

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU” EM
ENGENHARIA QUÍMICA – NÍVEL MESTRADO**

**DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA
TRATAMENTO DE EFLUENTES VISANDO A REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE
POSTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS.**

VALMIR ELEMAR ZIMMERMANN

TOLEDO – PR

2 8

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

VALMIR ELEMAR ZIMMERMANN

**DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA
TRATAMENTO DE EFLUENTES VISANDO A REUTILIZACAO DA ÁGUA DE
POSTOS DE LAVAGEM DE VEÍCULOS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química, área de concentração em **Desenvolvimento de Processos**.

Orientador: Prof. Dr. Camilo Freddy
Mendoza Morejon

Co-orientador: Prof. Dr. Salah Din
Mahmud Hasan

TOLEDO - PR

2 8

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária
UNIOESTE/Campus de Toledo.

Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

Z76d

Zimmermann, Valmir Elemar

Desenvolvimento de tecnologia alternativa para
tratamento de efluentes visando a reutilização da água de
postos de lavagem de veículos / Valmir Elemar Zimmermann.
-- Toledo, PR : [s. n.], 2008.

120 f.

Orientador: Drº. Camilo Freddy Mendoza Morejon

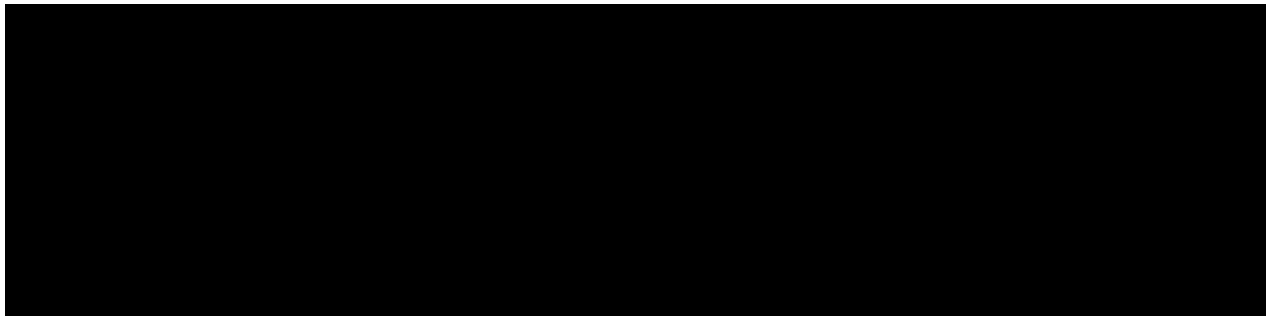
Co-orientador: Drº. Salah Din Mahmud Hasan

Dissertação (Mestre em Engenharia Química) -
Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo.
Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Água - Reutilização 2. Águas residuais - Purificação -
Tratamento 3. Tratamento de efluentes 5. Água - Purificação -
Flotação 6. Água - Purificação - Decantação 7. Postos de
lavagem de veículos - Tratamento de efluentes I. Morejon,
Camilo Freddy Mendoza, Or. II. Hasan, Salah Din Mahmud,
Or. III. T

CDD 20. ed. 628.1622
660.2842

Esta é a versão final da dissertação de Mestrado apresentada por Valmir Elmer Zimmermann perante a Comissão Julgadora do Curso de Mestrado em Engenharia Química da Universidade do Oeste do Paraná



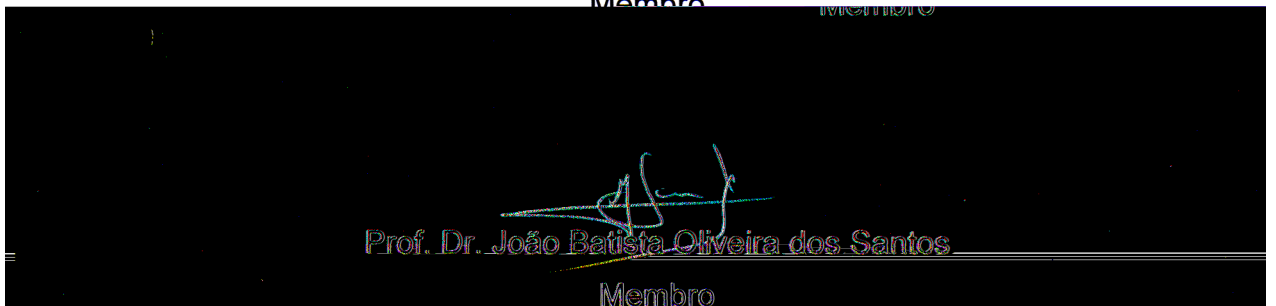
Prof. Dr. Camilo Freddy Mendez Mercein

Orientador

Prof. Dr. Patricio Guillermo Paralta Zamora

Membro

Membro



Prof. Dr. João Batista Oliveira dos Santos

Membro



Prof. Dr. Salah Din Mahmud Hasan

Membro

Dedico este trabalho a minha família,
orientadores e amigos pelo incentivo e apoio
na realização desse importante passo na minha
vida.

AGRADECIMENTOS

Através deste gostaria de agradecer a todos que me ajudaram no desenvolvimento e consolidação deste trabalho, especialmente para:

Meus pais, pela respeitosa consideração, por entenderem os momentos em que precisava estar afastado deles nos períodos críticos de saúde.

Aos meus irmãos, Hilmar (Técnico em Saneamento), Daison (Técnico em Piscicultura), Wilfried (Filósofo), Severino (Autônomo), Ivete (Secretária) Ademir (Mestre em Síntese Orgânica), Almiro (Técnico em piscicultura) e Claudemir (Carreteiro) que não mediram esforços, em suprir minhas carências financeiras, emocionais e afetivas no núcleo familiar, em especial meu sobrinho Marcisnei (estudante de biologia) que em qualquer momento que solicitado pode estar presente no atendimento aos seus avós e tios avós, no apoio e manutenção em relação as suas enfermidades e por fim ao querido Olavo (em memória).

Ao meu orientador Professor Dr. Camilo Freddy Mendoza Morejon que não mediu esforços para desenvolver todas as atividades inerentes ao processo de consolidação deste trabalho e ao Professor Dr. Salah Din Mahmud Hasan que também contribuiu em muito no meu crescimento e nas atividades voltadas ao projeto. Além da dedicação e apoio, prestado por eles de forma solidaria nos momentos da minha crise de saúde e emocional, a eles minha eterna gratidão.

Ao professor Dr. Patricio Guillermo Peralta Zamora professor adjunto da Universidade Federal do Paraná, pela valiosa colaboração nas análises efetuadas no Laboratório LabQAM - Laboratório de Química Ambiental e de Materiais e do Grupo Tecotrater- Grupo de Desenvolvimento de Técnicas Avançadas para o Tratamento de Resíduos.

As técnicas de laboratório, Arlene Bispo dos Santos, Fernanda Gabriela Henning, Jennifer Feliciano Souza, que com presteza apoiaram e executaram algumas das análises e a doutoranda Elaine Regina Lopes Tiburtius por dedicar seu valioso tempo para realizar algumas das minhas análises, do Grupo Tecotrater- Grupo de Desenvolvimento de Técnicas Avançadas para o Tratamento de Resíduos e LabQAM - Laboratório de Química Ambiental e de Materiais da Universidade Federal do Paraná, a elas meu cordial agradecimento.

Ao amigo Alexandre Emmel, técnico responsável pelo Laboratório Analítico Instrumental do SENAI-CIC/CETSAM, por fazer as análises dos BTEX, sem nenhum custo, a ele meu muito obrigado.

A minha colega Marilda M. T. Fornari e a técnica Valira F. Foiato, ambas atuam no Instituto Ambiental do Paraná – IAP, pelas valiosas análises e informações prestadas inerentes ao projeto, a elas meus mais sinceros agradecimentos.

Ao gerente Regional da Unidade de Toledo (URTO) da Companhia de Saneamento do Estado do Paraná, o senhor Pedro de Jesus Tatim Brum, pelas informações prestadas sobre a geração de esgoto no Município de Toledo/PR.

A todos os gerentes e funcionários dos estabelecimentos visitados no município de Toledo/PR, pela valiosa contribuição nas informações inerentes ao processo de lavagem de veículos.

A todos os professores que ministraram as aulas com grande competência e dedicação, aos colegas e técnicos da UNIOESTE - Campus Toledo, que diretamente ou indiretamente colaboraram durante o decorrer do curso.

SUMÁRIO

RESUMO	xvi
ABSTRACT	xvii
1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivo	20
1.2 Objetivos Específicos	21
2 REVISÃO DA LITERATURA	22
2.1 Distribuição das águas	22
2.2 Classificação e reuso de água	22
2.3 Efeitos de poços tubulares	26
2.4 Uma visão do uso das águas	29
2.5 Tipos de reuso de água.....	131
2.6 Legislação sobre o reuso de água	35
2.7 Características dos efluentes dos Postos de Lavagem de Veículos	36
2.8 Tecnologias para tratamento de águas de Postos de Lavagem de Veículos	41
2.8.1 Alguns processos e operações unitárias.....	42
2.8.2 Classificação dos sistemas de tratamento	242
2.8.3 Tratamento convencional utilizado nos Postos de Lavagem de Veículos.....	44
2.8.4 Outras operações utilizadas	50
2.8.5 Tecnologia desenvolvida no Brasil.....	51
2.9 Descrição dos tipos de lavagem de veículos.....	55
2.10 Benefícios e problemas da reciclagem de efluentes de lavagens de veículos	59
3 MATERIAIS E MÉTODOS	61
3.1 Descrição do elemento de análise.....	61
3.2 Metodologia	61
3.2.1 Diagnóstico da situação atual em torno da atividade dos Postos de Lavagem de Veículos.....	61
3.2.2 Caracterização do efluente bruto gerado nos Postos de Lavagem de Veículos.....	62
3.2.3 Modelagem matemática para identificar os fatores críticos de projeto	67
3.2.4 Desenvolvimento do protótipo.....	67
3.2.5 Pesquisa em banco de patentes para verificar a inovação	

3.2.6	Elaboração do processo para pedido de patente	68
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4.1	Diagnóstico da situação atual em torno da atividade dos Postos de Lavagem de Veículos	69
4.2	Caracterização do efluente bruto dos Postos de Lavagem de Veículos.....	81
4.3	Modelagem matemática para identificar os fatores críticos de projeto	97
4.4	Desenvolvimento do protótipo.....	97
4.5	Pesquisa em banco de patentes para verificar a inovação	105
4.6	Elaboração do processo para pedido de patente	105
4.7	Especificações dos critérios para desenvolvimento de manuais de instalação e operação do sistema de tratamento de efluentes de Postos de Lavagem de Veículos	105
4.8	Teste Preliminar dos Protótipos.....	107
5	CONCLUSÕES	110
6	SUGESTÕES E ESTUDOS FUTUROS	113
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
	ANEXOS	119
	ANEXO A Formulário utilizado nos PLV's para formação do banco de dados, utilizado como base no diagnóstico do município de Toledo/PR.....	120
	ANEXO B Formulários para pedidos de Patentes.....	123
	ANEXO C Método matemático utilizado para análise de decantação e flotação para determinar os fatores críticos de projeto.....	130
	ANEXO D Informações cedidas pela Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR).	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição da água no planeta, em cada um de seus estados físicos.....	22
Tabela 2	Valores orientados da qualidade das águas subterrâneas.....	36
Tabela 3	Características quantitativas de efluentes de diferentes tipos de lavagem de veículos.....	41
Tabela 4	Vazão e capacidade para diferentes processos de lavagem de veículos	59
Tabela 5	Parâmetros estudados e métodos utilizados nas análises físico-químicas do efluente de PLV's.....	63
Tabela 6	Cálculo do resíduo líquido gerado mensalmente pelo Est. 2	75
Tabela 7	Comparação entre os valores encontrados em relação às normas vigentes locais....	82
Tabela 8	Relações hipotéticas entre o tamanho médio das partículas e a área superficial específica em 1 grama de solo.....	97
Tabela 9	Valores de B e n para os quatro regimes do fluido	133
Tabela 10	Tabela de valores para identificar o regime de decantação.....	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esquema do colapso em Sete Lagoas - MG.....	27
Figura 2	Configuração simplificada de um sistema de abastecimento de água potável, rede coletora de esgoto e redes duplas de distribuição para reuso de água.	34
Figura 3	Esquema de caixa de retenção de areia e óleo; A – caixa de retenção de areia; B e C – caixas de retenção de óleo; D – caixa de inspeção; E – caixa de óleo.	46
Figura 4	a) Caixa de retenção de areia; b) Caixa de retenção de óleo.....	47
Figura 5	Esquema geral de uma unidade de flotação por ar dissolvido.	49
Figura 6	Fluxograma de tratamento e reuso de água de lavagem de veículos.	55
Figura 7	Sistema de Flocação-Flotação (FF) de tratamento e Reuso da Água de lavagem de veículos.	55
Figura 8	Lavagem de veículo tipo “Túnel”, com a sujeira sendo removida mecanicamente por escovas.....	57
Figura 9	Lavagem de veículo do tipo “Túnel”. A limpeza é efetuada mecanicamente através de jatos de alta pressão.	57
Figura 10	Jatos de alta pressão durante a lavagem de veículo.	58
Figura 11	Lavagem de veículos do tipo “Rollover”.	58
Figura 12	Esquema geral do elemento de análise.....	61
Figura 13	Distribuição da frota de veículos do município de Toledo.	69
Figura 14	Mapa temático (mapa de risco) da região urbana do município de Toledo/PR.	71
Figura 15	Tipos de atividade desenvolvidas dos estabelecimentos visitados.....	72
Figura 16	Proporção dos estabelecimentos com e sem rampa de lavagem.	72
Figura 17	Proporções do uso e origem das águas para suprimento dos estabelecimentos.	73
Figura 18	Esquema do processo de lavagem de veículos para o balanço de massa.....	74
Figura 19	Consumo médio mensal de água dos estabelecimentos pesquisados.....	76
Figura 20	Potencial de geração de resíduo líquido nos postos de lavagem de veículos.....	77
Figura 21	Tipos de tratamento para os resíduos líquidos gerados.....	78

Figura 22	Distribuição dos tipos de veículos lavados nos PLV's.	79
Figura 23	Comparação entre a quantidade e tipo de veículo lavado.	80
Figura 24	Cromatograma padrão para análise de BTEX.....	83
Figura 25	Cromatograma para determinação de BTEX (Amostra A) de PLV que lavam automóveis e motocicletas.	84
Figura 26	Cromatograma para determinação de BTEX (Amostra C) de PLV que lavam caminhões e carretas.	84
Figura 27	Cromatograma para determinação de BTEX (Amostra AC) de PLV que lavam máquinas e equipamentos agrícolas.....	85
Figura 28	Espectro de fluorescência para as amostras (A) lavagem de automóveis, (C) lavagem de caminhões e carretas, (AC) lavagem de máquinas e implementos agrícolas.	86
Figura 29	Turbidímetro modelo LAMOTTE 2020.	87
Figura 3	Esquema do processo de decantação utilizado para determinar a curva de decantação com o tempo para as concentrações de 10, 30 e 50 g/L, o NTU inicial é medido no momento em que a solução é posto em repouso para cada concentração.	87
Figura 3	Gráfico de Turbidez para cada altura em relação ao tempo para concentração de 10g/L, para o teste de decantação.	88
Figura 32	Perfil de decantação (Turbidez e Altura) para a concentração de 10 g/L.	89
Figura 33	Decantação das partículas mais grossas, para concentração de 10 g/L com as partículas grosseiras depositadas no fundo de todas as provetas.....	89
Figura 34	Sedimentação das partículas médias para a concentração de 10 g/L, onde se percebe a maior clarificação na água, a velocidade é mais lenta, necessitando de tempo para que ocorra a formação de flocos, para posterior sedimentação.	90
Figura 35	Turbidez no final da sedimentação natural para partículas finas na concentração de 10g/L, verifica-se grau de turbidez remanescente devido às partículas finas	

Figura 36 Perfil de Turbidez para cada altura em relação ao tempo para concentração de 30g/L, a turbidez tem um pequeno incremento em relação à altura, devido o acúmulo de partículas finas.	91
Figura 37 Perfil de decantação (Turbidez e Altura) para concentração de 30g/L.	92
Figura 38 Sedimentação do sólido grosseiro para a concentração de 30g/L, na parte superior está mostrado o início da clarificação da água, vê-se também o incremento na turbidez com a concentração.	92
Figura 39 Turbidez no final da sedimentação natural para partículas finas na concentração de 30g/L, vê-se todas as partículas grosseiras depositadas no fundo das provetas e o incremento da turbidez com a concentração de finos em relação à concentração de 10g/L.	93
Figura 40 Gráfico de Turbidez para cada altura em relação ao tempo para concentração de 50g/L, percebe-se o aumento da turbidez com a concentração em relação às outras concentrações.	94
Figura 41 Perfil de decantação (Turbidez e Altura) para concentração de 50g/L.	94
Figura 42 Sedimentação dos sólidos grosseiros na parte inferior dos cilindros e clarificação da água na parte superior dos cilindros.	95
Figura 43 Turbidez no final da sedimentação natural para partículas finas na concentração de 50g/L, onde na parte inferior das provetas encontra-se as partículas grossas, na fase acima as partículas em suspensão e acima o início da clarificação e redução da turbidez.	95
Figura 44 Distribuição esquemática dos constituintes do solo segundo seu tamanho.	96
Figura 45 Esquema para dimensionamento de decantador / flotador em espiral.	99
Figura 46 Esquema dos defletores, seu efeito oscilatório no decantador/flotador.	101
Figura 47 Maquete modelo SIMOCO – D: (a) vista lateral; (b) vista superior; (c) vista superior com tampa.	102
Figura 48 Maquete modelo SIMOCO – D: no detalhe o recipiente de acúmulo de lodo, na parte da cinta verde (removível) para trocas periódicas quando sua capacidade for atingida por outro recipiente.	102
Figura 49 Maquete modelo SIMOCO – D: vista geral do modelo.	103

Figura 5	Maquete modelo SIMOCO – F: possui as mesmas características do SIMOCO–D. Podemos verificar o sistema em espiral externo para adição de floculantes e ar comprimido (tubo em espiral - Fluxo pistão).	104
Figura 5	Maquete modelo SIMOCO – F: em detalhe representa o mesmo nível de entrada e saída.	104
Figura 52	Maquete modelo SIMOCO – F: vista geral do modelo.	105
Figura 53	Esquema do desenvolvimento operacional dos módulos.....	107
Figura 54	Teste preliminar do SIMOCO-D, no detalhe em vermelho a saída do efluente para o SIMOCO-F, no detalhe em azul representa a saída de materiais flutuantes e/ou óleos e graxas quando houver.	108
Figura 55	Teste do SIMOCO-F, com a saída do efluente do SIMOCO-D, e o fluxo pistão antes da alimentação do SIMOCO-F, no detalhe o fluxo em espiral com os defletores e a saída dos materiais flutuantes e/ou óleos e graxas quando houver. .	108
Figura 56	Características do efluente após o tratamento.	109
Figura 57	Esquema representando tipos e formas das partículas e as forças atuantes em sistemas de decantação para a fluidodinâmica das partículas.....	130
Figura 58	Representação esquemática das forças atuantes em uma partícula qualquer em um sistema de decantação.....	130
Figura 59	Gráfico esquemático representando os dois tipos de regimes que atuam em sistema de decantação.....	131
Figura 6	Desenho esquemático para o desenvolvimento matemático para determinar a velocidade terminal na fluidodinâmica de uma partícula.	131
Figura 6	Exemplo para determinar a forma de uma partícula esférica.....	132
Figura 62	Representação esquemática da sedimentação linear.	136
Figura 63	Representação esquemática da sedimentação não-linear.	136
Figura 64	Esquema da decantação de suspensões concentradas.	136

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E NOMENCLATURA

ABAS - Associação Brasileira de Águas Subterrâneas

ABS - Aquil Benzeno Sulfonado

B – Intercap - detergente de base ácida utilizado na lavagem de veículos

BD – Banco de Dados

BTEX – Iniciais de Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos, respectivamente

C – Solupan – detergente de base alcalina

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

CETSAM – Centro de Tecnologia em Saneamento e Meio Ambiente

COT – Carbono Orgânico Total

CT – Carbono Total

IC – Carbono Inorgânico

D – Xampu – detergente neutro

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DETRAN/PR – Departamento de Trânsito do Estado do Paraná

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETA – Estação de tratamento de Água

ETE – Estação de tratamento de Esgoto

FF – Floculação e Flotação

IAP – Instituto Ambiental do Paraná

L – Unidade de volume (Litros)

LAS - ABS de cadeias lineares

MF – Material Flotado

NACE – National Association of Colleges and Employers

NTK - Nitrogênio Total Kjeldahl

NTU – Unidades Nefelométricas de Turbidez

PET – Polietileno Tereftalato

PLV – Posto de Lavagem de veículo

Q_A – Consumo de água ($m^3/mês$)

RG – Resíduo Gasoso

RL – Resíduo Líquido

RPA – Rede Pública de Abastecimento

RS – Resíduo Sólido

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

V_{RL} – Geração mensal de efluente ($m^3/mês$)

X – Fração de massa

X_A – Fração massa de água

X_B – Fração massa de intercap

X_c – Fração massa de solupan

X_D – Fração massa de Xampu

X_{OG} – Fração massa de óleos e graxas

X_I – Fração massa de inertes

X_m – Fração massa de metais em suspensão

X_O – Fração massa de outros componentes

SNGRH – Sistema Nacional de Gestão de Recursos Hídricos

SST – Sólidos Suspensos Totais

U.S.EPA – United State Environment Protection Agency

RESUMO

A crescente preocupação com o meio ambiente e, em especial com o uso dos recursos hídricos resultou na valorização crescente da água potável como bem de consumo. Inúmeras são as atividades que utilizam este recurso, uma delas, os Postos de Lavagem de Veículos (PLV's), objeto da pesquisa. No Brasil, cerca de 32.700 postos de lavagem transformam aproximadamente 3,7 milhões de metros cúbicos de água/mês em efluente. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo geral o desenvolvimento de tecnologia alternativa para tratamento de efluentes visando a reutilização da água de postos de lavagem de veículos. Para tanto, a metodologia teve como base sete aspectos principais: 1) Diagnóstico da situação atual em torno da atividade dos PLV's; 2) Caracterização do efluente bruto gerado pelos PLV's; 3) Modelagem matemática para identificar os fatores críticos de projeto; 4) Desenvolvimento do protótipo; 5) Pesquisa em banco de patentes para verificar a inovação; 6) Elaboração do processo para pedido de patente e 7) Especificações dos critérios para desenvolvimento de manuais de instalação e operação do sistema de tratamento de efluentes de PLV's. Para o caso da cidade de Toledo-PR constatou-se a existência de 47.155 veículos automotores cadastrados (dos quais apenas 27% passam pelos PLVs), com um consumo médio de 2682,5 m³ de água/mês, geração de 2.921,14 m³ de efluente/mês com característica altamente variável, tendo apenas 97% dos postos algum sistema de tratamento. Constatou-se a ineficiência dos sistemas convencionais cuja análise resultou na proposição/desenvolvimento de duas tecnologias (pedido de patente N° MU8701195-6 de 23.07.2007 e N° MU8701196-4 de 23.07.2007) tendo entre suas características o baixo custo, facilidade de instalação/operação/manutenção, necessidade de pouco espaço físico, eficiente e versátil na sua forma de aplicação. Desta forma, este trabalho deve contribuir com a minimização da problemática ambiental em torno da atividade dos PLV's.

Palavras-chave: *posto de lavagem de veículos, tratamento de efluente, mapa temático e de risco, módulo de decantação, módulo de flotação.*

ABSTRACT

The increasing concern with the environment and specially with the use of the water resources resulted in the increasing valorization of the drinking water as well of consumption. Innumerable are the activities that use this resource, one of them, the Car Wash Station (CWS), object of this research. In Brazil, about 32,700 CWS approximately consume 3.7 millions of cubical meters of water per month that transform it in wastewater. In this context, this work had, as general objective, the development of alternative technology for wastewater treatment aiming the recovery of the water from car wash station. For so much, the methodology had as base seven main aspects: 1) diagnosis of the current situation around the activity of CWS; 2) characterization of the crude wastewater generated by CWS; 3) mathematical modeling to identify the critical factors of project; 4) development of the prototype; 5) researches of patents to verify the innovation; 6) elaboration of the process for patent request and 7) specifications of the criteria for development of installation and operation manuals of the wastewater treatment system. In the case of Toledo/PR city, from the 47,155 registered self-driven vehicles (of the which only 27% pass for CWS), with a medium consumption of 2682,5 m³ water per month, it was verified a generation of 2.921,14 m³ wastewater per month with highly variable characteristic, having only 97% of the CWS some treatment system. The inefficiency of the conventional systems was verified and the analysis resulted in the proposition/development of two technologies (patent request number MU8701195-6 23/07/2007 and number MU8701196-4 23/07/2007) having, among their characteristics, the low cost, installation/operation/maintenance easiness, need of little space, efficiency and versatile in application form. In this way, this work should intended to contribute with the minimization of the environmental problem around the activity of CWS.

Key-words: *Car wash station, wastewater treatment, risk and thematic map, decantation module, flotation module.*

INTRODUÇÃO

Os freqüentes racionamentos de água impostos aos usuários deste elemento mostram a real magnitude da crescente problemática resultante da contaminação. Cada vez mais são intensificadas campanhas e programas de conscientização para melhor uso desta substância. Porém, o simples racionamento ou diminuição do consumo, não deve ser a única saída para contornar este problema. Visto que o aumento populacional e das atividades industriais e de prestação de serviços contribui ainda mais para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas.

Segundo Morelli (2005), o descarte de efluentes industriais e de esgoto urbano sem tratamento, vem comprometendo a qualidade dos mananciais nas regiões metropolitanas. Em função disto, a legislação e a fiscalização restringem ainda mais o uso das águas e a disposição final dos resíduos gerados com o uso dela.

Conforme a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2006), o desenvolvimento das cidades sem correto planejamento ambiental incorre em grandes prejuízos para a sociedade, pelo fato da geração de resíduos domésticos e industriais, como também a geração de poluições do ar e sonora, além do aumento da temperatura e da contaminação das águas subterrâneas, entre outros problemas. Os efeitos destas realidades são percebidos sobre o aparelhamento urbano relativo aos recursos hídricos, ao abastecimento de água, ao transporte e tratamento de esgoto cloacal e pluvial, decorrência do aumento da geração de poluentes que contaminam mananciais e águas subterrâneas.

Para Teixeira (2003), a reciclagem da água é empregada durante milhões de anos pela natureza através do ciclo hídrico, porém este processo é lento. Atualmente, desenvolvem-se projetos tecnológicos para acelerar este processo natural. O assunto é alvo de atenção em todo mundo, visto que a água torna-se um recurso escasso, devido a sua contaminação gerada por processos industriais que despejam poluentes. Para melhorar esta problemática, o reuso da água se tornou uma estratégia na gestão dos recursos hídricos, pois pode substituir a água potável por uma água de qualidade inferior, como na lavagem de veículos, lavagem de pavimentos, irrigação, aquíicultura, etc.

Desta forma, o reuso de água, contribui para a conservação e planejamento dos recursos hídricos, liberando fontes de água de qualidade superior para abastecimento público e outros usos prioritários.

Atualmente, estão se discutindo diversas formas de solucionar o efeito da escassez de água potável no mundo todo, dos ambientes domésticos até grandes indústrias. Porém, esta preocupação é recente, apesar de haver muitas tecnologias novas voltadas para a solução do problema, elas encontram-se restritas as “prateleiras” das instituições de fomento a pesquisa por falta de interesse dos donos dos empreendimentos em solucionar o problema, ou o fato da busca para uma real solução sobre a minimização dos efeitos poluentes das águas não serem considerado pelos usuários.

A reutilização da água, ainda está se encaminhando para modelos aplicáveis em diversos setores da sociedade. Porém, devido à falta de conscientização em relação a real magnitude da escassez e de convênios entre instituições públicas e privadas, com os objetivos mútuos voltados ao desenvolvimento e aplicação de tecnologias destinadas para uma solução ambiental, ainda encontram-se em horizontes opostos, por um lado têm-se a tecnologia desenvolvida e por outro lado não há interesses de investimentos para controlar os efluentes gerados.

Este projeto pretende contribuir com o desenvolvimento de tecnologia, preferencialmente, não convencional para o tratamento/reciclagem de resíduos líquidos gerados em Postos de Lavagem de Veículos (PLV), principalmente visando à reutilização da água. Uma proposta pode ser justificada de diferentes pontos de vista, porém o que chama atenção é o número de postos e a quantidade de água utilizada para cada lavagem de carro. Como limitações, há a ineficiência dos sistemas convencionais de tratamento, o grande espaço requerido para o sistema convencional e principalmente o elevado custo de manutenção. Desta forma, torna-se interessante, o desenvolvimento de um sistema modular com as seguintes premissas: sistema que deva requerer um menor espaço para sua instalação, de maior eficiência e baixo custo. Para tanto, serão adequados nos fundamentos da Engenharia Química inicialmente concebida para uma solução de complexos processos de transformação relacionados com a indústria petroquímica, de alimentos e de biotecnologia. Esses fundamentos, principalmente relacionados com as operações unitárias serão adequados aos métodos físicos, químicos e biológicos que resultará numa nova tecnologia.

1 Objetivo

Desenvolvimento de tecnologia de tratamento de efluentes gerados em Postos de Lavagem de Veículos, visando a reutilização da água.

1.2 Objetivos Específicos

- Diagnóstico da situação atual em torno da atividade dos postos de lavagem de veículos;
- Caracterização do efluente bruto gerado pelos postos de lavagem de veículos;
- Modelagem matemática para identificar os fatores críticos de projeto;
- Construção de módulos compactos para tratamento dos efluentes dos postos de lavagem de veículos;
- Pesquisa em banco de patentes para verificar a inovação e elaboração do processo para pedido de patente;
- Especificação dos critérios para desenvolvimento de manuais de instalação e operação do sistema de tratamento de efluentes de postos de lavagem de veículos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Distribuição das águas

Cerca de 1% da água do nosso planeta é constituída pelas águas continentais, que podem ser superficiais ou subterrâneas (Tabela 1). As águas superficiais correspondem aos rios, lagos e lagoas e as subterrâneas aos depósitos de água chamados “lençóis freáticos” (MAGOSSO & BONACELLA, 2003).

Tabela 1 Distribuição da água no planeta, em cada um de seus estados físicos.

Estado Físico	Tipos	% do volume total de água
Sólido	Calotas de gelo, geleiras	2,150
	Oceanos e mares	97,210
Líquido	Águas subterrâneas	0,626
	Águas superficiais	0,009
Gasoso	Vapor atmosférico	0,005

Fonte: MAGOSSO & BONACELLA, (2003).

2.2 Classificação e reuso de água

A reutilização das águas é classificada por tipos de reuso, podendo ser de uso direto ou indireto, decorrentes de ações planejadas.

O reuso indireto planejado da água pressupõe que exista um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade conforme o objetivo do reuso.

O reuso direto planejado das águas, ocorre quando os efluentes depois de tratados são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação (TEIXEIRA, 2003).

As águas da chuva são encaradas pela legislação brasileira hoje como esgoto, pois elas usualmente vão dos telhados e dos pisos para as bocas de lobo aonde, como "solvente universal", carrega todo tipo de impurezas, dissolvidas, suspensas, ou simplesmente arrastadas mecanicamente, para um córrego que vai acabar num rio que por sua vez vai suprir uma Estação para Tratamento de Água Potável (CETESB, 2006).

As águas da chuva são visto como um novo vilão para a poluição dos rios, em uma reportagem publicada pelo Instituto Ciência Hoje por Murilo Alvez Pereira (2008), os resíduos industriais e esgoto doméstico não são os únicos agentes de poluição dos rios.

Na história da poluição dos rios, ganha papel de destaque um personagem desconsiderado até aqui: a drenagem urbana, apontada em recente estudo do Grupo de Química Ambiental (GQA) da Universidade Federal do Paraná. “É preciso desfazer o mito de que a poluição dos rios está essencialmente ligada à atividade industrial”, diz o químico Marco Tadeu Grassi, do GQA. Segundo ele, as chuvas fortes lavam as ruas e carregam resíduos do solo – inclusive metais pesados – até o corpo d’água mais próximo (CIÊNCIA HOJE, 2008).

Devido ao calçamento e às construções, o solo das áreas urbanas é impermeável à água que recebe. A canalização de rios também contribui para que a água se concentre nesse sistema de drenagem. De acordo com dados da equipe de Grassi (Ciência Hoje, 2008), os contaminantes que chegam aos rios por intermédio da drenagem urbana competem ‘meio a meio’ com a atividade industrial e o esgoto residencial. São metais pesados sem função biológica conhecida que podem, na maioria das vezes, causar desequilíbrio ambiental ou, via cadeia alimentar, prejudicar a saúde humana. Em estudo feito em Curitiba em uma área de drenagem de 30 km², os números revelam acúmulo anual de aproximadamente 1.500 kg de chumbo, 900 kg de cobre e 25 kg de cádmio. Esses metais mereceram a atenção da equipe por serem indicadores de atividade humana.

As substâncias analisadas têm origem em óleos lubrificantes de veículos, pneus, pastilhas de freio, pavimentação asfáltica, tintas de parede e telhado, entre outros produtos que contêm metais pesados. Além disso, a queima de combustíveis fósseis lança esses metais na atmosfera que, lavados pela chuva, também atingem o leito dos rios. A preocupação com os poluentes levados para os rios pela drenagem superficial teve início há cinco anos, quando a equipe começou a estudar a contaminação por cobre das águas dos rios Iguaçu e Iraí, nas imediações de Curitiba. Ainda segundo Grassi, a poluição pela água da chuva vai depender do

local e da atividade humana ali realizada.

Regiões dotadas de áreas verdes, que permitem a absorção de chuva pelo solo, e com menor movimento de veículos, por exemplo, vão poluir menos os rios vizinhos. Após as coletas, a água foi analisada, e os pesquisadores observaram que a maioria dos metais vinham ligados a partículas ou agregados sólidos. Por isso, foi preciso desenvolver um método para separá-los das partículas sólidas e então quantificá-los. O processo centra-se no emprego de um reator que, aquecido por microondas, gera uma radiação capaz de separar os metais das partículas. De posse de números expressivos, a equipe de Grassi sugere medidas para minimizar o problema, entre elas a produção de asfaltos mais permeáveis à água e a criação de áreas verdes, que ajudam a absorvê-la. Ele elogia a ação dos condomínios que captam água de chuva para fins menos nobres, como lavar calçadas e regar plantas. Como a maior parte dos metais (75% do chumbo e 50% do cobre) está associada a partículas sólidas, a simples varrição mecanizada das ruas impediria a chegada de boa parcela desses resíduos aos corpos d'água (CIÊNCIA HOJE, 2008).

Conforme a CETESB (2006), o desenvolvimento das cidades sem correto planejamento ambiental incorre em grandes prejuízos para a sociedade, devido à geração de resíduos domésticos e industriais, como também a geração de poluições do ar e sonora, além do aumento da temperatura e da contaminação das águas subterrâneas, entre outros problemas. Os efeitos destas realidades são percebidos sobre o aparelhamento urbano relativo aos recursos hídricos, ao abastecimento de água, ao transporte e tratamento de esgotos cloacal e pluvial, decorrência do aumento da geração de poluentes que contaminam mananciais e águas subterrâneas.

Conforme Soares (2003), quanto maior for a concentração de matéria orgânica no meio aquático, maior será a proliferação de bactérias, maior a atividade total de respiração e maior, por conseguinte, a demanda de oxigênio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, pode ocorrer a morte de diversos seres aquáticos. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), com a geração de maus odores. O consumo de oxigênio dissolvido constitui um dos principais problemas de poluição em nosso país, basicamente em função da grande quantidade de esgoto jogado para dentro dos rios, como consequência do acelerado processo de urbanização.

Para Beato et al. (2003), os recursos hídricos da bacia da lagoa da Pampulha estão sujeitos aos diversos impactos ambientais decorrentes da urbanização desordenada, infra-

estrutura de saneamento precária, erosão e assoreamento, desmatamento irregular e disposição inadequada de resíduos sólidos e de efluentes industriais. As conseqüências se refletem na lagoa com o assoreamento e a eutrofização. O sistema aquífero, responsável pela manutenção do escoamento de base dos tributários da lagoa, também sofre as conseqüências do tipo de ocupação com a alteração do regime de escoamento das nascentes e da qualidade das águas subterrâneas rasas. Com o modelo de urbanização atual, o terreno é densamente ocupado sem infra-estrutura de saneamento eficiente e áreas de preservação dos recursos hídricos, causando o desmatamento das matas ciliares, a impermeabilização do solo e a degeneração das águas superficiais e subterrâneas, principalmente, por efluentes domésticos.

Segundo a Associação Brasileira de Águas Subterrâneas - ABAS (2007), após a precipitação, parte das águas que atinge o solo se infiltra e percola no interior do subsolo, durante períodos de tempo variáveis, decorrentes de muitos fatores, conforme segue:

- Porosidade do subsolo: a presença de argila no subsolo diminui sua permeabilidade, não permitindo grandes infiltrações;
- Cobertura vegetal: um solo coberto por vegetação é mais permeável do que o solo desmatado;
- Inclinação do terreno: em declividades acentuadas a água corre mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de infiltração;
- Tipo de chuva: chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para infiltrar.

Assim, no caso de centros urbanos há poucas áreas livres para infiltração de águas, devido aos pavimentos e coberturas impermeáveis que os caracteriza, dificultando ainda mais a infiltração de águas pluviais. Neste sentido o uso ou captação de águas subterrâneas está condicionado também a fatores quantitativos, qualitativos e econômicos: a quantidade está relacionada à condutividade hidráulica e aos coeficientes de armazenamento dos terrenos, os aquíferos podem recuperar-se lentamente ou ter uma recuperação mais regular; a qualidade é influenciada pela composição das rochas e das condições de bombeamento; economicamente depende da profundidade do aquífero e das condições do bombeamento (ABAS, 2007).

Para Rosa Filho et al (2005), muito se fale no potencial e na excelente qualidade das águas armazenadas no Sistema Aquífero Guarani (SAG), variações espaciais significativas nas propriedades hidrogeológicas e hidroquímicas relacionadas a feições geológicas e

estruturais localizadas, podem ocasionar resultados negativos inesperados, tanto em termos de quantidade, como na qualidade da água captada. A classificação hidroquímica (considerando os íons predominantes) da água com base em dados de análises físico-químicas de doze amostras de água coletadas em poços que captam águas do SAG, situados na porção centro-norte do Estado do Paraná, e em zona de influência do Arco de Ponta Grossa, permitiu individualizar as seguintes famílias: bicarbonatada-cálcica (Cambará, Santa Amélia e Abatia); bicarbonatada-sódica (Londrina, Cornélio Procópio, e Bandeirantes); bicarbonatada-sódica com teor mais elevado de cálcio (Andirá); mista-sódica (Bandeirantes-Yara) e sulfatada-cloretada-sódica (Jardim Alegre). Algumas dessas famílias são resultantes de processos de evolução geoquímica causados pela migração da água através do aquífero, enquanto outras (Jardim Alegre) podem ser interpretadas como resultado de um tempo de residência prolongado, relativamente às outras porções do aquífero, por estar sendo captada em compartimento isolado, limitado por falhamentos e intrusões de diques de diabásio. A relação entre a qualidade e quantidade da água armazenada e a possibilidade de compartimentação do arcabouço do aquífero deve ser levada em conta para não inviabilizar projetos de captação do SAG para fins de abastecimento público.

2.3 Efeitos de poços tubulares

Existem vários registros de colapsos do terreno nas proximidades de um poço tubular, isto tem ocorrido em cidades como Veneza, Cidade do México, Houston, Bancoc, todas atribuídas à extração de águas subterrâneas. No Brasil, este fato ocorreu nas cidades de Mairinque (SP) em 1981, Cajamar (SP) em 1986, Sete Lagoas (MG) em 1987 e 1988 (Figura 1) e Almirante Tamandaré e Curitiba (PR) em 1993, todas situadas em regiões cársticas. Constata-se também, que nestas regiões que estão ligados à evolução de cavidades no subsolo, podem resultar em colapsos dos terrenos, que são abatimento brusco do terreno, o qual pode ocorrer sem sinais prévios. Podem ocorrer também as subsidências, as quais são entendidas como movimento mais lento que os colapsos (NADAL et al, 2001).

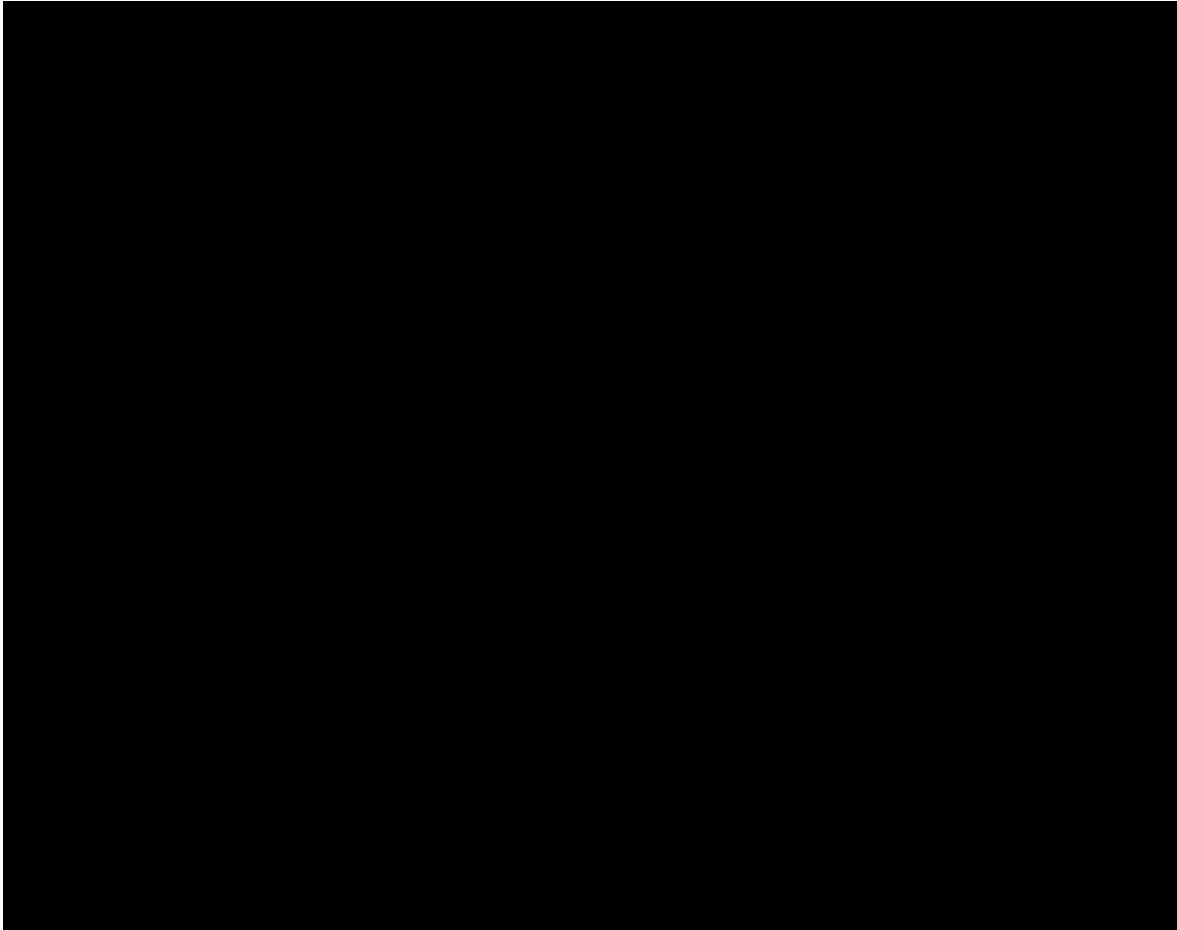


Figura 1 Esquema do colapso em Sete Lagoas - MG

Fonte: SILVA (2008)

Segundo Silva (2008) o problema da poluição dos recursos hídricos subterrâneos em carstes está na indefinição das áreas e dos mecanismos pelos quais os poluentes são incorporados ao fluxo subterrâneo. Estes mecanismos e a migração dos poluentes são influenciados por fatores físicos, químicos e biológicos. Os físicos são inerentes ao tipo do aquífero, seus parâmetros hidrodinâmicos, e as características físicas dos poluentes e os químicos são relacionados à composição química do contaminantes e a da água do aquífero. Além disso, os processos que controlam a migração dos poluentes são distintos quando se tem substâncias solúveis em água ou aquelas imiscíveis. Os aquíferos cársticos são os mais vulneráveis à poluição. Em meios heterogêneos como os carstes o transporte dos poluentes será realizado através das zonas de maior permeabilidade do aquífero. Existirão assim vários caminhos imprevisíveis no subsolo por onde migrarão as soluções contaminantes, caminhos este que dependerão exclusivamente das formas cársticas. Nestes casos, é difíceis a detecção, controle e previsão do avanço de “nuvem” poluidora no aquífero, como também são necessários estudos mais detalhados e acurados para identificar os diferentes padrões de

migração dos poluentes no subsolo. Nestes meios a porosidade efetiva é normalmente pequena, mas a velocidade do fluxo subterrâneo pode ser grande. Além disso, estes aquíferos são heterogêneos em relação à orientação e frequência das fraturas o que acarreta diferentes dispersões dos solutos em cada ponto do terreno. A forma geral de difusão da solução contaminantes nos meios fraturados ou cársticos é semelhante a dos meios porosos, restringindo-se, no entanto, às fraturas ou outras estruturas de rupturas das rochas ou em formas cársticas. O contaminante pode ser absorvido pelas estruturas geológicas ou pelo material que a preenche. O efeito combinado de adsorção nas fraturas e no material de preenchimento pode acarretar diferentes frentes de avanço do poluente no aquífero tanto no sentido horizontal como vertical.

O aquífero cársticos tem comportamentos semelhantes aos fraturados executando-se aqueles com muitas cavernas ou outros tipos de dissolução, onde as velocidades dos fluxos subterrâneos são muito grandes e o processo de dispersão molecular ocorre com muita rapidez. A reação natural dos aquíferos cárstico contra a contaminação obedece a vários fatores principais dos quais pode-se destacar: filtração mecânica, oxidação-redução, adsorção e absorção pelo terreno, processos bioquímicos, precipitação e co-precipitação, intercâmbio de gases, desintegração radioativa, processos de diluição. Em geral as ações de prevenção contra a poluição não se restringem a um só procedimento, mas a combinação de vários que são aplicados a cada problema específico a uma vez que a sua eficiência pode ser diferente de um caso a outro. O horizonte de solo e a zona de aeração funcionam como uma faixa protetora do aquífero contra a poluição das águas subterrâneas. Nesta faixa se ocorrem os processos de degradação, oxidação e adsorção dos poluentes, exceto para grandes quantidades de poluentes que fatalmente atingirão o aquífero, ou em zonas com grande infiltração das águas superficiais ou de chuvas levarão as soluções contaminantes para as partes mais profundas do subsolo (SILVA, 2008).

Para Silva (2008) os aquíferos cársticos onde os “lençóis freáticos” são próximos da superfície e as faixas de aeração são pouco espessas há uma vulnerabilidade maior. Quando o contaminante ou poluente atinge a superfície freática à migração ocorre. As substâncias imiscíveis se espalharão, sobre a superfície freática por distâncias de algumas dezenas de metros, nos aquíferos porosos e por centenas quilômetros nas fraturados e cársticos (substâncias imiscíveis muito densas irão para a base do aquífero). As soluções contaminantes se espalharão por toda a espessura do aquífero, na direção do gradiente hidráulico, por distância de quilômetros. A contaminação biológica (bactérias, vírus, poros e outros) é muito

comum em sistemas cársticos bem desenvolvidos (com cavernas e grandes condutos), principalmente quando as áreas de “recarga” do aquífero são ocupadas por atividade antrópicas ou urbanas. Nos aquíferos cársticos onde o fluxo de água subterrânea é feito através de fraturas e canais de dissolução, que são irregulares em dimensão e direção, são de alta velocidade e a migração dos poluentes é semelhante dos aquíferos fraturados. Em casos de existência de carstes “fósseis”, suspensos ou afogados, os estudos hidrogeológicos, em geral, e o de poluição, em particular, devem ser muito mais acurados.

Neste sentido, o problema que os poços tubulares podem provocar é no caso de algum vazamento de efluentes que pode através desta abertura facilitar a contaminação dos lençóis subterrâneos. Este efeito torna difícil e lenta a recuperação do manancial afetado. Neste sentido, vale a conscientização do uso de poços artesianos em locais próximos de estabelecimentos que geram efluentes. Desta forma, estudos que visem um melhor aproveitamento dos recursos hídricos devem merecer especial atenção.

Para Coelho & Duarte (2003), a importância da água subterrânea como insumo básico para o abastecimento público e para a indústria, a hidrogeologia como ciência precisa de investimentos para aprofundar um nível de conhecimento técnico-científico que possibilite avanços na exploração, aproveitamento e proteção destes recursos hídricos. A atividade de captação e exploração de água subterrânea depende de dispositivos institucionais que disciplinem, controlem ou fiscalizem o seu exercício. A falta desses instrumentos legais coloca em risco a qualidade dos aquíferos e estes, uma vez poluídos e/ou contaminados, sua recuperação é de longa duração, tecnicamente difícil e muitas vezes economicamente inviável. Assim, recentemente, foram instituídas portarias e leis, ligadas à produção de águas minerais, que devido ao seu crescente consumo, não mais se restringem à captações de fontes naturais. Tais águas são produzidas em igualdade de volume por poços profundos localizados em áreas favoráveis e, leva em consideração a economia de transporte entre produtor e consumidor e qualidade físico-química-bacteriológica das águas comercializadas.

2.4 Uma visão do uso das águas

A criação de normas relacionadas à utilização dos recursos hídricos para qualquer finalidade tem como principal objetivo garantir uma relação harmônica entre as atividades humanas e o meio ambiente, além de permitir um melhor equilíbrio de forças entre os vários segmentos da sociedade ou setores econômicos.

Segundo Tabosa (2003), a atividade de lavagem de veículos utiliza uma grande quantidade de água que normalmente não é reaproveitada, sendo simplesmente descartada na rede de esgoto municipal. Nos últimos anos, aumentou a preocupação com este fato que, além de representar um custo elevado para algumas empresas, pode causar impacto no ambiente aquático.

Para Tiburtios et al (2004), vazamentos em postos de combustíveis provocam graves problemas ao meio ambiente, principalmente com respeito a contaminação de águas subterrâneas. No Brasil, existem cerca de 27.000 postos de combustíveis, os quais podem provocar impacto sobre os recursos aquáticos, principalmente envolvendo águas subterrâneas. Ainda não existem estatísticas sobre a magnitude do problema da contaminação do BTX. Entretanto, em função de muitos tanques terem mais de 25 anos de uso, acredita-se que a possibilidade de ocorrerem vazamento é extremamente grande, principalmente pelo surgimento de rachaduras e corrosão.

Na busca de uma efetiva razão de consumo de água o Manual de Conservação e Reuso de Água para a Indústria do sistema FIESP/CIESP, volume 1, constitui um passo importante e estratégico para o desenvolvimento sustentável, pois essas práticas e conscientização apresentam os seguintes benefícios:

Benefícios Ambientais:

- Redução do lançamento de efluentes industriais em cursos d'água, possibilitando melhorar a qualidade das águas interiores das regiões mais industrializadas.
- Redução da captação de águas superficiais e subterrâneas, possibilitando uma situação ecológica mais equilibrada.
- Aumento da disponibilidade de água para usos mais exigentes, como abastecimento público, hospitalar, etc.

Benefícios Econômicos:

- Conformidade ambiental em relação a padrões e normas ambientais estabelecidos, possibilitando melhor inserção dos produtos brasileiros nos mercados internacionais;
- Mudanças nos padrões de produção e consumo;
- Redução dos custos de produção;
- Aumento da competitividade do setor;

- Habilitação para receber incentivos e coeficientes redutores dos fatores da cobrança pelo uso da água.

Benefícios Sociais:

- Ampliação da oportunidade de negócios para as empresas fornecedoras de serviços e equipamentos, e em toda a cadeia produtiva;
- Ampliação na geração de empregos diretos e indiretos;
- Melhoria da imagem do setor produtivo junto à sociedade, com reconhecimento de empresas socialmente responsáveis.

O mesmo define que a conservação da água com práticas, técnicas e tecnologias que propiciam a melhoria da eficiência do seu uso representa, de forma direta, o aumento da disponibilidade para outros usuários, flexibiliza o suprimento para outros fins, bem como para o crescimento populacional, à implantação de novas indústrias e a conservação e preservação do meio ambiente. Porém, os benefícios ainda não são considerados por muitas indústrias, devido à falta de preocupação dos empreendedores com o recurso, ou a desinformação relacionada com a crescente poluição da água, como também pelos custos envolvidos no processo de recuperação da água, o qual depende da tecnologia utilizada e da natureza do efluente gerado, conseqüentemente necessitando de equipamentos e mão-de-obra especializada, elevando o custo de produção, além disto, têm-se a falta de exigências e controle dos órgãos responsáveis pela execução das leis ambientais.

2.5 Tipos de reuso de água

Segundo ABAS (2007), as águas de reuso possuem a seguinte classificação: reuso potável e não potável.

Reuso Potável:

- Reuso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- Reuso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Reuso não potável:

Este tipo de reuso apresenta um potencial muito amplo de diversidade. Por não exigir níveis elevados de tratamento, vem se tornando um processo viável economicamente e, conseqüentemente, com rápido desenvolvimento.

- Reuso não potável para fins agrícolas: embora quando se pratica essa modalidade de reuso via de regra haja, como subproduto, recarga do lençol subterrâneo, o objetivo principal dessa prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como arvores frutíferas, cereais, etc., e plantas não alimentícias tais como pastagens e forrageiras, além de ser aplicável para dessedentação de animais.
- Reuso não potável para fins industriais: abrange os usos industriais de refrigeração, brigada de incêndio, lavagem de pavimentos industriais, etc.
- Reuso não potável para fins de recreação: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimentos de lagoas ornamentais, recreativos, etc.
- Reuso não potável para fins domésticos: são considerados aqui os casos de reuso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.
- Reuso para manutenção de vazões: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carreadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.
- Aqüicultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando à obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando-se nutrientes presentes nos efluentes tratados.
- Reuso para recarga em aquíferos subterrâneos: é a carga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo dar de forma direta através da injeção sob pressão, ou de forma indireta utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descarga de efluentes tratados a montante.

Morelli (2005) acrescenta que o reuso não potável em centros urbanos envolve riscos menores. Entretanto, cuidados especiais devem ser tomados quando em contato direto com o público. Os maiores potenciais de reutilização de águas de esgoto tratado são:

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos em avenidas e rodovias;
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndios;
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafariz, espelhos e quedas d'água;
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de ruas, trens, e ônibus públicos.

Algumas destas utilizações necessitam de infra-estrutura como caminhões ou *sistemas duplos de distribuição*, uma para água potável e a outra para águas de reuso. Além de esse sistema oferecer um custo adicional, possui o risco de conexão cruzada. Este custo adicional deve ser relacionado ao benefício de conservar a água potável e/ou adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais para abastecimento público.

Teixeira (2003) sugere um sistema simplificado para fins de abastecimento e reuso de água por meio de redes de abastecimento. Após o uso da água, esta é descartada e é conduzida a uma estação de tratamento de esgoto pelas redes coletoras de esgoto sanitário. O esgoto tratado pode ser descartado nos corpos d'água ou ter tratamento adicional, visando obter águas para fins não potáveis. Após atingir os padrões de qualidade recomendados para reuso, a água será conduzida aos locais de consumo através das redes duplas de distribuição (Figura 2).

Para Tselentis & Alexopulou (1996) acrescentam que o projeto de um sistema de produção de reuso de água, deve incluir análises como:

1. Avaliação do tratamento do esgoto e das disposições finais necessárias aos resíduos produzidos;
2. Avaliação do suprimento e demanda de água;
3. Avaliação dos benefícios ao suprimento de água baseados no potencial do reuso de água;
4. Análise do mercado para reuso de água, isto é, determinação das possíveis categorias de reuso de água e pesquisa dos possíveis clientes da água para reuso na reunião;
5. Análises técnicas e econômicas das alternativas encontradas;

6. Implementação do plano com análise financeira.

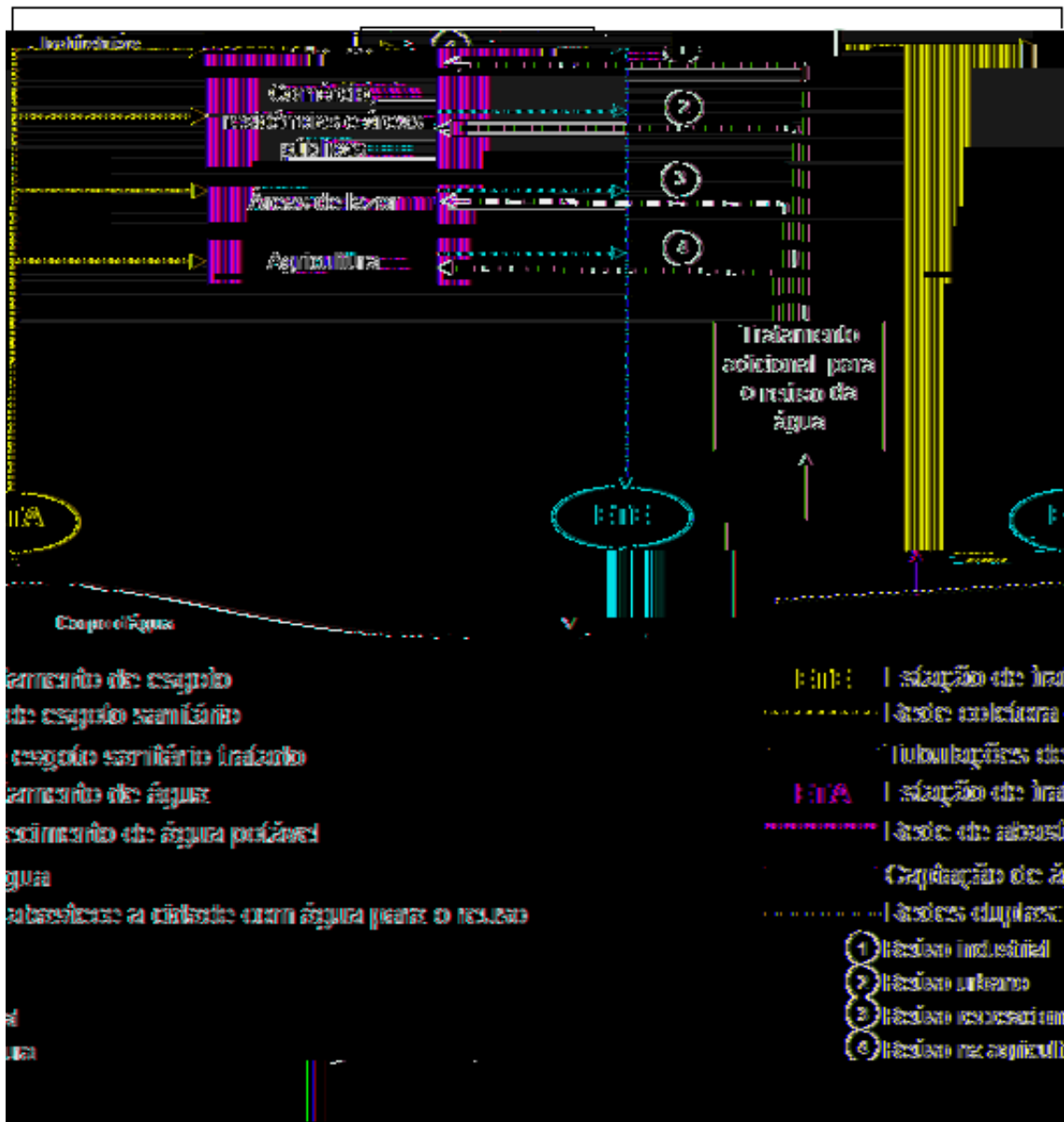


Figura 2 Configuração simplificada de um sistema de abastecimento de água potável, rede coletora de esgoto e redes duplas de distribuição para reúso de água.

FONTE: Teixeira (2003).

Essa análise diferencia reúso e reciclagem da água, em que no reúso o efluente a ser reutilizado é o esgoto sanitário, e no efluente a ser reciclado é o despejo gerado num determinado processo, o qual vai ser tratado e reaproveitado num mesmo espaço físico, não sendo descartado numa rede coletora de esgoto. Este espaço físico pode ser uma empresa, um posto de gasolina, um edifício comercial, um condomínio, entre outras fontes geradoras de efluentes.

2.6 Legislação sobre o reuso de água

Segundo Braga et al (2002), a Constituição de 1988 estabelece a dominialidade dos recursos hídricos, que podem ser federais, no caso de corpos d'água transfronteiriços, interestaduais ou que façam divisa entre dois ou mais estados, ou estaduais, se contidos inteiramente em um único estado da federação. A Lei nº 9.433/97 cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH) e estabelece os seguintes instrumentos de gerenciamento:

- Outorga pelo direito de uso de recursos hídricos;
- Cobrança pelo uso da água;
- Enquadramento dos corpos d'água em classes de uso;
- Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos;
- Planos de Recursos Hídricos.

A implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenação da gestão das águas é feita pelo SNGRH, que é constituído pelos seguintes órgãos:

- Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e Distrito Federal;
- Agência Nacional de Água;
- Comitê de Bacia Hidrográfica;
- Órgãos dos poderes públicos federal, estaduais e municipais cujas competências se relacionam com a gestão de recursos hídricos;
- Agências de Água.

Para o Instituto Ambiental do Paraná (IAP) os valores orientados da qualidade das águas subterrâneas seguem os níveis da Tabela 2.

Tabela 2 Valores orientados da qualidade das águas subterrâneas

Substância	Valores Orientados				
	Solo mg/Kg				Águas Subterrâneas (mg L)
	Uso do solo				
	Agrícola	residencial	comercial	industrial	
Benzeno	0,6	1,5		3	5
Tolueno	30	40		140	2
Etilbenzeno	0,1	1,2	20	20	90
Xilenos	3	6		15	200
Estireno	15	35		80	20
Acenofetileno					
Acenafteno					
Antraceno					
Benzo (a) pireno	0,1	0,7	0,7	0,7	0,05
Benzo (a, h, i) pirilene					
Benzo (a) antraceno	0,1	1	10	10	0,05
Benzo (a) fluoranteno	0,1	1	10	10	0,05
Criseno					0,05
Dibenzo (a, h) antraceno	0,1	1	10	10	0,05
Fluoranteno					
Fluoreno					
Fenantreno	0,1	5	50	50	
Indenol (1,2,3-cd) pireno	0,1	1	10	10	0,05
Naftaleno	15	60		90	
Pireno	0,1	10	100	100	

Fonte: Instituto Ambiental do Paraná - IAP (2006)

2.7 Características dos efluentes dos Postos de Lavagem de Veículos

O efluente gerado por atividade de lavagem de veículos pode conter quantidades significativas de óleos e graxas, sólidos em suspensão, metais pesados, surfactantes e substâncias orgânicas (TEIXEIRA, 2003).

Para Jonsson & Jonsson (1995) o efluente de lavagem de veículos contém óleo, graxa, partículas de poeira, carbono e asfalto carregados da superfície do carro. Pode conter fluido hidráulico e óleo proveniente do motor e sistema de freios. Por isso sua composição é bastante complexa, constituindo uma fonte significativa de DQO.

Braile & Cavalcanti (1979) afirmam que o tratamento de despejos contendo detergentes é um dos grandes problemas da engenharia sanitária. Estes compostos contêm nutriente como fosfato e nitrogênio além de compostos fenólicos que afetam propriedades organolépticas da água. Podem causar formação de emulsões estáveis dificultando a sua remoção. Após seu lançamento, podem provocar a formação de espumas disformes nos corpos de água

facilitando o transporte de uma série de microrganismos, principalmente bactérias e exercendo o papel de veículo de parasitas.

Os surfactantes são classificados como iônicos e não iônicos. Os iônicos podem ser aniônicos ou catiônicos. O aquil benzeno sulfonado (ABS) é um típico surfactante aniônico. O ABS de cadeias lineares (LAS) é considerado biodegradável.

Jonsson & Jonsson (1995) investigaram a influência de diversos tipos de agentes desengraxantes, utilizados na lavagem de veículos, no desempenho de membranas de ultrafiltração. Os detergentes catiônicos, aniônicos e xampu estavam entre os agentes testados. A retenção dos diferentes tipos de produtos químicos apresentou grande variação. Os autores relatam que os agentes desengraxantes baseados em soluções de derivados de petróleo são tradicionalmente utilizados na lavagem de automóveis, porém há uma tendência a substituí-los por formulações que causem menos danos ao meio ambiente, citam quatro tipos de agentes desengraxantes fornecidos pelo mercado, como segue:

1. Solução de derivados de petróleo;
2. Microemulsões baseados em derivados de petróleo;
3. Agentes desengraxantes alcalinos;
4. Agentes desengraxantes de origem vegetal.

Para Paxéus (1996), as formulações de agentes desengraxantes para a lavagem de veículos contendo 95 a 99% de hidrocarbonetos e por volta de 3% de surfactantes (agentes desengraxantes baseados em derivados de petróleo), além de outras, contendo menor quantidade de hidrocarbonetos (10 a 30 %), maior proporção de surfactantes (10 a 30%) e solventes, estas últimas conhecidas como microemulsões, consideradas menos danosas ao meio ambiente, e, por isso, tornando-se mais populares na Suécia.

Segundo a World Water and Environmental Engineering (1996) citada por TEIXEIRA (2003), a utilização de detergentes contendo microemulsões para lavagem de veículos, às suas propriedades dispersantes, mantiveram o efluente com os contaminantes suspensos no tanque de retenção. Por apresentar-se em altas concentrações e pela dificuldade de sua remoção nas etapas de tratamento, os detergentes constituem uma das maiores preocupações na remoção de poluentes deste tipo de água residuária.

Hart (2001) afirma que a bactéria *Legionella pneumophila* sp pode encontrar ambiente propício para desenvolver-se em sistemas de reuso de água da lavagem de veículos,

tendo sido detectada em vários sistemas de reciclagem de água de postos de gasolina na Holanda. No entanto, há controvérsias quanto ao risco da presença desta bactéria nos locais citados. Alguns profissionais acreditam que a concentração deste microorganismo nos sistemas descritos é muito pequena, não representando perigo de contaminação.

Teixeira (2003) descreve que as águas residuárias geradas nas lavagens de veículos, segundo a U.S.EPA (1999), constituem-se em sua grande parte de sabão, água de enxágüe e cera. Destaca que, quando não há enxágüe na parte inferior do motor dos veículos, as concentrações de agentes desengraxantes, solventes e metais pesados, são muito baixos. Ao contrário, estas concentrações destes poluentes aumentam muito.

Ao coletar diversas amostras de efluente de poços localizados em estabelecimentos de lavagem de veículos, a U.S.EPA (1999) concluiu que os constituintes mais comuns eram Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK), cloretos, sólidos dissolvidos totais e sólidos suspensos totais. Destes, apenas os cloretos e os sólidos dissolvidos totais excederam os níveis máximos permitidos na norma local.

Teixeira (2003) afirma que os cloretos foram estudados em artigo da National Association of Colleges and Employers - NACE (1975). Segundo este, a recirculação de água num sistema de lavagem de veículos pode aumentar gradativamente a concentração de sais, acelerando o processo de corrosão das carrocerias. A extensão da corrosão depende da umidade e da concentração de sulfatos na atmosfera, maior em cidades industrializadas. Desta forma, a concentração de sulfatos na atmosfera é maior em cidades industrializadas. Desta forma, a concentração de sulfatos na atmosfera é maior em cidades industrializadas.

menores que os encontrados no esgoto. Chumbo e zinco estiveram presentes em todas as amostras, em todos os tipos de lavagem, com grande parte das amostras com concentrações nas faixas de 0,5 a 1,5 mg/L para chumbo, e 0,4 a 1,5 mg/L para zinco. Os únicos metais, além destes, com presenças significativas foram o cobre e o níquel, cujas concentrações médias foram inferiores a 0,43 e 0,13 mg/L, respectivamente. Os demais poluentes tóxicos não ultrapassaram o valor de 1,0 mg/L.

Pesquisas com efluentes de lavagem de veículos foram realizadas na Suécia, com a finalidade de verificar o impacto de alguns metais pesados e sua toxicidade em esgotos sanitários. Foi sugerido que se utilizassem detergentes biodegradáveis para diminuir a carga total de poluentes não removíveis e melhorar a qualidade do lodo. Além disso, foi recomendado um tratamento adicional da água residuária em separadores de óleo, os quais são unidades utilizadas para a remoção primária de óleos e graxas. O efluente é armazenado em uma câmara durante um período que possibilite que gotículas de óleo com densidade menor que da água, formem uma camada na superfície do líquido. Controla-se o nível do efluente na unidade por meio de vertedores situados no fundo do compartimento, que permitem que o

o uso de processos químicos especiais tais como a extração com solventes, e/ou o emprego do tratamento biológico (MORELLI, 2005).

Paxéus (1996) realizou um estudo sobre efluentes de lavagens de veículos, mapeando os poluentes orgânicos na rede de esgoto municipal da cidade de Göteborg – Alemanha. O objetivo era determinar a natureza de substâncias orgânicas voláteis deste efluente e estimar a sua carga no esgoto sanitário. Analisou parâmetros convencionais (DQO, óleos e graxas) e poluentes orgânicos individuais utilizando cromatografia gasosa e espectrometria de massa. A quantidade de poluentes descartados em mg foi obtida multiplicando as concentrações pelo volume médio de água utilizada por ciclo de lavagem, no caso, 250 L por veículo leve e 1200 L por veículo pesado. Enquanto os hidrocarbonetos voláteis, éteres e fenóis eram provenientes de agentes desengraxantes com formulações baseadas em derivados de petróleo e produtos de limpeza, partículas de poeira e fuligem de tráfego contribuíram para originar componentes aromáticos bicíclicos, hidrocarbonetos aromáticos polinucleares, e ftalatos. As principais conclusões dos autores foram:

- A eliminação de poluentes orgânicos em separadores de óleo, praticamente nula, isto ocorreu pela provável formação de emulsões estáveis;
- A contribuição dos lavadores de veículos na carga total de surfactantes presentes na rede de esgotos não pode ser negligenciada;
- A utilização de microemulsões recomendadas pelas autoridades suecas por serem menos danosas ao meio ambiente pode aumentar a carga total de surfactantes;
- Embora este efluente exibisse uma concentração relativamente alta de poluentes orgânicos, a contribuição para carga total no esgoto doméstico foi muito baixa, com exceção do naftaleno. Foi detectado 17 e 16 mg deste poluente antes e após o tratamento por separadores de óleo respectivamente. A concentração máxima de naftaleno encontrada na lavagem manual foi de 0,17 mg/L (Tabela 3).

Tabela 3 Características quantitativas de efluentes de diferentes tipos de lavagem de veículos.

Características	Túnel		Rollover		Lavagem a jato manual	
	Méd. ^a (mg/L)	Máx. ^a (mg/L)	Méd. ^a (mg/L)	Máx. ^a (mg/L)	Méd. ^a (mg/L)	Máx. ^a (mg/L)
Parâmetros						
pH	8,7	9,0	7,7	7,7	7,4	8,3
DBO ₅	42	147	20	132	69	220
DQO	178	517	135	254	238	1120
COT	31	169	31	173	79	160
SST	101	848	158	576	659	2970
Oleos e Graxas	20	239	9,4	188	90	404
Fósforo	1,9	24	0,41	1,9	2,8	3,2
Tóxicos						
Antimônio		0,0045	0,0022	0,0025	0,014	0,017
Arsênico	<0,01	0,016	<0,0005	0,0005	0,0014	1,6
Berílio					<0,001	0,016
Cádmio	0,014	0,066	0,008	0,040	0,029	0,092
Cromo	0,026	1,7	0,013	0,11	0,054	0,27
Cobre	0,10	0,3	0,09	0,23	0,43	0,86
Chumbo	0,55	2,2	0,47	1,1	1,6	4,2
Mercúrio	<0,0001	0,0005	<0,0001	0,0006	0,00055	0,026
Níquel	0,13	0,69	0,11	0,20	0,12	0,39
Selênio						
Prata						
Tálio						
Zinco	0,55	1,5	0,42	1,0	1,5	2,4
Clorofórmio				0,037		0,083
Fluoranteno						0,014
Cloreto de Metileno		0,011		0,47		0,64
Diclorodibromometano						0,033
Triclorofluormetano						0,12
Clorodibromometano						0,012
Naftaleno						0,17
4-nitrofenol		0,011		0,015		0,014
2,4-dinitrofenol						0,019
Bis (2-etil-hexil) ftalato		0,027		0,031		1,0
Butil benzil ftalato						0,031
Di-n-butilftalato						0,015
Di-n-octilftalato				0,016		0,016
Benzoantraceno						0,012
Benzopireno						0,012
Benzofluoreteno						0,012
Antraceno						0,017
Fenantreno						0,017
Pireno						0,011
Tricloroetileno						0,013

^a células vazias: Valores abaixo dos limites de detecção da norma em questão.

Fonte: Adaptado por U.S.EPA (1980).

2.8 Tecnologias para tratamento de águas de Postos de Lavagem de Veículos

Para MORELLI (2005), a destinação final das águas residuárias, seja para reuso ou despejo, exige níveis de qualidade ou controle indicado para cada aplicação. Consideram-se como principais variáveis as características da água residuária a ser tratada e os requisitos de qualidade requeridos pela nova aplicação da água recuperada. Os PLV's possuem característica complexa do efluente, portanto, necessitam de tratamentos específicos para seu reuso ou despejo.

Os mesmos autores afirmam que a escolha do processo de tratamento de água residuária é de fundamental importância e deve ser bastante criteriosa e fundamentada na boa caracterização do efluente a ser tratado, considerando também, o conhecimento das técnicas já existentes e as necessidades e requisitos de qualidade da aplicação do reuso proposto.

2.8. Alguns processos e operações unitarias

Conforme MORELLI (2005), os métodos de tratamento nos quais as forças físicas predominam são conhecidos como operações unitárias de tratamentos e aqueles em que a remoção dos contaminantes é feita por reações químicas ou reações biológicas, são conhecidos como processos unitários. Atualmente ambos estão contemplados em um mesmo processo, fornecendo vários níveis de tratamento conhecido como tratamento preliminar, primário, secundário ou terciário.

2.8.1 Classificação dos sistemas de tratamento

Para Vitorato (2006), dependendo das características dos efluentes e dejetos, da eficiência de remoção dos poluentes, podem-se classificar os diversos tipos de tratamento, conforme exposto a seguir:

Tratamento preliminar – Este tipo de tratamento, que emprega principalmente processos físicos, tem o objetivo de remover das águas residuárias os sólidos grosseiros em suspensão, com granulometria superior a 0,25mm. Vários tipos de peneiras são disponíveis, estáticas ou dinâmicas, sendo rotativas ou vibratórias. O tratamento preliminar deve, quando possível, remover os materiais sólidos facilmente sedimentáveis como areia, farelo e outros. Para isto também se empregam caixas de retenção de areia e para materiais insolúveis como óleos, gorduras e solventes, empregam-se caixas de separação de óleos e gorduras. Neste tipo de tratamento, os sólidos brutos tais como objetos grandes, tecidos, madeira e outros são removidos, os materiais são separados por decantação (densidade maior) e flotação (densidade menor).

Tratamento primário – São sistemas utilizados principalmente para a remoção dos sólidos em suspensão. Empregam-se equipamentos com tempos de retenção maiores do que os empregados no tratamento preliminar. Os principais processos de tratamento primário são: decantação primária, flotação, filtração, precipitação química com baixa eficiência,

neutralização, etc. Remoção dos sólidos em suspensão que sedimenta ou flutua, empregando-se equipamento com tempo de retenção maior do que no tratamento preliminar. Alguns produtos químicos podem ser adicionados para acelerar a remoção de sólidos suspensos e facilitar a sedimentação dos sólidos dissolvidos.

Tratamento secundário – Os efluentes, após os tratamentos preliminares e primários, ainda contêm sólidos dissolvidos, como a matéria orgânica (carboidratos, proteínas e lipídeos) e também sólidos suspensos finos. Os processos mais econômicos para a remoção desses componentes são os biológicos, nos quais os microrganismos transformam a matéria orgânica em CO_2 , CH_4 , novos microrganismos e outros compostos. Os tratamentos biológicos podem ser classificados em: aeróbios, quando se utiliza microrganismos que necessitam continuamente de oxigênio dissolvido, anaeróbios, quando se utiliza microrganismos que crescem na ausência de oxigênio e facultativos, quando se utiliza microrganismos que podem atuar nas duas condições. Estes tipos de tratamento oferecem uma excelente remoção da matéria orgânica, assim como redução dos microrganismos patogênicos. Os processos biológicos e químicos são usados para remover a maior parte da matéria orgânica.

Tratamento terciário ou avançado – Os processos de tratamento terciário são utilizados na seqüência, para obter um tratamento de qualidade superior, com a remoção praticamente total da matéria orgânica, assim como a remoção do nitrogênio e fósforo. Emprega-se este tipo de tratamento, quando o esgoto deve ser lançado em rios e represas, que necessitam de um alto grau de tratamento, impedir a eutrofização das águas, ou ainda, quando se deseja o reuso da água, principalmente nas indústrias. Existem vários sistemas que permitem chegar a este nível de tratamento, como filtro biológico, biodisco, lagoas de polimento, fitodepuração, carvão ativo, osmose inversa, etc. A cloração, empregada para a destruição dos microrganismos patogênicos, somente deverá ser efetuada no esgoto, após o tratamento secundário ou terciário, caso contrário o cloro não será eficiente. Enfim são as combinações de operações e de processos unitários que são utilizados para remover os sólidos suspensos residuais e outros constituintes que não são reduzidos pelo tratamento secundário convencional.

Para Mendonça (2004), após a coagulação e floculação, geralmente, são empregados métodos gravitacionais como sedimentação, flotação e filtração. No processo biológico convencional, a sedimentação é aplicada em dois estágios, antes e depois da fase biológica. Com a adição de coagulantes químicos, a sedimentação é fortemente acelerada. Mesmo assim, partículas finas e coloidais permanecem no efluente causando turbidez. Processos adicionais

poderão ser necessários para melhorar a qualidade da água recuperada. Neste caso, o método que mais se aplica é a flotação por ar dissolvido, seguida de filtração.

Para Weir & Moody (2002), a eficiência de separação sólido-líquido alcança um máximo dependendo do nível de mistura do floculante na solução em relação a uma dose floculante. Em razões baixas de mistura, tem-se pouca distribuição das moléculas de floculantes. Já em níveis altos de mistura os flocos devido ao atrito reduzem a eficiência de separação com a quebra dos flocos.

2.8.3 Tratamento convencional utilizado nos Postos de Lavagem de Veículos

Decantadores

Para Vitorato (2006), os decantadores são unidades destinadas a removerem sólidos sedimentáveis, que incluem poucas partículas granulares e muitas floculentas, são as mais utilizadas nos PLV's. Entre as impurezas contidas nas águas naturais encontram-se partículas em suspensão e partículas em estado coloidal.

Partículas mais pesadas do que a água podem se manter suspensas nas correntes líquidas pela ação de forças relativas à turbulência (efeito de turbulência).

A decantação ou sedimentação é um processo dinâmico de separação de partículas sólidas suspensas nas águas. Essas partículas, sendo mais pesadas do que a água, tenderão a cair para o fundo, com certa velocidade (velocidade de sedimentação). Anulando-se ou diminuindo-se a velocidade de escoamento das águas reduzem-se os efeitos da turbulência, provocando-se a deposição de partículas.

Os decantadores ou bacias de sedimentação são tanques onde se procura evitar ao máximo a turbulência (movimento tranquilo).

Vitorato (2006) descreve que é preciso fazer uma distinção entre lodo de partículas granuladas e lodo de partículas flocosas; as primeiras sedimentam independentemente umas das outras, com velocidade constante; as segundas se aglutinam durante a descida, formando flocos cada vez maiores, e cuja velocidade de sedimentação aumenta constantemente.

Pertencem ao grupo de sólidos granulares a areia, a moinha de carvão e a terra aderente aos tubérculos das feculárias. Ao grupo de sólidos flocosos pertencem os sais

férricos precipitados e os lodos ativados. O lodo de esgotos domésticos está compreendido em um grupo intermediário.

Remoção de areia

A areia em suspensão, em quantidades excessivas, pode causar prejuízos às instalações: erosão, depósitos e entupimentos e pode danificar bombas e instalações mecânicas. Os canais ou tanques de remoção de areia, (denominados 'caixas de areia') geralmente são construídos junto à tomada de água antes do bombeamento ou da adução (VITORATO, 2006).

A finalidade da caixa de areia é de reter areia e outras substâncias minerais que poderiam interferir com o bom funcionamento da instalação. Com as velocidades habituais, a areia é rolada ao longo da soleira dos tubos até a estação de tratamento.

É desejável retirar a areia após a lavagem, isto é, com um mínimo de matéria orgânica, a fim de que ela não adquira mau cheiro.

Remoção de Partículas Sedimentáveis Finas (sem coagulação)

Quando forem aproveitadas águas contendo quantidades exageradas de partículas finas (água com turbidez muito alta), pode-se tornar vantajosa uma pré-sedimentação, para reduzir a turbidez, antes de qualquer processo. A sedimentação simples é feita sem o emprego de coagulantes. A sua adoção como processo prévio deve ser decidido após ensaios de laboratório (para demonstrar a conveniência do processo, em cada caso) (VITORATO, 2006).

Retenção de Flocos: Decantação após Coagulação

É o caso mais freqüente, em estações de tratamento de águas destinadas à purificação pelos processos de coagulação - decantadores e filtração (para águas com muita cor e turbidez, contendo matéria coloidal, águas que exigem a floculação química, e também para águas muito duras sujeitas a tratamentos químicos de amolecimento) (VITORATO, 2006).

A Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná - SEMA (2007) descreve que o processo de tratamento de efluentes com uso de caixas de retenção de areia e óleo baseia-se nas diferenças entre as características físico-químicas de seus constituintes. Os efluentes das oficinas mecânicas, por exemplo, apresentam entre outros, três constituintes básicos: água, sólidos (areia, terra, etc.) e óleo, sendo que os mesmos se encontram nos efluentes dos PLV's. Por isso, o uso de caixas de retenção de areia e óleo nos estabelecimentos de lavagem de veículos. Estas caixas podem ser construídas em qualquer

material inerte, resistente e impermeável. Normalmente são construídas em alvenaria com reboco interno, porém, alguns preferem construí-las com tubos de cimento (manilhas) ou

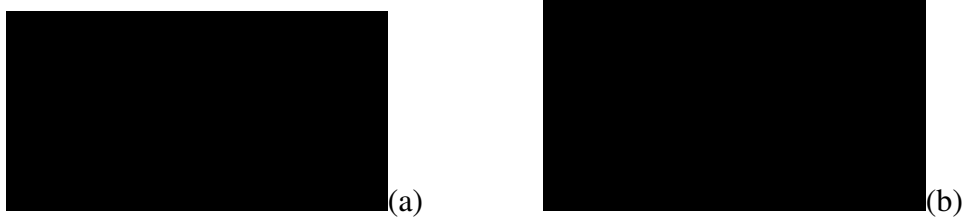


Figura 4.4 a) Caixa de retenção de areia; b) Caixa de retenção de óleo

Fonte: SEMA (2007)

Para SEMA (2007), a localização das caixas de retenção, no pátio do estabelecimento, deve-se tomar o seguinte cuidado:

- Evitar locais de tráfego intenso;
- Evitar locais próximos do escoamento de águas pluviais;
- Promover desníveis de modo a aproveitar a ação da gravidade para o escoamento, evitando a utilização de bombas.

Flotação

Para Vitorato (2006), os processos de retenção de óleos e gorduras são, na verdade, exemplos de flotação simples ou natural. Para separar materiais de peso específico maior que a água ou remover óleos na forma de emulsões, é necessário insuflar ar comprimido, cujas bolhas arrastam para a superfície líquida, sólidos e líquidos de difícil separação, que são removidos por um sistema específico

- 3.74 () - teopaidis;

O tempo de detenção no tanque varia de 10 a 30 minutos.

É empregada geralmente no tratamento de águas residuárias de curtumes, refino de óleo, conservas, lavanderias, recuperação de lanolina, matadouros e frigoríficos, petroquímica, celulose e papel, mineração, etc.

Na flotação a água recebe aditivos, a saber:

1. Substâncias denominadas de “coletores”, que formam um envoltório sobre a superfície das partículas em suspensão. Sua composição química inclui na maioria das vezes enxofre ou nitrogênio.
2. Substâncias denominadas “espumíferos”, que fazem os sólidos condicionados pelos coletores aderirem às bolhas de ar, como por exemplo, óleos e gorduras, breu ou cola.

Segundo Teixeira (2003), a flotação pode ser realizada através de ar dissolvido e por ar disperso. A flotação por ar disperso consiste em introduzir o ar diretamente no líquido, no fundo do tanque. Este sistema tem baixa eficiência na remoção de sólidos e óleos, sendo recomendado para remoção de espumas.

A flotação com ar dissolvido consiste em receber o efluente em um tanque de retenção, enquanto o ar é aplicado, com controle do valor admissível, na sucção da bomba. Do tanque de retenção, o efluente contendo ar dissolvido é lançado ao tanque de flotação, controlado através de uma válvula redutora de pressão. A entrada no tanque de flotação, poderá ser diretamente no fundo, ou em um compartimento onde se situa o raspador mecânico, sendo a passagem do primeiro compartimento para o segundo efetuado por cima.

Segundo United States Environment Protection Agency (U.S.EPA, 1997) citado por TEIXEIRA (2003), a flotação por ar dissolvido é utilizada quando a sedimentação é ineficiente na remoção de sólidos em suspensão, emulsões de óleos e alguns poluentes dissolvidos.

Para Teixeira (2003), o tratamento que envolve coagulação e aglomeração de sólidos e emulsões de óleo, flotando-se o floco resultante, com auxílio do empuxo proporcionado pela aderência de microbolhas de ar, durante o processo, produtos químicos como sais de ferro, alumínio, sílica ativada, polímeros catiônicos ou aniônicos são adicionados para alterar as cargas de superfície da partícula, possibilitando a formação de flocos. Alguns poluentes dissolvidos como metais, podem formar espécies insolúveis após a sua reação com sais inorgânicos, incorporando-se na massa de flocos. Auxiliares de floculação, tais como,

polímeros catiônicos, também podem ser utilizados para a alteração das características dos flocos, modificando-se seu tamanho, peso específico e afinidade com as microbolhas de ar.

Segundo Lacerda (1998), o tipo de flotação mais utilizado é a flotação por ar dissolvido com pressurização parcial do efluente clarificado conforme ilustrado na Figura 5, esta tecnologia é mais recomendada porque minimiza a ruptura dos flocos formados na etapa de coagulação/flotação. A água floculada entra no flotador (1), passa por uma câmara de mistura (2) com água saturada fornecida pela câmara de saturação (9). As bolhas de ar são liberadas e se unem aos flocos que flutam e são removidos pelo rodo raspador de lodo (8) e pelo dispositivo de descarga de lodo (10). Parte da água clarificada segue para fora do flotador (6) enquanto que o restante desta é recirculada e bombeada (4) para a câmara de saturação. Neste local, a água de recirculação é saturada por meio de um compressor de aeração (3) e encaminhada novamente à câmara de mistura. Eventualmente alguns flocos podem sedimentar. Por esta razão o flotador contém uma zona de adensamento de sedimentos (5) e descarga de fundo (7).

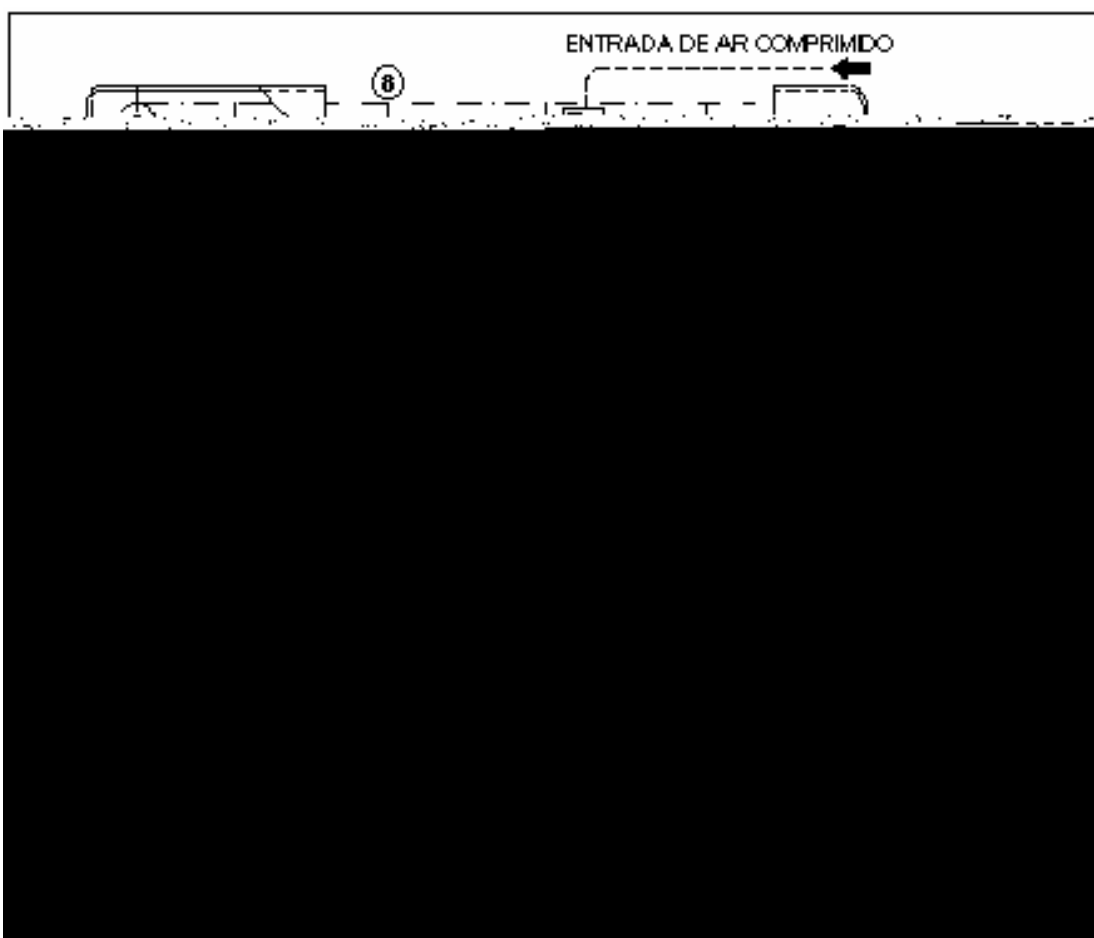


Figura 5 Esquema geral de uma unidade de flotação por ar dissolvido.

Fonte: LACERDA et al. (1998).

2.8.4 Outras operações utilizadas

Mancuso & Santos (2003) descrevem outros processos que podem ser utilizados para tratamento de efluente de lavagem visando o seu reuso, conforme segue:

Processo de ozonização

Além do seu alto poder oxidante, o ozônio é poderoso desinfetante de ação não seletiva, porém bastante instável, decompondo-se rapidamente pela ação do calor em razão da fraca ligação entre os átomos de oxigênio na sua molécula. No caso de tratamento de águas residuárias, sua instabilidade tem um aspecto positivo, que é acrescentar oxigênio dissolvido

Processo de troca iônica

catiônicas e aniônicas. Como a desmineralização da

considerado como sistema compacto para tratamento do efluente de postos de lavagem de veículos, esse que apresenta, segundo a literatura disponível, resultado concreto:

Aquaflot

A empresa Aquaflot desenvolveu, em convênio com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, um floculador-flotador (Tecnologia FF), com o propósito de clarificação de efluentes contaminados com óleos, graxas, sólidos suspensos e surfactantes.

Segundo Morelli (2005), o sistema Aquaflot como tratamento otimizado de efluentes contendo emulsões óleo/água utiliza o processo de floculação pneumática em linha e a flotação como método de separação das fases. O processo da Aquaflot para tratamento de efluentes utilizando técnicas de floculação e flotação inicia-se pela adequada coleta da água utilizada por meio de piso apropriado, canaletas e tanque de separação de sólidos grosseiros. Deste tanque de acúmulo e homogeneização o efluente é bombeado para uma etapa de floculação-flotação, onde as partículas finas em suspensão, juntamente com o floculante e o ar comprimido injetado em linha, são aglomeradas em fl

- Indústrias de reciclagem de PET;
- Postos de combustíveis com lavagem de veículos e PLV's.

O mesmo autor descreve suas principais vantagens, que são:

- Em caso de reuso da água, economiza entre 80 e 90%;
- Ocupa uma área menor que outros processos, possibilitando ser instalado em lugares com pouco espaço;
- Diminui a emissão de efluentes líquidos;
- Baixo custo de tratamento por m³
- Possui alta capacidade de tratamento;
- Propicia a economia de sabões e Xampu.

Para Morelli (2005), o sistema de recirculação oferecido pela empresa Aquafлот, em experiências práticas realizadas por ela, apresentou um número de ciclos entre 10 e 20 vezes para o reuso da água, conforme a eficiência do sistema. Normalmente recomendam descartar a água de lavagem uma vez por semana. Existe ainda uma perda de 20% no processo de lavagem, devido à evaporação, infiltração no solo e perdas na lataria do veículo. Esta perda é recompensada pela reposição de água nova através de sistema simples de bóia na caixa d'água que mantém o nível constante no reservatório principal (Figura 6). As análises físico-químicas têm demonstrado que com o decorrer dos ciclos, acontece um aumento no teor de sais dissolvidos, na DQO e na DBO. A concentração de sabões permanece pouco alterada (medição de tensão superficial). A turbidez fica sempre abaixo de 10 a 15 NTU (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

O mesmo autor admite algumas desvantagens no sistema:

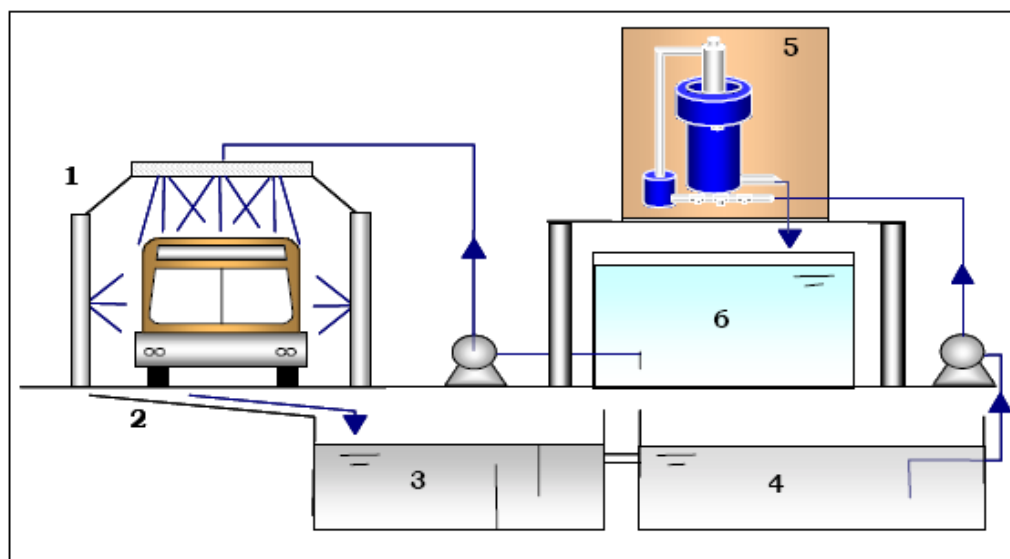
- Requer atenção no controle do processo, principalmente em relação ao pH, que deve estar ajustado numa faixa de 6,0 a 8,0;
- Requer controle no uso de produtos de limpeza na lavagem do veículo, como desengraxantes, removedores, ácidos de limpeza das rodas, etc. Estes produtos podem facilmente descontrolar o processo de flotação, prejudicando a sua eficiência e gerando água com elevada turbidez;

- Requer controle na dosagem de xampus e sabões de lavagem. Normalmente o excesso destes produtos desencadeia uma formação excessiva de espuma no tanque de flotação, exigindo a adição de agente anti-espumante.

Segundo Morelli (2005), uma consequência positiva do processo é a redução substancial do consumo de xampu e sabões, que normalmente atinge mais de 50%. Isto se deve ao residual destes produtos que permanece na água tratada, exigindo uma adição menor para lavar outro veículo. O tempo de retorno do investimento acontece entre 3 e 10 meses, conforme o custo do metro cúbico da água potável fornecida pela companhia de saneamento onde está instalado o sistema. Em Porto Alegre, uma empresa de ônibus, quando consome mais de 1000 m³/mês, paga até R\$ 7,00/m³. Outro fator que influencia no cálculo do tempo de retorno é o custo do tratamento da água para reuso, que pode variar de R\$ 0,80 até R\$ 3,00/m³, dependendo das características do efluente. O consumo de água para lavagem, também influencia, este pode ser de 400 a 600 litros para um ônibus e de 150 a 250 litros para um automóvel. O retorno de investimento será mais demorado em cidades ou estado onde o custo da água for maior. O custo do equipamento mostrado na (Figura 7) varia desde R\$ 25.000,00 até R\$ 55.000,00, conforme a capacidade de tratamento, que fica na faixa de 3 a 10 m³/h, dependendo do equipamento.

Floculação Pneumática em Linha

Segundo Rosa (2001), o processo de floculação pneumática em linha e separação por flotação (processo FF), difere dos sistemas convencionais principalmente com relação à forma como é realizada a floculação e a adesão bolha/floco. Os atuais processos de floculação possuem uma etapa de mistura rápida, para difusão do floculante e formação dos flocos primários, seguida de uma etapa de mistura lenta para o crescimento dos flocos, realizados em tanques com agitação mecânica. Após, ocorre à separação das fases por sedimentação ou por flotação, que é promovida através da introdução de bolhas de ar que colidem e formam o agregado bolha/floco dentro da câmara de flotação. No processo floculação pneumática em linha, a agitação necessária para promover a floculação é proporcionada pela injeção de ar no fluxo contendo o efluente e o agente floculante, e a passagem desta mistura bifásica (ar-água) por misturadores instalados em linha.



- | | |
|--|---|
| 1 - Unidade de Lavagem | 4 - Reservatório de Acumulação do Efluente |
| 2 - Calha de Coleta | 5 - Unidade Compacta de Tratamento |
| 3 - Caixa de Separação Primária | 6 - Reservatório de Água Tratada |

Figura 6 Fluxograma de tratamento e reúso de água de lavagem de veículos.

Fonte: TABOSA (2003).

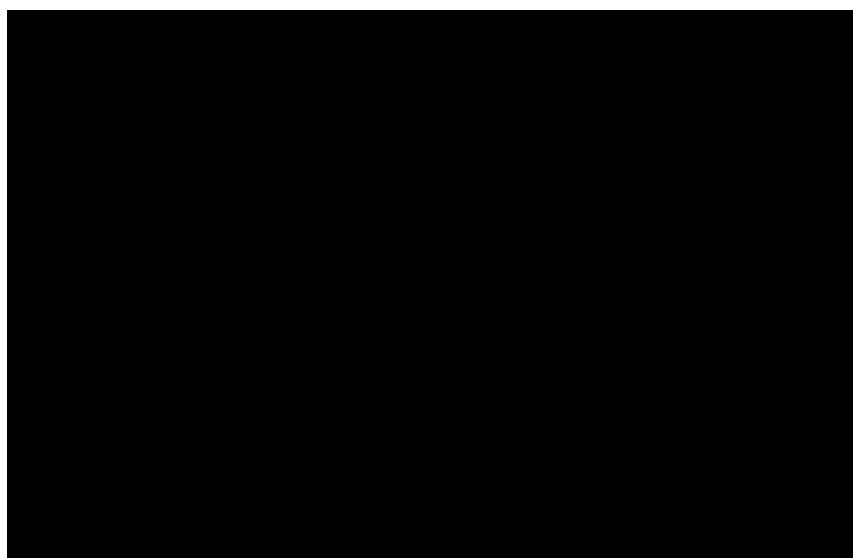


Figura 7 Sistema de Floculação-Flotação (FF) de tratamento e Reúso da Água de lavagem de veículos.

Fonte: TABOSA (2003)

2.9 Descrição dos tipos de lavagem de veículos

Segundo Teixeira (2003), a indústria de lavagem de veículos inclui diferentes tipos e operações, cada uma com necessidades e características próprias. Variam quanto ao volume de

água utilizado, carga de contaminantes e substâncias químicas nos processos de lavagem. São divididos em três tipos:

- Túnel: O veículo segue pelo interior do equipamento em formato de túnel, passando por áreas de lavagem, enxágüe, enceramento e secagem, respectivamente. Dentro da área de lavagem, o detergente diluído em água é aplicado e a sujeira é mecanicamente removida por escovas e/ou jatos de alta pressão. A seguir, o automóvel é enxaguado com água limpa. Finalmente, a secagem é realizada com jatos de ar. O efluente é coletado em uma vala localizada abaixo do túnel. Em alguns sistemas, a água de lavagem e de enxágüe são mantidas separadas por uma pequena barreira construída na vala. Nos Estados Unidos, este é o tipo mais comum, onde grande parte dos estabelecimentos recicla a água de lavagem e de enxágüe. No Brasil, diferentemente do túnel americano, normalmente não ocorrem o enceramento e a secagem. A Figura 8 ilustra a lavagem de veículos do tipo “Túnel” com remoção de sujeira removida por escovas, enquanto que na Figura 9, esta remoção é realizada por jatos de alta pressão. Pode-se verificar na Figura 10 um dispositivo de lavagem com jatos de alta pressão.
- “Rollover”: O automóvel fica parado enquanto a máquina de lavagem passa por ele. O equipamento é dotado de escovas em forma cilíndricas que giram em torno de seu próprio eixo. Normalmente, são três escovas, duas laterais e uma superior. O equipamento realiza movimentos para frente e para trás, cobrindo toda a área lateral e superior do carro. O efluente gerado é coletado numa vala situada abaixo do sistema. A Figura 11 ilustra este tipo de lavagem de veículos.
- Lavagem a jato manual: Lava-se o veículo utilizando uma mangueira com jatos de alta pressão de ar e água; ar, sabão e água alternando-os. Em alguns casos a água é coletada numa vala. É muito comum no Brasil e é mais utilizado no município de Toledo/PR.

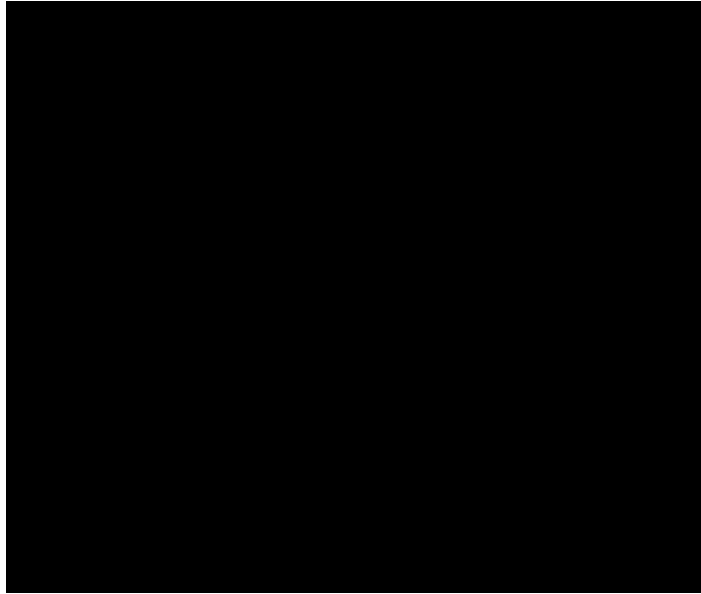


Figura 8 Lavagem de veículo tipo “Túnel”, com a sujeira sendo removida mecanicamente por escovas.

Fonte: TEIXEIRA (2003)

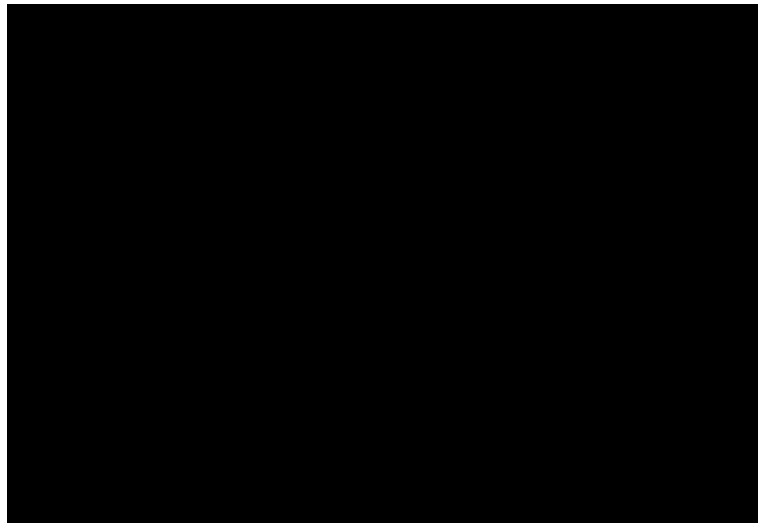


Figura 9 Lavagem de veículo do tipo “Túnel”. A limpeza é efetuada mecanicamente através de jatos de alta pressão.

Fonte: TEIXEIRA (2003)

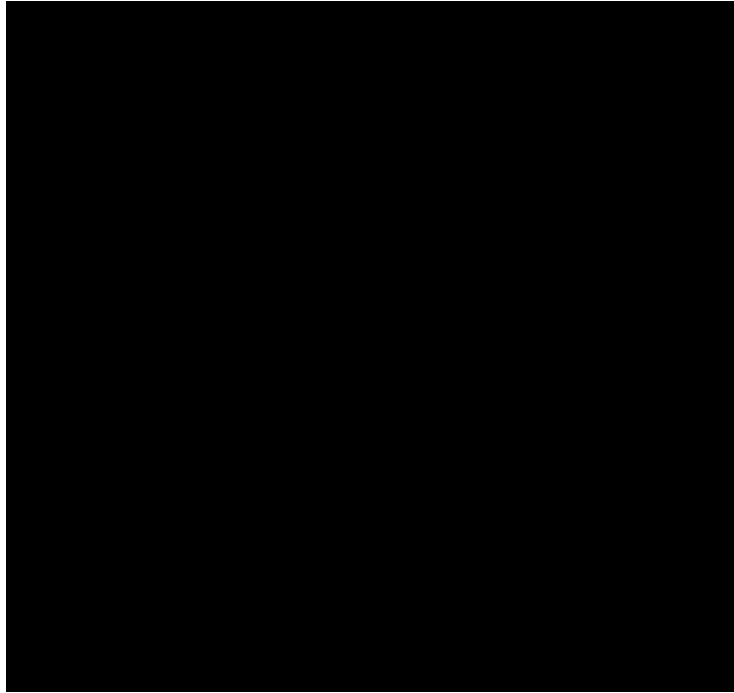


Figura 1 Jatos de alta pressão durante a lavagem de veículo.

Fonte: TEIXEIRA (2003)

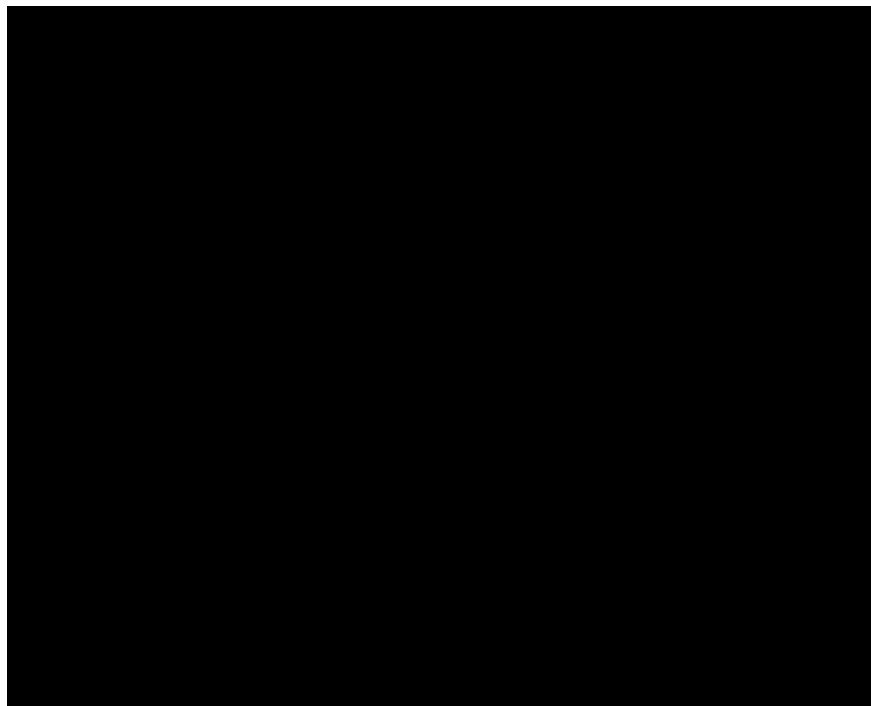


Figura 11 Lavagem de veículos do tipo “Rollover”.

Fonte: TEIXEIRA (2003)

Os três tipos de lavagem são comparados na Tabela 4, onde as células representadas com asterisco (*) são variáveis. Este sistema suporta um número de 5 a 12 carros por hora. Como o sistema não é automático, depende da maneira como cada pessoa vai utilizá-lo. Normalmente se gasta cerca de 75 L por ciclo de lavagem. A vazão vai depender de quantos ciclos serão efetuados por carro. Normalmente é apenas um. As perdas variam muito, pois, ao ser operado manualmente, a água espirra, pois o operador pode apontar a mangueira para todas as direções. As perdas são superiores aos outros sistemas.

Tabela 4 Vazão e capacidade para diferentes processos de lavagem de veículos

Tipo	Capacidade (veículos/dia)	Volume médio (L/veículo)	Descargas (m ³ /dia)	Perdas (L/veículo) (evaporação e outras)
Túnel	100-600 média: 250	262	75,7	7-30
“Rollover”	10-150 média: 75	112-168	11,4	7-30

Segundo a autora, os principais problemas a serem enfrentados no desenvolvimento de tecnologias para a reciclagem de água de lavagem de veículos são:

- Área Ocupada: sua concepção deve ser compacta, pois, provavelmente, será instalado num local onde já funciona um equipamento de lavagem, sem previsão de espaço para a inclusão do equipamento;
- Geração de Odores: deve contemplar a necessidade de controle de odores gerados pela proliferação de microrganismos nas águas armazenadas para a reciclagem;
- Geração de Lodo: a maioria dos sistemas de tratamento de efluentes gera resíduos e estes deverão ter seu volume minimizado e disposição final adequada;
- Custo de Implantação: deve ser o menor possível, de forma que possa ser competitivo com o custo da água, recuperando-se o investimento em curto prazo;
- Operação e Manutenção: a simplicidade, neste aspecto, é um fator limitante na escolha da tecnologia. Sistemas mais complexos tornam-se inviáveis tanto economicamente, como operacionalmente para os proprietários de postos de combustíveis ou lava - rápidos;
- Concentração de Sólidos Dissolvidos: à medida que a água recircula pelo sistema de lavagem, alguns poluentes podem se concentrar, por não serem totalmente removidos no tratamento;
- Necessidade de Diluição: como há aumento na concentração de certos poluentes, a diluição torna-se necessária para manter a qualidade necessária da água a ser reciclada. Pode ser realizada com água potável ou água da chuva.

3 MATERIAIS E METODOS

3.1 Descrição do elemento de análise

O esquema da Figura 12 ilustra os principais componentes de entrada e saída dos postos de lavagem de veículos. Verificam-se, as três possibilidades de geração de resíduos, ou seja, resíduos sólidos (RS), líquidos (RL) e gasosos (RG). Em destaque, RL, o objeto de estudo.

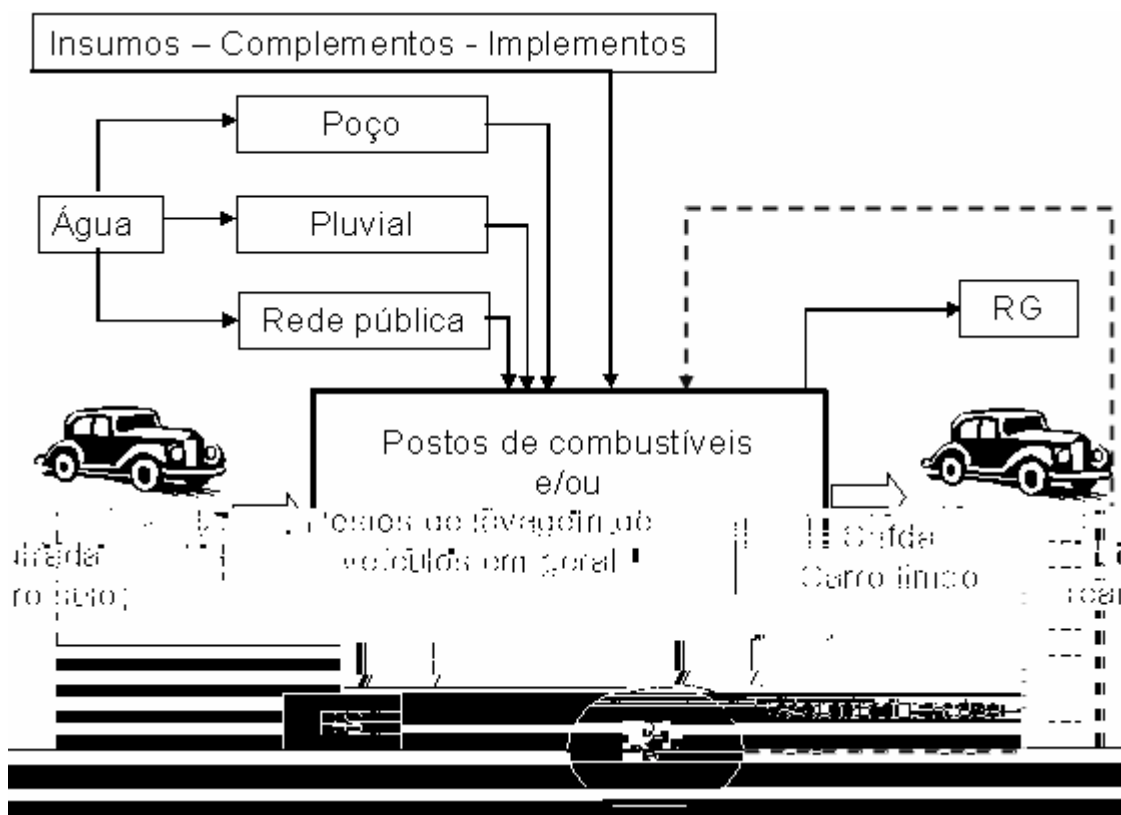


Figura 12 Esquema geral do elemento de análise.

3.2 Metodologia

3.2.1 Diagnóstico da situação atual em torno da atividade dos Postos de Lavagem de Veículos

O diagnóstico da situação atual contemplou várias etapas, entre elas: a) a identificação de variáveis e parâmetros relacionados com o elemento de estudo, b) o levantamento georreferenciado dos PLVs resultando num mapa temático, c) a elaboração de um questionário

para coleta de dados relacionados com o funcionamento dos PLVs, d) pesquisa de campo para coleta dos dados (com auxílio dos questionários), e) desenvolvimento de um banco de dados (BD), f) implementação dos dados no BD, g) tratamento/processamento dos dados, h) apresentação de resultados na forma de tabelas, gráficos e mapas temáticos e i) análise para diagnóstico ambiental e identificação do potencial de consumo de recursos hídricos e respectivo potencial de geração de efluentes. No questionário (ANEXO A), foram contempladas as seguintes questões: localização dos estabelecimentos, para composição do mapa temático; verificação do uso ou não de rampa de lavagem para verificar o tipo de lavagem (total ou de aparência); quantidade de veículos automotores lavados por dia, quantidade de água utilizada para cada tipo de veículo, estimativa do consumo mensal médio de água por estabelecimento; a origem da água (Subterrânea, Pluvial e/ou da Rede Pública); a quantidade de efluente mensal gerado, verificação do tipo de tratamento utilizado, disposição dos resíduos (quando tratados); tipos de insumos utilizados na lavagem e a proporção de diluição destes.

O questionário também contemplou perguntas relacionadas com o grau de conhecimento das leis ambientais vigentes e as dificuldades ou fatores que estariam limitando o correto cumprimento das leis ambientais, bem como, do interesse em nova tecnologia para tratamento do RL seguido da possibilidade de reutilização.

3.2.2 Caracterização do efluente bruto gerado nos Postos de Lavagem de Veículos

As amostras para análise foram coletadas em dois postos de lavagem de veículos que lavam somente automóveis, dois postos de lavagem de veículos que lavam somente caminhões e carretas e um posto de lavagem de veículos que lava também máquinas e implementos agrícolas (caso pontual). A coleta foi feita no momento da lavagem na canaleta antes de despejar o efluente no sistema de caixas de separação, esse procedimento foi executado para a coleta de todas as amostras. A caracterização do efluente de postos de lavagem de veículos baseou-se em dados da literatura e também com base em experimentos visando à caracterização do efluente local, classificado em efluentes resultantes da lavagem de automóveis (A), de caminhões e carretas (C), e efluentes resultantes da lavagem de máquinas e implementos agrícolas (AC). Em todos eles considerou-se vários parâmetros, entre esses: pH, Fósforo, DQO, DBO₅, SST, Óleos e Graxas, Fenóis Totais, COT e BTEX, todos foram analisados utilizando método padrão (Standard Methods, 2000), conforme a Tabela 5.

Tabela 5 Parâmetros estudados e métodos utilizados nas análises físico-químicas do efluente de PLV's

PARÂMETROS	MÉTODO
pH	Potenciométrico
Fósforo Total (P)	Método de digestão com persulfato ácido e reação com molibdato de amônio e ácido ascórbico e detecção em Infravermelho
DQO	Método da oxidação por dicromato - Refluxo fechado
DBO ₅	Diluição
Sólidos Suspensos Totais (SST)	Método Gravimétrico
Óleos e Graxas	Extração por solvente
Fenóis Totais	Método colorimétrico
Carbono Orgânico Total (COT)	Combustão e oxidação catalítica a alta temperatura e detecção por IV
BTEX	Headspace por cromatografia gasosa

Metodologias de análises dos efluentes

Metodologia para determinar o pH

A determinação do pH foi realizado utilizando pHmetro DM 20 da Digimed, o qual foi calibrado com duas soluções padrões com pH 4 e 7, respectivamente. Após a calibragem pegou-se 150 mL de cada amostra, colocou-se o eletrodo do equipamento imerso nas amostras, esperou-se estabilização do leitor e anotou-se os valores.

Metodologia para determinar o Fósforo Total

Foi determinado através do método do ácido ascórbico (GREENBERG et al, 1992).

Pipetou-se 50 mL da mesma e transferiu-a para um erlenmeyer de 125 mL. Adicionou-se 1mL de ácido sulfúrico concentrado e, em seguida, 5 mL de ácido nítrico. Autoclavou-se a amostra por uma hora a 127 °C e esfriou-a à temperatura ambiente. Adicionou-se 3 gotas de fenolftaleína e neutralizou-se a amostra com NaOH 1N. Transferiu-a para um balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume. Tomou-se 25 mL de amostra, adicionou 8 mL da solução desenvolvedora de cor e fez-se a leitura em espectrofotômetro a 880 nm, num período compreendido entre 10 e 30 minutos, utilizando cubeta de 1 cm e anotou-se os resultados.

Metodologia para determinar a Demanda Química de Oxigênio - DQO

A determinação da DQO foi realizada de acordo com metodologia padrão (APHA-5220D, 1995), fundamentada em um processo de digestão em tubo fechado seguida de determinação colorimétrica em 600 nm. Curvas de calibração foram elaboradas entre 20 e 900 mg O₂ L⁻¹, utilizando-se padrões de biftalato de potássio.

Metodologia para determinar a Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO₅

Para determinar a DBO, inicialmente preparo-se a água para diluição, que consiste em saturar água deionizada com ar comprimido, de modo que se tenha elevado teor de oxigênio dissolvido (OD), em seguida para cada litro de água de diluição adicionou-se 1 mL de solução tampão de fosfato, 1 mL de solução de sulfato de magnésio, 1 mL de solução de cloreto de cálcio e 1 mL de solução de cloreto férrico. Em seguida preparou-se varias diluições das amostras (1%, 2%, 3%, 4% e 5%) para cada amostra, a fim de reduzir a concentração da matéria orgânica, para que o oxigênio dissolvido não seja consumido em 5 dias. Encheu-se dois frascos de DBO de 300 mL (frasco 1 e frasco 2) para cada diluição, com água de diluição evitando-se a formação de bolhas de ar no interior dos mesmos; posteriormente colocou-se água de diluição até a metade de outros dois frascos de DBO (frasco 3 e frasco 4) para cada diluição, no frasco 3 adicionou-se 3 mL da amostra e completou-se com água de diluição e tampou-se evitando a formação de bolhas de ar, o mesmo foi feito para o frasco 4 e em seguida foi homogeneizado os dois frascos (3 e 4). Em seguida pegou-se o frasco 1 e o frasco 3 de cada diluição e levou-se para a incubadora a 20°C, logo após determinou-se o oxigênio dissolvido nos frascos 2 e 4 de cada diluição e anotou-se os resultados. Após 5 dias determinou-se o oxigênio dissolvido dos frascos 1 e 3 de cada diluição da incubadora e anotou-se os resultados.

Cálculo:

A = mg/L de OD da amostra instantânea (frasco 4)

B = mg/L de OD da amostra 5 dias (frasco 3)

$$\frac{(A-B) \times 100}{\% \text{ de diluição}} = \text{mg/L de DBO}$$

Metodologia para determinar os Sólidos Suspensos Totais - SST

Para determinação de SST, calcinou-se cápsulas de porcelana (conforme a quantidade de amostras) em uma mufla à 550°C de um dia para o outro, colocou-se as cápsulas em um

dessecador para esfriar por 40 minutos, em seguida pesou-se as cápsulas obtendo-se o peso P_1 (g). Mediu-se 50 mL de cada amostra em proveta e colocou-se em centrifugação a 2500 rpm por três minutos. Retirou-se o sobrenadante e descartou-se. Posteriormente lavou-se os sólidos com cuidado por duas vezes com água destilada e colocou-se novamente para centrifugar após cada lavada, descartando o sobrenadante. Em seguida transferiu-se os sólidos do tubo de centrífuga com cuidado, utilizando água destilada para cada cápsula de porcelana e levou-se para uma estufa à 110°C, até a total evaporação da água. Em seguida, retirou-se as amostras da estufa, colocando em um dessecador para esfriar, em seguida pesou-se, obtendo o peso P_2 (g).

Cálculo:

$$\text{SST (mg/L)} = \frac{(P_2 - P_1) \times 10^6}{\text{Volume da amostra (mL)}}$$

Metodologia para determinar Óleos e Graxas - OG

Para determinação de óleos e graxas utilizou-se o extrator Quimis constituído com seis extratores Soxhlet, com capacidade de recuperação de 60 a 70% do solvente extrator. Inicialmente preparou-se 1 L de solução de celite e caulim (2:1 em peso, respectivamente), posteriormente colocou-se o papel filtro no funil montado no sistema de filtro a vácuo, pegou-se 100 mL da solução de celite e caulim e filtro-se no filtro a vácuo, em seguida pegou-se 1 L de cada amostra e filtro-se. Após a filtragem estar concluída, retirou-se o papel filtro e colocou-se por 30 minutos em uma estufa à 105°C para eliminar a água contida no papel com a amostra, posteriormente colocou-se as amostras secas no extrator, adicionou-se 100 mL de éter de petróleo P.A. (solvente extrator) no balão dos extratores Soxhlet já pesado (P_1), ligou-se o extrator e deixou-se em refluxo por 4 horas, posteriormente desligou-se o sistema e separou-se o solvente da amostra extraída, em seguida colocou-se os balões em uma estufa para retirar o resíduo do solvente extrator, em seguida deixou-se por 30 minutos em um dessecador para esfriar, posteriormente foi pesado (P_2) e anotou-se os resultados, conforme a equação abaixo:

$$P_2 - P_1 = \text{mg de óleos e graxas}$$

Metodologia para determinar Fenóis Totais

A determinação de espécies fenólicas durante a cinética de degradação foi realizada segundo método padrão (APHA,1995). O princípio do método baseia-se numa mistura de reagente de Folin (tungstofosfórico e ácido molibidofosfórico) e tampão carbonato-tartarato

de sódio, que sofre uma reação de oxiredução com compostos fenólicos, formando um complexo com absorção máxima em 700nm. Usando fenol como padrão obteve-se uma curva de calibração na faixa de 0,1 a 100 mg L⁻¹.

Metodologia para determinar COT

As determinações de carbono orgânico total foram realizadas em um analisador de carbono orgânico total Shimadzu TOC-VCPH, fundamentado em oxidação catalítica a elevadas temperaturas (680 °C) e detecção de CO₂ por espectroscopia de infravermelho. Curvas de calibração foram preparadas a partir de um padrão de biftalato de potássio, cobrindo-se a faixa de 5 a 500 mg L⁻¹. Para o carbono inorgânico foi preparada uma curva com um padrão misto de Na₂CO₃ e NaHCO₃, na faixa compreendida entre 5 e 100 mg L⁻¹. O coeficiente de variação estabelecido para as análises foi de 2%, enquanto que o limite da determinação foi de 5 mgL⁻¹ de carbono orgânico.

Metodologia para determinar BTEX

Para determinar os BTEX utilizou-se um Cromatógrafo Gasoso (CG) com Detector de Ionização de Chama (FID) da VARIAN modelo CP 3800 acoplado ao amostrador automático CombiPal para injeção no Headspace. Pegou-se 5 mL de cada amostra, que foram aquecidos a 80°C por 5 minutos no amostrador automático, que posteriormente são injetados 500 µL da fase gasosa no cromatógrafo e executado a leitura.

Metodologia de espectroscopia de fluorescência

A metodologia de análises qualitativas foram realizadas em um espectrofotômetro de fluorescência UV-Vis HITACHI 4500, utilizando-se cubeta de quartzo multifacetada.

Teste de decantação

Para identificar a velocidade de decantação de uma solução, fez-se testes utilizando três concentrações de solo diluídas em água (10, 30 e 50g/L), agitou-se cada uma das concentrações e posto em repouso, posteriormente observou-se a velocidade de decantação através do grau de turbidez (NTU) em cinco pontos (nas alturas de 900, 750, 600, 450 e 300 mL) nos tempos de 15, 30, 45, 60 e 75 minutos, respectivamente. Para isso, utilizou-se cinco cilindros graduados de 1000 mL, onde foram feitas as leituras de turbidez com auxílio do turbidímetro. Para cada concentração foi pesado cinco amostras de mesmo peso e diluídas ao mesmo tempo em cada cilindro para agilizar o experimento.

3.2.3 Modelagem matemática para identificar os fatores críticos de projeto

Para identificar os fatores críticos do projeto em sistemas de tratamento de efluentes gerados em PLV's considerou-se como base o estudo do comportamento de uma partícula num meio fluido dentro dos processos de decantação e flotação. Para tanto foram realizados balanços de forças em regime transiente e permanente com a influência de diversos parâmetros, entre eles a forma da partícula, o regime, a concentração etc. Esta análise permitiu identificar os fatores críticos relacionad

3.2.5 Pesquisa em banco de patentes para verificar a inovação

Como consequência da etapa anterior, isto é, desenvolvimento/proposição de uma tecnologia alternativa, será realizado um processo de busca em banco de patentes com a finalidade da constatação da inovação. Para tanto, têm-se disponíveis os seguintes endereços na Internet:

Links sobre Patentes

[INPI](#) - Instituto Nacional da Propriedade Industrial

[CIPO](#) - Canadian Intellectual Property Office

[Banco de Patentes da Universidade de Waterloo](#)

[Libraries of State University of Louisiana](#)

[Community of Science](#)

[MicroPatent](#)

[D'Agostini Org.](#)

[Delphion](#)

[European Patent Office](#)

[Uspto](#) - United States Patent and Trademark Office

[JPO](#) - Escritório de patentes do Japão

[API](#) - Academia de Propriedade Intelectual

3.2.6 Elaboração do processo para pedido de patente

Após verificação da inovação foi montado o processo de patenteamento com base na lei de propriedade intelectual (Lei Federal 8.958/94) e atos normativos do Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Diagnóstico da situação atual em torno da atividade dos Postos de Lavagem de Veículos

Com base na utilização do banco de dados gerado pelo questionário e organizado na planilha eletrônica do MS Excel, cuja estrutura permite a sua atualização obteve-se os seguintes resultados:

Frota de veículos automotores cadastrados no município de Toledo/PR.

Segundo o DETRAN (2007) a frota de veículos cadastrados no município de Toledo até dezembro de 2006 foi de 47.155 veículos, dentre os quais, 25.563 são automóveis, 2.289 caminhões, 1.068 caminhão (carretas), 1.717 caminhonetes, 2.960 camionetas, 7.814 motocicletas, 3.240 motonetas, 630 reboque, 1.371 semi-reboque e 503 outros veículos (197 ônibus, 150 microônibus, 115 ciclomotor, 3 side-car, 1 trator rodas, 1 trator misto, 4 triciclos e 32 utilitários), conforme a Figura 13.

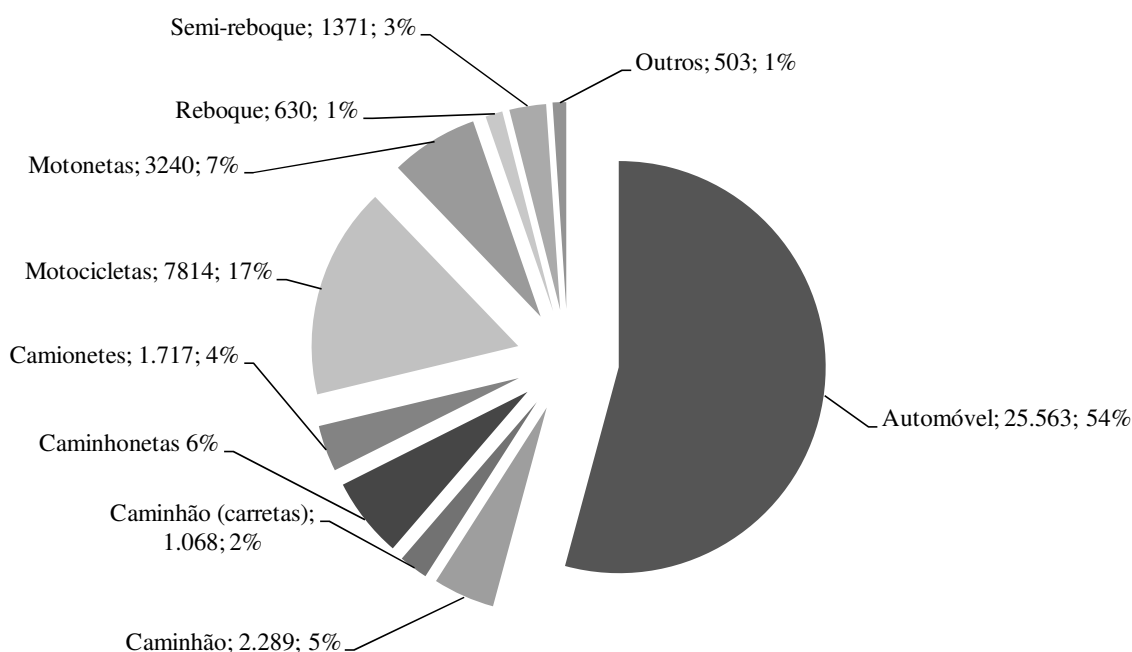


Figura 13 Distribuição da frota de veículos do município de Toledo.

Verificou-se que, as atividades de manutenção e principalmente limpeza (objeto da pesquisa) deve representar um papel importante tanto na economia quanto no potencial de

consumo de água e insumos bem como na geração de resíduos, principalmente, os resíduos líquidos.

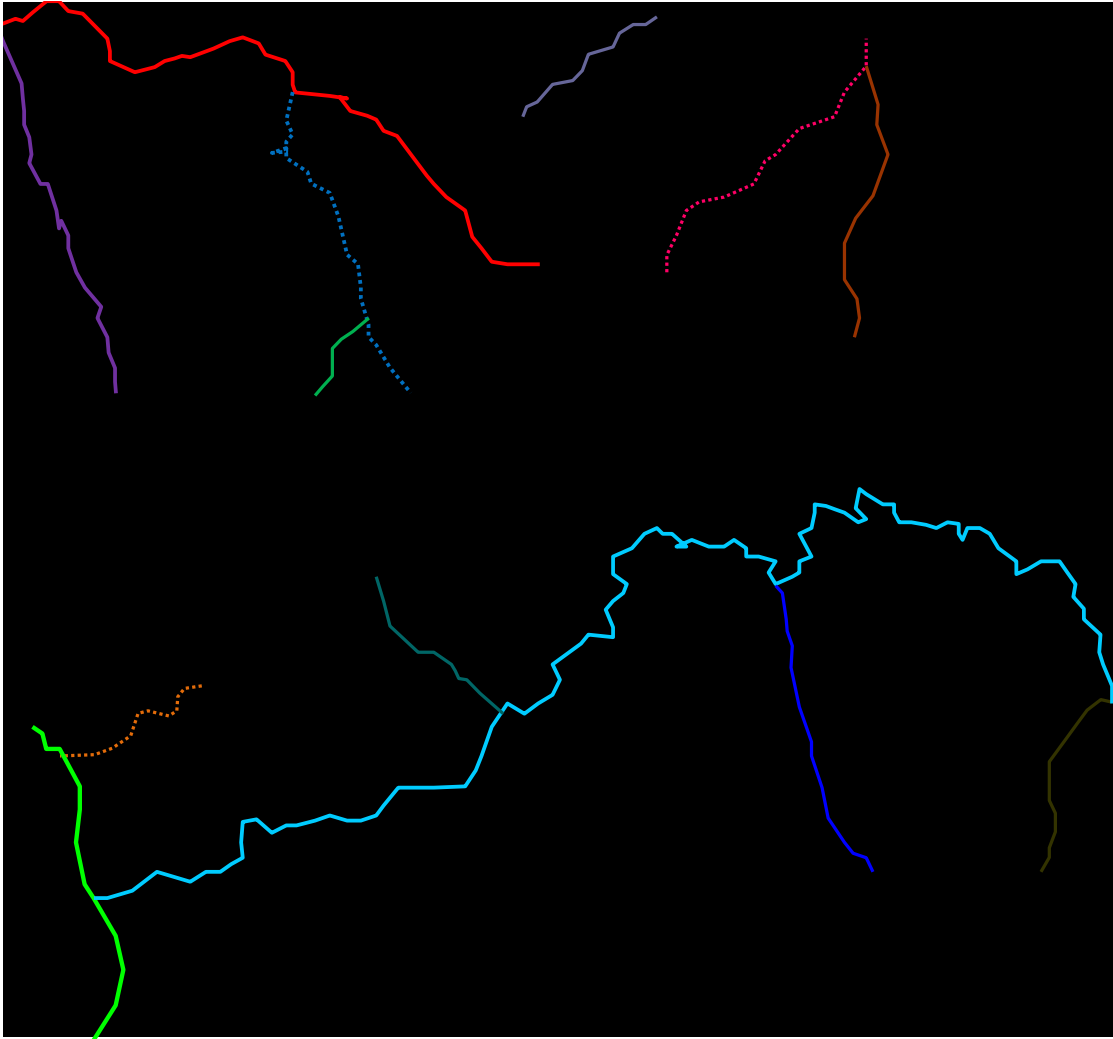
Localização dos estabelecimentos, mapa temático e mapa de risco.

No mapa da região urbana no município de Toledo-PR, na Figura 14, apresenta-se, a localização dos estabelecimentos pesquisados resultando num mapa temático ou mapa de risco. Assim, verifica-se que, a maior concentração dos PLV's se encontra na área central do município, no qual o relevo é alto, facilitando o escoamento do efluente para as águas superficiais que banham o município, conseqüentemente pode contribuir para poluição das águas. O restante se encontra distribuído ao longo das principais avenidas da cidade.

Características dos estabelecimentos pesquisados

Na Figura 15, apresentam-se as características dos estabelecimentos identificados no mapa temático da figura 12. Assim, a pesquisa constatou que, 66% correspondem aos postos de combustíveis com lavagem de veículos, 3% correspondem aos estabelecimentos que atuam apenas com a venda de combustíveis e 31% dos estabelecimentos atuam somente na lavagem de veículos.

Outra característica identificada nos postos de lavagem de veículos foi a forma de lavagem, ou seja, lavagem com ou sem rampa como mostrado na Figura 16. Assim, do total de estabelecimentos visitados, verificou-se que 82% deles utilizam rampa de lavagem, caracterizando uma lavagem completa e os outros 18% não utilizam rampa de lavagem, caracterizando uma lavagem superficial (lavagem de aparência). No primeiro caso a consequência é uma maior contribuição dos resíduos sólidos na corrente líquida (tanto qualitativamente quanto quantitativamente) e no segundo caso, a contribuição de componentes sólidos no resíduo líquido é menor e, conseqüentemente, o consumo de insumos e água, é também menor.



LEGENDA

- Posto de combustível
- Posto de combustível e Posto de Lavagem de Veículo
- ▲ Posto de Lavagem de Veículo
- Sanga Campina
- Arroio Marreco
- Sanga Guajaira

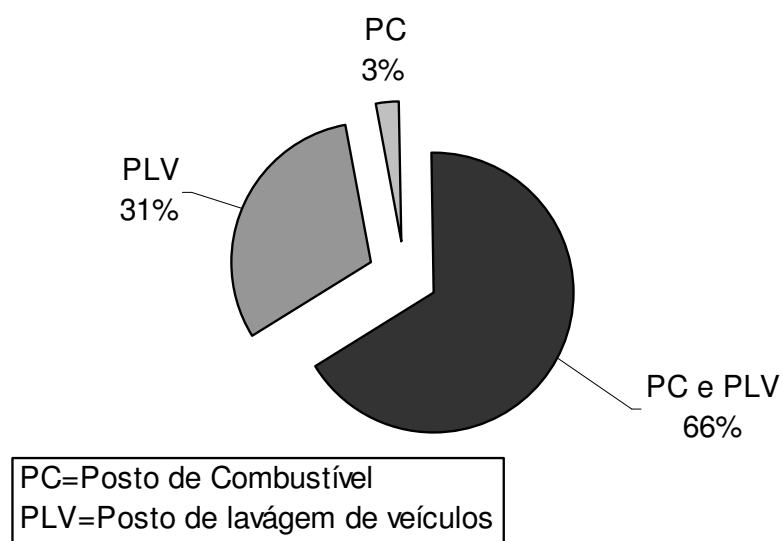


Figura 5 Tipos de atividade desenvolvidas dos estabelecimentos visitados.

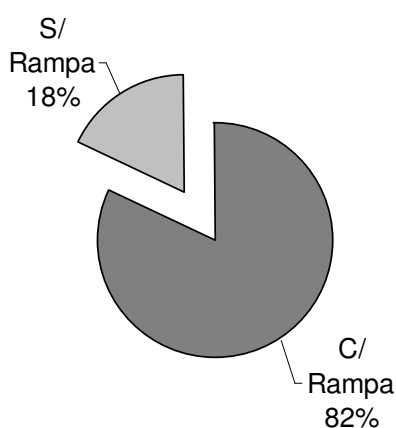


Figura 6 Proporção dos estabelecimentos com e sem rampa de lavagem.

Origem da água

Com relação à origem da água, a pesquisa constatou a prática de três possibilidades: poços artesianos (PA), Pluvial (P) e água da rede pública de abastecimento (RP). Esses resultados são apresentados na Figura 17, onde, 31% dos estabelecimentos têm como fonte de abastecimento a água dos poços artesianos e a água coletada das precipitações pluviométricas, reduzindo assim a extração de águas subterrâneas. Este procedimento é economicamente

viável, principalmente quando utilizados para lavagem de veículos e pavimentos dos estabelecimentos. Porém, por falta de infra-estrutura inerente a captação da água de chuva, 26% dos estabelecimentos somente utilizam água de poços artesianos, e os outros 20% utilizam simultaneamente as três fontes de água (Subterrânea, Pluvial e da Rede Pública). Pela dinâmica da atividade e localização, 20% utilizam água de poços artesianos e da rede pública de abastecimento e por fim 3% dos estabelecimentos utilizam somente água da rede pública de abastecimento.

Processo de lavagem.

O esquema da figura 18 ilustra o processo de lavagem de veículos automotores. Nela, são explicitados os consumos de água nos diferentes momentos e dos insumos diluídos (misturas de intercap, solupan e xampu), bem como, o volume de efluente (RL) e as impurezas resultantes da lavagem dos veículos. O Intercap, por possuir base ácida, atua na remoção de “sujeiras” mais aderidas, por exemplo, resíduos de asfaltos. O Solupan por possuir base alcalina, é utilizado para remoção de óleos e graxas. O Xampu é utilizado em limpezas superficiais e internas proporcionando um maior brilho e, por ser um insumo neutro, não tem efeito corrosivo na lataria dos veículos.

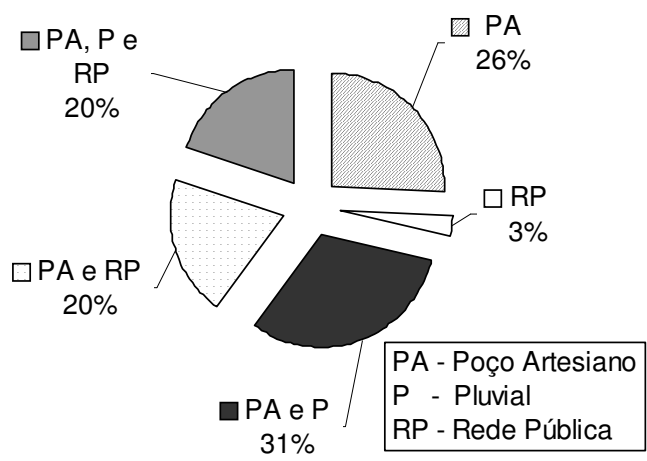


Figura 7 Proporções do uso e origem das águas para suprimento dos estabelecimentos.

Q_{A-e1}

Mistura 1=A+B

Mistura 2=A+C

Mistura 3=A+D

Q_{A-e2}

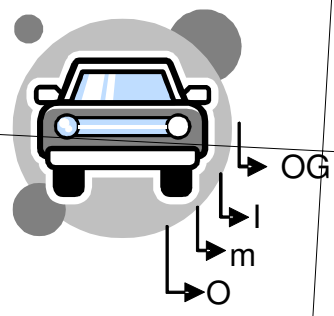
Q_{A-e3}

Q_{A-e4}

Onde:

- A = água;
- B = Intercap;
- C = Solupan;
- D = Xampu;
- e = Enxague;
- OG=Óleos e graxas;
- I=Inertes (terra, areia);
- m=Metais em suspensão;
- O=Outros componentes;
- Q_A = Consumo de água;
- V_{RL} = Geração mensal de Vol. de RL, ($m^3/mês$);
- X=Fração em massa.

Processo de lavagem



$V_{RL} = \text{[]} (m^3/mês)$

Composição

$X_A, X_B, X_C, X_D, X_{OG}, X_I, X_m$ e X_o

fatores, os resultados do consumo mensal de água correspondente a cada estabelecimento são apresentados na Figura 19.

Insumos utilizados.

Com relação aos tipos de insumos utilizados nos processos de lavagem de veículos motorizados, pode-se constatar três produtos: Intercap, Solupan e xampu. Esses insumos são comercializados na forma concentrada e, para a sua utilização, são diluídos na proporção de 5 litros de insumo para 200 litros de água (1L de insumo: 40L de água). Tendo como base as características comuns que apresentam os postos de lavagens de veículos e o consumo mensal de água (Figura 19), foi possível determinar, por meio dos balanços de massa, a quantidade de insumos utilizados e os volumes mensais de efluentes (RL) gerados pelos diferentes postos de lavagens de veículos. Na Tabela 6, com base na metodologia citada anteriormente, apresenta-se como exemplo (estabelecimento 2) os resultados do cálculo do resíduo líquido mensal.

Com base dos resultados apresentados na Figura 19 pode-se calcular também o consumo total mensal de água dos postos de lavagem de veículos da região urbana do município de Toledo-PR, resultando em 2682,5 m³/mês. Em nível de comparação, esse valor representa o consumo de aproximadamente 300 famílias (considerando um consumo médio de 10 m³/mês por família).

Tabela 6 Cálculo do resíduo líquido gerado mensalmente pelo Est. 2

Dados	Caminhão	Automóvel	Motocicletas	Total
Nº de Veículos lavados/mês	76	280	24	-----
Consumo de água, (m ³)/veículo.	1,5	0,08	0,03	-----
Consumo mensal de água, (m ³)	114	22,4	0,72	137,12
Volume da mistura 1, (m ³)	3,04	1,4	0,12	4,56
Volume da mistura 2, (m ³)	3,04	1,4	0,12	4,56
Volume da mistura 3, (m ³)	0	1,4	0,12	1.52
Resíduo líquido gerado, (m ³)				147,76

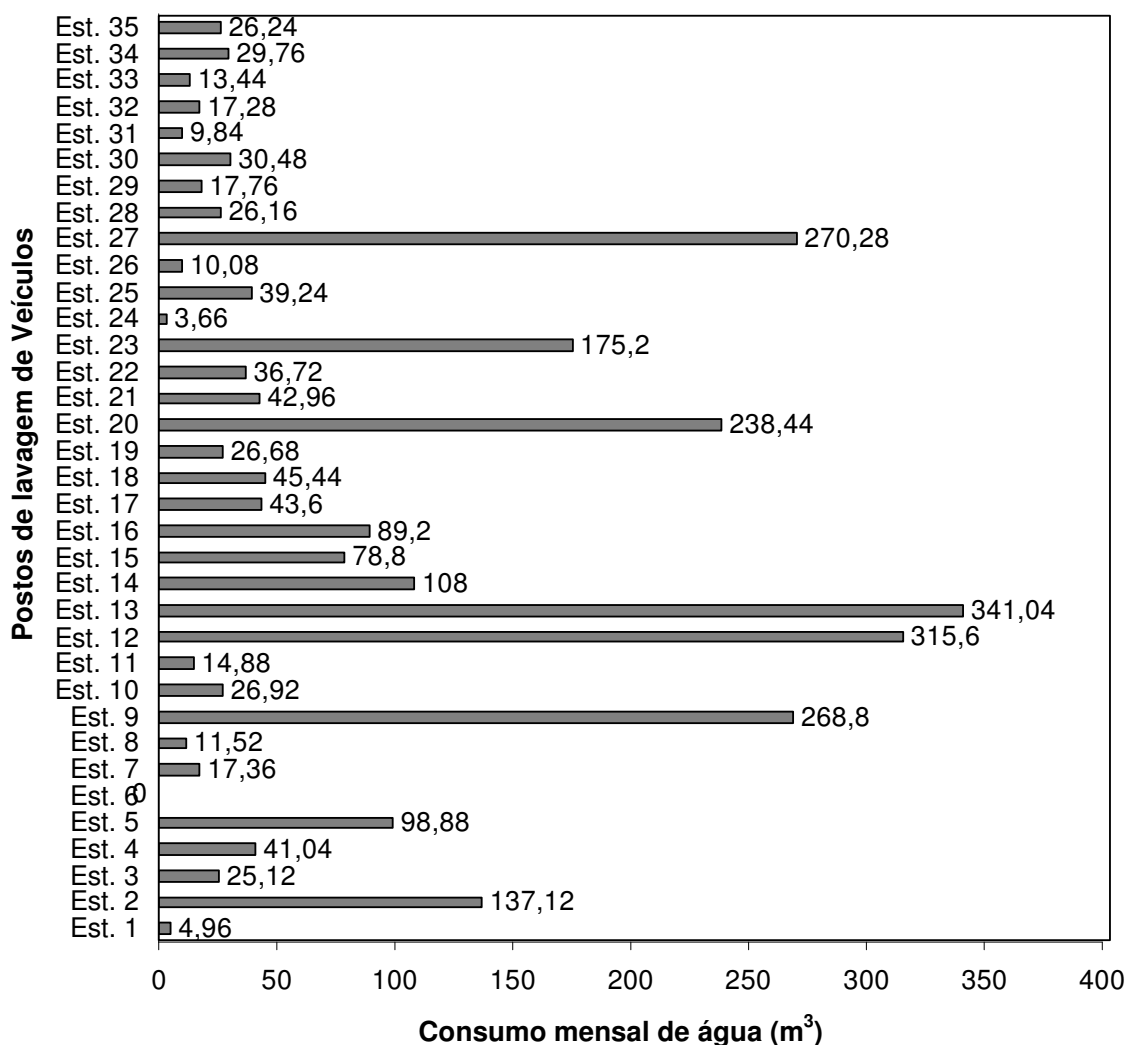


Figura 20 Consumo médio mensal de água dos estabelecimentos pesquisados.

Assim, para cada um dos estabelecimentos considerados na pesquisa e adotando a mesma metodologia ilustrada na Tabela 6 e na Figura 20 apresenta-se os correspondentes resultados de geração de resíduos líquidos, cujo somatório desses valores, resultou no valor total mensal de resíduo líquido gerado (2.921,14 m³/mês). Da mesma forma, com base na Tabela 6 e Figura 20, pode-se calcular as quantidades mensais de insumos utilizados na lavagem de veículos, resultando em 123,84 m³ de intercap, 123,84 m³ de solupan e 56 m³ de xampu, os quais, quando não tratados, são despejados para o meio ambiente junto com os 2.921,14 m³ de RL/mês.

Pode-se verificar que essa quantidade de resíduo líquido produzido mensalmente está diretamente relacionada com o consumo de água de cada estabelecimento, acrescido dos

poluentes e insumos envolvidos no processo de lavagem, os quais devem mudar dependendo da época, da origem e tipo de veículo motorizado. Certamente haverá uma alteração nas proporções dos poluentes envolvidos conforme a situação.

Segundo a Companhia de Saneamento do Estado do Paraná (SANEPAR) no município de Toledo 48,32% da população possui sistema de esgoto instalado, gerando vazão média mensal de esgoto para tratamento nas ETE's de 7.527,6 m³/mês (ANEXO D) e os efluentes gerados nos Postos de lavagem de Veículos não passam pelas ETE's do município, sendo que as mesmas são despejadas no sistema pluvial, e conseqüentemente são descartados nos afluentes que banham o município.

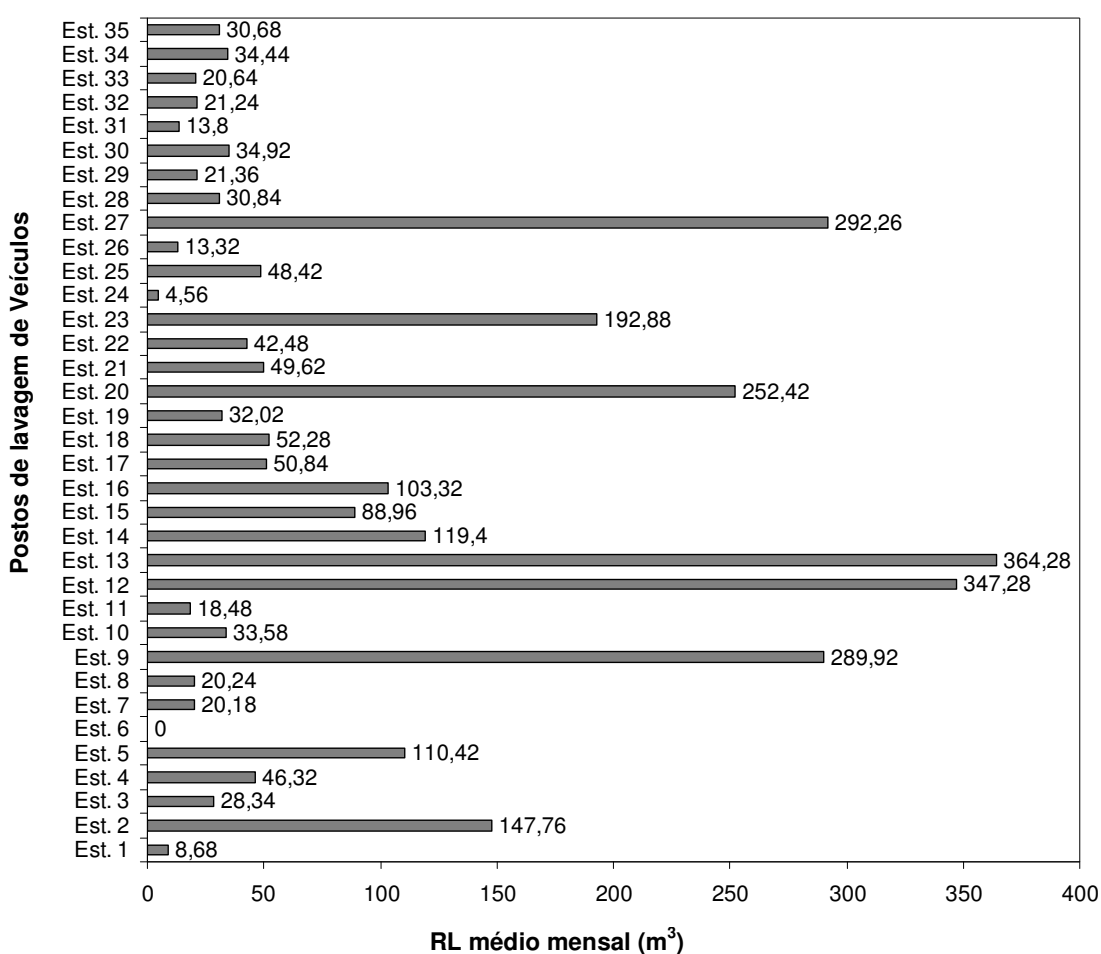


Figura 2 Potencial de geração de resíduo líquido nos postos de lavagem de veículos.

Tipo de tratamento utilizado atualmente no município

Os tipos de tratamentos são apresentados na figura 21, onde se verifica que, o mais utilizado são as caixas separadoras. Assim, do total de estabelecimentos instalados na cidade

de Toledo-PR, 97% possuem caixa separadora e 3% possuem fossa para o destino do resíduo líquido. Um diagnóstico preliminar mostra que, a caixa separadora opera com eficiência máxima apenas no início do processo de separação do lodo, tendo em vista que com o tempo onde a deposição do lodo tem comportamento acumulativo, esta eficiência vai reduzindo, atingindo as condições em que o sistema de separação (caixa separadora) atua como simples elemento de passagem, ou seja, os poluentes são arrastados pela mistura líquida e despejados na rede de esgoto ou para a rede pluvial. É válido analisar estes métodos sob outro aspecto, considerando que eles funcionem de forma eficiente, o resíduo proveniente de lavagem de veículo é composto por sólidos em suspensão, componentes voláteis, substâncias solúveis como benzenos, toluenos e xilenos (BTX), entre outros, os quais não ficam retidos na caixa separadora, tendo em vista que, a separação nas caixas separadoras é por decantação. Assim, quando não tratados adequadamente, as substâncias mencionadas anteriormente, facilmente, podem atingir os lençóis subterrâneos, rios, riachos, lagos, etc. No caso da fossa, o despejo direto do resíduo líquido se infiltra no solo, podendo atingir o lençol freático.

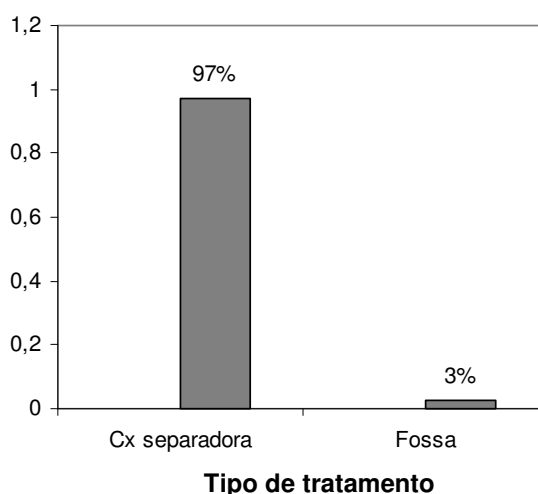


Figura 2 Tipos de tratamento para os resíduos líquidos gerados.

Tipos de veículos que passam pelos PLV.

Da mesma forma a pesquisa constatou que a maioria dos veículos automotores lavados nos Postos de Lavagem de Veículos são os automóveis (9768), segue os caminhões (1696) e em terceiro lugar estão às motocicletas (1332), conforme ilustra o esquema da Figura 22.

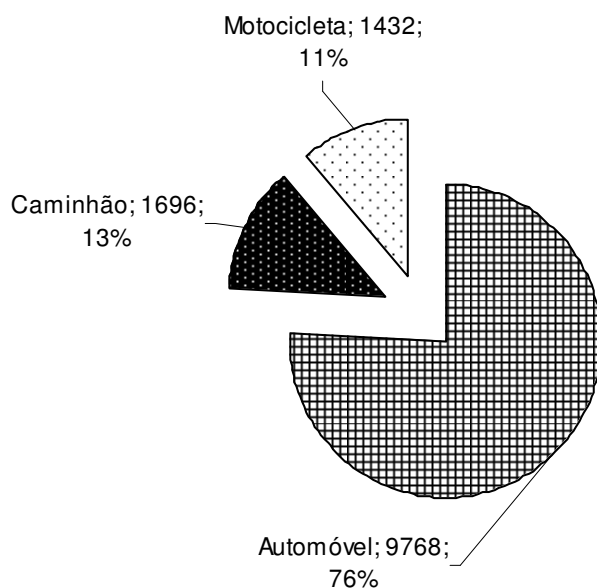


Figura 22 Distribuição dos tipos de veículos lavados nos PLV's.

Comparação entre a frota total de veículos e quantidade que passa pelos PLVs.

Sabendo a quantidade total de veículos automotores cadastrados na cidade de Toledo (Figura 13), a Figura 23 apresenta uma comparação entre o total de veículos cadastrados e o número correspondente de veículos que passaram pelos PLV's. Assim, do total de automóveis (25563) cadastrados, teriam passado pelos PLVs, apenas 9768 automóveis (38,21%), do total de caminhões, carretas e caminhonetes (8034) cadastrados, teriam passado pelos PLVs apenas 1696 (21,11%) e, do total de motocicletas e motonetas (11054) cadastradas, teriam passado pelos PLVs apenas 1332 (12,95%) o que significa que, o resto (maioria dos veículos) ou são lavados em casa, ou se encontram em trânsito, e/ou estão sendo utilizados e lavados fora do perímetro urbano de Toledo.

Responsabilidade ambiental.

Finalmente a pesquisa contemplou também uma questão relacionada com o conhecimento das leis ambientais vigentes e, 89% dos gerentes dos estabelecimentos disseram ter informações e conhecimento sobre as leis ambientais vigentes e 100% manifestaram preocupação com as deficiências e limitações da tecnologia convencional inerente ao tratamento dos resíduos líquidos dos postos de lavagem de veículos e 100% dos entrevistados demonstrou grande interesse por métodos alternativos mais eficientes, de baixo custo, fácil

instalação e operação. Todos esses resultados justificaram a continuação da pesquisa com o desenvolvimento das outras etapas, entre eles: etapa de caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos líquidos, etapa de desenvolvimento de métodos/processos e tecnologia alternativa para o tratamento e reuso da água de lavagem de veículos.

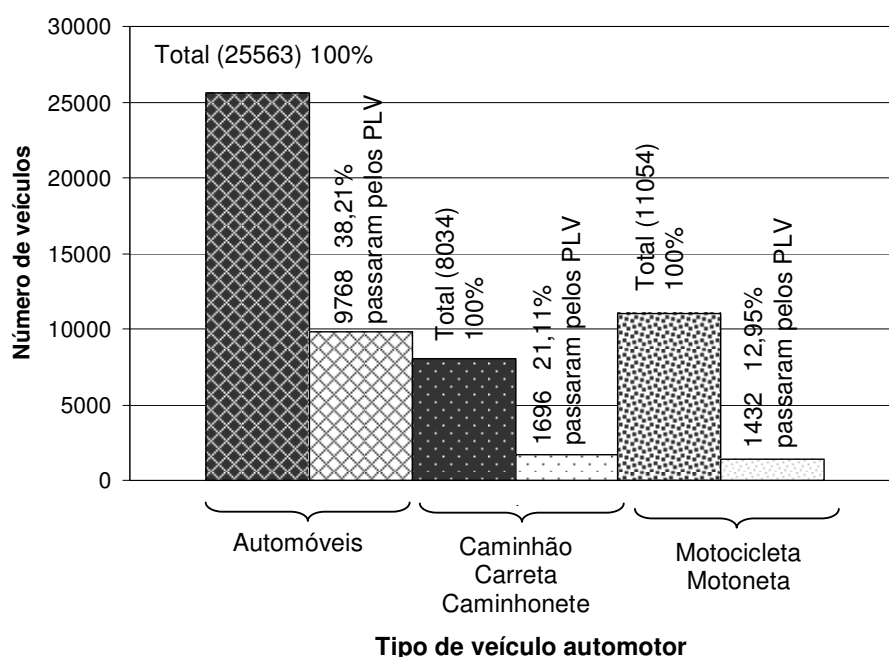


Figura 23 Comparação entre a quantidade e tipo de veículo lavado.

Consolidação dos resultados

Assim, no município de Toledo PR e especificamente na atividade de postos de lavagem de veículos os seguintes resultados devem ser destacados: do total de estabelecimentos, 66% possuem PC com PLV, 31% atuam somente com PLV e 3% somente como PC; 82% possuem rampa de lavagem em suas instalações; o consumo mensal de água do total de estabelecimentos é de 2682,5 m³/mês de água; desse total, 3% utilizam água da Rede Pública de Abastecimento (RPA), 26% utilizam água de poço e o restante, tem como fonte de abastecimento a água de chuva, poço e RPA; todos utilizam como insumos de lavagem Intercap, Solupan e Xampu; todos utilizam lavagem a jato manual; o potencial mensal de geração de resíduo líquido é de aproximadamente 2.921,14 m³; 97% dos estabelecimentos possuem apenas caixa separadora de sólidos particulados em suspensão como sistema de tratamento dos resíduos líquidos.

Verificou-se que a maioria dos postos lavam automóveis (73%) seguem, os caminhões e motos com 13 e 11% respectivamente. Considerando o total de veículos automotores cadastrados na cidade de Toledo/PR, apenas 38% dos automóveis, 21% caminhões e 13% das motocicletas passam pelos PLV e o restante (maioria) deve ter sua lavagem em outras condições (nas residências? Outros locais? Com ou sem tratamento dos resíduos líquidos?). Outro dado significativo foi a constatação que 89% dos gerentes disseram ter informações sobre as leis ambientais vigentes, referentes às suas respectivas atividades e 100% dos gerentes manifestaram sua preocupação com as deficiências e limitações dos métodos convencionais de tratamento de RL. Assim, os resultados da pesquisa, mostram a necessidade de criação e implantação de novas tecnologias, para o tratamento e posterior reutilização da água. Visto que, a quantidade mensal de água e insumos utilizados na lavagem de veículos é considerável (equivale ao consumo mínimo de 300 famílias).

4.2 Caracterização do efluente bruto dos Postos de Lavagem de Veículos

Conforme as análises efetuadas pode-se verificar que a concentração de óleos e graxas apresentou valores superiores no efluente bruto em todas as análises, principalmente na lavagem de máquinas e implementos agrícolas (AC), como o óleo pode estar após a lavagem na forma livre, disperso, emulsificado e solubilizado, esses tipos de suspensões não são totalmente removidos através do sistema de tratamento utilizando caixas separadoras de água-areia e água-óleo, contudo, estes sistemas não possuem eficiência sobre óleos emulsificados e solubilizados no efluente, despejando este poluente na rede coletora municipal, quando estiver disponibilizado (Tabela 7).

Os parâmetros em destaque (itálico) são monitorados pela legislação atual e seus valores não podem ultrapassar os índices estipulados pelo IAP/PR, portanto esses valores comprometem em parte a saúde do meio ambiente, além da tolerância dos níveis de contaminação que são monitorados pelo IAP/PR. Porém o efluente bruto pode variar consideravelmente, em épocas de muita chuva, épocas de plantio e de colheita, que aumenta muito o fluxo de veículos de diversas regiões do país até mesmo do exterior. O fato é que as análises deveriam ser monitoradas durante todo o ano, fazendo amostragens aleatórias e específicas para se ter uma característica mais precisa em relação à geração dos efluentes dos PLV's.

Tabela 7 Comparação entre os valores encontrados em relação às normas vigentes locais

Parâmetros	U.S.EPA	IAP/PR	Toledo/PR		
			A	C	AC*
<i>pH</i>	7,4	5 a 9	7,39	8,50	6,82
<i>DBO5(mg/L)</i>	69	300	**	**	**
<i>DQO (ppm)</i>	238	100	337	841	915
<i>COT(mg/L)</i>	79	-	25,9	64,5	109
<i>CT (mg/L)</i>		-	27,44	65,08	109,5
<i>IC (mg/L)</i>		-	1,535	0,5856	0,4487
<i>SST(mg/L)</i>	659	-	375	2110	605
<i>Óleos e Graxas (mg/L)</i>	90	20	22	25,5	141,1
<i>Fósforo Total (mg/L)</i>	2,8	-	0,602	1,146	0,562
Fenóis Totais (mg/L)		0,5	3,545	3,31	0,22
Benzeno (mg/L)		5	ND	ND	ND
Tolueno (mg/L)		2	ND	ND	ND
Etilbenzeno (mg/L)		90	ND	ND	ND
Xileno (mg/L)		200	ND	ND	ND

ND – Não Detectado nos limites da norma em questão.

* Análise Pontual (lavagem de máquinas e implementos agrícolas)

** Não foi possível a obtenção dos resultados para este parâmetro, pois a porcentagem de redução de oxigênio em 5 dias foi inferior ao recomendado pelo procedimento analítico cuja a faixa está entre 40 e 70%.

Abaixo estão os cromatogramas da análise de BTEX, em que na Figura 24 tem-se o padrão das bandas representando cada um dos componentes, o qual serve de padrão para análise e caracterização das amostras coletadas.

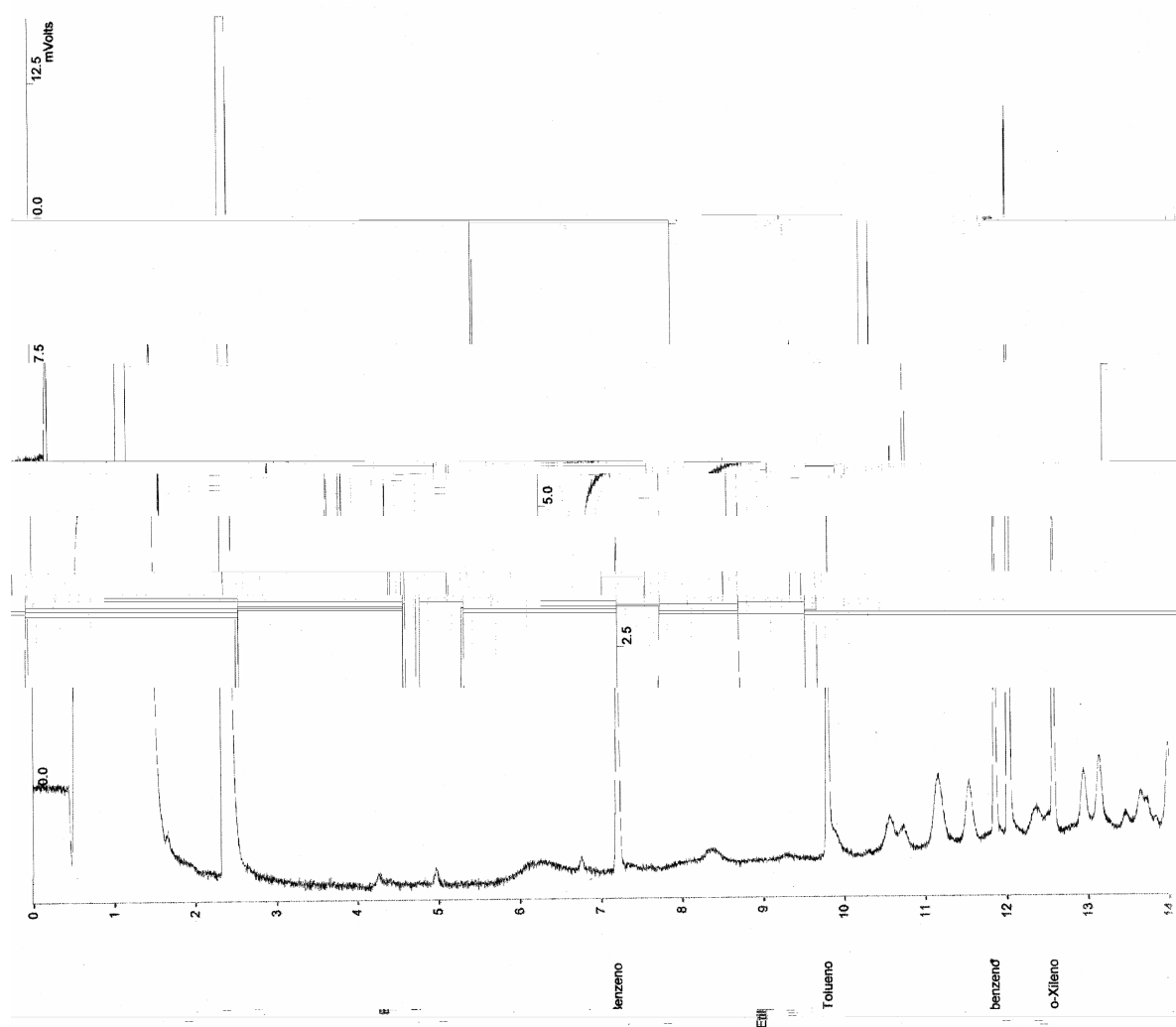


Figura 24 Cromatograma padrão para análise de BTEX.

A Figura 25 mostra o cromatograma para a amostra de estabelecimento que lava automóvel e motocicleta (Amostra A), se compararmos com o cromatograma padrão (Figura 24), pode-se verificar que nos limites de detecção da norma em questão não estão identificados nenhuma das substâncias do BTEX.

Da mesma forma para os estabelecimentos que lavam somente caminhões e carretas (Amostra C) está representado na Figura 26.

O mesmo resultado pode ser observado na amostra coletada no estabelecimento que lava máquinas e equipamento agrícolas (Amostra AC) (Figura 27), onde não foram detectadas as substâncias referentes ao BTEX.

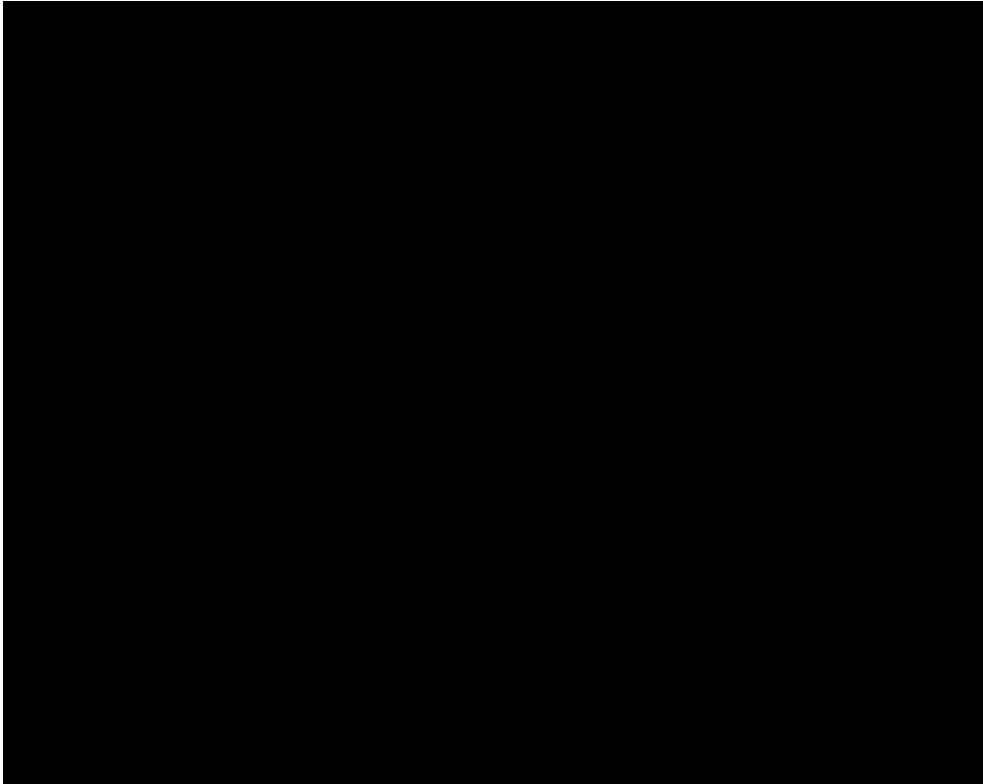


Figura 25 Cromatograma para determinação de BTEX (Amostra A) de PLV que lavam automóveis e motocicletas.

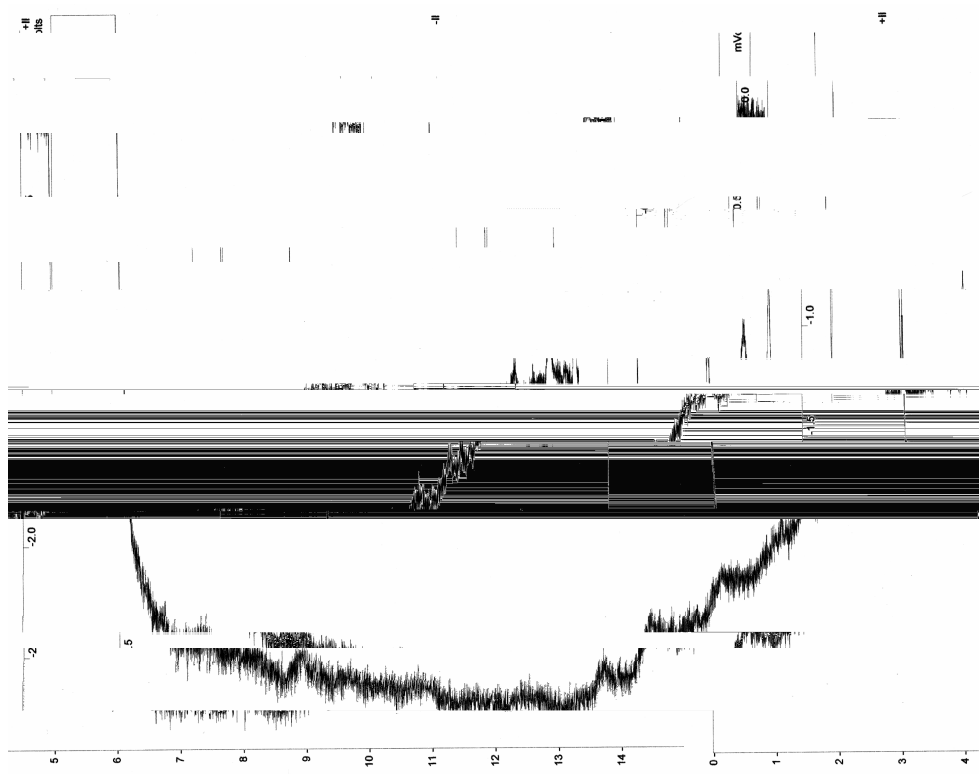


Figura 26 Cromatograma para determinação de BTEX (Amostra C) de PLV que lavam caminhões e carretas.

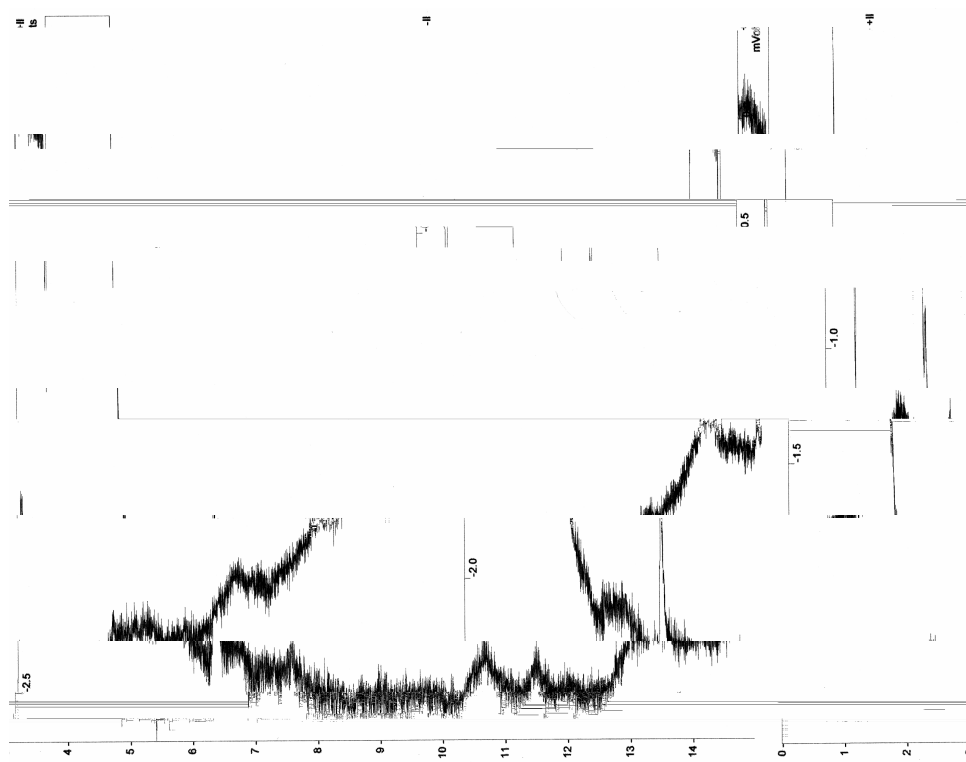


Figura 27 Cromatograma para determinação de BTEX (Amostra AC) de PLV que lavam máquinas e equipamentos agrícolas.

Estes resultados, não podem ser considerados como isentos destas substâncias, visto que a norma em questão e o equipamento utilizado têm seu limite de detecção de 5mg/L. Nestes casos dever-se-ia, utilizar outro método cuja resolução do equipamento com a técnica correspondente, possa detectar estas substâncias, e assim poder confirmar a ausência ou não dos BTEX.

Análise por fluorescência

A espectroscopia de fluorescência é considerada uma ferramenta analítica de primeira importância para a análise de hidrocarbonetos, principalmente para espécies de caráter aromático. Assim, os espectros apresentados na Figura 28 podem ser relacionados com espécies aromáticas presentes nas frações aquosas analisadas, destacando formas monoaromáticas (BTEX's) e anéis condensados (naftaleno).

Dentre as amostras analisadas, aquela proveniente de posto de lavagem de automóveis (amostra A) parece apresentar a maior concentração de espécies deste tipo, provavelmente em razão do efeito solubilizante dos detergentes utilizados na operação. De maneira oposta, a amostras C e AC, que provém de operações de lavagem caminhões, carretas e equipamentos

e máquinas agrícolas, apresentam menor intensidade de sinal, provavelmente em função do efeito de diluição apresentado pelos grandes volumes de água utilizados na operação.

De qualquer forma, mais importante que descrever as diferenças entre amostras é verificar que todas elas apresentam sinais que caracterizam espécies aromáticas, provenientes de combustíveis fósseis e produtos do gênero.

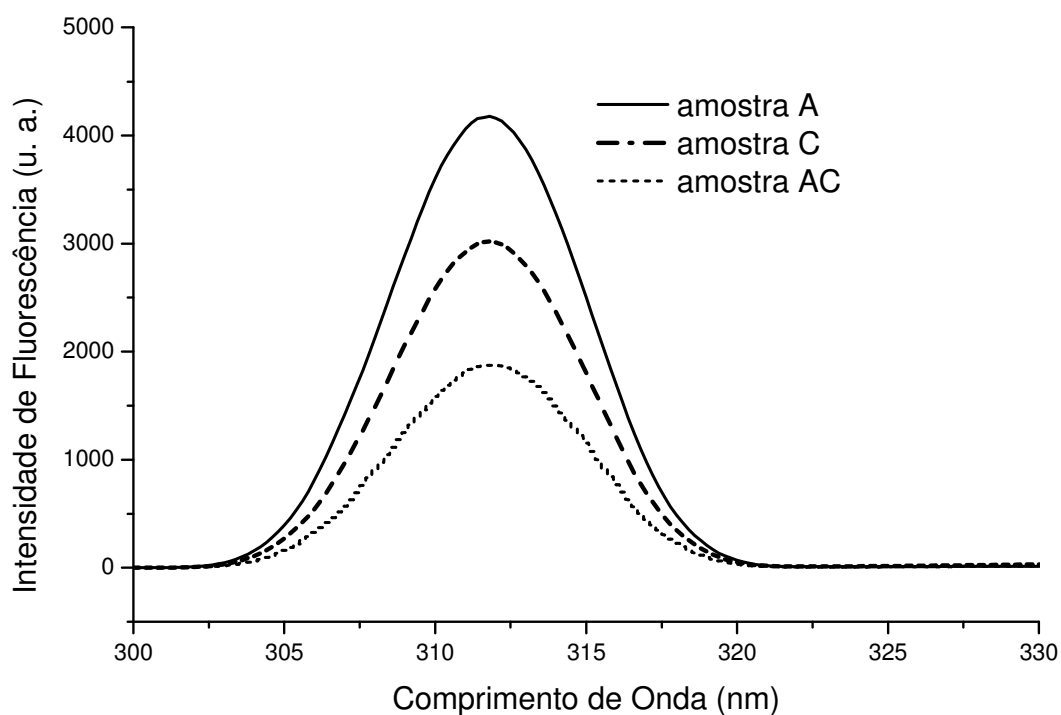


Figura 28 Espectro de fluorescência para as amostras (A) lavagem de automóveis, (C) lavagem de caminhões e carretas, (AC) lavagem de máquinas e implementos agrícolas.

Teste de decantação

Para verificar a velocidade de decantação de uma suspensão, fez-se teste de decantação utilizando três concentrações (10g/L, 30g/L e 50g/L) de solo diluídas em 1000 mL de água. As misturas foram colocadas em provetas com a mesma concentração em cada caso, com objetivo de verificar o tempo de decantação entre partículas grossas, médias e finas. Utilizou-se um turbidímetro modelo LAMOTTE 2020 da Aquatic Eco-systems (Figura 29), para fazer a leitura em cinco pontos das provetas, em 900 mL, 750 mL, 600 mL, 450 mL e 300 mL, nestes pontos utilizou-se uma pipeta de 20 mL para coletar a amostra e fazer a leitura conforme o tempo e altura. Os tempos de leitura foram 0, 15, 30, 45, 60 e 75 minutos,

respectivamente. Assim pode-se determinar a variação na turbidez em NTU em relação ao tempo e altura, conforme esquema da Figura 30.

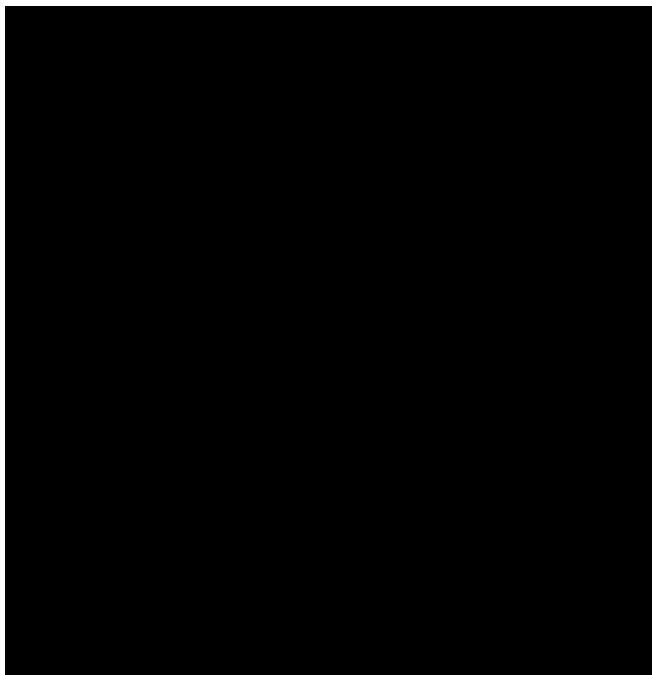


Figura 29 Turbidímetro modelo LAMOTTE 2020.

rápida das partículas grossas e médias, posteriormente a turbidez sofre uma redução mais branda, porém, os perfis de decantação mantiveram-se o mesmo com um aumento na turbidez. No tempo de 45 minutos e na altura de 600 mL começa a formar a zona de compressão e conseqüentemente a formação de flocos das partículas finas, as quais passam a tornar a sedimentação mais lenta. Nos tempos de 60 e 75 minutos não apresenta alteração na turbidez, pelo fato das partículas finas estarem afastadas e não possuírem forças suficientes para aglomerarem-se (forças de Van Der Waals), os quais no decorrer do tempo começam a formar flocos aumentando sua densidade e passam a decantar novamente. Já no tempo de 60 minutos a turbidez tem um pequeno acréscimo, este fato pode estar relacionado com o fluxo contrário da água no momento da compressão que permite a destruição dos flocos que se encontram instável, que são destruídos aumentando a turbidez neste ponto.

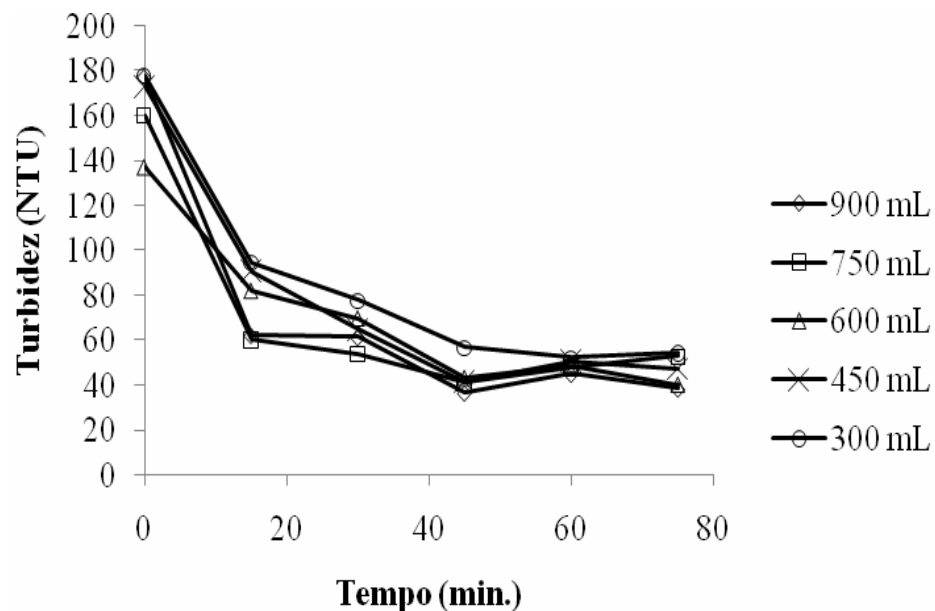


Figura 3 | Gráfico de Turbidez para cada altura em relação ao tempo para concentração de 10g/L, para o teste de decantação.

Na Figura 32 tem-se o perfil de sedimentação em relação à turbidez e altura, pode-se verificar que a entrada em compressão (zona crítica) inicia-se entre os tempos de 30 e 45 minutos e nas alturas correspondentes a 600 e 450 mL, respectivamente.

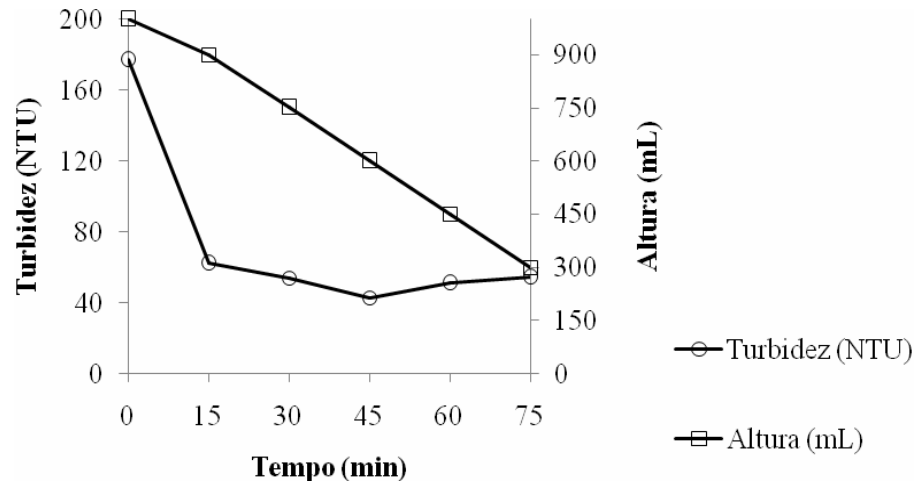


Figura 32 Perfil de decantação (Turbidez e Altura) para a concentração de 10 g/L.

A Figura 33 representa os sólidos grosseiros todos sedimentados no fundo das provetas, este fato ocorre entre os tempos de 2 a 5 segundos, em que a velocidade terminal é muito alta, conseqüentemente o tempo de residência é pequeno, como também o comprimento para a sedimentação será menor.

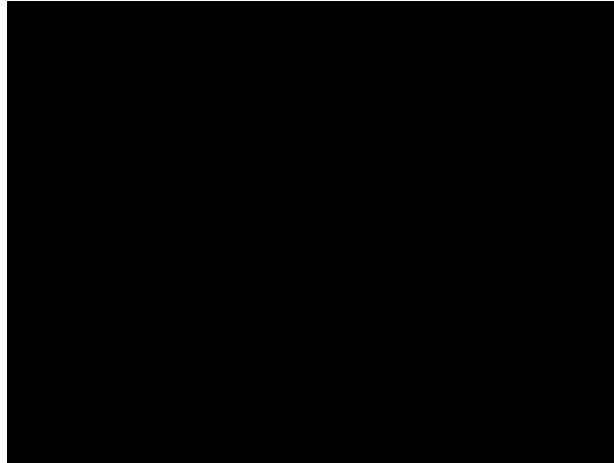


Figura 33 Decantação das partículas mais grossas, para concentração de 10 g/L com as partículas grosseiras depositadas no fundo de todas as provetas.

A Figura 34 representa a sedimentação das partículas de tamanho médio, este fato ocorre entre os tempos de 5 segundos até 4 horas, neste caso as velocidades terminais das partículas são mais lentas, portanto necessita de um comprimento maior para decantar, conseqüentemente maior é o tempo de residência.

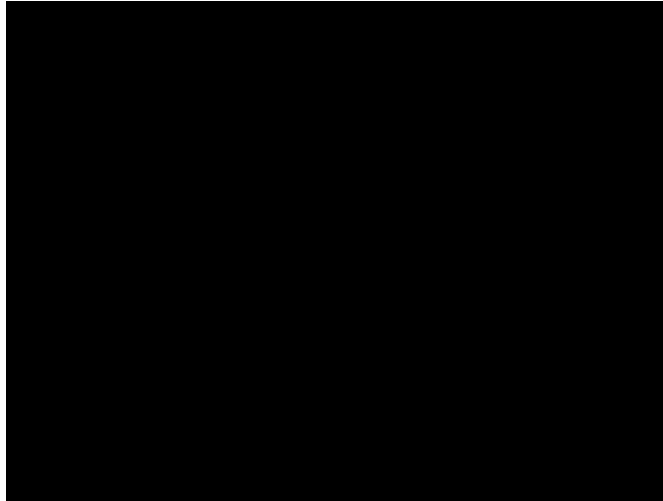


Figura 34 Sedimentação das partículas médias para a concentração de 10 g/L, onde se percebe a maior clarificação na água, a velocidade é mais lenta, necessitando de tempo para que ocorra a formação de flocos, para posterior sedimentação.

A Figura 35 representa a suspensão das partículas finas, pode-se verificar certo grau de turbidez, neste caso as partículas possuem forças de atração e repulsão reduzidas (Van Der Waals), que não são suficientes para formar flocos para sedimentar, neste caso necessitam de uso de floculantes para formar os flocos e conseqüentemente sedimentarem.

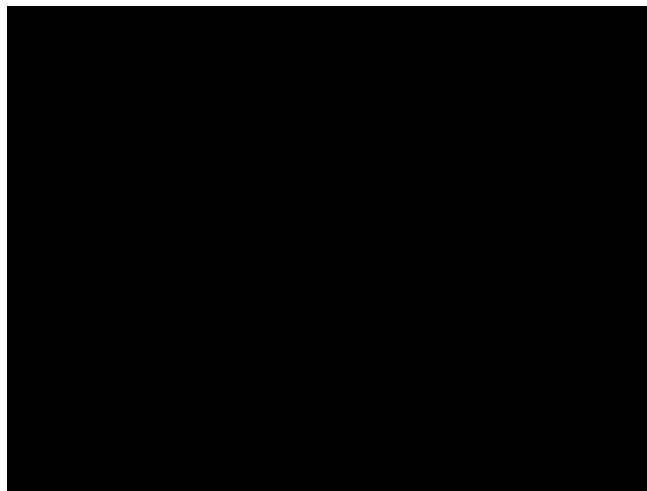


Figura 35 Turbidez no final da sedimentação natural para partículas finas na concentração de 10g/L, verifica-se grau de turbidez remanescente devido às partículas finas que não possuem força suficiente para flotar ou sedimentar.

Para concentração de 30g/L

Na Figura 36 verifica-se o mesmo perfil de decantação, tanto nas alturas correspondentes de 900 mL até 450 mL, ao mesmo tempo pode-se verificar também um aumento na turbidez de ambos em relação a concentração de 10 g/L, isto ocorre porque com o aumento da concentração resulta em um incremento nos sólidos finos, o quais elevam a turbidez e demoram a decantar. Pode-se perceber uma variação na turbidez entre os tempos de 30 e 45 minutos, possivelmente é início da zona de compressão (ponto crítico) nesta concentração, com esta turbidez, isto pode ser visto nos tempos conseqüentes que a velocidade de decantação passa a ser muito lenta (velocidade terminal é muito baixa), necessitando de um tempo de residência maior para que ocorra esta decantação.

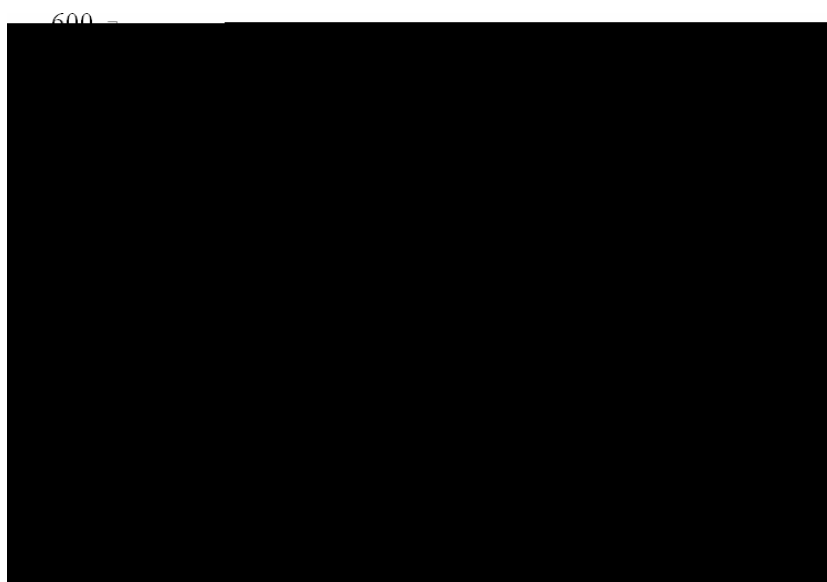


Figura 36 Perfil de Turbidez para cada altura em relação ao tempo para concentração de 30g/L, a turbidez tem um pequeno incremento em relação à altura, devido o acúmulo de partículas finas.

Na Figura 37 tem-se o perfil de sedimentação em relação à turbidez e altura, pode-se verificar que após 15 minutos a sedimentação passa a ser muito lenta isto porque a partir deste tempo restam somente as partículas finas para decantar, visto que a velocidade a partir deste ponto é muito lenta.

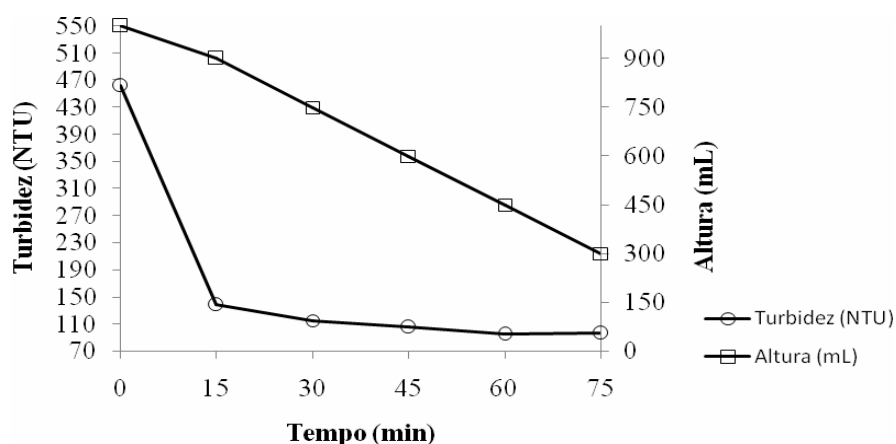


Figura 37 Perfil de decantação (Turbidez e Altura) para concentração de 30g/L.

A Figura 38 representa a sedimentação do sólido grosseiro depositado na parte inferior da proveta (2 a 5 segundos), concomitantemente iniciando a clarificação da água na parte superior do cilindro.

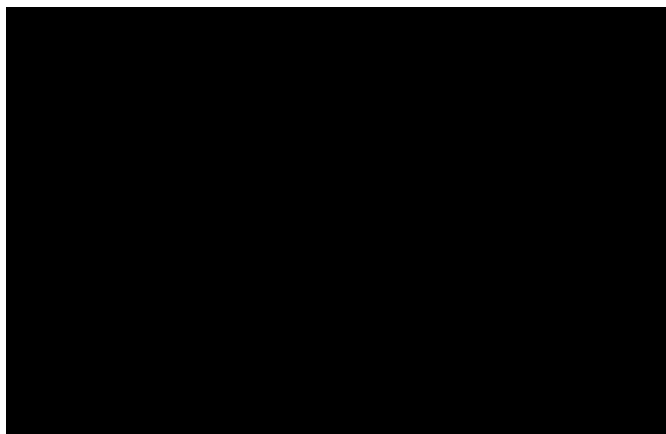


Figura 38 Sedimentação do sólido grosseiro para a concentração de 30g/L, na parte superior está mostrado o início da clarificação da água, vê-se também o incremento na turbidez com a concentração.

A Figura 39 representa a suspensão das partículas finas, pode-se observar que a turbidez aumenta também com a concentração após a sedimentação dos materiais mais grossos, médios e finos comparado com a concentração de 10g/L.

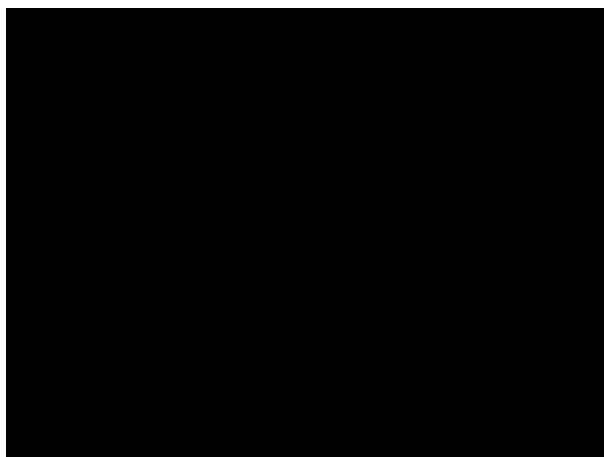


Figura 39 Turbidez no final da sedimentação natural para partículas finas na concentração de 30g/L, vê-se todas as partículas grosseiras depositadas no fundo das provetas e o incremento da turbidez com a concentração de finos em relação à concentração de 10g/L.

Para concentração de 50g/L

Conforme a Figura 40 pode-se verificar na altura correspondente de 900 mL ocorre uma ligeira diminuição da turbidez nos primeiros 15 minutos como nas outras concentrações, porque ocorre uma sedimentação rápida das partículas mais grossas, posteriormente a turbidez sofre uma redução lenta, este fato deve estar relacionado às partículas mais finas, que no decorrer do tempo encontram-se mais afastadas correspondendo a um incremento na turbidez e após os minutos seguintes deve ocorrer a formação de flocos, os quais aumentam sua densidade e passam a decantar novamente, porém numa velocidade lenta. Este fato pode ocorrer devido ao material que tenha sido na sua maioria flotado não interferir no processo de sedimentação das partículas, tornando o mesmo mais constante, pode-se verificar também que no tempo de 60 minutos ocorre uma pequena elevação na turbidez, isto deve ocorrer pelo fato de aumentar a concentração das partículas mais finas que vão se aglomerando, formando flocos e sedimentando em seguida, (lembrando após 45 minutos a velocidade terminal é lenta).

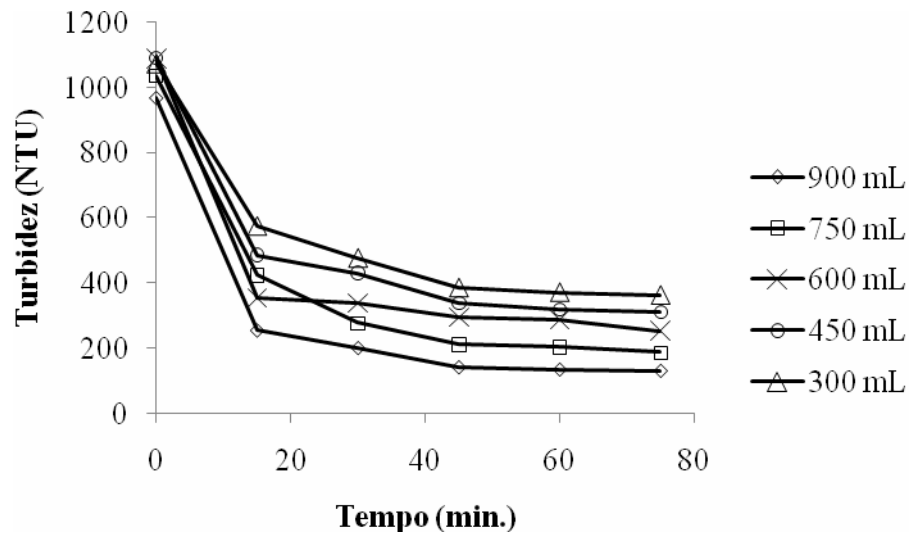
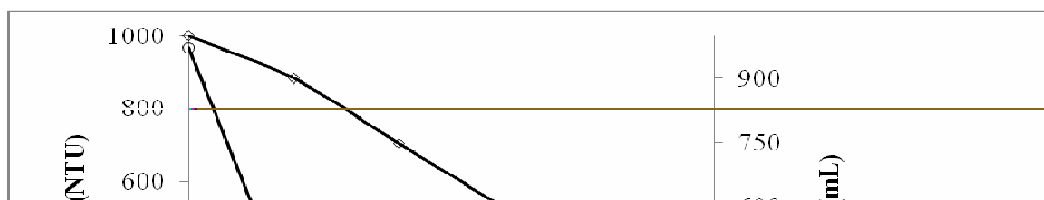


Figura 40 Gráfico de Turbidez para cada altura em relação ao tempo para concentração de 50g/L, percebe-se o aumento da turbidez com a concentração em relação às outras concentrações.

A Figura 41 representa o perfil de sedimentação em relação à turbidez e altura para concentração de 50g/L, pode-se verificar que nos primeiros 15 minutos há uma redução rápida da turbidez na altura de 900 a 750 mL, a partir de 750 mL restam a maioria das partículas finas, e com o incremento de finos no decorrer do tempo ocorre aumento da turbidez conforme a sedimentação for ocorrendo, ou seja, acontece uma concentração das partículas durante a decantação.



Na Figura 42 pode-se observar a elevada turbidez da solução, a formação das fases, como a sedimentação imediata das partículas grossas e um breve início da clarificação da água na parte superior das provetas.

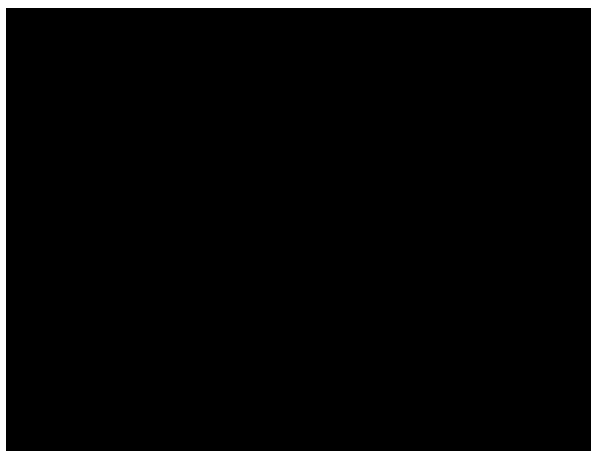


Figura 42 Sedimentação dos sólidos grosseiros na parte inferior dos cilindros e clarificação da água na parte superior dos cilindros.

A Figura 43 representa a suspensão das partículas finas, pode-se observar que a turbidez aumenta também com a concentração após a sedimentação dos materiais mais grossos, médios e finos comparado com a concentração de 10 e 30 g/L, este fato está relacionado com a concentração, pois aumentando a concentração conseqüentemente há um aumento de finos, os constituintes do solo está descrito na Figura 42.

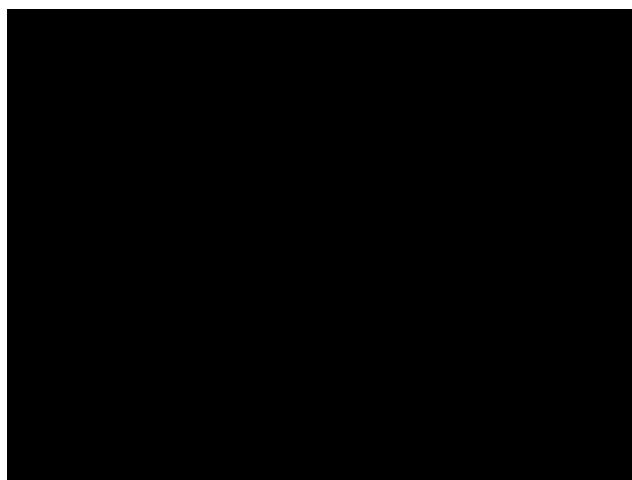


Figura 43 Turbidez no final da sedimentação natural para partículas finas na concentração de 50g/L, onde na parte inferior das provetas encontra-se as partículas grossas, na fase acima as partículas em suspensão e acima o início da clarificação e redução da turbidez.

A Figura 44 está representando a distribuição do tamanho das partículas dos constituintes do solo, tem-se que as argilas, silte (chama-se silte todo e qualquer fragmento de mineral ou rocha menor do que areia fina e maior do que argila e que na escala de Wentworth, de amplo uso em geologia, corresponde a diâmetro maior que 4 μm e menor que 64 μm) e areia fina com seus tamanhos são os que mais demoram a sedimentar, isto foi comprovado no teste de decantação apresentado logo acima.

Para Meurer (2000) os aumentos da Área Superficial Específica (ASE) à medida que um cubo de um centímetro de arestas e a massa de um grama é subdividido em partículas da mesma forma, pode ser observado que um grama de argila poderá representar uma ASE (que é a medida da área de superfície das partículas por unidade de peso, expressa em metros quadrados por grama), cerca de mil vezes maior do que um grama de areia. No solo as diferenças são em geral maiores, pois podem existir argilominerais expansíveis, como a montmorilita. A ASE de uma massa de partículas aumenta com a diminuição do diâmetro dela. Assim, dependendo da composição mineralógica do solo, há variação substancial na sua área superficial específica, conforme a Tabela 8.

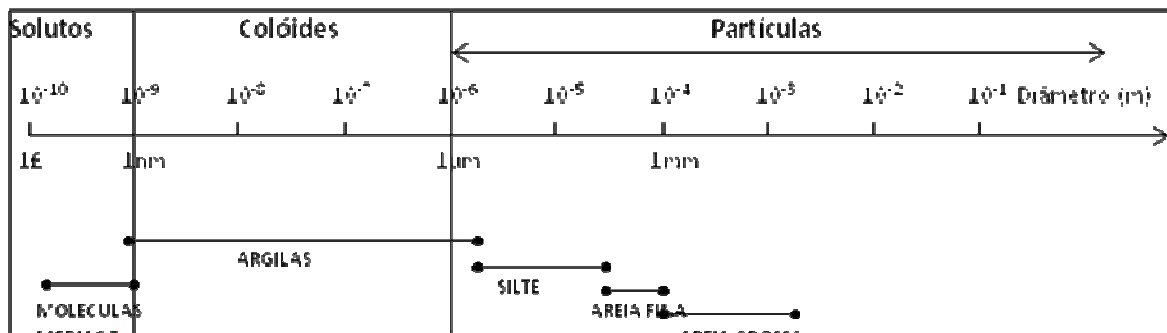


Tabela 8 Relações hipotéticas entre o tamanho médio das partículas e a área superficial específica em 1 grama de solo.

Arestas da partícula (mm)	Número de partículas	ASE ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	Fração do solo correspondente
10	1	0,0006	Cascalho
1	1.000	0,006	Areia grossa
0,1	1.000.000	0,06	Areia fina
0,01	1.000.000.000	0,6	Silte
0,001	1.000.000.000.000	6	Argila

Fonte: MEURER (2000)

3 Modelagem matemática para identificar os fatores críticos de projeto

A modelagem matemática teve como base a análise da fluidodinâmica de uma partícula (movimento da partícula através de um fluido). Nessa análise foi considerado o balanço de forças influenciado com os diversos parâmetros e variáveis do sistema entre esses, a velocidade da partícula, tamanho (D), forma, viscosidade (μ), densidade (ρ_P), etc. o conteúdo utilizado encontra-se no ANEXO C.

Com base na modelagem matemática e análise do processo de decantação foi possível identificar os fatores críticos relacionados com o projeto de sistemas de tratamento de efluentes gerados em postos de lavagens de veículos. Esses fatores são: a velocidade de decantação, o tamanho das partículas, a forma, a concentração, viscosidade do fluido e regime que definirá o tempo de residência necessário para o processo de tratamento, e conseqüentemente o tamanho do equipamento. Ou seja, uma maior velocidade de decantação resultará na necessidade de um equipamento com comprimento menor e o contrário significará a necessidade de um equipamento mais comprido.

Desenvolvimento do protótipo

Com base nos resultados preliminares constatou-se que o fator crítico representativo dos sistemas de tratamento de efluentes de PLV's é o tempo de residência. Isto como conseqüência da relação entre a velocidade terminal com o comprimento. Para tanto a

configuração mais apropriada para esse tipo de tratamento em conformidade com as premissas do projeto isto é, desenvolver uma tecnologia que requeira menor espaço, seja de fácil instalação, de fácil operação, mais eficiente, baixo custo e versatilidade de aplicação são os sistemas em espiral.

Para tanto a modelagem matemática para o dimensionamento (determinação da relação da distância da trajetória das partículas com diâmetro do tanque, espaçamento, características das entradas e saídas), conforme descrito abaixo permite o projeto para qualquer diâmetro de tanque. Na Figura 45, pode-se verificar a diferença dos raios no decorrer do espiral, portanto, para fins de cálculo serão consideradas duas metades no espiral para a modelagem deste sistema.

Cálculo Dimensional da Metade X

Conforme a Figura 45 tem-se as seguintes equações do raio (R), quando b é considerado constante. Na equação 01, foi calculado o raio da metade do arco da primeira volta, onde a é a espessura da linha do espiral e b é o espaço entre uma volta e outro do espiral.

$$R_1 = b + a \quad (01)$$

Da mesma forma faz-se o cálculo para as voltas seguintes, acrescentando o valor corresponde de cada volta antes de a e b, conforme as equações 02 e 03.

$$R_2 = 2b + 2a \quad (02)$$

$$R_3 = 3b + 3a \quad (03)$$

Assim, foi gerada equação geral (04) para determinar o raio (R) do decantador/flotador da metade X.

$$R_n = nb + na \quad (04)$$

Cálculo Dimensional da Metade Y

Para calcular o raio do decantador/flotador da metade Y, utiliza-se a equação 05.

$$r_n = \frac{(2n + 1)}{2}b + na \quad (05)$$

Com a equação 04 pode-se determinar a soma dos comprimentos dos arcos da metade X do espiral, neste caso a equação do comprimento (L) para apenas um arco da metade X do espiral, conforme a equação 06, que varia conforme o raio de cada arco.

$$L = \pi R \quad (06)$$

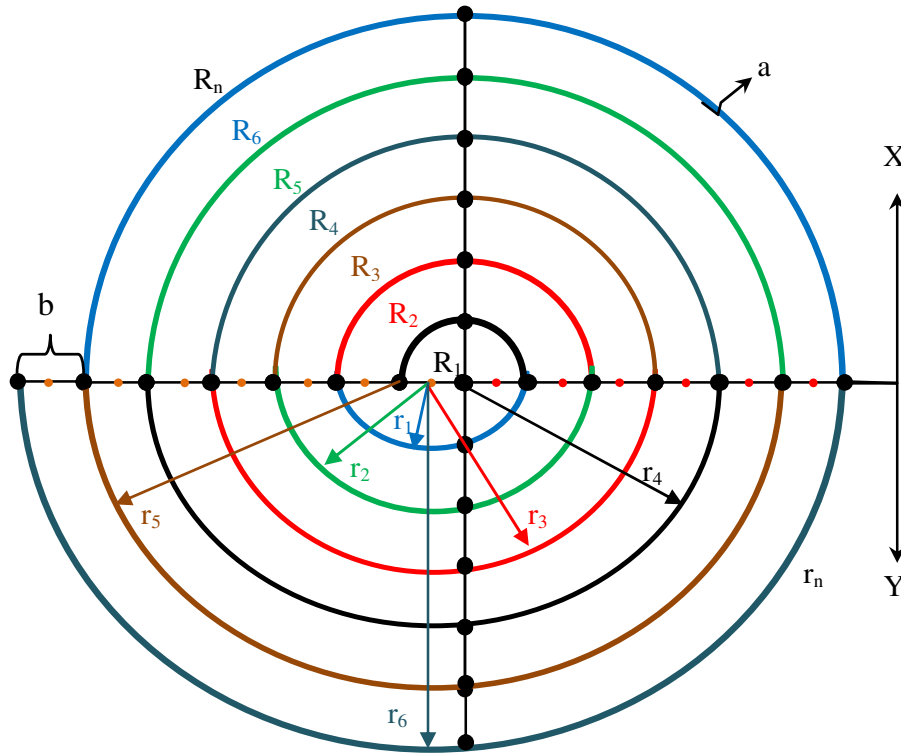


Figura 5 Esquema para dimensionamento de decantador / flotador em espiral.

Dessa forma, a equação para a soma total do comprimento dos arcos da metade X (L_X), utiliza-se a equação 07.

$$L_X = \pi(\sum R_n) \quad (07)$$

Analogamente obteve-se a Equação 08 para determinar o comprimento da metade Y.

$$L_Y = \pi(\sum r_n) \quad (08)$$

Logo a soma desses comprimentos L_x e L_y define o comprimento total da trajetória em espiral (equação 09).

$$L_T = \pi \sum (R_n + r_n) \quad (09)$$

A equação 10 determina a área (S_{dec}) do decantador com diâmetro do tanque (D).

$$S_{D_{dec}} = \frac{\pi}{4} D^2 \quad (10)$$

Da mesma f8.33333 03(a)3.74()-10.1537(f89.67 1 4339 5179.67 1 h W n q 8.33333 0 0 8.333337 p

Incluindo a equação 13 na equação 08, temos a equação 14 para o comprimento do decantador/flotador.

$$L_T = \pi \sum (R_n + r_n) + (h + y) \quad (14)$$

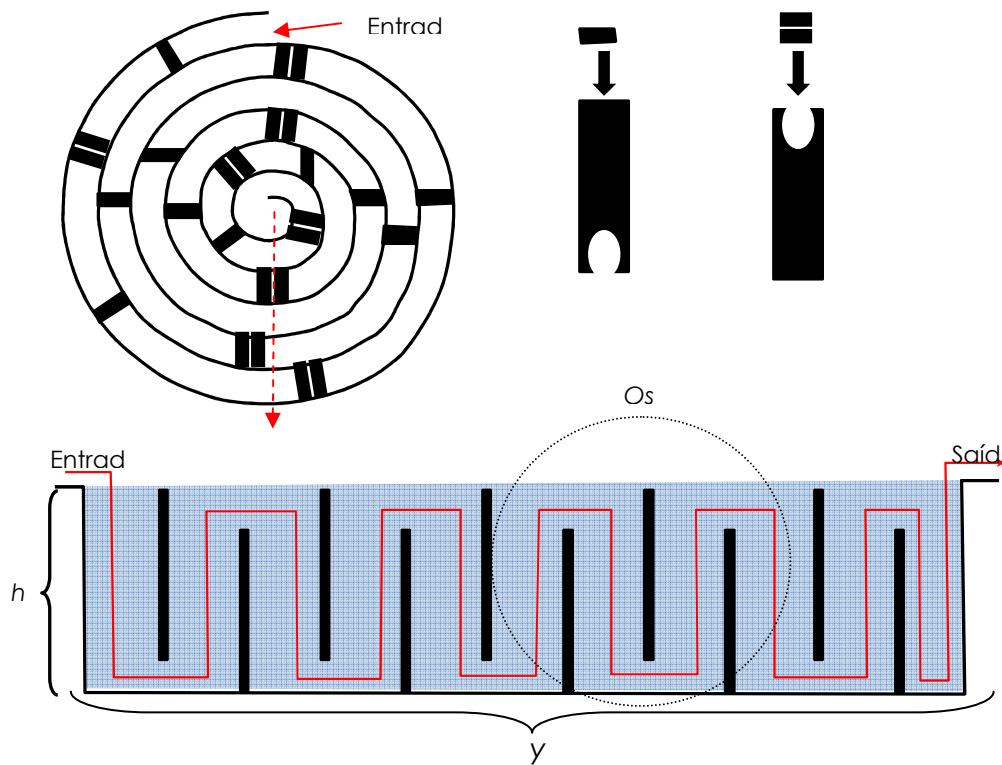


Figura 4-6 Esquema dos defletores, seu efeito oscilatório no decantador/flotador.

Assim, por exemplo, para um diâmetro de tanque de 0,26 m, com 12 defletores de 0,20 m, o comprimento total será de 4,5 metros (m) para $n = 4$ voltas, $b = 0,03$ m e $a = 0,0003$ m. Em consequência disto resultou no desenvolvimento de dois equipamentos que podem trabalhar de forma separada ou juntas dependendo do tipo de situação (características do efluente do PLV) batizados de Sistema Modular Compacto de Decantação (**SIMOCO-D**) e Sistema Modular Compacto de Flotação (**SIMOCO-F**) que atendem as premissas do projeto, que são: Menor espaço para instalação; Fácil instalação; Fácil manutenção; Eficiente; Versatilidade para vários tipos de tratamento; Materiais para construção diversa (depende da dimensão) e Custo relativamente baixo, conforme será detalhado no item a seguir.

Sistema Modular Compacto Decantação SIMOCO-D

O modelo Sistema Modular Compacto Decantação SIMOCO-D conforme as Figuras 47, 48 e 49 consiste de tampa para evitar vazamento; entrada do efluente bruto proveniente da lavagem de veículos; trajetória em espiral; defletores para aumentar o tempo de residência do efluente dentro do módulo; canaletas para saída de óleos e graxas (OG) e ou material flutuante (MF); local da saída da água clarificada; sistema de aeração para geração de microbolhas; recipiente de acúmulo de material decantado (lodo).

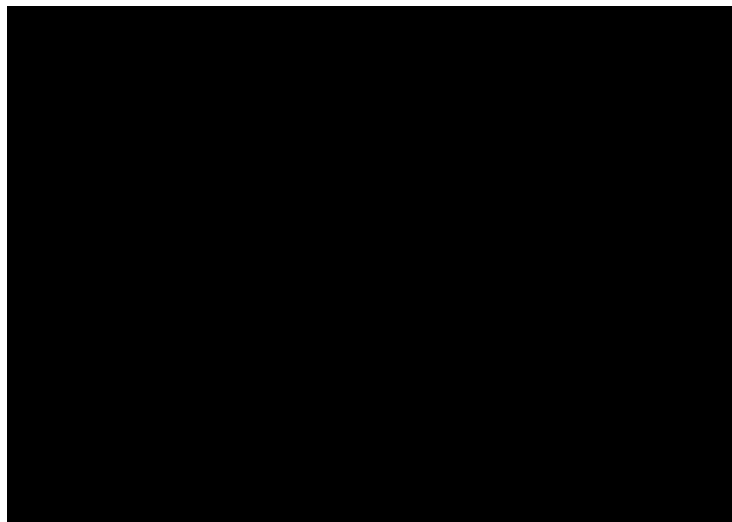


Figura 47 Maquete modelo SIMOCO – D: (a) vista lateral; (b) vista superior; (c) vista superior com tampa.

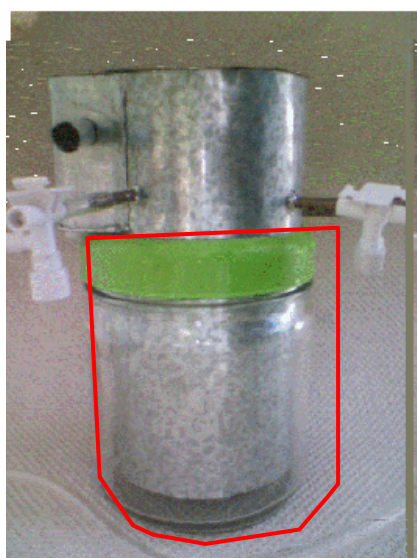


Figura 48 Maquete modelo SIMOCO – D: no detalhe o recipiente de acúmulo de lodo, na parte da cinta verde (removível) para trocas periódicas quando sua capacidade for atingida por outro recipiente.



Figura 49 Maquete modelo SIMOCO – D: vista geral do modelo.

Sistema Modular Compacto de Flotação - SIMOCO-F

No desenvolvimento do Sistema Modular Compacto de Flotação (SIMOCO-F), com suas respectivas patentes, foi produzido com o objetivo de providenciar um tratamento mais fino no efluente quando este tiver passado pelo SIMOCO-D. Neste módulo foi acrescentado um sistema em forma de serpentina para dosagem de floculantes e ar comprimido (fluxo pistonado) para melhorar a eficiência do sistema.

Na seqüência, são mostradas algumas fotos da Maquete SIMOCO-F. Nas figuras 50, 51 e 52 tem-se a versão do módulo e pode-se verificar o tubo em espiral na parte externa onde será efetuada a dosagem de floculantes e ar comprimido, em fluxo pistão, que deverá garantir maior contato do floculante com o material dissolvido, e assim aumentar a eficiência na formação de flocos, os quais podem sedimentar e/ou flutuar, dependendo do tamanho da partícula, garantindo maior estabilidade do sistema.



Figura 5 Maquete modelo SIMOCO – F: possui as mesmas características do SIMOCO–D. Podemos verificar o sistema em espiral externo para adição de floculantes e ar comprimido (tubo em espiral - Fluxo pistão).

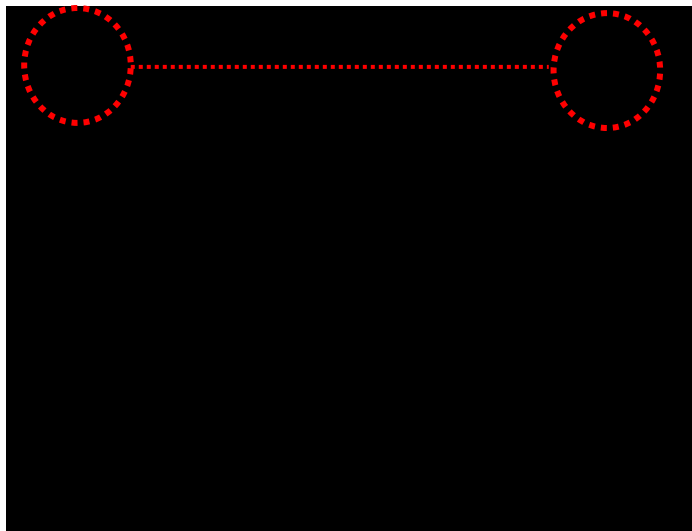


Figura 5 Maquete modelo SIMOCO – F: em detalhe representa o mesmo nível de entrada e saída.

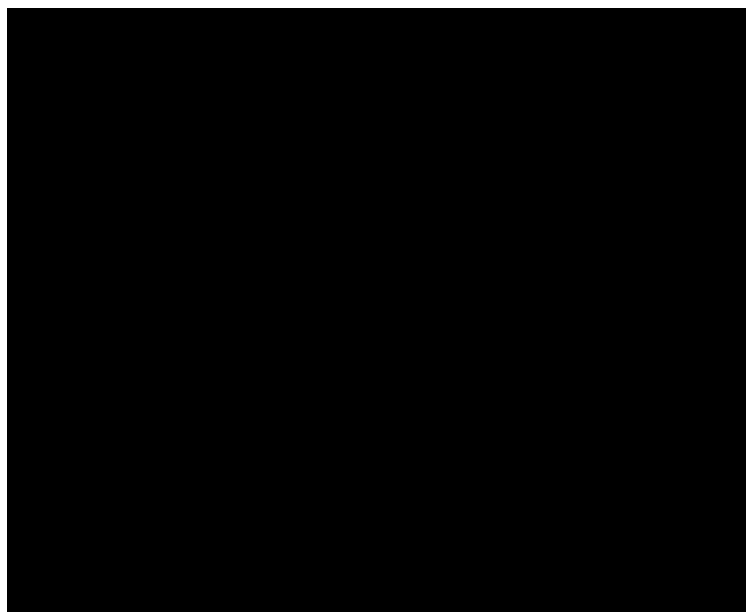


Figura 52 Maquete modelo SIMOCO – F: vista geral do modelo.

4.5 Pesquisa em banco de patentes para verificar a inovação

A correspondente busca nos bancos de patente demonstrou a característica inovadora da tecnologia desenvolvida o qual justificou a montagem do pedido de patente.

4.6 Elaboração do processo para pedido de patente

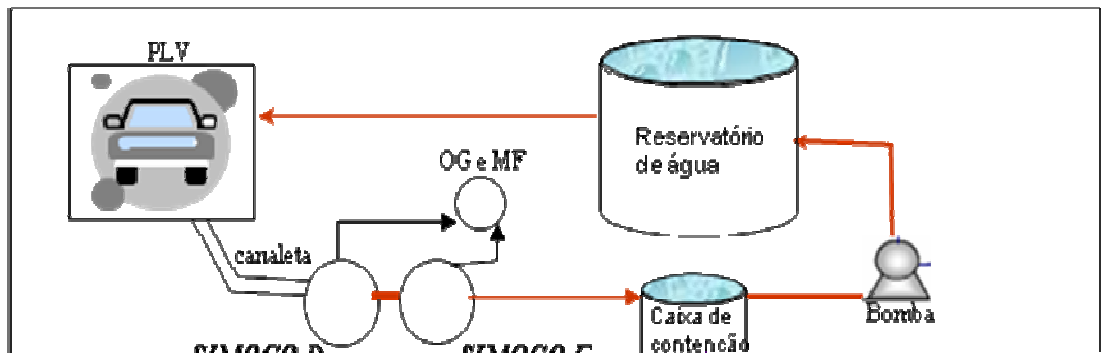
Após a prévia verificação da característica inovadora do sistema em espiral, foi montado o processo de patenteamento resultando em dois pedidos, um para o Sistema Modular Compacto de Decantação (SIMOCO-D) sob o N° MU8701195-6 de 23.07.2007 e outro para o Sistema Modular Compacto de Flotação (SIMOCO-F) sob o N° MU8701196-4 de 23.07.2007. Conforme documentações no Anexo B.

4.7 Especificações dos criterios para desenvolvimento de manuais de instalação e operação do sistema de tratamento de efluentes de Postos de Lavagem de Veiculos

O desenvolvimento de manuais deve contemplar a parte de instalação, operação e manutenção, para tanto os seguintes elementos devem ser levados em conta:

O manual de instalação, conforme a Figura 53, deverá contemplar: a) a escavação de dois buracos de diâmetro proporcional aos módulos, isto no local próximo a fonte geradora do efluente de PLVs os quais receberão os módulos (sistemas SIMOCO-D e SIMOCO-F) com desnível para aproveitar o transporte por efeito da gravidade; b) dutos ou canaletas para transportar o efluente até os módulos; c) ao lado dos módulos deverá ser instalado um recipiente para coletar óleos e graxas (OG) e materiais flotados (MF) que serão separados no tratamento; d) um duto para conectar a água tratada para a caixa pulmão, de onde deverá ser bombeado através de uma bomba d'água até o reservatório para sua reutilização; e) caso houver necessidade, deverá ser instalado um sistema mecânico para troca do recipiente acumulador de lodo, o qual deve depender do tamanho do módulo e conseqüentemente facilitar a logística no transporte. Este sistema poderá ser manual, ou seja, através de catracas e/ou força humana dependendo do tamanho do módulo e peso do lodo gerado no tratamento. Para tanto, será necessário que tenha alguns recipientes acumuladores de lodo de reservas, pois no momento da manutenção ou troca do mesmo, ele poderá ser utilizado como transporte do lodo até seu destino final, obviamente retornando em seguida vazio para sua reutilização.

O manual de operação deverá contemplar o monitoramento das condições de trabalho dos equipamentos, tais como: vazão de entrada de efluente, vazão de saída da água tratada, injeção de floculantes e ar comprimido, controle da água na caixa pulmão em relação à 0.295585(e)3.74cm



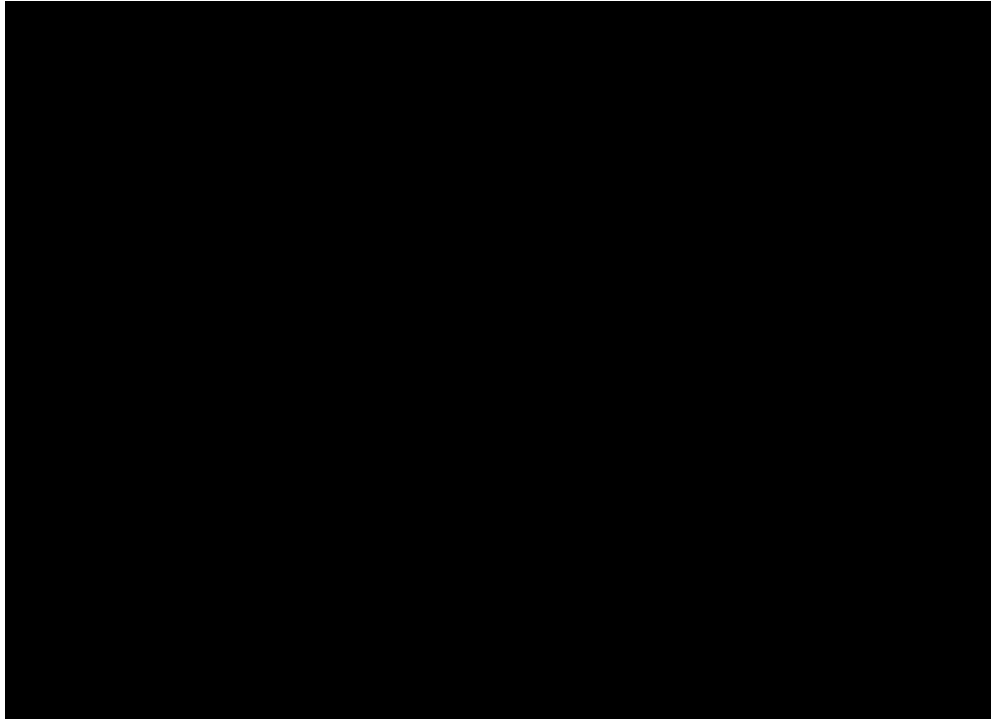


Figura 54 Teste preliminar do SIMOCO-D, no detalhe em vermelho a saída do efluente para o SIMOCO-F, no detalhe em azul representa a saída de materiais flutuantes e/ou óleos e graxas quando houver.

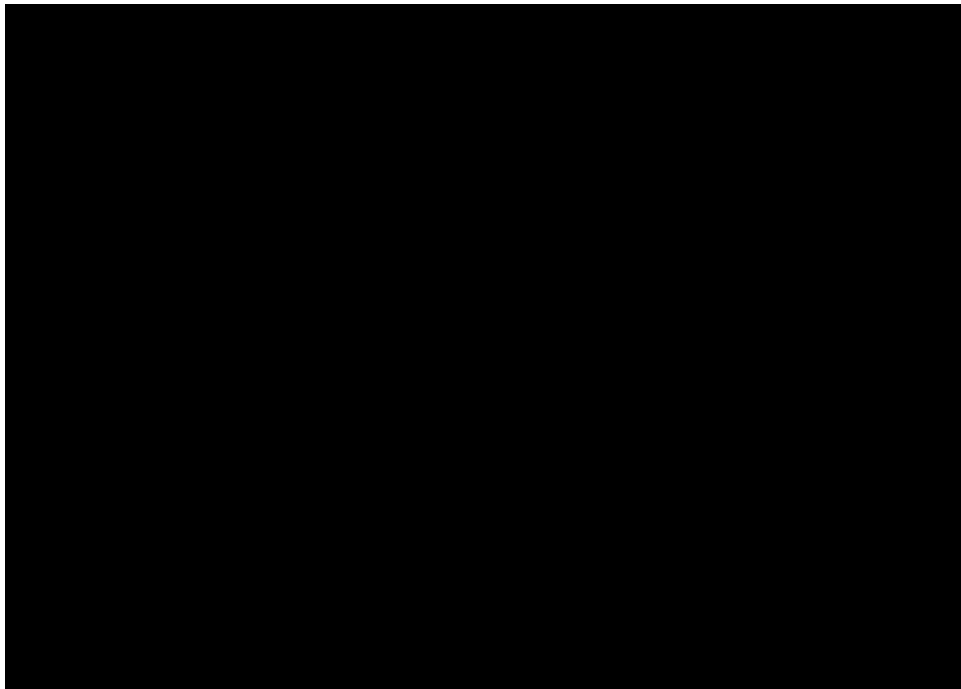


Figura 55 Teste do SIMOCO-F, com a saída do efluente do SIMOCO-D, e o fluxo pistão antes da alimentação do SIMOCO-F, no detalhe o fluxo em espiral com os defletores e a saída dos materiais flutuantes e/ou óleos e graxas quando houver.

Na Figura 56 pode-se observar as características do efluente após o tratamento (água clarificada) para fluxo em regime permanente do sistema (SIMOCO-D e SIMOCO-F) demonstrando-se assim a eficiência dos equipamentos.

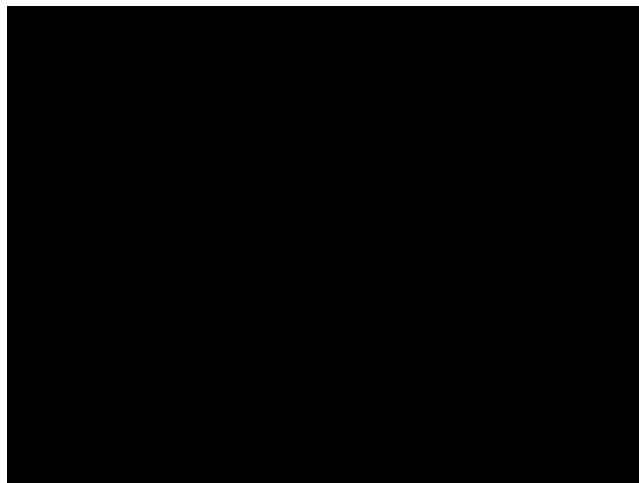


Figura 56 Características do efluente após o tratamento.

5 CONCLUSÕES

O diagnóstico da situação atual em torno da atividade dos PLV's demonstrou que os estabelecimentos visitados na região urbana do município de Toledo/PR possuem atividades complementares, como o caso dos postos de combustíveis com postos de lavagem de veículos entre outros. A geração de poluente é maior quando se utiliza rampa de lavagem onde a lavagem é completa, pois, neste caso, a quantidade de insumos utilizados é maior comparado com aqueles que não têm rampa, onde a lavagem é de aparência. Nos estabelecimentos que possuem maior fluxo de veículos pesados, a quantidade de água consumida é mais significativa que nos locais onde o fluxo é somente de automóveis e motocicletas, logo a geração de resíduos também é menor qualitativamente e quantitativamente.

Em relação ao tipo de tratamento utilizado (caixa separadora), percebeu-se que este método não é eficaz, visto que é um método grosseiro de separação de sólidos particulados, os quais são armazenados e transportados para outros locais fora do município com custos adicionais. Já os poluentes solúveis (BTX) e/ou em emulsão não recebem tratamento adequado e, no regime permanente, eles são despejados para a rede de captação pública ou pluvial que, dependendo do caso, pode comprometer o tratamento público ou atingir os lençóis freáticos contribuindo com a problemática ambiental.

A quantidade e o tipo de veículos lavados refletem na quantidade e qualidade do efluente. Por outro lado, numa visão otimista, verificou-se, com relação ao total de veículos automotores cadastrados, que a porcentagem dos que não passam pelos PLV é considerável, ou seja, aproximadamente 62 % dos automóveis, 79% dos caminhões e 87% das motocicletas não passam pelos PLV's, o que significa que esses veículos devem ser lavados em outros locais. No caso específico dos automóveis se a lavagem for realizada nas residências, esse tipo de procedimento representaria um total de 1615,85 m³ de efluente despejados sem nenhum tipo de tratamento. Daí surge a seguinte questão: Será que, a campanha de conscientização que visa reduzir o consumo de água potável na lavagem dos carros não deveria se transformar em lei?

Na maioria dos gerentes entrevistados, percebeu-se a preocupação quanto ao despejo dos resíduos gerados frente a potencial escassez desse recurso e a fiscalização por parte dos órgãos ambientais, os quais começam a aplicar a legislação ambiental com maior rigor. Outro aspecto que preocupa os empreendedores entrevistados é a falta de tecnologia alternativa mais

eficiente, de baixo custo, fácil instalação e operação, tendo em vista que a tecnologia convencional apresenta muitas limitações. As exigências ambientais são justificáveis, porém cabe aos empreendedores e ao poder público investir por meio das instituições de fomento em pesquisa para que surjam novas tecnologias. Assim justificou-se a continuidade deste trabalho, principalmente para a pesquisa e desenvolvimento de novos métodos/processos e tecnologia que vise o tratamento otimizado e reuso da água dos postos de lavagem de veículos, contribuindo assim com a solução da problemática ambiental.

Com base na caracterização do efluente bruto dos PLV's pode-se concluir que a carga de poluentes pode exercer um efeito acumulativo no meio ambiente, mesmo que o método de caixa separadora seja utilizado para separar sólidos grosseiros, óleos e graxas, todo material em suspensão é despejado no sistema de esgoto ou no sistema pluvial do município. Este despejo pode agredir o meio ambiente, eliminando microrganismos responsáveis pelo ciclo do carbono, nitrogênio, sulfatos, etc. Sem contar que o efeito acumulativo dos poluentes e a percolação dos mesmos no solo podem atingir as águas superficiais e subterrâneas, que conseqüentemente encarecem o custo no tratamento da água nas Estações de Tratamento de Água (ETA's), antes do abastecimento público. A análise de fluorescência confirmou a presença de formas monoaromáticas (BTEX's) e anéis condensados (naftaleno). Neste sentido, se minimizar a poluição sobre o meio ambiente, tratando os efluentes dos PLV's com maior rigor, terá um ciclo hídrico com maior qualidade, reduzindo assim a poluição ambiental e incluindo qualidade de vida a sociedade.

A modelagem matemática em torno do sistema particulado e análise dos processos de decantação e flotação possibilitou a identificação dos fatores críticos relacionados com o projeto de sistemas de tratamento de efluentes gerados nos postos de lavagens de veículos. Entre esses fatores tem-se a velocidade de decantação, o tamanho das partículas, a forma, a concentração, a viscosidade do fluido e o regime, os quais definirão o tempo de residência necessário para o processo de tratamento, e conseqüentemente o tamanho do equipamento. Ou seja, uma maior velocidade de decantação resultará na necessidade de um equipamento com comprimento menor e o contrário significará a necessidade de um equipamento com maior comprimento. Isto permitiu a proposição e o desenvolvimento de uma nova tecnologia.

O estudo teórico e experimental com base na modelagem matemática possibilitou o desenvolvimento dos protótipos para o tratamento de efluentes gerados em postos de lavagem de veículos, cujas características principais são: baixo custo, necessidade de menor espaço para a sua instalação, fácil operação, manutenção, versátil (na sua forma de aplicação) e mais

eficiente quando comparado com a tecnologia convencional, além de permitir a reutilização da água de lavagem.

A pesquisa em banco de patentes serviu para verificar o carácter inovador da tecnologia desenvolvida e isto abriu a possibilidade de patenteamento.

Após a verificação da inovação, houve a elaboração do processo para pedido de patente. O trabalho resultou em dois pedidos de patentes, um para o Sistema Modular Compacto de Decantação (SIMOCO-D) sob o N° MU8701195-6 de 23.07.2007 e outro para o Sistema Modular Compacto de Flotação (SIMOCO-F) sob o N° MU8701196-4 de 23.07.2007.

Com base na especificação dos critérios para a elaboração dos manuais de instalação, operação e manutenção deve se tornar mais simples a elaboração dos respectivos manuais, ou seja, esses manuais servirão como instrumento auxiliar para a inserção da tecnologia no mercado (postos de lavagem de veículos - PLV's).

Assim foi atingido os objetivos do trabalho, ou seja, com o desenvolvimento de tecnologia alternativa para tratamento e reuso da água de postos de lavagem de veículos cuja tecnologia resultou em módulos compactos, eficientes, de fácil instalação e fácil manutenção.

6 SUGESTÕES E ESTUDOS FUTUROS

- Estudar a versatilidade dos módulos em outras fontes geradoras de efluentes;
- Com base dos critérios de funcionamento desenvolver os manuais operacionais para os dois módulos;
- Desenvolver a modelagem matemática específica para cada um dos dois módulos, quanto à vazão de entrada, vazão de saída, remoção de poluentes em relação à concentração, geração de bolhas, redução de turbidez e cor e influência de outros fatores;
- Determinar o tempo de residência em relação à vazão de entrada;
- Desenvolver projetos/estudos para dimensionar e caracterizar os efeitos dos poluentes gerados nos PLV's sobre o meio ambiente;
- Estudo de aumento de escala dos módulos SIMOCO-D e SIMOCO-F;
- Otimizar o funcionamento dos módulos quanto aos parâmetros operacionais;
- Simulação dos modelos mecanísticos e empíricos em relação aos processos de recuperação da água do efluente;
- Cálculos de custos dos equipamentos e operação;
- Comparação dos módulos SIMOCO-D e SIMOCO-F com outras tecnologias de tratamento.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Água Subterrânea - ABAS, disponível em < <http://www.abas.org.br> >. Acesso em: 27 janeiro 2007.

APHA. Standart Methods For Examination of Water And Wastewater, 19th Edition. Ed. Amer. Publ. Ass., 1995

BEATO, D. A. C., MEDEIROS, M. J., DREWS, M. G. P., DUTRA, G. M. **Impactos urbanos em águas subterrâneas – Bacia da lagoa da Pampulha, Belo Horizonte MG.** Revista águas Subterrâneas, n° 17, p. 49-69, 2003.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.; BARROS, M.T. L.; VERAS JUNIOR, M.S.; PORTO, M.F.A.; NUCCI, N.L.R.; JULIANO, N.M.A.; EIGER, S. **Introdução a engenharia ambiental.** São Paulo, Ed. Prentice Hall, 2002. 305p.

BRAILE, P. M., CAVALCANTI J. G. W. A. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais.** São Paulo. CETESB, 1979.

CAMMAN, K., KLEIBÖHMER, W., MUSSENBROCK, E., ROß, B., ZUTHER, F. **Fast chromatographic separation techniques as competitors to chemical and biochemical sensor systems.** Fresenius J. Anal. Chem., n° 349, p. 338-345, 1994.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTAO DE SÃO PAULO, disponível em < <http://www.cetesb.sp.gov.br> >. Acesso em: 12 dezembro 2006.

CIÊNCIA HOJE. **Resíduos industriais e esgoto doméstico não são os únicos agentes de poluição dos rios,** disponível em <<http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/3586>>. Acesso em: 11 de março de 2008.

COELHO, V. M. T., DUARTE, U. **Permetro de proteção para fontes naturais de águas minerais**. Revista Águas Subterrâneas, n° 17, p. 77-91, 2003.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO PARANÁ - DETRAN, disponível em < <http://www.detrان.pr.gov.br> >. Acesso em: 27 janeiro 2007.

GREENBERG, A.E., CLESCERI, L.S., EATON, A.D., **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 18 ed. Washington: APHA, AWWA, WEF, p. 5.1-5.15. 1992.

HART, K (2001). **Keep Legionella out of your customer s reclaim system**. Water Technology, july, disponível em: <http://www.watertechonline.com/article.asp?IndexID=6631879>. Acesso em 29 de fevereiro 2008.

JÖNSSON, C., JÖNSSON, A.S. **The influence of degreasing agents used at car washes on the performance of ultrafiltration membranes**. Desalination, n° 100, p. 115-123, 1995.

LACERDA, R.S., MARQUES, S.F.S, BRANDÃO, C.C.S. (1998). **A influência do pH de coagulação e do tempo de floculação na flotação por ar dissolvido de águas de baixa turbidez e com presença de algas**. 19° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

MAGOSSI, L. R.; BONACELLA, P. H. **Poluição das águas**. São Paulo, Ed. Moderna, 2003. 72p.

MANCUSO, Pedro C. S., SANTOS, Hilton F., **Reuso de Água**, Editora Malone Ltda. – São Paulo, 2003. 576p.

MANUAL DE CONSERVAÇÃO E REUSO DE ÁGUA PARA A INDÚSTRIA. **Conservação e reuso de água**. São Paulo, 2006. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/Catalago_imgs/Conservacao_e_Reuso_de_Agua.pdf>. Acesso em: 12 dezembro de 2006.

- MASSARANI, G. **Fluidodin mica em Sistemas Particulados**, Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1997. 192p.
- MENDONÇA, Pedro A. O., **Reuso de agua em edificios publicos – O caso da Escola Tecnica**, Tese apresentada à escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004. 171p.
- MEURER, E.J. **Fundamentos de Qumica do solo**. 1.ed. Porto Alegre: Gênese, 2000. v. 01. 174 p.
- MORELLI, E. B., **Reuso de agua na lavagem de veiculos**, dissertação apresentada à Escola politécnica da Universidade São Paulo, São Paulo – SP, 2005. 107p.
- NACE. **The corrosivity of recirculating car wash water**. NACE Publication 3N275, Materials Protection and Performance, v.14, p.9-10, june, 1975.
- NADAL, C.A.; GIUSTI, D.A.; ROSA FILHO, E.F. **Metodologia geodesica/ geológica para o levantamento de deslocamentos do terreno em regioes circunvizinhas a um poço artesiano**. In: II Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, 2001, Curitiba. Anais em Cd Room. Curitiba-PR : UFPR, 2001. v. 1.
- PAXÉUS, N., **Vehicle washing as a source of organic pollutants in municipal wastewater**. Wat. Sci. Tech., nº 33, p. 1-8, 1996.
- PERRY, R.H.; CHILTON, C.H. **Manual de engenharia qumica**, 5º edição, Ed. Guanabara Dois. Rio de janeiro, RJ, 1980.
- PREFEITURA MUNICIPAL DO MUNICÍPIO DE TOLEDO. **Mapa da Região Urbana do Municipio de Toledo**, Paraná, 2006. Disponível em: < <http://www.toledo.pr.gov.br> >. Acesso em: 27 janeiro 2007.

ROSA, J. J.; **Tratamento de Efluentes Oleosos por Floculação Pneumática em Linha e Separação por Flotação**; Tese apresentada a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, PPGEM – UFRGS, Porto Alegre -RS, 2001.

ROSA FILHO, E. F., BITTENCOURT, A. V. L., HINDI, E. C., ARAVENA, R. **Caracterização hidroquímica do Aquífero Guarani na porção centro-norte do estado do Paraná, Brasil**. Revista Águas Subterrâneas, v. 19, n° 1, p. 87-94, 2005.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO PARANÁ - SEMA/PR. **Programa Paraná Diversidade, Desperdício zero – Biodiversidade e Resíduos. Kit Resíduos n. 1 de óleo lubrificante**. Paraná, 2007. Disponível em: <<http://www.meioambiente.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=21>>. Acesso em: 22 de outubro de 2007.

SILVA, A. B., **Hidrogeologia de Meios Carsticos**. Disponível em: <http://www.nehma.ufba.br/cursos/apostilas_monografia/Graduacao/LIVROtexto.pdf>. Acesso em: 29 de fevereiro de 2008.

SOARES, E. M. F., **Proposta de um modelo de sistema de gestão das águas das bacias hidrográficas - SGABH - microbacia hidrográfica do rio Vacacaí-mirim, a montante da RS 287 Santa Maria/RS**; tese apresentada ao programa de pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC, 2003. 220p.

Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 20th, 2000.

TABOSA, Érico Oliveira, RUBIO, Jorge, **Tratamento e reuso das águas de lavagem de veículos**. Artigo apresentado no XIX Prêmio jovem cientista – Água - Fonte da Vida, Porto Alegre, 2003. 19p.

TSELENTIS, Y., ALEXOPOULOU, S., **Effluent options in Athens metropolitan area a case study**. Wat. Sci. Tech., v. 33, n.10-11, p.127-138, 1996.

TEIXEIRA, Priscila Cunha, **Emprego da flotação por ar dissolvido no tratamento de efluentes de lavagens de veiculos visando a reciclagem da agua**, dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2003. 199p.

TIBURTIOS. E. R. L.; ZAMORA, P.P.; LEAL, E. S. **Contaminação de aguas por BTXs e processos utilizados na remediação de sitios contaminados**. Química Nova, Vol. 27, n° 3, p. 441-446, 2004.

US.EPA - United States Environment Protection Agency. **Development Document for Effluent Limitations guidelines and standards for the auto and other laundries point source category**. EPA 820-B-80-100, Office of Water and Waste Management, Washington, D.C., 1980.

US.EPA - United States Environment Protection Agency. **The Class V Underground Injection Control Study**. EPA/816-h-99-014d. vol4, Office of Water, Washington, D.C., 1999.

VITORATTO, Elso, **Curso de Engenharia Ambiental**, Universidade Osvaldo Cruz, 2004.
Disponível em: <<http://www.osvaldocruz.br/download/arquivos/600.pdf>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2006.

WEIR, S., MOODY, G.M. **The importance of flocculant choice with consideration to mixing energy to achieve efficient solid/ liquid separation**. Minerals Engineering, Vol. 16, p. 109-113, 2002.

ANEXOS

ANEXO A Formulário utilizado nos PLV's para formação do banco de dados, utilizado como base no diagnóstico do município de Toledo PR.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – UNIOESTE

CAMPUS TOLEDO

Mestrado em Engenharia Química

Área de conhecimento Monitoramento e Controle Ambiental

Monitoramento, Tratamento e Reciclagem de Resíduos Líquidos Gerados em Postos de Combustível e Lava Jatos.

Localização

Estabelecimento: _____

Rua: _____ Nº: _____ Bairro: _____

Gerente: _____ Telefone: _____

Área m² Total: _____ Construída: _____ Lava jato: _____

Possui Lava jato:

Sim () Não ()

Qual é o consumo médio de água? m³/dia m³/mês

Qual a origem da água?

Poço () m³ Pluvial () m³ Rede Pública () m³

Qual é a quantidade de resíduo líquido (médio) gerado por mês? m³

Possui algum tipo de tratamento do Resíduo Líquido?

Sim () Qual? () Rede Pública de Esgoto () Tanque de Retenção () outro; Qual?

Não () Possui intenção de tratar o Resíduo Líquido?

Quais são as quantidades de veículos lavados por dia?

Veículos	Quantidade							Método		Total (L)
	S	T	Q	Q	S	S	D	Manual	Automático	
Automóveis:										
Caminhões:										
Motocicletas:										
Máquinas Agrícolas:										
Implementos Agrícolas:										
Outros:										

Tipos de produtos utilizados na lavagem:

Descrição:	Proporção na diluição na água	Marca
1- _____	1- _____	1- _____
2- _____	2- _____	2- _____
3- _____	3- _____	3- _____
4- _____	4- _____	4- _____
5- _____	5- _____	5- _____
6- _____	6- _____	6- _____
7- _____	7- _____	7- _____

Fornecedores 1:	Fornecedores 2:	Fornecedores 3:
1- _____	1- _____	1- _____
2- _____	2- _____	2- _____
3- _____	3- _____	3- _____
4- _____	4- _____	4- _____
5- _____	5- _____	5- _____
6- _____	6- _____	6- _____
7- _____	7- _____	7- _____

Tipos de produtos utilizados na lavagem do chão interno do posto de combustível:

Descrição:	Proporção na diluição em água:	Marca
1- _____	1- _____	1- _____
2- _____	2- _____	2- _____
3- _____	3- _____	3- _____
4- _____	4- _____	4- _____
5- _____	5- _____	5- _____
6- _____	6- _____	6- _____
7- _____	7- _____	7- _____

Fornecedores 1:	Fornecedores 2:	Fornecedores 3:
1- _____	1- _____	1- _____
2- _____	2- _____	2- _____
3- _____	3- _____	3- _____
4- _____	4- _____	4- _____
5- _____	5- _____	5- _____
6- _____	6- _____	6- _____
7- _____	7- _____	7- _____

Possui informação sobre as novas leis ambientais para o resíduo gerado nos postos de combustíveis e lava jatos?

Sim () Não ()

Observações:

Data: ____/____/____.

Assinatura do Responsável da Empresa

ANEXO B Formulários para pedidos de Patentes

Formulário do SIMOCO – D

7. Inventor (72):

Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(em) a não divulgação de seu(s) nome(s)

(art. 6º, § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

7.1 Nome: CAMILO FREDDY MENDOZA MOREJON
7.2 Qualificação: PROFESSOR
7.3 Endereço: RUA 7 DE SETEMBRO 512, CENTRO, TOLEDO - PR
7.4 CEP: 85900220 7.5 Telefone (0**45)99341190

em anexo

continua em folh

8. Declaração na forma do item 3.2 do Ato Normativo nº 127/97:

em anexo

9. Declaração de divulgação anterior não prejudicial (Período de graça):

art. 12 da LPI e item 2 do Ato Normativo nº 127/97:

(a)

em anexo

10. Procurador (74):

10.1 Nome

CPF/CNPJ:

10.2 Endereço:

10.3 CEP:

10.4 Telefone

11. Documentos anexados (assinale e indique também o número de folhas):

(Deverá ser indicado o nº total de somente uma das vias de cada documento)

<input checked="" type="checkbox"/> 11.1 Guia de recolhimento	1 fls.	<input checked="" type="checkbox"/> 11.5 Relatório descritivo	6 fls.
<input type="checkbox"/> 11.2 Procuração	fls.	<input checked="" type="checkbox"/> 11.6 Reivindicações	2 fls.
<input type="checkbox"/> 11.3 Documentos de prioridade	fls.	<input checked="" type="checkbox"/> 11.7 Desenhos	2 fls.
<input type="checkbox"/> 11.4 Doc. de contrato de Trabalho	fls.	<input checked="" type="checkbox"/> 11.8 Resumo	1 fls.
<input type="checkbox"/> 11.9 Outros (especificar):			fls.
11.10 Total de folhas anexadas:			12 fls.

12. Declaro, sob penas da Lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras

TOLEDO, 23/07/2007

Local e Data

Assinatura e Carimbo

Alcibiades Luiz Orlando

Reitor

UNIOESTE

SACAHEDIN MAHERUD YALAN

CAMILLO FREDDY MENDOZA MOREJON

CAMILLO FREDDY MENDOZA MOREJON

Assinatura

Voluntário o nome de Alcibiades Orlando

Formulário do SIMOCO – F

INPI - RJ
DEPÓSITO VIA POSTAL
N.º 376247886/00
Data 23-7-2004
 Protocolo

Número (21)

DEPÓSITO		Número (21)
Pedido de Patente ou de Certificado de Adição	MU8701196-4	depósito
<small>Espaço reservado para etiqueta (número e data de depósito)</small>		

Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:

O requerente solicita a concessão de uma patente na natureza e nas condições abaixo indicadas:

1. Depositante (71):

1.1 Nome: **UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**

1.2 Qualificação: **UNIVERSIDADE** 1.3 CNPI/CPF: **78680337000184**

1.4 Endereço completo: **R. DA FACULDADE, 645 C. P. 520, JD. LA SALLE, CEP 85903-000, TOLEDO, PR.**

1.5 Telefone: **(0**45) 33797001**

FAX: **(0**45)33797002**

continua em folha

2. Natureza:

2.1 Invenção 2.1.1. Certificado de Adição 2.2 Modelo de Utilidade

por extenso, a Natureza desejada: **MODELO DE UTILIDADE** Escreva, obrigatoriamente, e

do Modelo de Utilidade ou do Certificado de Adição (54): **IMPACTO DE FLOTACÃO PARA SISTEMA MODULAR CC**

continua em folha anexa

4. Pedido de Divisão do pedido n.º , de

5. Prioridade interna - O depositante reivindica a seguinte prioridade:

Nº de depósito Data de Depósito **(66)**

6. Prioridade - o depositante reivindica a(s) seguinte(s) prioridade(s):

País ou organização de origem	Número do depósito	Data do depósito

continua em folha anexa

A

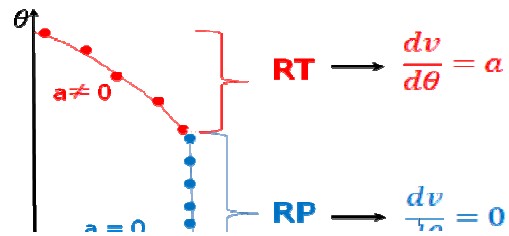
ANEXO C Metodo matematico utilizado para analise de decantação e flotação para determinar os fatores criticos de projeto.

Através de Massarani (1997) e Perry & Chilton (1980), desenvolveu-se o método matemático apresentado nesta seção.

Neste tipo de operação (decantação e flotação) atuam três tipos de forças: Força de empuxo, força de atrito do fluido e força peso ou empuxo, conforme a Figura 57.

 H₂O - Clarificado

Em um sistema de decantação podemos ter dois tipos de regimes atuantes: Regime Transiente (RT) e Regime Permanente (RP). O primeiro ocorre quando a aceleração da partícula varia com o tempo ($a = v/\theta$), no segundo quando a aceleração da partícula é constante ($a = 0$), assim temos a velocidade terminal da partícula (v_∞), conforme a Figura 59.



Como o coeficiente de atrito ($\phi_{(Re)}$) depende de Reynold e $Re = (D.v.\rho_L)/\nu$, assim ($\phi_{(Re)}$) depende da forma da partícula e das propriedades do fluido (regime). Neste caso, a forma da partícula depende da esfericidade da partícula, e a equação para determinar a esfericidade da partícula esta representada na equação 01.

$$\psi = 4,83 \frac{b^{2/3}}{a} \quad (01)$$

Onde a e b são parâmetros da forma da partícula.

Um exemplo para determinar a forma de uma partícula esférica é demonstrado na Figura 61.

$$\dots \dots \pi D^3$$

$$v_{\infty} = \left[g \frac{(\rho_P - \rho_L) V_P D_P^n}{\rho_L^{n-1} A_T B \mu^n} \right]^{\frac{1}{2-n}} \quad (04)$$

Equação geral da velocidade terminal para qualquer geometria e regime onde B e n estão representados na Tabela 9, para os quatro regimes do fluido.

Tabela 9 Valores de B e n para os quatro regimes do fluido

Regime	B	n
Viscoso	12	1
Intermediário	9,25	0,6
Hidráulico	0,22	0
Re > 200.000	0,11	0

Critério para identificar o regime de decantação

Quando a velocidade de decantação é desconhecida é difícil reconhecer o regime de decantação e Re não pode ser calculado diretamente, então para calcular o tipo de regime de decantação calcula-se o número K, através da equação 05 abaixo:

$$K = D \cdot \sqrt[3]{\frac{g \cdot \rho_L (\rho_P - \rho_L)}{\mu^2}} \quad (05)$$

Onde D é o diâmetro da partícula e μ é a viscosidade do fluido.

Para identificar o tipo de regime quando os valores de K estão descritos na Tabela 10.

Tabela 1 Tabela de valores para identificar o regime de decantação

Regime	Valores de K
Regime viscoso	< 3,3
Regime intermediário	3,3 a 44
Regime hidráulico	44 a 2360
Re > 200.000	> 2360

Além do regime a velocidade terminal também está influenciada pela concentração, para tanto na literatura constam diversos modelos. Entre esses se tem o Métodos de Steinour, Robinson e Hawksley.

Os métodos de Steinour: o primeiro método de Steinour consiste em substituir a densidade do fluido (ρ_L) pela densidade da suspensão (ρ_{Lm}), gerando a equação 06.

$$v'_{\infty} = \frac{4}{3} \left[\frac{g D^{n+1} (\rho_P - \rho_{Lm})}{B \mu^n (\rho_{Lm})^{1-n}} \right]^{\frac{1}{2-n}} \quad (06)$$

Para este método o critério para determinar o regime de decantação (K) substitui-se a porosidade da partícula (ϵ) pela porosidade da suspensão $\psi(\epsilon)$, gerando a equação 07.

$$K = D \sqrt{\frac{g (\rho_P - \rho_{Lm}) \rho_{Lm} \psi(\epsilon)}{\mu^2}} \quad (07)$$

Onde,

Esta equação (09) é válida para $C_v \leq 0,02$. Portanto para $C_v > 0,02$ utiliza-se a equação de Vand (equação 10)

$$\mu_m = \mu e^{\frac{kC_v}{1-qC_v}} \quad (10)$$

Onde q depende da forma da partícula.

O método de Hawksley utiliza também a viscosidade da suspensão (μ_m) na equação de Stokes, porém multiplica o resultado por ε (equação 11)

$$v_\infty = \varepsilon \left[g \frac{(\rho_P - \rho_{Lm}) V_P}{\rho_{Lm}^{n-1} A_T B \mu_m^n} D_P^n \right]^{\frac{1}{2-n}} \quad (11)$$

Assim a velocidade terminal está em função de B , n , ρ_P , ρ_L , V_P , A_T , μ , K , bem como da influência da forma, da parede, da concentração de sólidos, da temperatura e do tempo de residência.

Com base no comportamento da velocidade terminal surgem dois tipos de sedimentação ou decantação a livre e a retardada.

Na sedimentação livre as partículas sedimentam-se afastadas das paredes e entre elas, no qual uma partícula não interfere na decantação da outra, sendo que nos casos de maior concentração o número de colisões entre as partículas não devem ser exageradas para que possa ser considerada livre.

Na sedimentação retardada a velocidade de decantação das partículas sofrem interferência de vários fatores entre esses as paredes do decantador, a proximidade entre as partículas e a concentração das partículas.

Entretanto, podem-se fazer as seguintes considerações para um sistema de sedimentação:

- Quanto maior a restrição ao escoamento da partícula maior é a resistência, ou seja, a densidade do meio e a viscosidade neste caso são incrementadas;
- Grandes concentrações de sólidos decantados na suspensão provocam o escoamento de fluido em sentido contrário ao das partículas durante a decantação.

Outra forma de análise para o processo de separação por decantação é levando em conta a natureza e características da sedimentação resultando em decantação linear e não linear.

A decantação linear ocorre livremente sem interferência externa ou de outras variáveis, ou seja, a velocidade de decantação é constante, conforme Figura 62.

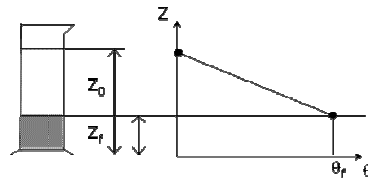


Figura 62 Representação esquemática da sedimentação linear.

Na decantação não-linear a velocidade de decantação varia com o tempo, conforme a Figura 63.

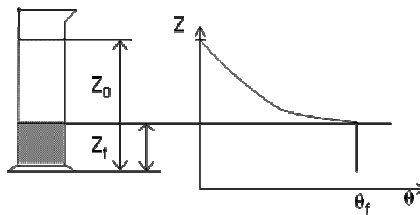
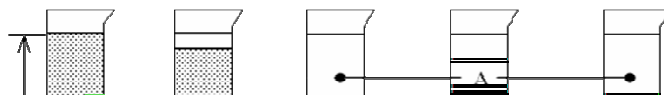
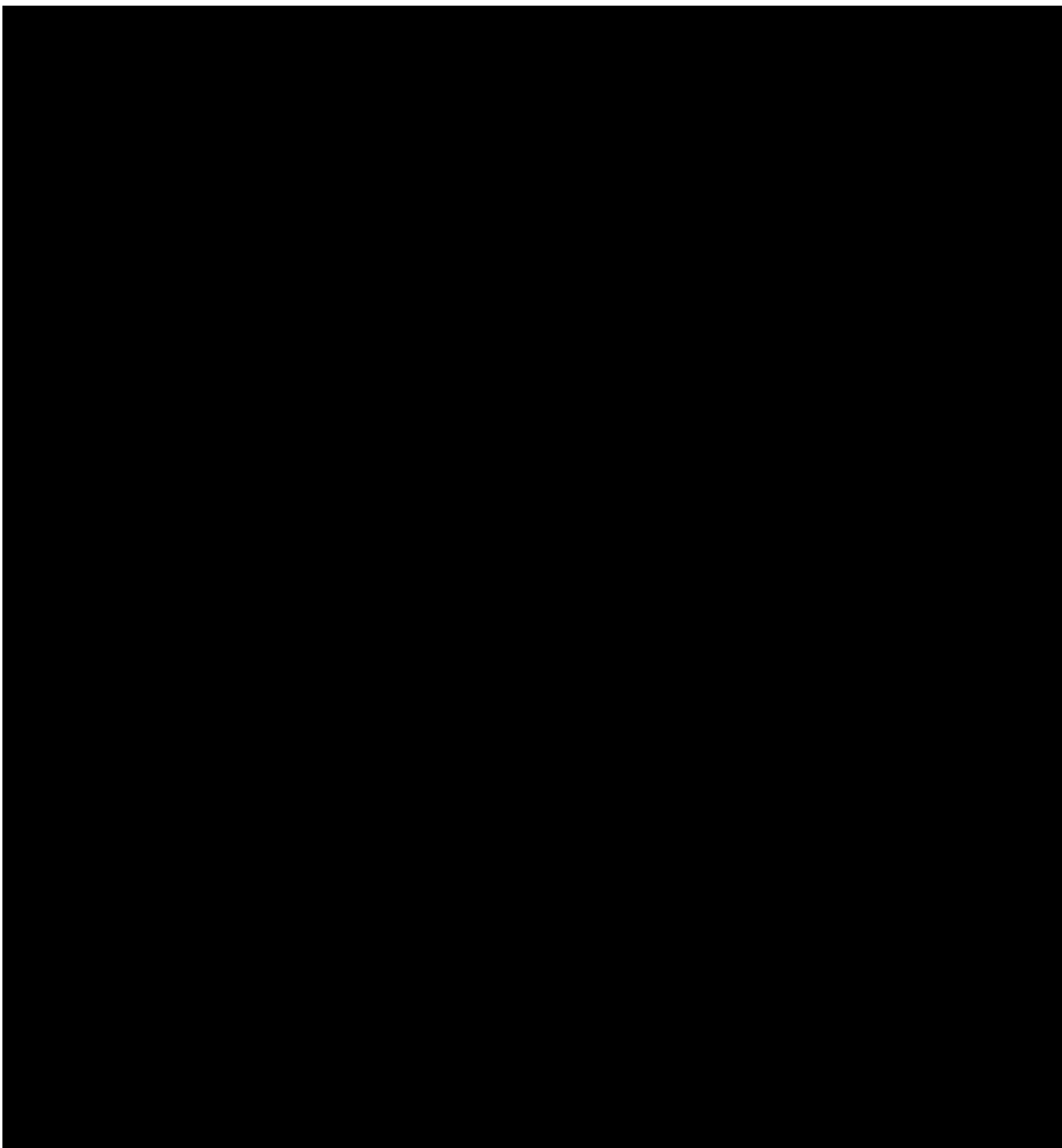


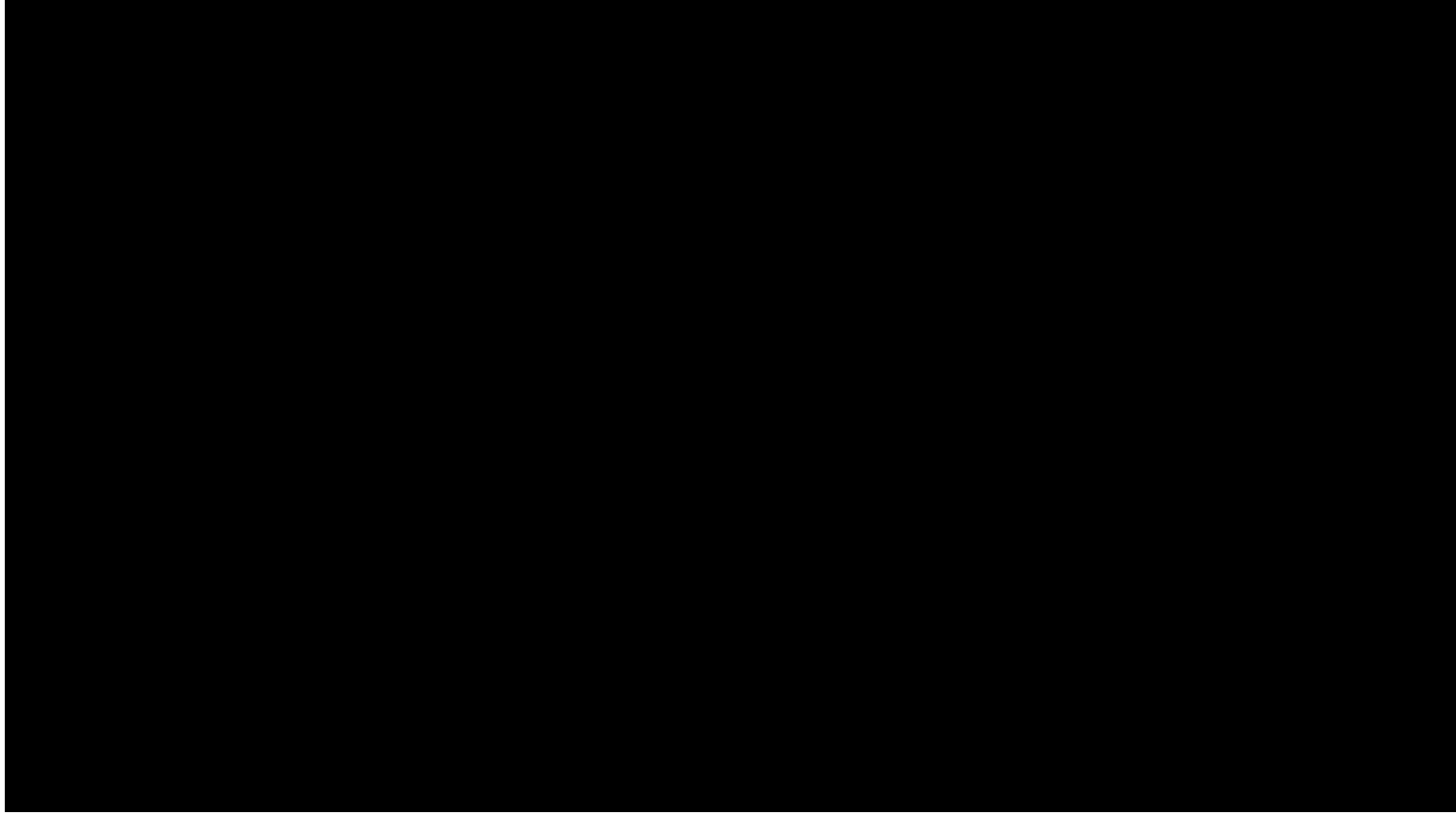
Figura 63 Representação esquemática da sedimentação não-linear.

Neste caso, conforme esquema da Figura 64 pode-se observar vários níveis de separação onde: a proveta a) representa o início da decantação e sua concentração é uniforme (C_0); a proveta b) representa o processo de decantação num tempo $\Delta\theta$ podendo aparecer cinco fases distintas; as provetas c), d) e e) representam a evolução das cinco fases de decantação com o tempo. A é zona do líquido clarificado, B zona da suspensão com a mesma concentração inicial C_0 , C zona de transição, D zona de suspensão espessada na zona de compressão e E é a zona do sólido grosseiro.



ANEXO D Informações cedidas pela Companhia de Saneamento do Estado do Parana.(SANEPAR).





Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)