência dos detergentes, solventes e combustíveis nas águas residuárias oleosas dos efluentes automotivos contribui para a emulsão dos óleos durante as operações de lavagem, e pouca influência para o óleo retido, sejam estes aplicados em qualquer tipo de separador. Quando o processo de emulsificação durante as operações de manutenção, limpeza e lavagem (veículo, peças e piso), seja este físico ou químico, ou ambos, é bem acentuado (normalmente por uso de jateamento pressurizado, fricção (uso de estopas ou escovas) e por substâncias químicas (solventes e detergentes)), as eficiências previstas nos testes aplicando apenas água e óleo não se confirmam, independente da categoria de separador (convencional ou de placas coalescentes). As concentrações encontradas, nesse caso, são elevadas, ultrapassando as concentrações de lançamento limites para a utilização apenas com água e óleo (100 mg/L para separadores convencionais e 20 mg/L para separadores com placas coalescentes). Já o óleo que se encontrava retido nos separadores (convencionais e de placas coalescentes, em bom estado de manutenção, operação e conservação) apresentou pouca influência em se emulsificar, quando submetido a um efluente contendo detergentes e solventes. A leitura de óleos e graxas antes e após os sistemas separadores era constante, constatada a presença de um filme de óleo livre na caixa separadora, por inspeção visual.

10. O protocolo de metodologia de trabalho de campo e os parâmetros utilizados nesse estudo poderiam servir de referência para a elaboração de um inventário de poluição hídrica automotiva, inclusive para fins de cadastramento em órgãos ambientais, com o estabelecimento de critérios e limites de lançamento próprios para as atividades automotivas.

11. Em relação a NBR 14605/2000, que no momento encontra-se em revisão, sugere-se que o conceito de “sistema de drenagem oleosa” deva ser substituído pelo conceito de “efluente automotivo”. Neste novo conceito, não se consideram apenas o óleo livre e os sólidos como parâmetros de monitoramento ambientais a serem alcançados, mas também a DQO, MBAS e pH, retratando a presença de solventes, combustíveis e detergentes, que compõe a real estrutura dos efluentes automotivos. Outros

dispositivos de tratamento devem ser considerados, onde os SAO´s seriam apresentados como uma etapa do tratamento de efluente. No mesmo processo de revisão, devem-se destacar os procedimentos de manutenção, uma vez que foram observados muitos problemas nos trabalhos de campo. Aspectos específicos de manutenção para cada tipo de separador, sejam estes de placas coalescentes ou convencionais, devem ser apresentados, inclusive com detalhamento através de desenhos esquemáticos. Ainda nesse aspecto, a exigência, em norma de treinamento operacional para usuários e empresas de construção civil instaladoras de sistemas separadores, é fundamental para o sucesso de ações nessa área.

12. Com base nesse estudo, seria fundamental o estabelecimento de normas e legislações ambientais, em âmbito federal e estadual, com o intuito de regulamentar e por em prática todas as propostas citadas.

13. Essa dissertação não pretende esgotar o assunto exposto, e sim dar início a uma discussão sobre uma categoria de águas residuárias, que são os efluentes automotivos.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Postos de Serviço – Sistema de Drenagem Oleosa: NBR- 14605, Rio de Janeiro, 2000. 2p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Considerações do grupo de revisão da NBR- 14605 sobre normas internacionais de sistemas separadores água e óleo*. Rio e Janeiro, 2005. 3p.

AFL INDUSTRIES. Catálogo técnico**.** Disponível em: http**://**www.aflindustries.com/. Acessado em: 01 de dez. de 2004.

ÁGUA VIVA TRATAMENTO BIOTECNOLÓGICO. Catálogo técnico do composto BIO 13. Guarujá, SP, 2005. 7p.

AKZONOBEL. Ficha técnica de produtos. Disponível em: http://www.akzonobel.com.br. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

ALVAMINE QUIMICA E COM LTDA. Ficha técnica dos produtos: Shampoo Jet e Pneu Super. São Paulo, SP, 2005. 2p.

AMBICENTER. Disponível em: http://www.ambicenter.com.br. Acessado em: 09 de dez. de 2004.

AMBIENTE BRASIL. Disponível em: http://www.ambientebrasil.com.br. Acessado em 09 de dez. de 2004.

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Disponível em: http://www.anp.gov.br/glossario/. Acessado em: 02 de dez. de 2004.

ANP.AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Portaria n° 128, de 30 de julho de 1999. Estabelece a regulamentação à atividade industrial de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado. Portaria n° 171, de 20 de outubro de 1999. Dispõe sobre a anuência prévia da ANP para a importação de solventes.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução Normativa nº 1, de 25 de out. de 1978. Aprova as normas a serem obedecidas pelos detergentes e seus congêneres. Portaria 112, de 14 de maio de 1982. Determina o caráter biodegradável da composição dos surfactantes aniônicos. Portaria nº 120, de 24 de nov. de 1995. Determina os testes de biodegradabilidade de detergentes.

APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition, New York, 1998.

API. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Disponível em: http:// www.api-ec.api.org. Acessado em: 13 de out. de 2004.

AQUOLUDSA, Lda. Catálogo técnico do sistema *U.D.S.A*. Portugal, 2005. 4p.

ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY. *Badct Guidance Document for Pretreatment With Oil/Water Separators Draft*, USA, 1996. 34p.

BAIRD, Colin. *Química Ambiental*. Tradução Maria Angeles, Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2 ed. Porto Alegre, Bookman, 2002. 622 p.

BARBOSA FILHO, Olavo. *Ciência Ambiental Aplicada à Engenharia.* Apostila de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente/ UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

BARBOSA FILHO, Olavo. *Controle da Poluição.* Apostila de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente /UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000.

BELLUCHE COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA. Ficha técnica do produto L-70. Rio de Janeiro, RJ, 2005.1p.

BIGARDI, Tatiana A. Russo; NUNES, Agnes Janaína Tezzoto; CARRA, Luiz Pannuti; FADINI, Pedro Sérgio. "Destino de surfactantes aniônicos em ETE do tipo lagoa aerada seguida de lagoa de decantação". *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.8, pp.45-48, 2003.

BOMBRIL. Consulta de produtos automotivos comercializados em supermercados situados no município do Rio de Janeiro. 2005.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G.; Lotufo, BARROS; Mário Thadeu L.; SPENCER, Milton; PORTO, Mônica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo, Prentice Hall, 2002.

BRANCO, Samuel M. *Poluição*. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1972. 157p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece os procedimentos e requisitos básicos para a implantação da avaliação de impacto ambiental. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Estabelece critérios para o licenciamento ambiental e define as atividades passíveis de licenciamento. Resolução n° 273, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre o licenciamento ambiental para postos combustíveis. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas, em todo o território nacional, bem como determina os padrões de lançamento.

BRASIL. CONGRESSO NACIONAL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Estabelece a política nacional de meio ambiente. Lei n° 7.365, de 13 de setembro de 1985. Proíbe a fabricação e importação de detergentes não biodegradáveis no Brasil.

BRASKEM S.A. Ficha técnica da aguarrás mineral. Disponível em: http://www.braskem.com.br/. Acessado em: 22 de março de 2005.

BROWN, Theodore C.; LE MAY, H. Eugene Jr.; BURSTEN, Bruce E. *Química Ciência Central*. Tradução Horácio Macedo. 7 ed. Rio de Janeiro, LTC, 1997. 702 p.

CÂMARA, L.T.N.; OLIVEIRA, W.E.; ROCHA, A.A.; SZAJNBOK, M. "Tratamento de resíduos industriais oleosos: Tecnologia de encapsulamento por complexos argilo-minerais". *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.4, pp.133-141,1999.

CARBONO QUÍMICA. Disponível em: http://www.carbono.com.br/artigo/Artigo3.htm. Acessado em: 28 de fev. de 2005.

CECCATO. Informações técnicas sobre o modelo WQS/WSC. Disponível em: http:/www.ceccato.com.br/. Acessado em: 13 de set. de 2005.

CENTERQUÍMICA. Ficha técnica de produtos. Disponível em: http://www.centerquimica.com.br. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br. Acessado em: 19 de março de 2005.

CLEAR BUS. Ficha técnica dos produtos de limpeza veicular. Rio de Janeiro, RJ, 2005. 1p.

COMLURB. COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO-RJ. *Relatório de Avaliação do Separador Água e Óleo Instalado na Gerência de Transporte (IGT)*, 2003. 15p.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq). *Equipamento da UFRGS Reaproveita até 80% de Água Utilizada*. Disponível em: http://www.cnpq.br/. Acessado em: 13 de set. de 2005.

CORDAZZO, Jonas. *Modelagem e Simulação Numérica do Derramamento de Gasolina Acrescida de Álcool em Água Subterrânea*. Dissertação de M.Sc., UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, 2000.

CORSEUIL, H.X.; FERNANDES, M. "Efeito do etanol no aumento da solubilidade de compostos aromáticos presentes na gasolina brasileira". *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.4, pp.71-75, 1999.

COSTA, Alciléa Fátima. *Avaliação da Contaminação Humana por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos: Determinação de 1-Hidroxipireno Urinário*. Dissertação de M.Sc., ENSP, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001.

DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS. Ficha técnica de produtos. Disponível em: http://www.davis.com.br. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS. Ficha técnica dos Produtos Alubrite P, Siliclin e Emulsin 10. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

FEEMA. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. NT 202 –R10, de 12 de dezembro de 1986. Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos. DZ 205 –R5, de 05 de outubro de 1991. Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial. IT 1842 R-0, de 12 de março de 2003. Instrução Técnica para o requerimento das licenças ambientais para postos de serviço e obtenção da autorização para seu encerramento. MF 412. Método de determinação de óleos e graxas (extração em Soxhlet). MF 413. Método de determinação de óleos e graxas (partição gravimétrica). MF 414. Método de determinação de óleos minerais (extração Soxhlet e separação com sílica gel).

FEEMA/SEMADS/COPPETEC. Programa de Capacitação Técnica e Gerencial de Órgãos Ambientais Fase II. Modulo 8: Controle de Efluentes Líquidos em Atividades Potencialmente Poluidoras de Pequeno Porte. Rio de Janeiro, 2003.

FERNANDES, Aline; HEMKEMEIER, Marcelo; MICHELS, Márcia L. *Estudo de Caracterização Físico-Química de Dois Postos de Combustíveis do Município de Tubarão*. UNISUL, Tubarão, SC, 2001. 5p.

FIBRETECH GRP Ltd. Catálogo técnico. Disponível em: http://www.fibretechgrpltd.com. Acessado em: 01 de dez. 2004.

FLO TREND SYSTEMS. Catálogo técnico. Disponível em: http:// www.flotrend.com. Acessado em: 01 de dez. de 2004.

GERGEL, William C. *Lubricant Additive Chemistry*. Lubrizol Petroleum Additives Company Wickliffe, Ohio, USA, 1992. 13p.

GIORDANO, Gandhi. *Tratamento e controle de efluentes industriais*. Apostila de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente/UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

GÓES, Roberto C. Silva. *Manual de Toxicologia do Refino do Petróleo*. 2 ed. Rio de Janeiro, DRH-SETED,1991.

GOÍAS. PALÁCIO DO GOVERNO DO ESTADO. Decreto 1745, de 06 de dezembro de 1979. Aprova o Regulamento da Lei nº 8544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

GREENPEACE. Disponíveis em: http://archive.greenpeace.org/toxics/toxfreeasia/profiles.html. http://eu.greenpeace.org/downloads/chem/. Acessados em: 13 de out. de 2004.

GROBERIO, Fernando. *Estudos de Resíduos Gerados nas Atividades de Lavagem de Carros em Postos de Serviço Automotivo na Cidade de Vitória/ES*. Dissertação de M.Sc. UFES, Vitória, ES, Brasil, 2003.

HEINSOHN, Robert Jennings; KABEL, Robert Lynn. *Sources and Control of Air Pollution*. New Jersey, Prentice Hall, Inc.,1999.

HUANG, Xiaohong; ELLIS, Timothy G.; KAISER, Sandra K. *Extant Biodegradation Testing With Linear Alkylbenzene Sulfonate in Laboratory and Field Activated Sludge Systems.* Dept. of Civil and Construction Engineering. Iowa State University, USA, 2000.24p.

HYDRO ENGINEERING. Catálogo Técnico. Disponível em: http://www.hydroengineeringinc.com/. Acessado em: 01 de dez. de 2005.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cadastro Central de Empresas. Rio de Janeiro, 2002.

INCA. INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. Disponível em: http://www.inca.gov.br/conteudo. Acessado em: 10 de março de 2005.

INDEBA. Ficha Técnica de Produtos. Disponível em: http://www.indeba.com.br. Acessado em: 14 de fev. de 2005.

INDUSTRIAL AIR SOLUTIONS. Catálogo técnico. Disponível em: http://www.industrialairsolutions.com. Acessado em: 01 de dez. 2004.

INVENTA BRASILNET. Disponível em: http://www.inventabrasilnet.t5.com.br /caralc.htm. Acessado em: 10 de março de 2005.

IRWIN, Roy.J. *Environmental Contaminants Encyclopedia Crude Oil Entry*. National Park Service, Water Resources Division, Fort Collins, Colorado, USA, 1997. 78p.

IRWIN, Roy.J. *Environmental Contaminants Encyclopedia Oil, Used Oil Entry*. National Park Service, Water Resources Division, Fort Collins, Colorado, USA, 1997. 42p.

ITOPFL. INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. Disponível em: http:// www.itopf.com. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

JAIRO GUIMARÃES (comunicação pessoal, 12 de janeiro de 2005).

JESUS, Odair P.; CASTRO, Jorge A. Regal. "Avaliação da Eficiência de Sistemas Separadores de Óleo para Efluentes Provenientes da Lavagem e Lubrificação de Veículos". In: *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 13*., v.2, p.247, Maceió, AL, agosto de 1985 - Resumos dos trabalhos técnicos.

JOHNSON DIVERSEY. Consulta de produtos automotivos comercializados em supermercados situados no município do Rio de Janeiro. 2005.

JOHNSON DIVERSEY . Ficha técnica dos produtos Orquimol e Solupan Técnico. São Paulo, SP, 2005.

JOHNSON, Stephen J. *Microbial Degradation of Linear Alkylbenzene Cable Oil in Soil an Aqueous Culture Under Aerobic Conditions*. Doctor of Philosophy Thesis. University of Edinburgh, UK, 2003. 314p.

JOHNSON, S.J.; BARRY, D.A.; CHRISTOF, N; PATEL, D. *Potential for Anaerobic Biodegradation of Linear Alkylbenzene Cable Oils: Literature Review and Preliminary Investigation*. EPP Publications, 2001. 12p.

KAIM, Adriano. *Teor de Óleos e Graxas de Águas Residuárias dos Postos de Combustíveis em Santo Ângelo*. URI, Santo Ângelo, RS, 2003.2p.

KOLESNIKOVAS, C.; OLIVEIRA, E.; CORSEUIL, H. Curso de contaminação de solos e águas subterrânea por compostos orgânicos. IBP, 2000.

LIMPLUS INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS DE LIMPEZA. Disponível em: http://www.limplus.com.br/catalog/. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

LEIMAR INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE SABÃO LTDA. Catálogo Técnico Shampoo Automotivo. Rio de Janeiro, RJ, 2005. 1p.

LUBROMAC IND E COM DE MAQ E PRODUTOS QUÍMICOS. Ficha Técnica fornecida pelo Fabricante dos Produtos: 20 Desengraxante e LQ-5 Chassis Removedor. Rio de Janeiro, RJ, 2005. 2p.

MARTINI JÚNIOR, Luiz Carlos; GUSMÃO, Antonio Carlos Freitas. *Gestão ambiental na industria*. 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Destaque, 2003.

MENEZES, Flávio Louchard. *Avaliação da qualidade de águas de drenagem urbana correlacionada aos poluentes originados pelo tráfego de veículos automotores: Estudo de caso do Túnel Rebouças na Bacia Contribuinte da Lagoa Rodrigo de Freitas*. Dissertação de M.Sc. UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

MERCK AND CO., INC. *The Merck Index.* N.J, USA, Rahway, 1976.

METAL SINTER AND PARKER RACOR. Catálogo Técnico. Disponível em: http://www.metalsinter.com.br. Acessado em: 01 de dez. de 2004.

METCALF & EDDY, Inc. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*.3 ed. Irwing, USA, Mc Graw-Hill, 1991.

MINAS GERAIS. CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). Deliberação Normativa n° 10, de 16 de dezembro de 1986. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água e dá outras providencias.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Figura da Espuma no Rio Tietê em Pirapora do Bom Jesus-SP*. Disponível em: http://ctjovem.mct.gov.br. Acessado em: 21 de fev. de 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZÔNIA LEGAL. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). *Diretrizes de Pesquisa Aplicada ao Planejamento e Gestão Ambiental*. Brasília, 1994. 101p.

MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. Fichas Internacionales de Seguridad Química. Disponível em: http:// www.rpd.es/. Acessado em: 10 de março de 2005.

MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT. *Environmental Guidelines for Water Discharges from Petroleum Industry Sites in New Zealand*. New Zealand,1998. 131p.

MISSISSIPPI STATE UNIVERSTY. AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING DEPARTAMENT. *Training for Construction Site Erosion Control and Storm Water Facility Inspection*. USA, 1993. 4p.

MOLLAH, M. Yousuf A.; SCHENNACH, Robert; PARGA, Jose R.; COCKE, David L. *Eletrocoagulation-Science and Applications.* Journal of Hazardous Materials, pp.29-41, 2001.

MOTORLUB. Disponível em: http://www.motorlub.com.br. Acessado em: 02 de dez. de 2004.

NEDER, Lúcia T. Câmara; OLIVEIRA, Walter E.; ROCHA, Aristides A.; SZAJNBOK, Moyses. "Tratamento de Resíduos Industriais Oleosos: Tecnologia de Encapsulamento por Complexos Argilo Minerais-CAMs". *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.4, pp.133-141,1999.

NIJHUIS WATER TECHNOLOGY. Catálogo Técnico. Disponível em: http://www.nijhuis-water.nl/. Acessado em: 01 de dez. de 2005.

NITSCHKE, Márcia; PASTORE, Gláucia Maria. *Biossurfactantes: Propriedades e Aplicações*. UNICAMP, Campinas, SP, 2002.

NORTHERN ARIZONA UNIVERSITY. Environmental Chemistry Course. *Pesticides, Herbicides, PCB´s, PAH´s and By-Products of Manufacturing Processes Lecture*, 1998.

ODAIR P. DE JESUS (comunicação pessoal, 23 de maio de 2005).

ODUM, E. Fundamentals of Ecology. 3 ed. Toronto, WB. Saunders, 1971.

OKAZAKI, Massao. *Perda de Água por Ação Microbiana*. Disponível em: www.redeaguape.org.br. Acessado em: 21 de fev. de 2005.

PARENTE, Expedito J. Sá. *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. 1 ed. Fortaleza, CE, Tecbio, 2003. 66p.

PAXÉUS, Niclas. *Vehicle Washing as a Source of Organic Pollutants in Municipal Wastewater*. Göteborg, Sweden, 1996. 8p.

PEREIRA, Renato C.; SOARES, Abílio G. *Biologia Marinha*. 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2002. 382p.

PETROBRÁS DISTRIBUIDORA S.A. Disponível em: http://www.br.com.br. Acessado em: 19 de março de 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE DE CAXIAS. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E PROJETOS ESPECIAIS (SEMAPE). *Cadastro Municipal de Atividades Potencialmente Poluidoras.* Ano base 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SMAC). *Programa de Cadastramento de Postos de Serviços e de Venda de Combustíveis Líquidos Situados na Cidade do Rio de Janeiro SMAC/ COHIDRO*. Rio de Janeiro, 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. CÂMARA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. Lei Municipal 2.482, de 04 de outubro de 1996. Dispõe sobre a obrigatoriedade de construção de caixas retentoras para os estabelecimentos que menciona, e dá outras providências.

PROAUTO. Consulta de produtos automotivos comercializados em supermercados situados no Município do Rio de Janeiro. 2005.

PROSIL. Ficha Técnica do Metassilicato de sódio. Rio de Janeiro, 2005.

PS INTERNATIONAL. Catálogo técnico. Disponível em: http://www.psinternational.com/. Acessado em: 01 de dez. de 2004.

QUIMIFAST IND E COM LTDA. Ficha Técnica do Produto: Desfast LDB. Rio de Janeiro, 2005.

RECICLENET. Disponível em: http:// recicle.net/pm mapa.asp. Acessado em: 13 de julho de 2004.

REFAP S.A. Disponível em: http://www.refap.com.br. Acessado em: 19 de março de 2005.

REVISTA PESCA. Disponível em: http://www.revistapesca.com.br. Acessado em: 09 de dez. de 2004.

REVISTA QUÍMICA. Disponível em: http://www.quimica.com.br. Acessado em: 09 de dez. de 2004.

RHODIABRASIL. Disponível em: http://www.Rhodia.ppmc.com.br/conteúdo/produto /por produtos.htm. Acessado em: 28 de fev. de 2005.

RUNGE, Peter R. F. *Lubrificação Automotiva*.Trihoconcept editora técnica, 1994.

RURALWILLYS. Disponível em: http://ruralwillys.tripod.com/. Acessado em: 18 de abril de 2005.

SANEPAR. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. Revista SANARE. Disponível em: http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v13/poluicao/. Acessado em: 24 de abril de 2005.

SANTOS, Fabiane Raquel O. *Água e Qualidade de Vida*. Ciclo de Palestras UNESP. Disponível em:.http://www.iq.unesp.br/pet/agua.pps. Acessado em: 13 de out. de 2004.

SÃO PAULO. GABINETE DO GOVERNADOR. Lei n° 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o controle da poluição no meio ambiente.

SAWAMURA , M.Y.; MORITA, D.M. "Mecanismos de desemulsificação de águas residuárias de indústrias de refino de óleo lubrificante pelo processo ácido- argila com cloreto férrico". *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.4, pp.76-83,1999.

SAWYER, Clair N. *Chemistry for Environmental Engineering*. 4 ed. Singapura, Mc Graw-Hill, 1994.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL. Norma Técnica SSMA nº 01/89, de 16 de março de 1989. Determina critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos.

SPERLING, Marcos V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Editora da UFMG, v.1, 1996. 243p.

TECBRIL INDUSTRIA E COM QUÍMICA LTDA. Consulta de produtos automotivos comercializados em postos de serviço no Município do Rio de Janeiro. 2005.

TECMA. Tecnologia em Meio Ambiente Ltda. *Separador Água e Óleo*; Catálogo do Produto. 2004. 1p.

TEXACO. Disponível em: http://www.ursa-texaco.com/Portuguese/glossary_a.html. Acessado em: 02 de dez. de 2004.

TEXACO. Consulta de produtos comercializados em postos de serviço no Município do Rio de Janeiro. 2005.

THURSTON COUNTY DEPARTAMENT OF WATER AND WASTE WATER MANAGEMENT. *Runoff Treatment BMP´s*. v.5, 2003.

UNDERWRITERS LABORATORIES INC. *Outline of Investigation for Oil/Water Separators*, 2000. 24p.

UNILIMP INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA. Ficha Técnica dos Produtos Unispray Wax e Unistar Green 732 e Unipan LQ 728. Belford Roxo, 2005.

UNITED STATES. MARYLAND STATE. *The Task Force on the Environmental Effects of Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE)*. Final Report, 2001. 33p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. "Elaborado pela Unicamp processo de reciclagem de água usada em lavagem de carros". *Revista Eletrônica Ciência Hoje*. Disponível em: http://unicamp hoje/ju/junho2003/ju216pg9b.html. Acessado em: 13 de out. de 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. INSTITUTO DE QUÍMICA. *Aula Sobre Surfactantes e Micelas*. Disponível em: http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/exemplar24.html. Acessado em: 13 de out. de 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. INSTITUTO DE QUÍMICA. Ficha técnica do Metanol. Disponível em: http://www.quimica.ufpr.br/~ssta/metanol.htm. Acessado em: 20 de março de 2005.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA.INSTITUTO DE QUÍMICA. Ficha técnica do Etanol. Disponível em: www.qca.ibilce.unesp.br/prevencao/produtos/etanol.html. Acessado em: 20 de março de 2005.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Disponível em: http://www.epa.gov/. Acessado em: 13 de out. de 2004.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Oil/Water Separators – Best environmental practices for auto repair and fleet maintenance*, 1999. 2p.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Technologies for treating MTBE and other fuel oxygenates***,** 2004. 109p

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Códigos de Residuos Peligrosos de la EPA para Flujos de Residuos Comúnmente Generados por los Generadoros de Pequeñas Cantidades*, 2004. 1p.

ZEPPINI COMERCIAL LTDA. *Separadores Água e Óleo ZP 2000, Manual de Instalação, Operação e Manutenção*. 2004, 6p.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Postos de Serviço – Sistema de Drenagem Oleosa: NBR- 14605, Rio de Janeiro, 2000. 2p.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Considerações do grupo de revisão da NBR- 14605 sobre normas internacionais de sistemas separadores água e óleo*. Rio e Janeiro, 2005. 3p.

AFL INDUSTRIES. Catálogo técnico**.** Disponível em: http**://**www.aflindustries.com/. Acessado em: 01 de dez. de 2004.

ÁGUA VIVA TRATAMENTO BIOTECNOLÓGICO. Catálogo técnico do composto BIO 13. Guarujá, SP, 2005. 7p.

AKZONOBEL. Ficha técnica de produtos. Disponível em: http://www.akzonobel.com.br. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

ALVAMINE QUIMICA E COM LTDA. Ficha técnica dos produtos: Shampoo Jet e Pneu Super. São Paulo, SP, 2005. 2p.

AMBICENTER. Disponível em: http://www.ambicenter.com.br. Acessado em: 09 de dez. de 2004.

AMBIENTE BRASIL. Disponível em: http://www.ambientebrasil.com.br. Acessado em 09 de dez. de 2004.

ANP. AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Disponível em: http://www.anp.gov.br/glossario/. Acessado em: 02 de dez. de 2004.

ANP.AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO. Portaria n° 128, de 30 de julho de 1999. Estabelece a regulamentação à atividade industrial de rerrefino de óleo lubrificante usado ou contaminado. Portaria n° 171, de 20 de outubro de 1999. Dispõe sobre a anuência prévia da ANP para a importação de solventes.

ANVISA. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução Normativa nº 1, de 25 de out. de 1978. Aprova as normas a serem obedecidas pelos detergentes e seus congêneres. Portaria 112, de 14 de maio de 1982. Determina o caráter biodegradável da composição dos surfactantes aniônicos. Portaria nº 120, de 24 de nov. de 1995. Determina os testes de biodegradabilidade de detergentes.

APHA, AWWA, WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th edition, New York, 1998.

API. AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. Disponível em: http:// www.api-ec.api.org. Acessado em: 13 de out. de 2004.

AQUOLUDSA, Lda. Catálogo técnico do sistema *U.D.S.A*. Portugal, 2005. 4p.

ARIZONA DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY. *Badct Guidance Document for Pretreatment With Oil/Water Separators Draft*, USA, 1996. 34p.

BAIRD, Colin. *Química Ambiental*. Tradução Maria Angeles, Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2 ed. Porto Alegre, Bookman, 2002. 622 p.

BARBOSA FILHO, Olavo. *Ciência Ambiental Aplicada à Engenharia.* Apostila de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente/ UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

BARBOSA FILHO, Olavo. *Controle da Poluição.* Apostila de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente /UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2000.

BELLUCHE COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA. Ficha técnica do produto L-70. Rio de Janeiro, RJ, 2005.1p.

BIGARDI, Tatiana A. Russo; NUNES, Agnes Janaína Tezzoto; CARRA, Luiz Pannuti; FADINI, Pedro Sérgio. "Destino de surfactantes aniônicos em ETE do tipo lagoa aerada seguida de lagoa de decantação". *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*. v.8, pp.45-48, 2003.

BOMBRIL. Consulta de produtos automotivos comercializados em supermercados situados no município do Rio de Janeiro. 2005.

BRAGA, Benedito; HESPANHOL, Ivanildo; CONEJO, João G.; Lotufo, BARROS; Mário Thadeu L.; SPENCER, Milton; PORTO, Mônica; NUCCI, Nelson; JULIANO, Neusa; EIGER, Sérgio. *Introdução à Engenharia Ambiental*. São Paulo, Prentice Hall, 2002.

BRANCO, Samuel M. *Poluição*. Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico, 1972. 157p.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece os procedimentos e requisitos básicos para a implantação da avaliação de impacto ambiental. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Estabelece critérios para o licenciamento ambiental e define as atividades passíveis de licenciamento. Resolução n° 273, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre o licenciamento ambiental para postos combustíveis. Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas, em todo o território nacional, bem como determina os padrões de lançamento.

BRASIL. CONGRESSO NACIONAL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Estabelece a política nacional de meio ambiente. Lei n° 7.365, de 13 de setembro de 1985. Proíbe a fabricação e importação de detergentes não biodegradáveis no Brasil.

BRASKEM S.A. Ficha técnica da aguarrás mineral. Disponível em: http://www.braskem.com.br/. Acessado em: 22 de março de 2005.

BROWN, Theodore C.; LE MAY, H. Eugene Jr.; BURSTEN, Bruce E. *Química Ciência Central*. Tradução Horácio Macedo. 7 ed. Rio de Janeiro, LTC, 1997. 702 p.

CÂMARA, L.T.N.; OLIVEIRA, W.E.; ROCHA, A.A.; SZAJNBOK, M. "Tratamento de resíduos industriais oleosos: Tecnologia de encapsulamento por complexos argilo-minerais". *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.4, pp.133-141,1999.

CARBONO QUÍMICA. Disponível em: http://www.carbono.com.br/artigo/Artigo3.htm. Acessado em: 28 de fev. de 2005.

CECCATO. Informações técnicas sobre o modelo WQS/WSC. Disponível em: http:/www.ceccato.com.br/. Acessado em: 13 de set. de 2005.

CENTERQUÍMICA. Ficha técnica de produtos. Disponível em: http://www.centerquimica.com.br. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br. Acessado em: 19 de março de 2005.

CLEAR BUS. Ficha técnica dos produtos de limpeza veicular. Rio de Janeiro, RJ, 2005. 1p.

COMLURB. COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO-RJ. *Relatório de Avaliação do Separador Água e Óleo Instalado na Gerência de Transporte (IGT)*, 2003. 15p.

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO (CNPq). *Equipamento da UFRGS Reaproveita até 80% de Água Utilizada*. Disponível em: http://www.cnpq.br/. Acessado em: 13 de set. de 2005.

CORDAZZO, Jonas. *Modelagem e Simulação Numérica do Derramamento de Gasolina Acrescida de Álcool em Água Subterrânea*. Dissertação de M.Sc., UFSC, Florianópolis, SC, Brasil, 2000.

CORSEUIL, H.X.; FERNANDES, M. "Efeito do etanol no aumento da solubilidade de compostos aromáticos presentes na gasolina brasileira". *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.4, pp.71-75, 1999.

COSTA, Alciléa Fátima. *Avaliação da Contaminação Humana por Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos: Determinação de 1-Hidroxipireno Urinário*. Dissertação de M.Sc., ENSP, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2001.

DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS. Ficha técnica de produtos. Disponível em: http://www.davis.com.br. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS. Ficha técnica dos Produtos Alubrite P, Siliclin e Emulsin 10. Rio de Janeiro, RJ, 2005.

FEEMA. FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE. NT 202 –R10, de 12 de dezembro de 1986. Critérios e padrões para lançamento de efluentes líquidos. DZ 205 –R5, de 05 de outubro de 1991. Diretriz de controle de carga orgânica em efluentes líquidos de origem industrial. IT 1842 R-0, de 12 de março de 2003. Instrução Técnica para o requerimento das licenças ambientais para postos de serviço e obtenção da autorização para seu encerramento. MF 412. Método de determinação de óleos e graxas (extração em Soxhlet). MF 413. Método de determinação de óleos e graxas (partição gravimétrica). MF 414. Método de determinação de óleos minerais (extração Soxhlet e separação com sílica gel).

FEEMA/SEMADS/COPPETEC. Programa de Capacitação Técnica e Gerencial de Órgãos Ambientais Fase II. Modulo 8: Controle de Efluentes Líquidos em Atividades Potencialmente Poluidoras de Pequeno Porte. Rio de Janeiro, 2003.

FERNANDES, Aline; HEMKEMEIER, Marcelo; MICHELS, Márcia L. *Estudo de Caracterização Físico-Química de Dois Postos de Combustíveis do Município de Tubarão*. UNISUL, Tubarão, SC, 2001. 5p.

FIBRETECH GRP Ltd. Catálogo técnico. Disponível em: http://www.fibretechgrpltd.com. Acessado em: 01 de dez. 2004.

FLO TREND SYSTEMS. Catálogo técnico. Disponível em: http:// www.flotrend.com. Acessado em: 01 de dez. de 2004.

GERGEL, William C. *Lubricant Additive Chemistry*. Lubrizol Petroleum Additives Company Wickliffe, Ohio, USA, 1992. 13p.

GIORDANO, Gandhi. *Tratamento e controle de efluentes industriais*. Apostila de Curso. Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente/UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

GÓES, Roberto C. Silva. *Manual de Toxicologia do Refino do Petróleo*. 2 ed. Rio de Janeiro, DRH-SETED,1991.

GOÍAS. PALÁCIO DO GOVERNO DO ESTADO. Decreto 1745, de 06 de dezembro de 1979. Aprova o Regulamento da Lei nº 8544, de 17 de outubro de 1978, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

GREENPEACE. Disponíveis em: http://archive.greenpeace.org/toxics/toxfreeasia/profiles.html. http://eu.greenpeace.org/downloads/chem/. Acessados em: 13 de out. de 2004.

GROBERIO, Fernando. *Estudos de Resíduos Gerados nas Atividades de Lavagem de Carros em Postos de Serviço Automotivo na Cidade de Vitória/ES*. Dissertação de M.Sc. UFES, Vitória, ES, Brasil, 2003.

HEINSOHN, Robert Jennings; KABEL, Robert Lynn. *Sources and Control of Air Pollution*. New Jersey, Prentice Hall, Inc.,1999.

HUANG, Xiaohong; ELLIS, Timothy G.; KAISER, Sandra K. *Extant Biodegradation Testing With Linear Alkylbenzene Sulfonate in Laboratory and Field Activated Sludge Systems.* Dept. of Civil and Construction Engineering. Iowa State University, USA, 2000.24p.

HYDRO ENGINEERING. Catálogo Técnico. Disponível em: http://www.hydroengineeringinc.com/. Acessado em: 01 de dez. de 2005.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cadastro Central de Empresas. Rio de Janeiro, 2002.

INCA. INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER. Disponível em: http://www.inca.gov.br/conteudo. Acessado em: 10 de março de 2005.

INDEBA. Ficha Técnica de Produtos. Disponível em: http://www.indeba.com.br. Acessado em: 14 de fev. de 2005.

INDUSTRIAL AIR SOLUTIONS. Catálogo técnico. Disponível em: http://www.industrialairsolutions.com. Acessado em: 01 de dez. 2004.

INVENTA BRASILNET. Disponível em: http://www.inventabrasilnet.t5.com.br /caralc.htm. Acessado em: 10 de março de 2005.

IRWIN, Roy.J. *Environmental Contaminants Encyclopedia Crude Oil Entry*. National Park Service, Water Resources Division, Fort Collins, Colorado, USA, 1997. 78p.

IRWIN, Roy.J. *Environmental Contaminants Encyclopedia Oil, Used Oil Entry*. National Park Service, Water Resources Division, Fort Collins, Colorado, USA, 1997. 42p.

ITOPFL. INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION LIMITED. Disponível em: http:// www.itopf.com. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

JAIRO GUIMARÃES (comunicação pessoal, 12 de janeiro de 2005).

JESUS, Odair P.; CASTRO, Jorge A. Regal. "Avaliação da Eficiência de Sistemas Separadores de Óleo para Efluentes Provenientes da Lavagem e Lubrificação de Veículos". In: *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 13*., v.2, p.247, Maceió, AL, agosto de 1985 - Resumos dos trabalhos técnicos.

JOHNSON DIVERSEY. Consulta de produtos automotivos comercializados em supermercados situados no município do Rio de Janeiro. 2005.

JOHNSON DIVERSEY . Ficha técnica dos produtos Orquimol e Solupan Técnico. São Paulo, SP, 2005.

JOHNSON, Stephen J. *Microbial Degradation of Linear Alkylbenzene Cable Oil in Soil an Aqueous Culture Under Aerobic Conditions*. Doctor of Philosophy Thesis. University of Edinburgh, UK, 2003. 314p.

JOHNSON, S.J.; BARRY, D.A.; CHRISTOF, N; PATEL, D. *Potential for Anaerobic Biodegradation of Linear Alkylbenzene Cable Oils: Literature Review and Preliminary Investigation*. EPP Publications, 2001. 12p.

KAIM, Adriano. *Teor de Óleos e Graxas de Águas Residuárias dos Postos de Combustíveis em Santo Ângelo*. URI, Santo Ângelo, RS, 2003.2p.

KOLESNIKOVAS, C.; OLIVEIRA, E.; CORSEUIL, H. Curso de contaminação de solos e águas subterrânea por compostos orgânicos. IBP, 2000.

LIMPLUS INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS DE LIMPEZA. Disponível em: http://www.limplus.com.br/catalog/. Acessado em: 30 de nov. de 2004.

LEIMAR INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE SABÃO LTDA. Catálogo Técnico Shampoo Automotivo. Rio de Janeiro, RJ, 2005. 1p.

LUBROMAC IND E COM DE MAQ E PRODUTOS QUÍMICOS. Ficha Técnica fornecida pelo Fabricante dos Produtos: 20 Desengraxante e LQ-5 Chassis Removedor. Rio de Janeiro, RJ, 2005. 2p.

MARTINI JÚNIOR, Luiz Carlos; GUSMÃO, Antonio Carlos Freitas. *Gestão ambiental na industria*. 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Destaque, 2003.

MENEZES, Flávio Louchard. *Avaliação da qualidade de águas de drenagem urbana correlacionada aos poluentes originados pelo tráfego de veículos automotores: Estudo de caso do Túnel Rebouças na Bacia Contribuinte da Lagoa Rodrigo de Freitas*. Dissertação de M.Sc. UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.

MERCK AND CO., INC. *The Merck Index.* N.J, USA, Rahway, 1976.

METAL SINTER AND PARKER RACOR. Catálogo Técnico. Disponível em: http://www.metalsinter.com.br. Acessado em: 01 de dez. de 2004.

METCALF & EDDY, Inc. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*.3 ed. Irwing, USA, Mc Graw-Hill, 1991.

MINAS GERAIS. CONSELHO DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). Deliberação Normativa n° 10, de 16 de dezembro de 1986. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de água e dá outras providencias.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Figura da Espuma no Rio Tietê em Pirapora do Bom Jesus-SP*. Disponível em: http://ctjovem.mct.gov.br. Acessado em: 21 de fev. de 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E DA AMAZÔNIA LEGAL. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). *Diretrizes de Pesquisa Aplicada ao Planejamento e Gestão Ambiental*. Brasília, 1994. 101p.

MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES. Fichas Internacionales de Seguridad Química. Disponível em: http:// www.rpd.es/. Acessado em: 10 de março de 2005.

MINISTRY FOR THE ENVIRONMENT. *Environmental Guidelines for Water Discharges from Petroleum Industry Sites in New Zealand*. New Zealand,1998. 131p.

MISSISSIPPI STATE UNIVERSTY. AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING DEPARTAMENT. *Training for Construction Site Erosion Control and Storm Water Facility Inspection*. USA, 1993. 4p.

MOLLAH, M. Yousuf A.; SCHENNACH, Robert; PARGA, Jose R.; COCKE, David L. *Eletrocoagulation-Science and Applications.* Journal of Hazardous Materials, pp.29-41, 2001.

MOTORLUB. Disponível em: http://www.motorlub.com.br. Acessado em: 02 de dez. de 2004.

NEDER, Lúcia T. Câmara; OLIVEIRA, Walter E.; ROCHA, Aristides A.; SZAJNBOK, Moyses. "Tratamento de Resíduos Industriais Oleosos: Tecnologia de Encapsulamento por Complexos Argilo Minerais-CAMs". *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.4, pp.133-141,1999.

NIJHUIS WATER TECHNOLOGY. Catálogo Técnico. Disponível em: http://www.nijhuis-water.nl/. Acessado em: 01 de dez. de 2005.

NITSCHKE, Márcia; PASTORE, Gláucia Maria. *Biossurfactantes: Propriedades e Aplicações*. UNICAMP, Campinas, SP, 2002.

NORTHERN ARIZONA UNIVERSITY. Environmental Chemistry Course. *Pesticides, Herbicides, PCB´s, PAH´s and By-Products of Manufacturing Processes Lecture*, 1998.

ODAIR P. DE JESUS (comunicação pessoal, 23 de maio de 2005).

ODUM, E. Fundamentals of Ecology. 3 ed. Toronto, WB. Saunders, 1971.

OKAZAKI, Massao. *Perda de Água por Ação Microbiana*. Disponível em: www.redeaguape.org.br. Acessado em: 21 de fev. de 2005.

PARENTE, Expedito J. Sá. *Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado*. 1 ed. Fortaleza, CE, Tecbio, 2003. 66p.

PAXÉUS, Niclas. *Vehicle Washing as a Source of Organic Pollutants in Municipal Wastewater*. Göteborg, Sweden, 1996. 8p.

PEREIRA, Renato C.; SOARES, Abílio G. *Biologia Marinha*. 1 ed. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 2002. 382p.

PETROBRÁS DISTRIBUIDORA S.A. Disponível em: http://www.br.com.br. Acessado em: 19 de março de 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE DUQUE DE CAXIAS. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE E PROJETOS ESPECIAIS (SEMAPE). *Cadastro Municipal de Atividades Potencialmente Poluidoras.* Ano base 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SMAC). *Programa de Cadastramento de Postos de Serviços e de Venda de Combustíveis Líquidos Situados na Cidade do Rio de Janeiro SMAC/ COHIDRO*. Rio de Janeiro, 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. CÂMARA MUNICIPAL DO RIO DE JANEIRO. Lei Municipal 2.482, de 04 de outubro de 1996. Dispõe sobre a obrigatoriedade de construção de caixas retentoras para os estabelecimentos que menciona, e dá outras providências.

PROAUTO. Consulta de produtos automotivos comercializados em supermercados situados no Município do Rio de Janeiro. 2005.

PROSIL. Ficha Técnica do Metassilicato de sódio. Rio de Janeiro, 2005.

PS INTERNATIONAL. Catálogo técnico. Disponível em: http://www.psinternational.com/. Acessado em: 01 de dez. de 2004.

QUIMIFAST IND E COM LTDA. Ficha Técnica do Produto: Desfast LDB. Rio de Janeiro, 2005.

RECICLENET. Disponível em: http:// recicle.net/pm mapa.asp. Acessado em: 13 de julho de 2004.

REFAP S.A. Disponível em: http://www.refap.com.br. Acessado em: 19 de março de 2005.

REVISTA PESCA. Disponível em: http://www.revistapesca.com.br. Acessado em: 09 de dez. de 2004.

REVISTA QUÍMICA. Disponível em: http://www.quimica.com.br. Acessado em: 09 de dez. de 2004.

RHODIABRASIL. Disponível em: http://www.Rhodia.ppmc.com.br/conteúdo/produto /por produtos.htm. Acessado em: 28 de fev. de 2005.

RUNGE, Peter R. F. *Lubrificação Automotiva*.Trihoconcept editora técnica, 1994.

RURALWILLYS. Disponível em: http://ruralwillys.tripod.com/. Acessado em: 18 de abril de 2005.

SANEPAR. COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ. Revista SANARE. Disponível em: http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v13/poluicao/. Acessado em: 24 de abril de 2005.

SANTOS, Fabiane Raquel O. *Água e Qualidade de Vida*. Ciclo de Palestras UNESP. Disponível em:.http://www.iq.unesp.br/pet/agua.pps. Acessado em: 13 de out. de 2004.

SÃO PAULO. GABINETE DO GOVERNADOR. Lei n° 997, de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o controle da poluição no meio ambiente.

SAWAMURA , M.Y.; MORITA, D.M. "Mecanismos de desemulsificação de águas residuárias de indústrias de refino de óleo lubrificante pelo processo ácido- argila com cloreto férrico". *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.4, pp.76-83,1999.

SAWYER, Clair N. *Chemistry for Environmental Engineering*. 4 ed. Singapura, Mc Graw-Hill, 1994.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE DO RIO GRANDE DO SUL. Norma Técnica SSMA nº 01/89, de 16 de março de 1989. Determina critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos.

SPERLING, Marcos V. *Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos*. Editora da UFMG, v.1, 1996. 243p.

TECBRIL INDUSTRIA E COM QUÍMICA LTDA. Consulta de produtos automotivos comercializados em postos de serviço no Município do Rio de Janeiro. 2005.

TECMA. Tecnologia em Meio Ambiente Ltda. *Separador Água e Óleo*; Catálogo do Produto. 2004. 1p.

TEXACO. Disponível em: http://www.ursa-texaco.com/Portuguese/glossary_a.html. Acessado em: 02 de dez. de 2004.

TEXACO. Consulta de produtos comercializados em postos de serviço no Município do Rio de Janeiro. 2005.

THURSTON COUNTY DEPARTAMENT OF WATER AND WASTE WATER MANAGEMENT. *Runoff Treatment BMP´s*. v.5, 2003.

UNDERWRITERS LABORATORIES INC. *Outline of Investigation for Oil/Water Separators*, 2000. 24p.

UNILIMP INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA. Ficha Técnica dos Produtos Unispray Wax e Unistar Green 732 e Unipan LQ 728. Belford Roxo, 2005.

UNITED STATES. MARYLAND STATE. *The Task Force on the Environmental Effects of Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE)*. Final Report, 2001. 33p.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. "Elaborado pela Unicamp processo de reciclagem de água usada em lavagem de carros". *Revista Eletrônica Ciência Hoje*. Disponível em: http://unicamp hoje/ju/junho2003/ju216pg9b.html. Acessado em: 13 de out. de 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. INSTITUTO DE QUÍMICA. *Aula Sobre Surfactantes e Micelas*. Disponível em: http://www.qmc.ufsc.br/qmcweb/exemplar24.html. Acessado em: 13 de out. de 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. INSTITUTO DE QUÍMICA. Ficha técnica do Metanol. Disponível em: http://www.quimica.ufpr.br/~ssta/metanol.htm. Acessado em: 20 de março de 2005.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA.INSTITUTO DE QUÍMICA. Ficha técnica do Etanol. Disponível em: www.qca.ibilce.unesp.br/prevencao/produtos/etanol.html. Acessado em: 20 de março de 2005.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Disponível em: http://www.epa.gov/. Acessado em: 13 de out. de 2004.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Oil/Water Separators – Best environmental practices for auto repair and fleet maintenance*, 1999. 2p.

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Technologies for treating MTBE and other fuel oxygenates***,** 2004. 109p

USEPA. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Códigos de Residuos Peligrosos de la EPA para Flujos de Residuos Comúnmente Generados por los Generadoros de Pequeñas Cantidades*, 2004. 1p.

ZEPPINI COMERCIAL LTDA. *Separadores Água e Óleo ZP 2000, Manual de Instalação, Operação e Manutenção*. 2004, 6p.

ANEXO 1

TIPOLOGIA E CARACTERÍSTICAS DOS DETERGENTES, CERAS E SOLVENTES AUTOMOTIVOS.

Tabela A1. Tipos de ceras automotivas.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	pH	DILUIÇÃO
Cera líquida e opaca para proteção e brilho da pintura	UNISPRAY WAX 750	UNILIMP INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA	Cera de carnaúba, conservante, corante e água	azul	5 a 6	1:20
Cera pasta	CERA PASTA 4,5 KG	LIMPLUS IND E COM DE PRODUTOS DE LIMPEZA LTDA	Cera natural e sintética, perfume e solubilizante	vermelha	-	Aplicação direta sem diluição

Fonte: Ficha técnica dos fabricantes.

Tabela A2. Tipos de solventes.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	DILUIÇÃO
Solvente desengraxante alcalino, concentrado	SOLDEG	DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS LTDA	Solventes hidrofílicos, solubilizantes, tensoativos, emulsificantes e quelantes	1:1 ou 1:20
Desengraxante	DESENGRAXANTE	AKZONOBEL	Hidrocarbonetos aromáticos	Sem diluição
Produto usado para acabamento de lavagem de chassis e/ou carroceria como substituto do óleo de mamona	ANTI-RUSTE FLUIDO	TEXACO	Petrolato com aditivo antiferrugem e solvente	-
Limpeza de Pneus e borrachas de automóveis	PNEU PRETINHO 5 L	LIMPLUS IND E COM DE PRODUTOS DE LIMPEZA LTDA	Etileno glicol, glicerina, álcool, essência, corante e veículo	Sem diluição
Querosene – solvente utilizado para limpeza de peças	QUEROSENE 0,5 L	LIMPLUS IND E COM DE PRODUTOS DE LIMPEZA LTDA	Hidrocarbonetos alifáticos, naftênicos e aromáticos	Sem diluição

Fonte: Ficha técnica dos fabricantes.

Tabela A3. Tipos de detergentes automotivos.

TIPO	PRODUTO	FABRICANTE	COMPOSIÇÃO	COR	pH	DILUIÇÃO
Detergente líquido ácido para limpeza de ônibus e alumínio	ALUBRITE P	DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS LTDA	Ácidos inorgânicos, inibidores especiais, tensoativos e agentes quelantes	incolor	-	1:5
Desengraxante alcalino em pó	SOLUCLIN 30	DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS LTDA	Sais alcalinos, surfactantes e seqüestrantes	branco	13	1:20
Detergente líquido ácido removedor de incrustações	HIDROXY L	DAVIS PRODUTOS SINTÉTICOS E SERVIÇOS LTDA	Ácidos inorgânicos, seqüestrantes e inibidores	amarelo	1,5 a solução de 1%	1:10
Desengraxante líquido alcalino	LQ-20 DESENGRAXANTE	LUBROMAQ IND E COM DE MAQ E PRODUTOS QUÍMICOS LTDA	Tensoativos não iônicos, aniônicos e alcalinizantes	castanho	12	-
Desengraxante líquido alcalino	SOLUPAN DESENGRAXANTE 20 L	LIMPLUS INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS DE LIMPEZA	Tensoativos não iônicos, alcalinizantes, solubilizntes, seqüestrantes, espessante e corante	amarelo	12	Chassis e motor 1:5 a 1:10 Peças e máquinas 1:20 a 1:40
Lavagem de alumínio em baús de caminhões e ônibus, rodas de liga leve e peças em geral	INTERCAP 5 L	LIMPLUS INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS DE LIMPEZA	Tensoativos, sabão não coadjuvante, corante e água	azul		1:5 ou 1:10

Detergente líquido para lavagem automática de veículos	AUTOCAR M1	INDEBA	Tensoativos aniônicos biodegradáveis, alcalinizante, corante e conservante	-	-	1 a 2:100
Detergente semi-pastoso para a limpeza de carroceria e chassis	ORQUIMOL	JOHNSON DIVERSEY	Dodecil-benzenossulfonato de sódio, alcalinizante, coadjuvante, corante, espessante, perfume, preservante, sequestrante, tensoativo não iônico e água	amarelo	-	1:40
Shampoo automotivo neutro	SHAMPOO CARRO 20 L	LIMPLUS INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE PRODUTOS DE LIMPEZA	Alquil benzeno sulfonato de sódio, tensoativos não iônicos, seqüestrantes, sais inorgânicos, formol e corante	azul	neutro	1:20 a 1:40
Shampoo ativado para chassis	MAGNUM AT	CENTERQUÍMICA	Ácido dodecil benzeno sulfonato, corante e veículo	-	-	1:10

Shampoo desengraxante	DESFAST LDB	QUIMIFAST IND E COM LTDA	Sulfato de dodecil benzeno, aminas, álcool etoxilado, fosfatos e tenso ativo	azul		1:3
Detergente concentrado viscoso para limpeza externa de veículos	UNISTAR GREEN 732	UNILIMP INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA	Agentes tensoativos aniônicos e não iônicos, metassilicato de sódio, cloreto de sódio, corantes e água	verde	7,9 puro e em solução 0,5% 6,5	Em máquinas automáticas seguir orientação do fabricante Para limpeza manual 100 mL:10 L água; máquina geradora de espuma 500 mL:100 L
Shampoo para carros	LAVA AUTOS COM PROTEÇÃO ACRÍLICA	PROAUTO	Dodecilbenzeno sulfonato de sódio, tensoativo anfótero, amida, resina acrílica, corante, conservante e água	amarelo	-	1:10

Shampoo para carros	LAVA AUTO GRAND PRIX	JOHNSON	Água dodecilbenzeno sulfonato de sódio, formaldeído, polímero, lauril éter sulfato de sódio, perfume, alcalinizante, corante e espessante	azul	-	1:10
Solução para limpeza de vidros	LIMPA VIDROS CLASSIC	PROAUTO	Álcool, amônia, tensoativo aniônico, corante, perfume e água desmineralizada	azul	-	Sem diluição
Limpa pára-brisa	BOSCH	TECBRIL IND E COM QUIMCA LTDA	Agente de limpeza, conservante, corante,odorizante desnaturante e veículo	azul	-	Até 1:100
Limpa vidros	BRILHOL	BOMBRIL S/A	Nonifenol etoxilado, EDTA tetrassódico, hidróxido de amônia, formol, álcool etílico, composição aromática, corantes e água	azul	-	Sem diluição
Solução para limpeza de pneus	LIMPA PNEUS CLASSIC	PROAUTO	Glicerina, abrilhantador, hidróxido de sódio, espessante, corante, conservador e água desmineralizada	preto	-	1:10

Fonte: Ficha técnica dos fabricantes.

Tabela A4 . Características dos solventes oxigenados.

SOLVENTE	CLASSIFICAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Acetato de etila	Éster	Líquido incolor, odor agradável, inflamável, miscível em hidrocarbonetos, cetonas, álcoois, éteres e pouco solúvel em água
Acetato de butila	Éster	Líquido incolor, odor agradável, inflamável, miscível em hidrocarbonetos, cetonas, álcoois, éteres e pouco solúvel em água
MIBCOL (Metilisobutilcarbinol)	Álcool	Líquido incolor, odor agradável, miscível em solventes orgânicos e pouco solúvel em água
Acetona	Cetona	Líquido incolor, límpido, não corrosivo, odor agradável, baixa toxidez, miscível em solventes orgânicos e água
MIBK (Metilisobutilcetona)	Cetona	Líquido incolor, odor agradável, miscível em solventes orgânicos, óleos minerais vegetais, pouco solúvel em água
Diacetona álcool	Cetona/álcool	Líquido incolor, odor agradável e miscível na maioria dos solventes orgânicos e água
Isopropanol	Álcool	Líquido incolor, que se assemelha a uma mistura de álcool e acetona, miscível com a maioria dos solventes orgânicos e clorados

Hexilenoglicol	Éter glicol	Líquido incolor, levemente adocicado, viscoso, pouco higroscópico, miscível na maioria dos solventes orgânicos, ácidos graxos e água
MEK (Metil etil cetona)	Cetona	Líquido claro, odor pungente, volátil, pouco solúvel em água
Formaldeído (Formol)	Aldeído	Líquido claro, tóxico, cancerígeno, possui grande capacidade de redução, apresenta boa solubilidade na água e em compostos orgânicos (entorno de 100 mg/mL para água, cetona e etanol), pH na faixa de 2,8 a 4,0
Butilglicol	Éter glicol	Líquido incolor, viscoso com odor característicos, apresenta boa solubilidade na água e compostos orgânicos
Acetato de etilglicol	Éter glicol	Líquido incolor de odor característico, tóxico para o ser humano e organismos aquáticos, apresenta solubilidade entorno de 23g/100 mL para água
MTBE (éter metil t-butílico)	Éter	Líquido incolor, volátil, inflamável, de odor característico, tóxico e solúvel em solução aquosa

Fonte: Ficha técnica da Rhodia, 2005. USEPA (Environmental Protection Agency), 2004. INCA (Instituto Nacional do Câncer), MTAS (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales – Espanha), 2005.

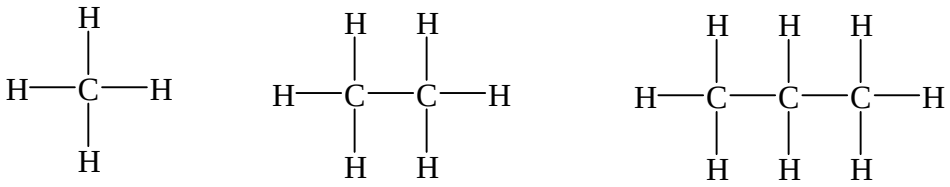
ANEXO 2

CONCEITOS DE QUÍMICA ORGÂNICA RELEVANTES PARA DESCRIÇÃO DA COMPOSIÇÃO DOS ÓLEOS, SOLVENTES E DETERGENTES.

A.1. HIDROCARBONETOS

A.1.1. Alcanos

As formas mais simples de hidrocarbonetos são aquelas que possuem cadeias de átomos de carbono, estando cada um desses ligados através de ligações simples aos outros átomos de carbono e hidrogênio mais próximos. As estruturas mais simples são o metano, CH_4, o etano, C_2H_6, e o propano, C_3H_8 (BAIRD, 2002). As suas respectivas fórmulas estruturais encontram-se relacionadas na **Figura A1**.



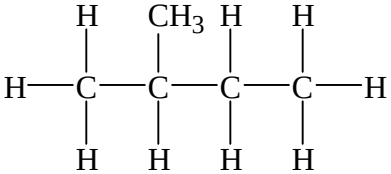
Metano Etano Propano

Figura A1. Alcanos simples. Química ambiental. Baird, C., 2002.

Nas moléculas de alcanos, cada átomo de carbono forma quatro ligações simples equiangulares, de forma a conferir uma estrutura tetraédrica. Dessa forma, os alcanos são moléculas tridimensionais, não planares, onde por motivos gráficos de representação, são colocados como moléculas planares com ângulos de 90° e 180° (BAIRD, 2002).

Quando os carbonos encontram-se na mesma cadeia, de forma contínua, são denominados de moléculas de cadeia linear ou não ramificados (BAIRD, 2002).

Os alcanos quando reagrupados de formas diferentes, mediante a reações químicas, permanecendo com o mesmo número de átomos, são chamados de isômeros estruturais. No caso de possuírem quatro ou mais átomos de carbono, estes apresentam isômeros de cadeia ramificada. Um exemplo deste caso é o 2- metilbutano, isômero do n-pentano (BAIRD, 2002), conforme **Figura A2**.

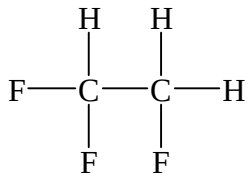


2 Metilbutano

Figura A2. Alcanos ramificados. Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

Os grupos CH_3, CH_3CH_2 são chamados de metila e etila, respectivamente, e assim por diante. Estes radicais ocupam o lugar do hidrogênio da cadeia linear em uma posição específica do carbono da cadeia principal. No caso acima, ocupam a posição do hidrogênio do carbono dois. Estes radicais alquilados são representados pela forma CH_3^- (BAIRD, 2002).

Os alcanos também podem se apresentar unidos a outros átomos. Neste caso, os hidrogênios são substituídos por átomos como flúor, cloro e bromo. Estes são chamados de substituintes. A nomenclatura segue a mesma ordenação das cadeias ramificadas. No caso dos compostos clorados, estes também são denominados organoclorados (BAIRD, 2002). A **Figura A3** exemplifica uma espécie de organoclorado.



1,1,2-Trifluoretano

Figura A3. Alcanos com outros átomos substitutos. Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

Os alcanos, também conhecidos por parafinas, correspondem aos hidrocarbonetos alifáticos saturados, e apresentam características incolores, insolúveis em água, hidrofóbicos, e dissolvem bem em muitos solventes orgânicos. Na temperatura ambiente, são pouco reativos e não reagem com ácidos, bases ou agentes oxidantes fortes. Os membros até C_5 são gases, os de C_6 até C_{17} são líquidos, e os acima de C_{17} são sólidos (BROWN, 1997).

Na **Tabela A5** segue o exemplo de alguns alcanos simples não ramificados.

Tabela A5. Espécies de alcanos simples.

FÓRMULA MOLECULAR	NOME	PONTO DE EBULIÇÃO (C°)
CH_4	Metano	-164
C_2H_6	Etano	-89
C_3H_8	Propano	-42
C_4H_{10}	Butano	-0,5
C_5H_{12}	Pentano	36
C_6H_{14}	Hexano	69
C_7H_{16}	Heptano	98
C_8H_{18}	Octano	126
C_9H_{20}	Nonano	151
$C_{10}H_{22}$	Decano	174
$C_{11}H_{24}$	Undecano	196
$C_{12}H_{26}$	Dodecano	216

Fonte: Chemistry for Environmental Engineering. Sawyer, C., 1994.

A.1.1.1. Cicloalcanos

Os cicloalcanos são anéis alifáticos saturados, também conhecidos por naftênicos, caracterizados por possuírem dois átomos de hidrogênio ligados a um átomo de carbono. Assim como os alcanos, os cicloalcanos também formam reações com outros elementos por substituição ao hidrogênio, como por exemplo, os halogênios, álcoois e cetonas (BROWN, 1997).

As características físico-químicas são semelhantes as dos alcanos, porém à medida que o ângulo entre as ligações diminui, aumenta as tensões entre as ligações. O resultado disso é que o ciclopropano é muito mais reativo que o propano normal (BROWN, 1997).

Abaixo, encontram-se alguns exemplos de cicloalcanos encontrados no petróleo, conforme **Figura A4**.

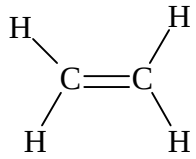
Metilciclopentano Ciclohexano

Figura A4. Cicloalcanos. **Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002**.

A.1.2. Alcenos

Os alcenos, ou olefinas, são hidrocarbonetos insaturados com uma ligação C=C. O mais simples é o $CH_2=CH_2$, eteno ou etileno. Os compostos olefínicos, particularmente o etileno, propileno e o butileno são formados no processo de craqueamento ou pirólise do petróleo. Os alcenos com quatro ou mais átomos de carbono têm diversos isômeros para cada fórmula molecular. Os nomes dos alcenos estão baseados na cadeia mais longa de átomos de carbono que contenha a dupla ligação. O nome da cadeia provém do nome do alcano correspondente, com a terminação ano transformada em eno (BROWN, 1997).

Os alcenos apresentam geometria planar molecular com ângulos de ligação de 120° em torno de cada carbono (BROWN, 1997), conforme **Figura A5**.



Eteno ou etileno

Figura A5. Alcenos. Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

Os alcenos possuem diferenças em relação aos alcanos em relação a sua reatividade e estrutura. A presença da dupla ligação entre os carbonos faz com que a estrutura dos alcenos seja muito mais reativa. As reações preponderantes são as reações de adição, onde um reagente liga-se aos dois átomos que formam a dupla ligação (BROWN, 1997).

$$H_2C=CH_2 + Br_2 \longrightarrow \underset{\quad Br\ \ Br}{H_2C\text{-}CH_2} \qquad \text{(A1)}$$

A **Tabela A6** exemplifica algumas constantes físicas de espécies de alcenos.

Tabela A6. Constantes físicas de alguns alcenos selecionados.

NOME	PONTO DE FUSÃO C°	PONTO DE EBULIÇÃO C°
Eteno	-169,4	-103,9
Propeno	-185,2	-47
1-Buteno	-130	-5
1-Penteno	-138	30
1-Hexeno	-98,5	64,1
1-Hepteno	-120	95
1-Octeno	-102,1	126
1-Noneno		149,9
1-Deceno	-80	172

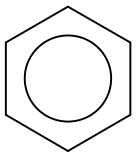
Fonte: Chemistry for Environmental Engineering. Sawyer, C., 1994.

A.1.2.1. Benzeno – Aromáticos simples

O anel benzênico constitui uma das unidades estruturais orgânicas mais estáveis e comuns existentes. A sua estrutura é um hexágono planar de seis átomos de carbono, contendo seis átomos de hidrogênio, cada um deles ligado a um carbono, situados no mesmo plano do C_6 (BAIRD, 2002).

Cada átomo de carbono da estrutura C_6H_6 está unido a dois carbonos e um hidrogênio, de maneira que, para formar as quatro ligações, deveria estar unido mediante a uma dupla ligação com seus carbonos vizinhos (BAIRD, 2002).

Devido à existência de uma estrutura ressonante intermediária, na qual todas as ligações CC têm o mesmo comprimento, que é uma média entre os comprimentos das ligações simples e duplas, o benzeno apresenta a formação alternada de ligações curtas C=C, e ligações longas, C—C. Este resultado é representado pela **Figura A6**, na qual o círculo fechado contido no hexágono representa as três ligações duplas (BAIRD, 2002).



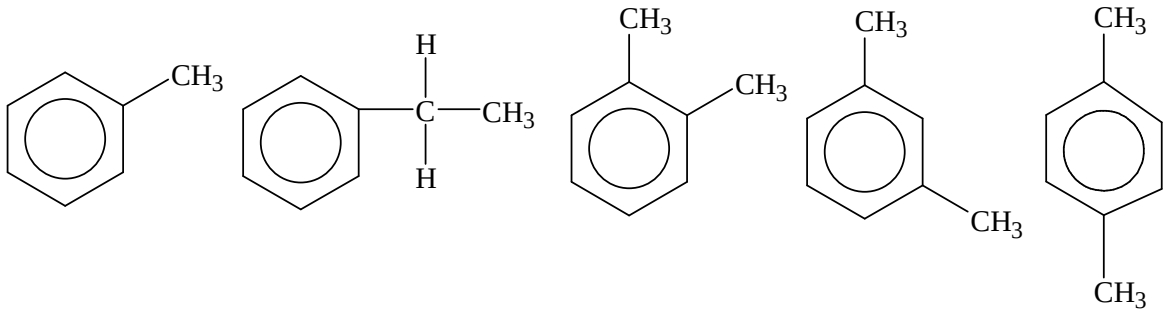
Benzeno

Figura A6. Anel aromático. Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

O benzeno só pode ser hidrogenado sob condições extremas. A sua forma de três ligações duplas e três ligações simples alternadas interagem de tal forma que conferem a essa estrutura uma estabilidade do ponto de vista energético bem mais avançado do que as moléculas de alcanos e alcenos. Essa estabilidade pode desaparecer caso uma das três ligações é hidrogenada ou experimenta reação de adição com outras moléculas, como exemplo a reação com o cloro gasoso formando o hexaclorociclohexano (BAIRD, 2002).

Existem outras espécies de compostos denominados série benzênica, que são encontradas comumente no petróleo e em seus derivados, especialmente na gasolina. A série benzênica é formada por radicais alquilados, em virtude da substituição do hidrogênio (BAIRD, 2002).

Os tipos comerciais mais importantes são abordados na **Figura A7**.



Tolueno Etilbenzeno o-Xileno m-Xileno p- Xileno

Figura A7. Série benzênica. Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

O benzeno e suas espécies são líquidos incolores, voláteis, com odores aromáticos característicos (GÓES, 1991). A **Tabela A7** exemplifica algumas características físicas de compostos benzênicos.

Tabela A7. Constantes físicas dos compostos benzênicos.

Nome	Ponto de fusão C°	Ponto de ebulição C°
Benzeno	5,51	80,09
Tolueno	-95	110,8
o- Xileno	-29	144
m- Xileno	-53,6	138,8
p-Xileno	13,2	138,5
Etilbenzeno	-93,9	136,15

Fonte: Chemistry for Environmental Engineering. Sawyer, C., 1994.

O benzeno, apesar de ter a sua solubilidade na ordem de 1,78 g/L, constitui o hidrocarboneto de maior solubilidade em água, sendo assim, é considerável o seu potencial poluidor por este fato. O percentual de benzeno encontrado no Petróleo é de aproximadamente 2% (GÓES, 1991).

A.1.2.2. Policíclicos aromáticos (PAH´s)

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAH´s) são compostos binários formados por carbono e hidrogênio com estrutura que consiste de pelo menos dois anéis aromáticos, de cinco ou seis átomos de carbono condensados. Os PAH´s podem apresentar estruturas similares que apresentam heteroátomos associados em sua estrutura, como os derivados nitratos e oxigenados (BAIRD, 2002). A **Figura A8** demonstra alguns tipos de PAH´s.

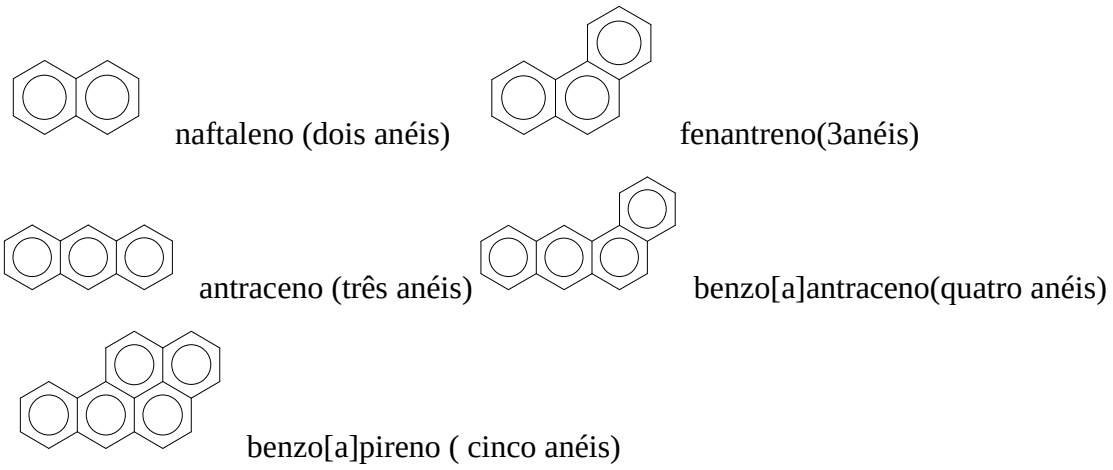


Figura A8. Policíclicos aromáticos. **Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002**.

As propriedades químicas e físico-químicas dos PAH´s são determinadas por seus sistemas de duplas conjugados que variam com o número de anéis e com suas massas moleculares (COSTA, 2001).

De uma forma geral, assim como o benzeno, os PAH´s possuem grande estabilidade planar. Os PAH´s são compostos relativamente inertes e suas reações mais comuns são as reações de substituição ou de adição eletrofílica. Estas reações de adição destroem a aromaticidade do sistema conjugado, diminuindo a estabilidade da molécula, que seguidas por reações de eliminação, regeneram o sistema aromático, e dão origem a um produto final de substituição (COSTA, 2001).

Outras características importantes dos PAH´s (COSTA, 2001) são:

- ***Apresentam-se sólidos à temperatura ambiente;***
- ***Possuem altos pontos de fusão e ebulição (81-278 C° e 218-545 C° respectivamente para o naftaleno, valores mais baixos, e o benzo (g,h,i) perileno, mais altos);***
- ***Baixa solubilidade em água (com exceção do naftaleno que é de 32 mg/L);***
- ***Alta solubilidade em solventes orgânicos lipofílicos;***
- ***Coeficientes de partição entre carbono orgânico, octanol, e água elevados, variando entre 3,4 e 7,1.***

A **Tabela A8** relaciona os tipos de PAH´s encontrados em uma análise de uma amostra de óleo inservível, com suas respectivas concentrações.

Tabela A8. PAH´s encontrados nos óleos usados ou inservíveis.

COMPOSTO	CONCENTRAÇÃO (ppm)
PAH´S BAIXO PESO MOLECULAR	
Naftaleno	52
Acenaftileno	1,5
Acenafteno	3,7
Fluoreno	67
Fenantreno	200
Antraceno	22
PAH'S ALTO PESO MOLECULAR	
Fluoranteno	55
Pireno	120
Benzo(a) antraceno	38
Benzofluorantenos	46
Criseno	45
Benzo(e) pireno	32
Benzo (a) pireno	15
Perileno	1,1
Indo (1,2,3 –cd) Pireno	14
Dibenzo(ah) antraceno	1,5
Benzo (ghi) perileno	72
PAC´S ALTO PESO MOLECULAR	
Dibenzotiofeno	1,9
PAH'S ALQUILADOS	
NAFTALENOS	
C1 naftaleno	31
C2 naftaleno	60
C3 naftaleno	80
C4 naftaleno	52
FENANTRENOS	
C1 fenantrenos	300
C2 fenantrenos	300
C4 fenantrenos	140
C4 fenantrenos	35

Fonte: Environmental contaminants encyclopedia, oil- used motor oil entry. Irwin, R., 1997.

A.2. ÉSTERES

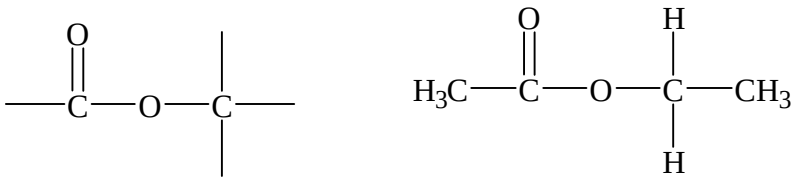
Os ésteres são compostos formados pela reação de ácidos orgânicos com álcoois, especificamente pela reação de condensação entre um ácido carboxílico e um álcool. A reação entre moléculas de baixo peso molecular nunca se completa. A reação reversa pode ocorrer através da hidrólise (SAWYER,1994), representada abaixo.

$$RCO\text{-}OH + H\text{-}OR_1 \rightleftharpoons H_2O + RCOOR_1 \qquad (A2)$$

A reação inversa de hidrólise produz o ácido e álcool correspondente:

$$R\text{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}\text{-}O\text{-}R' + HOH \longrightarrow RCOOH + R'\text{-}OH \qquad (A3)$$

Os ésteres normalmente apresentam um odor agradável. O nome do éster é dado pelo nome do álcool que o constitui (SAWYER, 1994), conforme **Figura A9**.



Grupo funcional Acetato de etila

Figura A9. Grupo funcional e molécula de um tipo de éster. Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

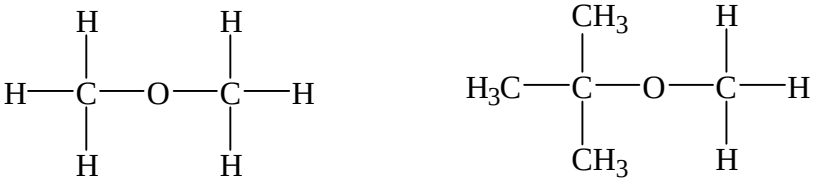
Quando submetidos a um ácido ou álcali, em solução aquosa, o éster se hidrolisa e a molécula retorna ao álcool e o ácido original. Na presença de um álcali, esta reação é chamada de saponificação do éster (SAWYER, 1994).

Do ponto de vista de biodegradação, os ácidos e álcoois servem de alimento para bactérias e são oxidados para CO_2 e H_2O (SAWYER, 1994).

A.3. ÉTERES

Os éteres são formados por um átomo de oxigênio conectado mediante duas ligações simples a outros átomos de carbono. São formados pela reação de duas moléculas de álcool, através da eliminação da molécula de água (BROWN, 1997).

Um exemplo de éter é o MTBE, solvente utilizado como aditivo antidetonante para a gasolina (BROWN, 1997). A sua molécula é representada pela **Figura A10**.



Grupo funcional MTBE ou Éter metil terbutílico

Figura A10. Grupo funcional do éter e Molécula de MTBE. Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

Uma outra variação de éter encontrado como solvente é o éter glicólico. Este constitui um éter adicionado de um grupamento glicólico, que é um diálcool vicinal (uma estrutura poliidroxilada), que apresenta mais de uma hidroxila na molécula (OH). O grupamento glicólico também pode integrar-se a outras substâncias, como o éster (BROWN, 1997).

A.4. ALDEÍDOS E CETONAS

Os compostos oxigenados que possuem uma dupla ligação carbono – oxigênio, constituem o grupo carbonila. Dependendo da associação formada com este grupamento, definem-se os aldeídos e as cetonas (BROWN, 1997). Suas moléculas são representadas nas **Figuras A11 e A12**.

Figura A11. Radical aldeído e a molécula do Formaldeído (Formol). Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

Figura A12. Radical cetona e molécula da acetona. **Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002**.

A oxidação dos álcoois em condições de controle origina os aldeídos e cetonas. As cetonas são menos reativas que os aldeídos e são muito usadas como solventes. No caso da acetona, o grupamento carbonila confere uma condição de polaridade a molécula, o que faz com que esta seja completamente solúvel em água, porém, esse fato não é verificado para todas as cetonas. Os aldeídos também possuem características de solubilidade (BROWN, 1997).

ANEXO 3

CONCEITOS BÁSICOS SOBRE METAIS RELEVANTES PARA A COMPOSIÇÃO DE ÓLEOS, SOLVENTES E DETERGENTES.

Os metais são elementos que apresentam brilho característico, conduzem bem o calor, a eletricidade, são maleáveis e dúcteis. Todos os metais, exceto o mercúrio (ponto de fusão de –39 C°), são sólidos a temperatura ambiente. A grande maioria deles se funde a altas temperaturas (acima de 1000 C°) (BROWN, 1997).

A maioria dos óxidos metálicos formados é de origem iônica e básica. Em solução aquosa, os metais tendem a formar cátions (BROWN, 1997).

Os metais geralmente apresentam energias de ionização baixas, e por isso são oxidados nas reações químicas que participam. Neste caso, muitos deles são oxidados por substâncias como o oxigênio e ácidos (BROWN, 1997).

A grande maioria da tabela periódica é formada por metais. E estes apresentam-se em traços na composição do petróleo e seus derivados. Os elementos do grupo 1ª são denominados metais alcalinos, com exceção do hidrogênio (Li, Na, K, Rb, Cs). Os elementos do grupo 2ª são denominados alcalinos terrosos (Be, Mg, Ca, Sr, Ba). Estes são largamente utilizados na composição de aditivos para óleos minerais e sintéticos, além de graxas. Na série 3ª todos os elementos com exceção do boro são metais (Al, Ga, In, Tl). Os elementos dos grupos 1B até 8B são ditos metais de transição. Nestes, incluem-se a série dos lantanídeos (57 a 71) e dos actinídeos (89 a 103) (BROWN, 1997). Os metais destes grupos, como por exemplo, Cu, Cr, Cd, Pb e Ni, nas atividades automotivas, são encontrados nos óleos inservíveis, em função do seu desgaste devido ao contato com o motor dos veículos (IRWIN, 1997). Os semimetais são elementos que apresentam características ambíguas, de metais e não metais (B, Si, Ge, As, Sb, Te, Po) (BROWN, 1997).

As cargas dos metais alcalinos são sempre 1+, a dos metais alcalinos terrosos são 2+, nos compostos de que fazem parte. Em cada um desses grupos, os elétrons mais externos são facilmente cedidos, o que leva a uma configuração eletrônica de um gás nobre. As cargas dos íons dos metais de transição não obedecem a um modelo evidente, portanto são variáveis (BROWN, 1997).

A ligação entre compostos metálicos e não metálicos tende a formar substâncias iônicas. A reação entre o níquel metálico e o oxigênio, produzindo óxido de níquel, é um exemplo (BROWN, 1997).

$2Ni(s) + O_2(g) \longrightarrow 2NiO(s)$ obs: sólido iônico Ni^{2+} e O^{2-} (A4)

A grande maioria dos óxidos metálicos é de óxidos básicos. Os que se dissolvem na água formam hidróxidos metálicos. Um exemplo é o óxido de sódio (BROWN, 1997).

$$Na_2O(s) + H_2O(l) \longrightarrow 2NaOH(aq) \quad (A5)$$

A reação dos óxidos metálicos com um ácido forma sal e água, comprovando seu caráter básico.

$$NiO(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow NiSO_4(aq) + H_2O(l) \quad (A6)$$

Em relação ao peso dos metais, estes podem ser leves ou pesados. O termo metal pesado é utilizado para os metais mais pesados que o Ca. Os metais leves são aqueles que apresentam peso atômico igual ou menor que o Ca, embora comercialmente o termo se aplique mais ao Li, Be, Al e Mg. Na prática, o termo metais pesados está relacionado com questões de poluição ambiental, e engloba praticamente todos os metais classificados como tóxicos (BROWN, 1997).

Em solução aquosa, o pH influi na solubilidade dos metais presentes nos óxidos metálicos, devido ao seu caráter alcalino, ou em outros sais que apresentam ânions básicos, onde de acordo com a espécie metálica em questão, são observados comportamentos distintos e faixas de maior ou menor solubilidade. As faixas de solubilidade são aplicadas para a remoção de metais de efluentes industriais (BARBOSA FILHO, 2000). Este conceito também pode ser aplicado para os efluentes automotivos. A **Figura A13** apresenta curvas de solubilidade para alguns dos principais metais de uso industrial.

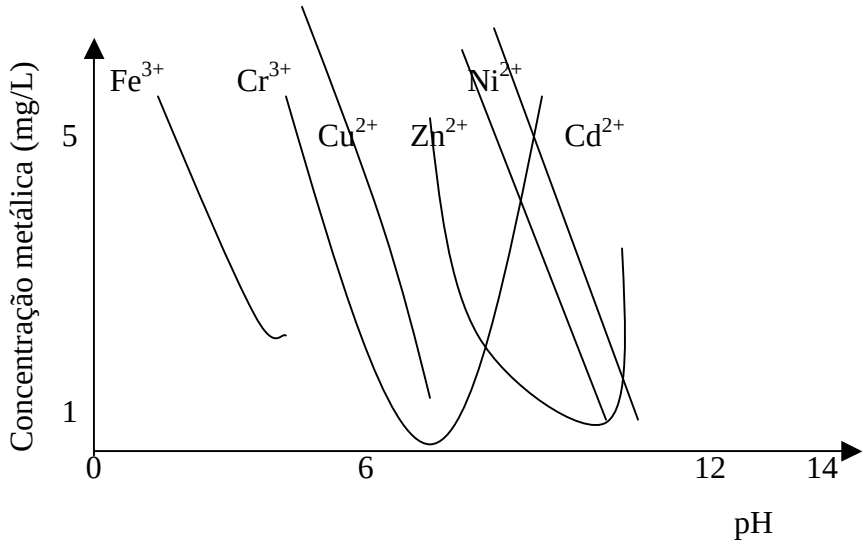


Figura A13. Solubilidade de vários metais em função do pH. Fonte: Controle da poluição. Barbosa Filho, O., 2000.

ANEXO 4

CONCEITOS QUÍMICOS GERAIS SOBRE COMBUSTÍVEIS

A.5. O ÁLCOOL

Os álcoois são derivados de hidrocarbonetos, onde um ou mais hidrogênios foram substituídos por um grupo hidroxila (OH). A nomenclatura dos álcoois termina em ol. Em virtude da ligação O-H (oxigênio e hidrogênio), que é polar, os álcoois apresentam excelente solubilidade em compostos polares, incluindo a água (BROWN, 1997). A fórmula estrutural é observada na **Figura A14.**

O grupamento hidroxila se interage com as pontes de hidrogênio, e assim, os álcoois apresentam pontos de ebulição mais altos que os alcanos originais (BROWN, 1997).

$R - OH$ $CH_3 - OH$ $CH_2\text{-}CH_3\text{-}OH$

Figura A14. Radical álcool e moléculas do metanol e etanol. Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

Os álcoois utilizados como combustíveis compreendem o metanol e o etanol. O metanol é o álcool mais simples. Este é obtido pela reação do monóxido de carbono e o hidrogênio em condições especificas de temperatura e pressão. Também pode ser obtido da reação do gás carbônico e o hidrogênio com catalisadores específicos. A utilização do metanol como combustível não é muito comum no Brasil, onde o seu uso é bem intensificado em países como o Estados Unidos (BROWN, 1997).

O álcool etílico, ou etanol, é um composto orgânico originado da fermentação de substâncias amiláceas, como por exemplo, a sacarose da cana-de-açúcar. Também pode ser originado de processos sintéticos, por substituição de hidrogênio de hidrocarbonetos por um grupo hidroxila (OH), por exemplo, ou até mesmo, da biomassa vegetal. Trata-se de um líquido incolor, volátil, inflamável e solúvel em água (AMBIENTE BRASIL, 2005).

No Brasil, o seu uso é intensivo, em torno de 15 bilhões de litros/ano para utilização veicular. A utilização do etanol para combustível ocorre na forma de álcool hidratado, na proporção de 95% de C_2H_5OH (BAIRD, 2002). Algumas propriedades físicas dos álcoois são exemplificadas na **Tabela A9**.

Tabela A9 – Propriedades físicas dos álcoois combustíveis.

Propriedade física	Metanol	Etanol
Ponto de fusão (C°)	-94	-117
Ponto de ebulição (Cº)	65	78
Densidade (g/ml)	0,79	0,79
ΔH combustão(KJ mol^{-1})	-726	-1367
ΔH combustão (KJ g^{-1})	-22,7	-29,7

Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

A.6. A GASOLINA

A gasolina é uma mistura de hidrocarbonetos voláteis contendo proporções variáveis de hidrocarbonetos aromáticos e alcanos, principalmente alcanos de cadeia linear e cicloalcanos. A faixa de carbono predominante é de C7 e C8. Além desses compostos, a gasolina também possui, em pequenas quantidades, compostos de enxofre, nitrogenados e metálicos (BAIRD, 2002).

Em função da octanagem da gasolina pura destilada ser baixa (50), numa escala que vai até 100, para o isooctano, a **Figura A15** apresenta a formula estrutural do isooctano, substâncias antidetonantes são adicionadas, no intuito de aumentar a eficiência de combustão. Entre essas substâncias encontram-se o chumbo tetra metila, $Pb(CH3)_4$, ou etila, e produtos oxigenados como: MTBE, ETBE (éter etil- t butílico), TAEE (éter etil – t amil), TAME (éter metil – t amil), DIPE (éter diisopropil), etanol, metanol, TBA (álcool t – butílico) e TAA (álcool t-amil) (USEPA,2004). No Brasil, a utilização de chumbo como antidetonante foi proibida, onde no momento utiliza-se uma composição de cerca de 22% de etanol anidro (sem água) na gasolina (BAIRD, 2002).

Os aromáticos também são um grupo importante na composição da gasolina, entorno de 25% em volume, nas formulações mais recentes. Neste grupo, o destaque é para a série benzênica, conhecida como BTEX, presente na gasolina (BAIRD, 2002), abordada no **Tópico A.1.2.1**.

Demais compostos encontrados no petróleo também podem ser observados na gasolina. Por se tratar de uma constituição básica de hidrocarbonetos, a gasolina é pouco solúvel em água, porém, com a presença do etanol, esta solubilidade aumenta pelo efeito da

co-solvência. O conteúdo de hidrocarbonetos leves faz com que a gasolina seja bastante volátil (BAIRD, 2002).

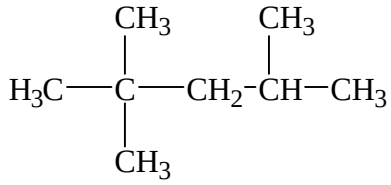


Figura A15. 2,2,4 – Trimetilpentano ou isooctano. Fonte: Química ambiental. Baird, C., 2002.

A **Tabela A10** apresenta algumas características físico-químicas da gasolina comercializada no Brasil.

Tabela A10. Característica dos tipos de gasolina comercializados no Brasil.

CARACTERÍSTICAS	Gasolina A-Comum	Gasolina A-Premium	Gasolina Padrão	Gasolina C-Comum	Gasolina C-Premium
COR	Amarela	Amarela	Amarela	---	---
ASPECTO	LIMS*	LIMS*	LIMS*	LIMS*	LIMS*
Álcool Etílico, %vol	Zero	Zero	Zero	22	21,5
Densidade, 20/4 ^{o}C	0,7410	0,7657	0,7473	0,7495	0,7686
Destilação,10% evap. ^{o}C	63,1	63,3	54,9	59,2	59,4
Destilação,50% evap. ^{o}C	105,4	113,2	102,07	73,4	75,3
Destilação,90% evap. ^{o}C	170,9	178,1	178,0	167,2	172,3
Ponto final de ebulição ^{o}C	212,2	210,0	207,6	214,2	211,8
Enxofre, % massa	0,07	0,05	0,07	0,09	0,05
Corrosividade	1	1	1	1	1
Hidrogênio, % massa	13,7	12,3	---	13,6	12,8
Carbono, % massa	84,3	86,3	---	76,7	78,2
Tolueno, % volume	3,31	8,50	2,00	3,31	7,38
Benzeno, % volume	0,60	1,5	0,98	0,60	1,55
Saturados, % volume	---	46,5	37,8	---	---
Olefinas, % volume	---	16,1	32,7	---	---
Aromáticos,%volume	---	37,4	29,5	---	---

Fonte: PETROBRÁS, 2005.