

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA**

NADIA VALÉRIO POSSIGNOLO

**Elaboração de um plano de gestão de resíduos nas instalações da
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
(APTA – Pólo Centro Sul, Piracicaba – SP)**

PIRACICABA

2011

NADIA VALÉRIO POSSIGNOLO

**Elaboração de um plano de gestão de resíduos nas instalações da
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
(APTA – Pólo Centro Sul, Piracicaba – SP)**

**Dissertação apresentada ao Centro de
Energia Nuclear na Agricultura da
Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Ciências**

**Área de Concentração: Química na
Agricultura e no Ambiente**

**Orientador: Prof. Dr. José Albertino
Bendassolli**

**PIRACICABA
2011**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Possignolo, Nadia Valério

Elaboração de um plano de gestão de resíduos nas instalações da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA – Pólo Centro Sul, Piracicaba – SP) / Nadia Valério Possignolo; orientador José Albertino Bendassolli. - - Piracicaba, 2011.

126 f.: il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Química na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Coleta seletiva 2. Educação ambiental 3. Pesticidas 4. Resíduos químicos 5. Resíduos sólidos I. Título

CDU 542.1:351.777.61

DEDICATÓRIA

A Deus, por estar sempre presente em minha vida e por tornar tudo possível ao seu tempo, principalmente na realização deste trabalho.

Aos meus pais, Luiz Antonio Possignolo e Maria Sonia Valério Possignolo por todo esforço em proporcionar meus estudos, pelo amor incondicional, sendo presença constante em minha vida nos momentos de superação. Amo muito vocês!

Ao meu irmão Luiz Fernando Possignolo pela amizade e pelo exemplo de superação.

Aos meus avós Maria A. V. Possignolo, Miguel A. Valério (*in memorian*) e Olga P. Valério pelo apoio aos meus estudos e presença constante em minha vida.

Aos meus tios Antonio F. Valério e Paulo C. Valério pelo exemplo constante de superação e profissionalismo e, principalmente, pelos valiosos conselhos nos momentos difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP, em especial ao Laboratório de Isótopos Estáveis, por proporcionar excelente condição de pesquisa.

À Comissão de Pós-Graduação na pessoa da Profa. Dra. Adriana Pinheiro Martinelli pela dedicação e respeito aos alunos.

À Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios – APTA Pólo Centro Sul pelo apoio e infra-estrutura concedida para a realização do Trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos e a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa de estudos e suporte financeiro.

Ao Prof. Dr. José A. Bendassolli, pela orientação, disposição, paciência, dedicação ao aprendizado, amizade e principalmente, pelo exemplo de profissional competente, dedicado, que realiza tudo com muito amor e respeito.

Ao Laboratório de Isótopos Estáveis (CENA/USP): Professores Helder de Oliveira, Jefferson Mortatti e Paulo C. O. Trivelin; aos funcionários Cleuber V. Prestes, Hugo H. Batagello e Miguel L. Baldessin; e aos alunos e ex-alunos Alexssandra L. M. R Rossette, Alexandre Martins, Ana Carolina R. Granja, André V. Ferreira, Carlos R. S. Filho, Claudinéia R. O. Tavares, Felipe R. Nolasco, Gleison de Souza, Josiane Carneiro, Michele X. Vieira, Renato Lopes, Tatiane M. R. Xavier pelo auxílio constante e convivência agradável. Em especial:

Ao Dr. Glauco A. Tavares pela dedicação e disposição durante todo o desenvolvimento deste trabalho, pelo seu exemplo, competência e paciência em ensinar e me incentivar sempre e, principalmente, pela valiosa amizade;

À Juliana G. G. de Oliveira pela amizade e dedicação ao meu aprendizado e pelo apoio e conselhos em vários momentos de minha vida;

Ao José A. Bonassi (Pingin) e Susy E. M. Gouveia pela convivência agradável e preciosos conselhos nos momentos de superação;

Aos amigos Diego Vendramini, Graziela M. Moraes, Murilo B. Nolasco pela sincera amizade e conselhos essenciais em diversos momentos da minha vida e, principalmente, por todos os momentos em que demos boas risadas;

Ao Bento M. M. Neto pelo convívio e sincera amizade e, por todos os dias, sempre me desejar que eu tivesse um excelente dia de trabalho;

À Magda M. G. Bartolamei, pela atenção, carinho e competência ao cuidar das particularidades administrativas relacionadas ao trabalho e pela amizade fundamental nos momentos de superação;

Aos estagiários Ana Paula de Oliveira Almeida, Letícia Degaspari, Luccas L. S. de Barros, Marcelo H. Najm, Michel J. Piemonte, Sarah M. Leite, pelo convívio agradável e pelas boas risadas.

À APTA Pólo Centro Sul: Pesquisadores Celina M. Henrique, Dulcinéia E. Foltran, Edmilson J. Ambrosano, Fabrício Rossi, José R. Ferreira, Maria I. Zucchi, Mônica S. de Camargo, Nivaldo Guirado, Patricia Prati, Rafael H. Alves, Raffaella Rossetto; aos funcionários Ângela M. C. da Silva, Benedito Mota, Dalva A. Pelissari, Maria L. S. Filha, Misael Busato, Neusa A. Saturno, Osvaldir Abibi, Roberto A. Saturno e também todos os funcionários de campo que colaboraram com a implementação do Programa de Gerenciamento de Resíduos. Em especial:

Ao André C. Vitti pelo apoio constante e colaboração ativa para com o PGRQ e, principalmente, pelo exemplo de profissionalismo e competência e, pelos preciosos conselhos nos momentos de superação;

À Edna I. Bertoncini, Fábio L. F. Dias (Diretor) e Vera L. P. Salazar pela valiosa colaboração e participação pró-ativa para com o PGRQ e, pelo grande apoio e disposição em me ajudar no campo profissional;

À Maria A. B. Bortolazzo, Maria A. C. de Godoy e Neuza S. Mota pela participação e colaboração para com o PGRQ e principalmente, pelos conselhos nos momentos de superação e pelas boas risadas.

À Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG) pelo apoio financeiro concedido para a realização do evento de Educação Ambiental promovido na APTA-PCS.

Aos colaboradores do trabalho: Ana M. de Meira pelos conselhos em relação à coleta seletiva e a Eduardo de Almeida, Iolanda A. Rufini e Monica F. de Abreu pela realização das análises químicas.

À secretaria de Pós-Graduação: Cláudia M. F. Corrêa, Fábio A. S. Oliveira, Neuda F. Oliveira e Sonia Campos.

À Marília R. G. Henyei, pela atenção e profissionalismo na realização da normatização das referências bibliográficas.

Aos professores que se disponibilizaram em participar como titular ou suplente da banca, agradeço antecipadamente.

Gostaria também de agradecer às minhas amigas, quais eu posso contar em todos os momentos da minha caminhada: Alessandra Alves, Larissa L. Targa, Lisiane S. da Silva, Lívia Novelo, Luciana Ceregatto e Manuella Pestana.

A todas as pessoas que contribuíram indiretamente para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA.

RESUMO

POSSIGNOLO, N. V. **Elaboração de um plano de gestão de resíduos nas instalações da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA – Pólo Centro Sul, Piracicaba – SP)**. 2011. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

Os centros de pesquisa não podem simplesmente ignorar que no desenvolvimento de suas atividades, também são geradas quantidade significativas de resíduos. Essa postura é contrária ao papel desempenhado por eles dentro da sociedade, pois devem desenvolver pesquisa com respeito ao meio ambiente. Assim, o presente trabalho teve como objetivo estabelecer um plano de gestão dos resíduos gerados na APTA Pólo Centro Sul. Para isso, levantamentos prévios envolvendo a caracterização dos resíduos ativos e passivos, bem como das fontes geradoras, contribuíram para nortear as ações adotadas, com destaque para a implantação de propostas de segregação, tratamento ou reaproveitamento, englobando resíduos químicos laboratoriais, fitossanitários e sólidos domiciliares. O inventário do passivo relacionado aos produtos fitossanitários resultou em uma lista com 104 ingredientes ativos, dentre os quais, 16 com proposta de banimento, restrições ao uso ou proibidos armazenados em condições inapropriadas. Além disso, 55% da quantidade total era representada por produtos vencidos. Esse inventário foi a base para a construção de um novo depósito para o armazenamento desses produtos. Com o inventário do ativo relacionado aos resíduos químicos laboratoriais, foi verificado que são gerados efluentes contendo metais como cromo e cobre, além de soluções ácidas ou alcalinas. A técnica de precipitação química empregada para a remoção dos metais conferiu aos tratamentos eficiências superiores a 99,9%, permitindo atender a resolução CONAMA 357/2005 a um baixo custo de tratamento. Em relação ao Programa de Coleta Seletiva, o mesmo obteve resultados satisfatórios. Sua implementação iniciou-se com a aplicação de um questionário estruturado voltado a toda comunidade da APTA-PCS e contou com um índice de participação de 91%. Em relação ao diagnóstico dos resíduos são produzidos, em média, 6,8 kg dia⁻¹, representando uma produção “per capita” diária de 151,3 g. A maior fração de resíduos, em % por peso, está relacionada aos resíduos orgânicos. A organização de um evento voltado a Educação Ambiental contou com a presença de mais de 50 participantes, os quais avaliaram o encontro como ótimo (80%). Os indicadores utilizados para avaliar o Programa de Coleta Seletiva demonstraram que houve uma redução na geração total e per capita de resíduos de 42% e 57%, respectivamente. Além disso, a geração de papel foi reduzida em 57% e, a substituição de copos descartáveis por canecas duráveis recebeu adesão de todos da comunidade. Dentro do Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ), também foi implantado um sistema de obtenção de água desionizada, o qual apresentou capacidade de produção de aproximadamente 7.200 L de água com baixa condutividade (0,9 µS cm⁻¹). Os resultados alcançados na APTA-PCS são promissores e demonstram que o PGRQ proporcionou ganho ambiental imensurável. Por fim, destaca-se a importância do apoio permanente por parte da Diretoria da APTA-PCS para a manutenção e constante aprimoramento do PGRQ.

Palavras-chave: APTA Pólo Centro Sul. Programa de Gerenciamento. Resíduos.

ABSTRACT

POSSIGNOLO, N. V. **Development a plan for waste management in the Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios facilities (APTA - Center South Pole, Piracicaba - SP)**. 2011. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

The research centers simply cannot dissemble that in the development of their activities are also generated significant amounts of wastes. This attitude is contrary to the role played by them in society, as they must do research with respect to the environment. Thus, this study aimed to establish a plan for waste management generated in the APTA Center South Pole. Therefore, previous surveys involving the characterization of active and passive wastes, as well as their sources, contributed to guide the actions taken, mainly for the segregation, recycling or treatment proposals, comprising laboratory chemical waste, pesticides and solid wastes. The passive inventory related to pesticides resulted a list of 104 active ingredients, among which 16 with ban proposal, restrictions or banned, stored in inappropriate conditions. Moreover, 55% was represented by expired products. This inventory was the basis for planning a new warehouse for the storage of these products. In the active inventory related to laboratory chemical wastes was observed the generation of wastes containing metals such as chromium and copper, and acid or alkaline solutions. The chemical precipitation technique employed for removal of metals given to treatment efficiencies exceeding 99.9%, allowing meet the limits established by CONAMA Resolution n° 357/2005 at a low treatment cost. The results of the Waste Collection Program were also satisfactory. Its implementation began with the application of a structured questionnaire to the APTA Center South Pole community, which had a participation rate of 91%. The waste diagnosis showed that are produced 6.8 kg day^{-1} on average of solid wastes, representing a daily per capita production of 151.3 g. The largest waste fraction, in % by weight, is related to organic wastes. An Environmental Education event was attended by over 50 participants, who evaluated it as excellent (80%). The indicators used to evaluate the program demonstrated that there was a reduction in total waste generation of 42% and 57% per capita and, the replacement of one-way plastic drinking cups for mugs received adherence of all the community. Moreover, the paper generation and the consumption of disposable products were reduced by 57% and 100%, respectively. Within the Program, a system for producing deionized water was also developed, which had a production capacity of approximately 7200 L of water with excellent quality ($0.9 \mu\text{S cm}^{-1}$). The achievements of the WMP are promising and demonstrate that it has provided immeasurable environmental gain. Finally, it stands out the importance of continuous support by APTA Center South Pole board for the maintenance and constant improvement of the WMP.

Keywords: APTA Center South Pole. Management Program. Wastes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Reação da determinação de açúcares redutores segundo a técnica de Lane-Eynon (LEHNIGER et al., 1995). A.R = açúcar redutor genérico. .40
Figura 2	– Área ocupada pela fazenda experimental da APTA-PCS.43
Figura 3	– Ficha a ser utilizada no inventário dos resíduos químicos laboratoriais. 45
Figura 4	– Recipientes com diferentes capacidades para armazenamentos dos resíduos.....47
Figura 5	– Rótulo para identificação dos resíduos químicos gerados na APTA-PCS.47
Figura 6	– Rótulo padrão a ser utilizado nos recipientes para armazenamento dos produtos a serem encaminhados para a incineração.....50
Figura 7	– Coletores para coleta seletiva.56
Figura 8	– Etiquetas adesivas.56
Figura 9	– Esboço da estrutura idealizada na montagem do sistema de produção de água desionizada da APTA-PCS.61
Figura 10	– Passivo ambiental identificado na APTA-PCS sendo em a) entrada do depósito de agrotóxicos; b) condições precárias de acondicionamento dos produtos.....63
Figura 11	– Procedimentos adotados durante a organização do depósito sendo em a) utilização de EPIs durante a limpeza dos frascos e galões; b) organização dos produtos nas prateleiras; c) entrega das embalagens vazias na Central de Recebimento.....64
Figura 12	– Ingrediente ativo e grupo químico dos dez agrotóxicos em maior quantidade encontrados no depósito da APTA-PCS.....68
Figura 13	– Quantidade de ingredientes ativos por orgânicos de síntese armazenados no depósito da APTA-PCS.70
Figura 14	– Distribuição da quantidade de produtos armazenados no depósito da APTA-PCS de acordo com o prazo de validade.....71
Figura 15	– Estocagem dos produtos fitossanitários a serem encaminhados para destinação final (incineração).....72
Figura 16	– Depósito para o armazenamento de produtos fitossanitários utilizados em rotina na APTA-PCS.....73
Figura 17	– Formulário gerado no software Excel para controle dos produtos no novo depósito da APTA-PCS.74

Figura 18 – Propostas para o gerenciamento de soluções ácidas ou alcalinas sendo em a) bombona para armazenamento de misturas ácidas ou alcalinas; b) neutralização em baldes de 20 L; c) resíduo contendo ligas de Raney e Devarda secos sob irradiação solar.	76
Figura 19 – Tratamento do resíduo de dicromato de potássio sendo em a) redução do Cr (VI) com NaHSO ₃ ; b) remoção do Cr (III) com NaOH.	78
Figura 20 – Condições não ideais de tratamento.	78
Figura 21 – Evolução da secagem do lodo.	80
Figura 22 – Etapas do tratamento do resíduo contendo cobre, sendo em a) resíduo <i>in natura</i> ; b) precipitação do sulfeto de sódio; c) sobrenadante após tratamento; d) sobrenadante após adição do peróxido de hidrogênio. ...	82
Figura 23 – Curva de referência empregada na determinação de cobre em soluções residuais.	82
Figura 24 – Evolução da secagem dos precipitados de sulfeto de sódio (acima) e óxido cuproso (abaixo) sob irradiação solar.	84
Figura 25 – Destino dado aos restos das refeições e da sua preparação.	85
Figura 26 – Porcentagem de resíduos domésticos produzidos e separados pelos entrevistados e seus familiares.	86
Figura 27 – Nível de consciência a respeito da necessidade de separação de resíduos domésticos.	87
Figura 28 – Meios de divulgação da importância da separação de resíduos domésticos.	88
Figura 29 – Importância dada pelos entrevistados aos itens preço, estar moda, marca, qualidade e o produto ser ecologicamente correto.	89
Figura 30 – Segregação e pesagem dos resíduos sólidos gerados nas instalações da APTA-PCS.	90
Figura 31 – Caracterização (% em peso) dos resíduos sólidos gerados na APTA-PCS.	91
Figura 32 – Caracterização (% em peso) de cada fração de resíduo sólido gerados na APTA-PCS.	91
Figura 33 – Público participante nas palestras do evento de Educação Ambiental da APTA-PCS.	94
Figura 34 – Palestras ministradas na parte da manhã sendo em a) palestrante Ana Maria de Meira; b) palestrante Nadia Valério Possignolo.	95
Figura 35 – Oficina de sabão realizada no evento de Educação Ambiental da APTA-PCS.	96

Figura 36 – Oficina de compostagem realizada no evento de Educação Ambiental da APTA-PCS.	96
Figura 37 – Papéis recolhidos na APTA-PCS para utilização como rascunhos e blocos de anotação.	97
Figura 38 – Relação entre o descarte correto e incorreto e os tipos de coletores.....	99
Figura 39 – Estrutura montada na APTA-PCS para alocar o sistema de produção de água desionizada sendo em a) esquema de transporte de fluidos para produção de água desionizada a partir de água de torneira; b) esquema de transporte de fluidos para regeneração das colunas a partir de HCl, NaOH e água de lavagem.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Estrutura do questionário aplicado a comunidade da APTA-PCS.	54
Tabela 2	– Segregação dos resíduos por tipo de material em relação à classe.....	55
Tabela 3	– Programação proposta para o evento de Educação Ambiental na APTA-PCS.....	58
Tabela 4	– Materiais a serem utilizados nas oficinas durante o evento de Educação Ambiental a ser realizado na APTA-PCS.....	58
Tabela 5	– Indicadores a serem utilizados na avaliação do Programa de Coleta Seletiva com seus respectivos fundamentos de análise e método de obtenção dos dados.	59
Tabela 6	– Quantidade de ingrediente ativo e classe dos agrotóxicos armazenados no depósito da APTA-PCS.	67
Tabela 7	– Porcentagem e CT dos agrotóxicos armazenados no depósito da APTA-PCS.....	67
Tabela 8	– Porcentagem e PA dos agrotóxicos armazenados no depósito da APTA-PCS.	67
Tabela 9	– Quantidade de ingrediente ativo e classe dos agrotóxicos vencidos armazenados no depósito da APTA-PCS.....	71
Tabela 10	– Gerenciamento dos resíduos gerados nas análises realizadas nos laboratórios da APTA-PCS.	75
Tabela 11	– Influência do pH e da concentração de cromo na eficiência do tratamento.....	79
Tabela 12	– Concentração final de cobre e eficiência do tratamento empregando o reagentesulfeto de sódio no estado sólido.....	81
Tabela 13	– Comparação das concentrações finais de cobre (mg L^{-1}) e eficiência do tratamento (%) com e sem filtração do resíduo no momento da geração.	83
Tabela 14	– Composição gravimétrica de resíduos dividida por setores.....	92
Tabela 15	– Indicadores de desempenho do Programa de Coleta Seletiva da APTA-PCS.	98
Tabela 16	– Relação da quantidade economizada de cada combustível com a reciclagem do papel (CAMPANI et al., 2009).....	100

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	21
2.1 Gerenciamento de Resíduos em Instituições de Pesquisa.....	21
2.2 Tratamento e Destinação Ambientalmente Adequada de Resíduos.....	25
2.3 Coleta Seletiva.....	32
2.4 Aspectos Gerais dos Resíduos Gerados na APTA Pólo Centro Sul	36
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	42
3.1 Área de Estudo	42
3.2 Materiais	43
3.2.1 Reagentes	43
3.2.2 Vidrarias	43
3.2.3 Equipamentos.....	44
3.2.4 Outros materiais e produtos	44
3.3 Métodos	44
3.3.1 Inventário do ativo e do passivo.....	44
3.3.2 Propostas para o gerenciamento de resíduos na APTA Pólo Centro Sul	46
3.3.2.1 Resíduos fitossanitários.....	49
3.3.2.2 Soluções residuais contendo cromo	51
3.3.2.3 Soluções residuais contendo cobre	52
3.3.2.4 Implantação da coleta seletiva.....	53
3.3.2.5 Sistema de produção de água desionizada.....	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
4.1 Gerenciamento de Resíduos Fitossanitários	63
4.2 Gerenciamento de Resíduos Laboratoriais.....	74
4.2.1 Tratamento de soluções residuais contendo cromo	77
4.2.2 Tratamento de soluções residuais contendo cobre	80
4.3 Coleta Seletiva.....	84
4.4 Sistema de Produção de Água Desionizada.....	101
5. CONCLUSÃO.....	104
REFERÊNCIAS.....	106
ANEXOS	115

1. INTRODUÇÃO

No cenário atual, discute-se muito a importância de se minimizar o volume dos resíduos gerados, especialmente aqueles que apresentam características de periculosidade e toxicidade. Entretanto, considerando os altos investimentos a serem angariados para tal prática, faz com que certos geradores encontrem outras formas de dispor seus resíduos sem pagar muito por isso. Infelizmente, quem paga o custo dessa escolha é a sociedade e, principalmente, o meio ambiente. A título de exemplo: no início da década de cinquenta do século passado, a cidade japonesa de Minamata ganhou destaque mundial quando gatos, gaivotas, pescadores e suas famílias começaram apresentar sérios sintomas de envenenamento, resultando em 887 mortes e 2209 casos registrados de doenças, apresentando problemas neurológicos permanentes. As vítimas estavam contaminadas com altos níveis de mercúrio provenientes de um efluente industrial. Desde então, esse tipo de intoxicação é conhecido como "mal de Minamata" (TAKIZAWA, 2000).

Entre 1969 e 1973, o Brasil viveu o período do chamado "Milagre Econômico" em que expressões como "poluição é progresso" surgiram a partir de um processo desenvolvimentista selvagem e desenfreado (KRASILCHIK, 1986). Em consequência a esse período, acentuou-se em âmbito local, a percepção da degradação ambiental e suas catastróficas consequências, aspecto que já havia sido identificado em diversos outros países. Entretanto, apesar dessa consciência ambiental ter se desenvolvido ao longo dos anos no Brasil, ainda não é determinante, no sentido de se prevenir cenários de degradação ambiental.

Os acidentes ambientais diariamente veiculados através dos órgãos de imprensa são causados, em sua maioria, pelo descarte indevido de resíduos químicos ou de produtos químicos em vias públicas e pela disposição inadequada sob o solo, galpões de armazenamento e terrenos baldios. A dimensão do problema foi retratada em uma lista com 2.514 áreas contaminadas, em sua maioria representada por combustíveis, no estado de São Paulo, elaborada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB (2009), representando um aumento de 10% em relação a 2007, e esse número tende a aumentar com a continuidade das ações de fiscalização realizadas pelo referido órgão.

As universidades assumem uma responsabilidade especial para com a sociedade, pois elas educam os futuros tomadores de decisão, exercendo assim uma função multiplicadora. Desse modo, não podem simplesmente ignorar que no desenvolvimento de suas atividades também são gerados resíduos que em grande parte não são gerenciados ou não tem destino correto, atitude que é contrária ao papel desempenhado por ela dentro da sociedade (JARDIM, 1997). É chegado o momento das universidades, e em especial das instituições de ensino, pesquisa e extensão que manipulam e geram resíduos perigosos, implementarem seus Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQs).

Nesse contexto, tendo como principal referência o Programa de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) implementado no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), o objetivo do trabalho foi estabelecer um plano de gestão dos resíduos gerados na APTA Pólo Centro Sul (APTA-PCS). Assim, a proposta contempla ações de segregação, tratamento ou reaproveitamento, englobando resíduos químicos laboratoriais, fitossanitários e sólidos, visando à adequação, manejo e controle ambiental das instalações da APTA-PCS. Deste modo, para esse objetivo propõe-se: (1) realizar um levantamento detalhado dos ativos e passivos ambientais; (2) elaborar protocolos de tratamento dos resíduos gerados em análises químicas de solo e plantas; (3) implantar e monitorar a coleta seletiva nas dependências da APTA-PCS (escritórios, laboratórios, etc.) e; (4) fortalecer o Programa de Educação Ambiental junto à comunidade da APTA-PCS, promovendo a disseminação de práticas de gestão de resíduos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Gerenciamento de Resíduos em Instituições de Pesquisa

As atividades que envolvem uma reação ou um processo químico são normalmente de risco e potenciais geradoras de poluição, pois se trabalha com substâncias muitas vezes tóxicas, sendo que, após o término do processo químico, normalmente é gerado um resíduo que necessita ser gerenciado de forma correta. Entretanto, esse direcionamento voltado ao gerenciamento dos resíduos químicos surgiu apenas a partir da década de noventa do século passado, com o conceito da Química Verde ou Química Limpa, que considera, fundamentalmente, a necessidade de se evitar ou minimizar a produção de resíduos, reduzindo o impacto da atividade química no ambiente (LENARDÃO et al., 2003). O desenvolvimento dessa consciência ambiental envolve diferentes camadas e setores da sociedade, inclusive o setor da educação, a exemplo das Instituições de Ensino Superior.

Com a recente aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), dentre a definição de vários conceitos, a lei estabelece também uma distinção clara entre resíduos e rejeitos onde, “a) **resíduos**: materiais que sobram após ações ou processos de produção e/ou consumo e b) **rejeitos**: lixo, materiais considerados inúteis, não passíveis de reaproveitamento ou reciclagem”.

A preocupação com o tema “resíduo e/ou rejeito” sempre esteve muito mais centrada na indústria. Todavia, as instituições de ensino superior não podem mais simplesmente ignorar sua posição de geradora, e sim, dar o exemplo no sentido de produzir, socializar e formar cidadãos com respeito ao meio ambiente (JARDIM, 1998). Em 1990, durante uma conferência internacional na cidade de Talloires, localizada na França, foi assinada a primeira declaração visando o compromisso da sustentabilidade ambiental em instituições de ensino superior, contando com a participação de mais de 40 países e representantes de 275 universidades (VEGA et al., 2003). Portanto, vale ressaltar que, em relação ao gerenciamento de resíduos em universidades e centros de pesquisa, o mesmo, de um modo geral, parte de iniciativas próprias, estruturado na forma PGRQs.

O gerenciamento de resíduos em centros de ensino e pesquisa pode ser compreendido como algo bastante dinâmico. Ocorre que nessas unidades dois fatores contribuem decisivamente para isso: (1) os responsáveis pelo manuseio de produtos, uso e descarte de resíduos mudam com relativa frequência (alunos de cursos de níveis técnico, de graduação e pós-graduação); (2) o próprio caráter investigativo da pesquisa, que acaba recorrendo ou até mesmo estabelecendo novos métodos analíticos, resultando na geração de resíduos, que até então, não eram gerados na unidade.

Para a implementação e a manutenção exitosa de um PGRQ, é de fundamental importância a adoção de quatro condições básicas, as quais são: (1) apoio institucional irrestrito; (2) priorização do lado humano frente ao tecnológico através da mudança da mentalidade das pessoas; (3) divulgação das metas estipuladas dentro das várias fases do PGRQ; (4) reavaliação contínua das metas e resultados obtidos (JARDIM, 1998). Ainda, um PGRQ deve estabelecer uma escala de atividades, a qual tem o objetivo de priorizar os seguintes princípios em sequência: **prevenção**, com a modificação de processos e substituição de reagentes; **minimização**, que otimiza processo e operação; **reaproveitamento**, através da reciclagem de matéria-prima, recuperação de substâncias e reutilização de materiais e produtos (3 Rs); **tratamento**, que pode ser químico, físico, biológico ou térmico; e, por fim, **disposição final** em aterros, minas ou armazéns (TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). É essencial que o PGRQ seja de domínio de todos os técnicos, alunos e docentes responsáveis pela geração de resíduos na instituição. Sem a efetiva participação e colaboração desses atores, seja no armazenamento e correta segregação dos resíduos, seja realizando o tratamento de alguns de seus volumes gerados, toda a gestão fica seriamente comprometida. Portanto, o gerenciamento de resíduos em universidades também está relacionado a aspectos comportamentais e de gestão acadêmica.

A implementação do PGRQ contempla, inicialmente, dois tipos de resíduos: o ativo, que é o resíduo gerado nas atividades de rotina, e o passivo, que representa o resíduo armazenado, não caracterizado e que aguarda sua destinação final. Os inventários de passivo e de ativo são importantes, porque permitem que a unidade conheça a si própria quanto à natureza e qualidade dos resíduos gerados e estocados. É importante salientar que a caracterização do passivo visa, em primeiro lugar, o reciclo e o reuso de tudo que for possível e, somente depois dessa triagem,

o resíduo poderá ser encaminhado para tratamento e aquilo que for considerado rejeito endereçado à disposição final adequada. No entanto, muitas vezes este passivo se apresenta como o maior desafio dentro de um PGRQ, pois a sua caracterização fica prejudicada, devido à ilegibilidade ou ausência de rótulos e, também, a existência de muitas misturas complexas (JARDIM, 1998). Em relação aos ativos, todas as atividades do PGRQ estão relacionadas com o gerenciamento desse tipo de resíduo, uma vez que, quando da sua implementação, não mais se admite a existência de passivos ambientais. A realização do inventário do ativo é imprescindível, pois através desta avaliação qualitativa e quantitativa dos resíduos gerados é que se poderão traçar as metas e objetivos do PGRQ inseridas dentro da escala de prioridades.

Atualmente, existem diversos PGRQs implantados no Brasil, uns ainda em fase de implementação, outros já obtendo bons resultados. Entre várias as universidades brasileiras, têm-se como exemplos a Universidade Federal do Paraná, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, o Instituto de Química da USP de São Paulo e São Carlos, UNICAMP e o Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP. Cada PGRQ apresenta sua particularidade, mas todos com o mesmo objetivo, a tomada de uma consciência ética com relação ao uso e descarte de produtos químicos (JARDIM, 1998; CUNHA, 2001; AMARAL et al., 2001; DI VITTA et al., 2002; ALBERGUINI et al., 2003; TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). Outro exemplo que merece destaque foi o trabalho desenvolvido por Silva et al. (2010), o qual propôs a gestão de resíduos de laboratório no Ensino Médio, conciliando a assimilação de diversos conceitos da Química com a sua aplicação no tratamento de soluções residuais.

Em relação ao gerenciamento de resíduos realizado no CENA/USP, o PGRQ contempla a gestão de efluentes líquidos (soluções contendo amônia, dióxido de enxofre e hidróxido de sódio, em grandes volumes e, outras soluções residuais, em volume reduzido, contendo metais ou acidez/alcalinidade elevadas), sólidos e semi-sólidos (óxidos de cobre e prata, géis, ponteiros, luvas, papéis contaminados e também, lâmpadas, pilhas e baterias) e gasosos (vapores ácidos e orgânicos) (BENDASSOLLI et al., 2003b; TAVARES; BENDASSOLLI, 2005). Além disso, um diferencial do PGRQ do CENA/USP foi a implantação da gestão de águas servidas, promovendo a substituição dos destiladores por colunas de acrílico contendo resinas

trocadoras de íons. O sistema produz água deionizada de excelente qualidade, além de possibilitar uma diminuição significativa dos gastos com energia elétrica e água.

A legislação para a emissão de efluentes industriais no Brasil é estabelecida pelo CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), na condição de órgão ambiental federal. Assim, qualquer PGRQ de instituições de ensino, pesquisa e extensão deve observar toda e qualquer legislação aplicável em relação ao controle da poluição ambiental. A Política Nacional do Meio Ambiente, que se apresenta na Lei nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981 estabelece o conceito da responsabilidade objetiva. Isso significa que quem gerou o resíduo é o responsável por ele, caso ocorra algum dano ambiental, mesmo que esse resíduo seja emitido em concentrações permitidas, por exemplo, pela resolução CONAMA nº. 357 de 17 de março de 2005. Essa resolução estabelece: a) condições para lançamento de efluentes (pH entre 5 e 9; temperatura inferior a 40°C; óleos minerais até 20 mg L⁻¹; óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg L⁻¹; regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente; b) padrões para lançamento de efluentes (arsênio total 0,5 mg L⁻¹; cádmio total 0,2 mg L⁻¹; chumbo total 0,5 mg L⁻¹; cobre dissolvido 1 mg L⁻¹; cianeto total 0,2 mg L⁻¹; cromo total 0,5 mg L⁻¹; mercúrio total 0,01 mg L⁻¹; prata total 0,1 mg L⁻¹; selênio total 0,30 mg L⁻¹; clorofórmio 1,0 mg L⁻¹; sulfeto 1,0 mg L⁻¹ de S, entre outros).

Os PGRQs localizados no Estado de São Paulo também devem respeitar a Legislação Estadual sobre controle de poluição ambiental, estabelecida pelo Decreto nº. 8.468 (SÃO PAULO, 1976b), que aprova o regulamento da Lei nº 997 (SÃO PAULO, 1976a). Em seu Art. 19-A, estabelece condições e padrões diferenciados quando do lançamento de efluentes em sistemas de esgotos, providos de tratamento com capacidade e tipo adequados.

Em relação às concentrações máximas de alguns padrões, a legislação estadual é mais restritiva do que a federal, considerando os elementos arsênio (0,2 mg L⁻¹), prata (0,02 mg L⁻¹) e selênio (0,02 mg L⁻¹). Portanto, esses padrões devem ser observados pelos PGRQs do estado. O Decreto nº 8.468 estabelece ainda, concentrações máximas para cromo hexavalente 0,1 mg L⁻¹ (SÃO PAULO, 1976b). Entretanto, o mesmo não apresenta concentrações limites para parâmetros orgânicos como, dicloroetano, tetracloreto de carbono e tricloroetano estabelecidos na Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

Os resíduos sólidos industriais são classificados de acordo com a norma NBR 10.004, após ensaios realizados de acordo com as normas NBR 10.005 (lixiviação) e 10.006 (solubilização). A norma define resíduo sólido como “*Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível*”.

2.2 Tratamento e Destinação Ambientalmente Adequada de Resíduos

O tratamento de resíduos engloba processos de transformação cujo objetivo é a modificação das características originais dos resíduos. Esses métodos podem ser agrupados considerando a via de transformação dessas características, podendo ser a via físico-química, biológica ou térmica. Vale ressaltar, ainda, que ao final de cada método de tratamento, poderão ocorrer emissões atmosféricas e geração de águas residuárias e resíduos sólidos, os quais preconizam o seu correto gerenciamento, de acordo com a quantidade de contaminantes presentes (MARTÍNEZ, 2004). Assim, a disposição final envolve o confinamento dos rejeitos, os quais não são mais passíveis de tratamento, em aterro industrial, projetado sob rigorosas técnicas de segurança nacionais e internacionais. É importante mencionar que, cada aterro estabelece um critério de recebimento de rejeitos de acordo com as características da célula e da compatibilidade entre eles. Para confinamento de rejeitos perigosos, o aterro recebe o nome de Aterro Industrial Classe I, e quando recebe rejeitos não perigosos é chamado de Aterro Industrial Classe IIA, para rejeitos não inertes e, Aterro Industrial Classe IIB para rejeitos inertes (ABNT, 2004).

O tratamento físico-químico envolve processos que podem modificar tanto propriedades físicas quanto químicas de um resíduo. Se o tratamento é exclusivamente físico (por exemplo, separação sólido-líquido ou secagem), ele será o primeiro de uma linha de processos dentro de um plano de gerenciamento de resíduos, pois tem o objetivo de condicionar o resíduo para “entrar” em outro

tratamento ou para um sistema de disposição final. O tratamento químico, geralmente está associado a processos físicos, sendo ele próprio um processo de transformação do resíduo através da adição de um conjunto ou não de compostos químicos. Segundo Martínez (2004), em um PGRQ, o tratamento químico pode ter as seguintes funções:

- **Permitir a recuperação ou reciclagem de um elemento ou composto para uso posterior como matéria-prima no mesmo processo ou em outro diferente.** Existem vários trabalhos descritos na literatura que ilustram esse procedimento, como é o caso dos métodos para recuperação de bromo, cobre e prata, a partir de soluções residuais geradas nos laboratórios do CENA/USP. O trabalho de recuperação do bromo objetivou a sua recuperação, a partir de uma solução residual gerada em determinações isotópicas de nitrogênio (^{15}N), para empregá-la novamente nessas análises (TAVARES et al., 2004b). O método de recuperação do cobre resumiu-se no desenvolvimento de uma linha para a reciclagem de cobre que é oxidado durante análises em analisador elementar e, posterior reutilização do cobre metálico nesse mesmo equipamento (BENDASSOLLI et al., 2002). Em relação à prata, cuja geração é proveniente das análises na área de Biologia Celular e Molecular, foi avaliada a sua recuperação na forma de óxido de prata, para reutilização nas determinações de enxofre (BENDASSOLLI, 2003a). Destaca-se, também, o procedimento de tratamento e reutilização de resíduos químicos contendo cromo, proveniente da determinação de carbono oxidável em amostras de fertilizantes orgânicos (MACHADO et al., 2011).
- **Reduzir a periculosidade ou toxicidade de um resíduo através da transformação de seus componentes, para condicioná-lo para disposição final.** Esse princípio é comumente aplicado ao gerenciamento de soluções residuais contendo metais pesados, que apresentam alto potencial de bioacumulação nos organismos vivos. Na literatura existem muitos trabalhos que descrevem métodos para remoção desses metais, através da precipitação química de sais metálicos. Afonso et al. (2003) descreveram vários métodos de remoção de metais pesados em soluções residuais

(bário, berílio, cádmio, cromo, estrôncio, európio, índio, neodímio, ouro, praseodímio, prata, samário, selênio e tálio), geradas em disciplinas experimentais. No Laboratório de Tratamento de Resíduos do CENA/USP também foi desenvolvido um método para remoção de flúor, na forma de fluoreto de cálcio através da precipitação química (POSSIGNOLO et al., 2008).

Dentre os processos de tratamento mais comuns, destacam-se a precipitação de metais presentes em soluções, a neutralização de soluções, a filtração, reações de redução/oxidação, a recuperação de solventes orgânicos por destilação, os processos oxidativos avançados (POAs), a incineração e o co-processamento. Além disso, outras alternativas tecnológicas, recentemente desenvolvidas, também podem ser consideradas, como: a decomposição catalítica básica; a redução química em fase gasosa; a oxidação a base de sal derretido e o arco de plasma (MARTÍNEZ, 2004).

A neutralização é uma reação entre um ácido e uma base que produz sal e água. A palavra “neutralização” é utilizada, pois as cargas iônicas do ácido (H^+) e da base (OH^-) são anuladas ou neutralizadas. Nessa reação, H^+ e OH^- se combinam para formar moléculas de água (H_2O). A neutralização é a técnica mais eficiente e de menor custo para se gerenciar soluções residuais ácidas e alcalinas, pois as mesmas podem ser descartadas na rede pública de esgoto, depois da neutralização, desde que as concentrações de sais de sódio potássio, cloretos e acetatos não ultrapassem as concentrações para descarte ou lançamento em corpos d'água (RMS, 2006). No entanto, vale ressaltar que, o resíduo o qual se pretende neutralizar, não deve conter metais pesados como, arsênio, bário, cádmio, cromo, mercúrio, chumbo, selênio, prata ou outros metais em alta concentração. Vários reagentes podem ser empregados na neutralização, dependendo da aplicação e, se a intenção é neutralizar um líquido ácido ou básico. Recomenda-se em processos de neutralização o uso de um ácido fraco (CH_3COOH , H_3PO_4) para tratamento de base forte e, uma base fraca ($NaHCO_3$) para ácido forte (HCl , H_2SO_4 , entre outros), sempre que possível.

A precipitação química é um processo onde uma molécula e/ou elemento é transferido da fase líquida para a fase sólida utilizando-se de uma reação química, ou por mudanças na composição do solvente, para diminuir a solubilidade da substância nesse meio. Em tratamento de resíduos, a técnica tem ampla aplicação na remoção de metais tóxicos em soluções residuais como, arsênio, bário, cádmio, cromo, cobre, chumbo, mercúrio, níquel, selênio, prata, tálio e zinco. Os processos mais comuns envolvem a formação de hidróxidos, sulfetos e carbonatos.

Para a obtenção de precipitados na forma de hidróxido faz-se o uso do hidróxido de cálcio ou do hidróxido de sódio como precipitante, onde a eficiência de remoção depende do metal presente; do precipitante usado; das condições da reação, especialmente pH; e da presença de outros compostos que podem inibir a precipitação. De acordo com Chung (1997), os hidróxidos metálicos são mais solúveis, tanto em meio alcalino como ácido, sendo que, as melhores condições para precipitação para cada metal ocorrem em diferentes valores de pH. Entretanto, observa-se que, na maioria dos casos, o pH entre 9 e 11, oferece as melhores condições de remoção.

Em relação a precipitação de sulfetos, ela apresenta consideráveis vantagens quando comparada a precipitação na forma de hidroxila de hidróxidos, pois os produtos de solubilidade dos sulfetos metálicos são inferiores; os sulfetos metálicos não são anfotéricos e, no caso do cromo hexavalente, a sua redução a cromo trivalente e, posterior precipitação, são realizadas em uma única etapa (CHUNG, 1997). Vale ressaltar que, uma desvantagem da precipitação com sulfeto é devido ao potencial de geração do gás tóxico de sulfeto de hidrogênio e sulfeto em excesso na solução após o tratamento. Portanto, deve-se tomar o cuidado para manter o pH acima de 8, para prevenir a emissão desse gás e realizar a eliminação do sulfeto em excesso ao final do processo.

Considerando a precipitação com carbonato, para certos metais como cádmio e chumbo, a eficiência de remoção pode ser comparável com os hidróxidos, com os benefícios de se trabalhar com um pH inferior (7,5 a 8,5) e, com um precipitado de mais fácil filtração (CHUNG, 1997). Todavia, a precipitação com carbonatos não é eficiente para alguns metais, como zinco e níquel. Outra alternativa para a precipitação de metais é o emprego de solução de metassilicato de sódio no tratamento de efluentes contendo chumbo, antimônio e cádmio.

A oxirredução está relacionada com aquelas reações nas quais o estado de oxidação dos átomos mudam, como resultado de uma transferência de elétrons de uma espécie química para outra. A espécie química é oxidada se o seu número de oxidação aumenta (perde elétrons). Se o estado de oxidação da espécie química decresce (ganha elétrons), a mesma é reduzida. É comum na literatura da área ambiental, os termos oxidação e redução frequentemente serem usados como se essas reações ocorressem de forma isolada. No entanto, uma reação de oxidação não pode ocorrer sem a correspondente redução do agente oxidante. A técnica de redução de poluentes tem sido amplamente empregada para tratamento de resíduos perigosos, onde a mesma é usada principalmente em conjunto com a precipitação, para remoção de metais pesados como, cromo e cobre (MASTEN; DAVIES, 1997). O dióxido de enxofre (SO_2) e os sais de S(IV) como, o bissulfito, o hipossulfito e o metabissulfito de sódio, podem ser empregados como redutores. Entretanto, segundo os mesmos autores, os reagentes a serem empregados como redutores devem ser cuidadosamente selecionados, baseados em suas características. Em operações de larga escala, o SO_2 é recomendado devido ao seu baixo custo. Em contrapartida, para tratamentos em pequena escala, é mais conveniente usar um dos sais de enxofre, pois nesse caso, o custo é menor. Outra vantagem no emprego desses sais refere-se as características de redutores fracos, facilitando a reação de oxirredução com os oxidantes fortes (MnO_4^- , Cr_2O_7^- , entre outros).

Os POAs são métodos alternativos às técnicas convencionais envolvendo a oxidação dos poluentes de interesse, por meio de radicais hidroxila (OH^\cdot), com reagentes como, ozônio (O_3), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) na presença ou não de radiação ultravioleta, em sistema homogêneo ou heterogêneo com catalisadores. O campo de aplicação dessa técnica é amplo, envolvendo o tratamento de hormônios e antibióticos; corantes de importância industrial; pesticidas de grande potencial impactante; efluentes de estações de tratamento industriais; remediação de áreas contaminadas e etc. (NOLASCO, 2009). Em sistema desenvolvido por Nolasco (2009) para estudar a tratabilidade de substâncias como, fenol e cianeto de potássio, através da combinação de O_3 , H_2O_2 e ultravioleta, foi possível obter 99,7% de mineralização do fenol e 97,6% de oxidação do cianeto à nitrato.

Os tratamentos biológicos têm como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, através da transformação desta em sólidos sedimentáveis (flocos biológicos), ou gases (RAMALHO, 1991). Os processos de tratamento biológicos têm como princípio utilizar a matéria orgânica dissolvida ou em suspensão como substrato para microorganismos tais como, bactérias, fungos e protozoários. Vale mencionar que a sua aplicação para o tratamento de resíduos químicos laboratoriais fica comprometida, pois além da geração ser descontínua e variada, o que dificulta a manutenção da população dos microorganismos, a presença de alguns constituintes dos resíduos pode provocar a intoxicação dos microorganismos com a consequente redução de sua atividade. Vale ressaltar que, a questão da biodegradabilidade de um efluente está muito relacionada com a razão Demanda Química de Oxigênio/ Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO/DBO₅) e, valores superiores a 5 sugerem a presença de poluentes não biodegradáveis (materiais recalcitrantes).

A incineração e o co-processamento de resíduos em fornos de cimento são os tratamentos térmicos mais comuns. A incineração é entendida como o processamento de resíduos em qualquer unidade técnica, fixa ou com equipamentos móveis, que envolve processos de combustão em alta temperatura, para degradar termicamente materiais residuais. Os incineradores devem ser equipados com mecanismos de controle de poluição, para a remoção dos produtos da combustão incompleta e das emissões de particulados (SO_x e NO_x). É importante lembrar que, podem ser emitidos compostos mais tóxicos do que o composto original, como é o caso das dibenzodioxinas policloradas e dos dibenzofuranos policlorados, ou simplesmente dioxinas e furanos (MARTÍNEZ, 2004). Esses contaminantes têm sido um dos aspectos mais controversos em relação à instalação desses sistemas. Além da geração dessas emissões atmosféricas, outras desvantagens estão relacionadas à geração de cinzas no final do processo, que devem ser corretamente dispostas de acordo com a sua composição e, ao alto custo. Por outro lado, o processo de incineração degrada completamente os resíduos, quebrando as moléculas dos componentes perigosos, a sua tecnologia é aceita pelos órgãos ambientais, desde que em instalações licenciadas e também, é aplicada a uma grande variedade de resíduos (ascarel, embalagens, sacarias, bombonas, latas, tambores vazios, borras oleosas, lodos do tratamento de efluentes, óleo usado e resíduos associados, produtos

químicos, resíduos de pintura e outros revestimentos, solventes, entre outros) (MAROUN, 2006).

O co-processamento consiste no reaproveitamento de resíduos nos processos de fabricação de cimento. O resíduo é utilizado como substituto parcial de combustível ou matéria-prima e as cinzas resultantes são incorporadas ao produto final, o que deve ser feito de forma controlada e ambientalmente segura. Esses fornos também devem ter mecanismos de controle de poluição atmosférica, para minimizar a emissão de particulados (SOx e NOx). Esta é uma alternativa de baixo custo, freqüentemente utilizada para tratamento térmico de grande variedade de resíduos. Além disso, os resíduos podem ser reaproveitados energeticamente e, a técnica não gera cinzas, pois toda a matéria queimada é incorporada ao produto final (MAROUN, 2006). Entretanto, de acordo com a resolução CONAMA 264, alguns resíduos perigosos não podem ser co-processados, devido à sua composição, como resíduos domiciliares brutos, resíduos de serviços de saúde, radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins (BRASIL, 2000).

Considerando a disposição final dos rejeitos, muitos países têm adotado uma escala de prioridades a serem seguidas previamente a sua disposição. Em primeiro lugar, a geração deve ser evitada, caso contrário, ela deve ser reduzida. Se não for possível a redução, deve-se priorizar o reaproveitamento (reciclagem, recuperação ou reuso). Por fim, o resíduo deve ser incinerado ou o rejeito enviado para aterro industrial. A disposição em aterros é freqüentemente considerada a pior opção, pois além de ocupar grande espaço físico, existe o risco de contaminação do ar, água e solo, ao mesmo tempo em que faz menos uso do conteúdo energético dos resíduos em comparação com a incineração (DIJKGRAAF; VOLLEBERGH, 2004). Entretanto, as plantas de incineração também contribuem com externalidades, como as emissões atmosféricas e outros resíduos gerados mencionados anteriormente, além dos altos custos envolvidos. Assim, de acordo com Dijkgraaf e Vollebergh (2004), para propiciar a escolha entre essas alternativas, se faz necessária uma comparação sistemática entre todos os custos e benefícios envolvidos, principalmente o custo social.

2.3 Coleta Seletiva

O conceito de gerenciamento dos resíduos sólidos foi sendo desenvolvido e aprimorado ao longo dos anos, após intensa atividade humana, pois com a industrialização e a consolidação de um novo modo de vida, a geração de resíduos aumentou consideravelmente. Nenhum país na história conheceu tão grande ou tão rápido aumento na geração de resíduos sólidos como a China. Em 2004, segundo relatório do Banco Mundial, o país ultrapassou os Estados Unidos como o maior gerador de resíduos do mundo. Em 2030, a geração anual vai aumentar em mais 150%, o equivalente a aproximadamente 1.315.000 toneladas por dia (WORLD BANK, 2005). O Brasil, com seus 5.565 municípios, ocupando uma área total de 8.514.876,60 km², gera diariamente 182.728 toneladas de resíduos sólidos, representando uma geração per capita de 1,152 kg/hab/dia (ABRELPE, 2009). Ainda de acordo com a ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), a geração brasileira de resíduos sólidos intensificou-se no ano de 2009, em relação a 2008, representando um aumento de 7,7% na geração e 6,6% na geração per capita de resíduos. Vale ressaltar que, a população, nesse período, cresceu apenas 1%, o que indica crescimento real na quantidade de resíduos descartados.

O aumento na geração de resíduos sólidos também foi verificado em todas as regiões do Brasil, principalmente nas de maior concentração populacional, como é o caso da região Sudeste, cuja média de geração per capita ultrapassou 1,2 kg/hab/dia, valor esse superior a média verificada para os países-membros da Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) de aproximadamente 0,56 kg/hab/dia (OECD, 2008; ABRELPE, 2009). Em contrapartida, os índices referentes aos serviços de coleta seletiva e destinação final em aterro sanitário são superiores nessa região, em comparação com os índices verificados no país, ou seja, 78,7% e 71,2% contra 57% e 56,8%, respectivamente. Em relação à cidade de Piracicaba, localizada no interior do estado de São Paulo, a qual possui 364.872 habitantes, segundo dados preliminares do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010, a geração anual de resíduos sólidos nesse mesmo ano foi de 100.831,59 toneladas, representado uma geração per capita diária de 0,76 kg (SEDEMA, 2010). A Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente de Piracicaba (SEDEMA) anunciou, no ano de 2010, o lançamento de um

edital para contratação de Parceria Público-Privada (PPP) para a implantação de novo aterro sanitário, coleta e destinação de lixo doméstico, varrição de ruas e avenidas e instalação de uma unidade de tratamento de resíduos sólidos visando a biometanização dos resíduos orgânicos. A proposta dessa PPP é justamente solucionar a questão da destinação dos resíduos sólidos na cidade, já que até pouco tempo atrás, esses resíduos eram dispostos em aterro controlado sem critério técnico e, após assinatura do Termo de Ajustamento de Conduta com a CETESB, teve que enviar seus resíduos para disposição final em aterro sanitário localizado na cidade de Paulínia.

A reciclagem é umas das alternativas para o gerenciamento dos resíduos urbanos, pois trata o resíduo como matéria-prima, que pode ser reaproveitada para a produção de novos produtos para o consumo, trazendo benefícios, como a diminuição da quantidade de resíduos enviada para aterros sanitários, a diminuição da extração de recursos naturais e etc. No Brasil, as atividades de reciclagem de resíduos sólidos ainda registram índices insatisfatórios. No entanto, determinados setores apresentam índices mais expressivos, como é o caso do alumínio, que em 2009, registrou um índice de 98,2% (ABRELPE, 2009). Outros setores industriais estão entre as principais atividades de reciclagem no Brasil, como é o caso do papel, do plástico e do vidro. Entretanto, apresentam índices de reciclagem inferiores ao do alumínio, sendo 46% para papel de escritório e 80% para papel ondulado, 21,2% para o plástico e 47% para o vidro (CEMPRE, 2009).

No processo de reciclagem de materiais, a coleta seletiva é fundamental e consiste, basicamente, na separação e no recolhimento dos resíduos sólidos. A separação do lixo pode ser feita conforme haja a separação por grupos (seco reciclável / úmidos / perigosos) conhecida como Coleta Seletiva Simples, ou por materiais (papel / plástico / vidro / metal / radioativo / orgânico / não reciclável / perigoso / serviço de saúde), conhecida por Coleta Multiseletiva. O primeiro método é o preferido pelas diferentes cooperativas de catadores de resíduos recicláveis no Brasil, pois eles mesmos ficam responsáveis pela triagem, otimizando assim os recursos.

Em comparação com outros países como, a província de Ontario no Canadá a qual é uma das líderes mundiais em reciclagem de resíduos domésticos, o governo da mesma, em 2002, aprovou o *The Waste Diversion Act*, que dispõe sobre o desenvolvimento, implementação e operação de programas de gerenciamento de resíduos, e criou a *Waste Diversion Ontario*, responsável por comandar importantes programas de redução de resíduos como o *Blue Box Program* (CANADÁ, 2010). O escopo desse programa é amplo, pois abrange a separação de vários tipos de embalagens e materiais impressos, sendo que todos os recicláveis são depositados na mesma *Blue Box*, como vidro, metal, papel, plástico e têxtil, ou qualquer combinação desses (WDO, 2003).

No que diz respeito à Coleta Multiseletiva, existe no Brasil a resolução CONAMA 275 (BRASIL, 2001a) que estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos separados, conforme a Coleta Multiseletiva, a ser adotado na identificação de coletores. De acordo com o Art. 2º dessa resolução, “os programas de coleta seletiva, criados e mantidos no âmbito de órgãos da administração pública federal, estadual e municipal, direta e indireta, e entidades paraestatais, devem seguir o padrão de cores estabelecido”. Todavia, com essa padronização de cores, que surgiu na Europa, além de existir a dificuldade, por parte do usuário, de enquadrar alguns materiais, como as embalagens longa vida e os isopores, fazem com que o mesmo possa se sentir frustrado, ao observar que após o esforço de separar os resíduos por cores, esse material separado é misturado durante a coleta e a triagem realizadas pelas cooperativas¹. Outra desvantagem desse método está relacionada com o maior espaço físico requerido pelas lixeiras.

Os avanços adquiridos ao longo do tempo na área da coleta seletiva tornaram o processo de segregação mais objetivo para os geradores e de mais fácil operação para os cooperados. No entanto, esses avanços ainda não foram incorporados na legislação brasileira, pois a lei citada acima ainda se encontra em vigor no país (BRASIL, 2001a). Assim, muitas universidades, repartições públicas e privadas, que optem pela implantação de Programas de Coleta Seletiva podem vir a estabelecer diretrizes contrárias às pressupostas pela lei em vigor, para garantir melhores resultados.

¹ Informações retiradas de um site para a troca de informações sobre práticas sustentáveis na área de resíduos sólidos. Disponível em: http://www.lixo.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=137&Itemid=244. Acesso em: 29 de abr. 2010.

À medida que os temas relacionados aos resíduos sólidos ganham uma importância cada vez maior junto à sociedade, cria-se um ambiente favorável para aprovação de projetos de lei, os quais constituem-se em um instrumento imprescindível para a definição das estratégias direcionadas a solucionar cenários insustentáveis. No caso do Brasil, depois de mais de 19 anos em discussão no Congresso Nacional, foi aprovada a lei nº. 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). A Política regula os “*princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.*” Nesse passo, com a distinção entre resíduos e rejeitos, mencionada anteriormente nesse trabalho, a Política determina que a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (aterros sanitários), deva ser implantada até 3 de agosto de 2014. Em outras palavras, a partir desta data, os resíduos não poderão ser dispostos em aterros, tendo em vista a possibilidade de seu reaproveitamento ou reciclagem. Nota-se também, a presença inovadora do princípio do protetor-recebedor, que possibilita a compensação financeira pelas práticas protecionistas realizadas em favor do meio ambiente.

A lei apresenta, ainda, muitos instrumentos para a sua efetivação como, os planos de resíduos sólidos; os inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos; a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e etc. Em relação aos planos de resíduos sólidos, é definido como cada ente federativo deve gerenciar seus resíduos sólidos, sendo indispensável a implantação de programas integrados nas esferas nacional, estadual, regional e municipal, assim como, os setores empresariais também devem se adequar através de um plano de gerenciamento dos resíduos sólidos. Considerando os sistemas de logística reversa, eles impõem alterações significativas na vida de determinadas empresas, pois consiste no “*retorno dos produtos após o uso pelo consumidor ao seu fabricante ou importador, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos*”. Nesse caso, a relação de produtos restringe-se a: agrotóxicos; pilhas e baterias, pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista e; produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

O consumidor assume um papel essencial na escolha de tantas opções de materiais e produtos na hora da compra, pois, na maioria das vezes, ele é obrigado a consumir bens que se tornam funcionalmente inúteis após uso (OTVOS; SPERS, 2007; LAYRARGUES, 2002). Portanto, o consumidor é o principal ator no processo de logística reversa e, reduzir o consumo, implica diretamente em repensar o uso de materiais e evitar a geração do lixo. Por isso, é fundamental levar a Educação Ambiental ao consumidor, para que ele possa contribuir, efetivamente, para a eficácia da Política Nacional de Resíduos Sólidos. A promoção de atividades voltadas à capacitação profissional por intermédio da Educação Ambiental não-formal no espaço ocupacional atende ao disposto na Política Nacional de Educação Ambiental (BRASIL, 1999) que, em seu Art. 13, incentiva *“a participação de empresas públicas e privadas no desenvolvimento de programas de educação ambiental em parceria com a escola, a universidade e as organizações não-governamentais”*. Portanto, não é somente na escola que a Educação Ambiental acontece, pois ela não é a única instituição de formação. Quando voltada para o meio ocupacional, ela conduz os profissionais a uma mudança de comportamento e atitudes em relação, não somente ao meio ambiente interno, mas também ao meio externo às organizações (BIGLIARDI; CRUZ, 2007). Os eventos voltados à Educação Ambiental vêm se consolidando no Brasil como um espaço de encontro e oportunidades para diálogos e trocas de experiências entre palestrantes e participantes. Segundo Pelicioni (2000), os Programas de Educação Ambiental devem envolver o maior número de pessoas, com discussões em grupo e espaço para perguntas, utilizando técnicas de sensibilização na interpretação da complexidade da questão ambiental.

2.4 Aspectos Gerais dos Resíduos Gerados na APTA Pólo Centro Sul

Na APTA-PCS, entre os anos de 2009 e 2011, foram desenvolvidos vários projetos de pesquisa, principalmente relacionados à cana-de-açúcar (nutrição, adubação e melhoramento genético), compostagem de lodo de esgoto e cultivares de alho. Vale salientar que, em relação aos projetos na área da cana-de-açúcar, somente as etapas de amostragem e de preparo de amostras foram realizadas nas instalações da APTA-PCS, sendo que as análises foram realizadas em laboratórios

externos, não havendo, portanto, a geração de resíduos químicos na Instituição. Considerando os projetos relacionados à compostagem do lodo de esgoto e aos cultivares de alho, algumas análises foram realizadas na instituição, como as determinações de nitrogênio, carbono, taxa de consumo biológico de oxigênio e açúcares totais e redutores. Ao final dessas análises são gerados resíduos ambientalmente inadequados, contendo, principalmente, metais pesados, como cobre, cromo, zinco e níquel, cuja concentração limite para descarte é estabelecida pela resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

O nitrogênio agrega valor a lodos de esgoto por ser um nutriente essencial às plantas. Por outro lado, também é um fator que restringe as dosagens aplicáveis em solos agrícolas, devido aos riscos potenciais de lixiviação de nitrato (BOEIRA; MAXIMILIANO, 2006). Por isso, a determinação das concentrações de nitrogênio presentes no lodo de esgoto é de fundamental importância, pois as quantidades máximas anuais a serem aplicadas em determinados solos e culturas, deve ser igual à recomendação de adubação nitrogenada da espécie cultivada (CETESB, 1999). No projeto intitulado “Compostagem de lodo de esgoto e resíduos vegetais urbanos visando seu uso agrícola sustentável em solos agrícolas”, coordenado pela Dr. Edna I. Bertocini, foram determinadas as concentrações de N total (OHLWEILER, 1981; APHA, 1992; ANDRADE; ABREU, 2006;) e N-Nítrico + N-Amoniacal (BREMNER, 1965; KEENEY; NELSON, 1982; TEDESCO et al., 1995) em solos e em resíduos orgânicos sólidos. O nitrogênio pode aparecer na natureza como nitrogênio mineral, representado principalmente pelo nitrogênio amoniacal (NH_3 ou NH_4^+), nitrogênio nítrico (NO_2^- e NO_3^-) e nitrogênio orgânico. A soma entre N mineral e N orgânico resulta no teor de N total. A maioria dos métodos para determinação de N total ou mineral envolve como primeira etapa, a transformação de todas as formas nitrogenadas a amônio e, como segunda etapa, se faz a transformação do NH_4^+ em NH_3 gasosa e destilação desta. A determinação da NH_3 destilada pode ser feita recebendo a base destilada em excesso de ácido bórico (H_3BO_3) e titulando-se o $\text{NH}_4\text{H}_2\text{BO}_3$ formado com solução padrão de ácido forte (H_2SO_4 ou HCl), sendo gerado, ao final, um resíduo neutro.

A solução para análise ou extrato envolve, em muitos casos, a completa desintegração da amostra mediante ataque com ácidos fortes, misturas de ácidos com oxidantes ou mesmo fusão com agentes adequados. Para se determinar o N nítrico presente numa amostra, existe a necessidade de reduzi-lo à forma

amoniacoal, o que pode ser feito em meio ácido ou alcalino. Em meio ácido, utiliza-se a liga de Raney (50% níquel, 50% alumínio) como redutor e, em meio alcalino, emprega-se a liga de Devarda (50% cobre, 45% alumínio e 5% zinco). Esse método de digestão por via úmida, conhecido como método Kjeldahl, tem sido o mais utilizado para a análise de N total, embora sejam gerados resíduos contendo metais pesados provenientes das ligas metálicas. Vale ressaltar que, a resolução CONAMA 357 determina limites máximos de concentração de descarte para os metais presentes nessas ligas, quais sejam, cobre dissolvido ($1,0 \text{ mg L}^{-1} \text{ Cu}$), níquel total ($2,0 \text{ mg L}^{-1} \text{ Ni}$) e zinco total ($5,0 \text{ mg L}^{-1} \text{ Zn}$) (BRASIL, 2005). Outra alternativa de análise é o método automatizado de combustão via seca (Dumas). No entanto, utiliza um equipamento de alto custo (BOEIRA; MAXIMILIANO, 2006).

No estudo da compostagem de lodo de esgoto ainda foram realizadas determinações de carbono orgânico (CO), pelo método proposto por Walkley e Black (1934) e Andrade e Abreu (2006), as quais são essenciais para o monitoramento das condições do solo. O CO pode ser obtido pela: 1) análise do C total do solo e do C inorgânico e, posterior subtração dessa fração da total; 2) determinação do C total após remoção do C inorgânico; e 3) oxidação do CO por dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{-2}$) e subsequente determinação do dicromato não reduzido pela titulação de oxirredução com Fe^{2+} , ou por métodos colorimétricos (GATTO et al., 2009). Ainda segundo os mesmos autores, vários equipamentos automatizados que determinam simultaneamente, C, H e N, têm sido desenvolvidos. Entretanto, devido ao alto custo de aquisição do equipamento para o método de combustão via seca e também, por sua praticidade, os métodos baseados na oxidação química por dicromato são amplamente empregados nos laboratórios de rotina. Na digestão química, a amostra de solo é tratada a quente ou não, com uma mistura de dicromato de potássio, ácido sulfúrico e ácido fosfórico, em sistema fechado, sendo o excesso de dicromato, titulado com sulfato ferroso amoniacoal. No entanto, esse método apresenta grandes inconvenientes, dentre eles, a geração de resíduos tóxicos contendo cromo hexavalente, cuja concentração limite para descarte é estabelecida em $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ de cromo total (BRASIL, 2005).

No projeto mencionado acima, também foram realizados ensaios respirométricos (CETESB, 1999). As medidas respirométricas visam avaliar a degradação de materiais orgânicos incorporados aos solos. O método usado no projeto consiste na captura do CO₂ liberado do processo de decomposição da matéria orgânica, o qual é capturado diariamente por uma solução de NaOH padronizada, e desse modo, ao final do processo de decomposição, marcado pela estabilização das leituras de CO₂ liberado, consegue-se avaliar a % de carbono degradada daquele resíduo incorporado ao solo. De acordo com norma da CETESB (1999), se mais que 30% do carbono incorporado, via aplicação de resíduo, for degradado, o resíduo pode ser aplicado ao solo. Do contrário, o resíduo é considerado recalcitrante, não devendo ser disposto ao solo. Ao final das análises respirométricas, é gerada um resíduo contendo hidróxido de sódio 0,5 mol L⁻¹.

Em relação ao projeto dos cultivares de alho intitulado de “Aptidão de novos cultivares de alho para industrialização” foram necessárias determinações de açúcares totais e redutores em amostras de alho (pasta acidificada e alho frito), pela técnica de Lane-Eynon (CARVALHO et al., 1990), que é um método volumétrico de determinação de açúcares em reação de oxirredução. O monitoramento dos açúcares é de grande importância para o controle dos processos na indústria alimentícia em geral, principalmente no que se refere à melhoria da eficiência desses processos (DEMIATE, 2002). Nessa técnica, o nome Fehling encontra-se associado aos reativos utilizados na determinação. O Fehling A é composto por uma solução de sulfato de cobre (CUSO₄), enquanto o Fehling B apresenta hidróxido de sódio e tartarato duplo de sódio e potássio em sua composição. Segundo Demiate (2002), os açúcares solúveis (glucose, frutose e sacarose) apresentam em sua estrutura, uma função aldeídica e uma cetônica livres, que são capazes de reduzir, em alta temperatura, cátions como o Cu(II) a Cu(I), o que proporciona ao meio da reação, um precipitado vermelho-tijolo, na forma de óxido cuproso (Cu₂O) (Figura 1). No entanto, há de se considerar que, ao final de cada análise, é gerado um resíduo que contém cobre, nas formas de sulfato e de óxido precipitado, que não pode ser descartado. É importante ressaltar que a reação de oxirredução é conduzida sob ebulição para, entre outros fatores, dificultar a reoxidação do Cu₂O formado pelo contato com o oxigênio atmosférico.

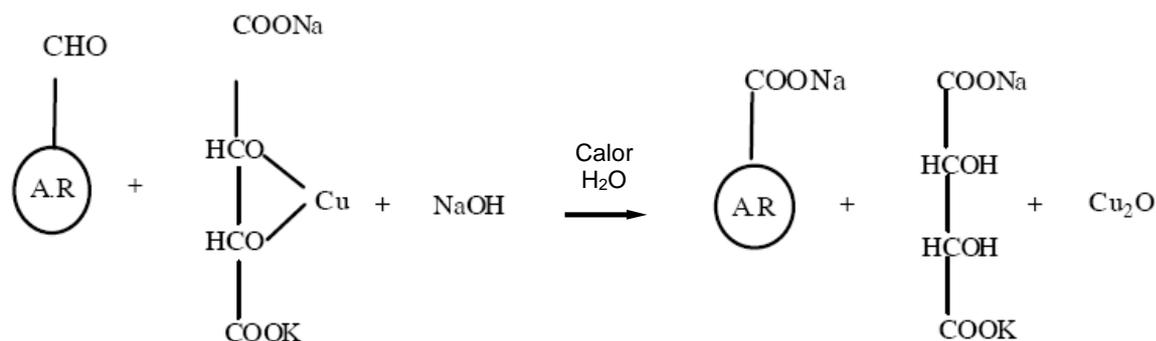


Figura 1 – Reação da determinação de açúcares redutores segundo a técnica de Lane-Eynon (LEHNIGER et al., 1995). A.R = açúcar redutor genérico

Além da geração dos resíduos químicos laboratoriais mencionada acima, a qual representa o ativo ambiental da instituição, a APTA-PCS também possui um passivo ambiental na forma de resíduos de produtos fitossanitários. São produtos das mais diversas classes (herbicidas, inseticidas, fungicidas, acaricidas e etc.) e ingredientes ativos, com classes de risco à saúde humana e de periculosidade ambiental diferentes. A lei federal nº. 7.802, no seu Art. 2º, inciso I, define o termo “agrotóxicos” como, “os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos” (BRASIL, 1989). A lei também define ingrediente ativo ou princípio ativo como, “agente químico, físico ou biológico que confere eficácia aos agrotóxicos e afins”.

A avaliação toxicológica desses produtos é efetuada pelo Ministério da Saúde e visa permitir a comercialização daqueles que, usados de forma adequada, não causem danos à saúde nem deixem resíduos perigosos sobre os alimentos. Já a avaliação da periculosidade ambiental realizada pelo IBAMA tem por objetivo permitir o uso apenas de produtos compatíveis com a preservação do meio ambiente (EMBRAPA, 2003). Ao final dessas avaliações, o produto recebe uma classificação quanto a sua classe toxicológica e periculosidade ambiental e, devem apresentar nos rótulos uma faixa colorida indicativa. Segundo a legislação federal supracitada, os agrotóxicos são classificados de acordo com a toxicidade em:

classe I – extremamente tóxico (faixa vermelha); classe II – altamente tóxica (faixa amarela); classe III – medianamente tóxica (faixa azul) e classe IV – pouco tóxica (faixa verde) e, de acordo com a periculosidade ambiental em: classe I – altamente perigoso (faixa vermelha); classe II – produto muito perigoso (faixa amarela); classe III – perigoso (faixa azul) e classe IV – pouco perigoso (faixa verde).

O conceito popular relacionado à toxicidade de agrotóxicos é de que a toxicidade oral aguda é o dado mais importante. No entanto, raramente alguém ingere um produto, sendo que, os maiores riscos de intoxicação humana estão relacionados ao contato do produto ou da calda com a pele. A via mais rápida de absorção é pelos pulmões; daí, a inalação constituir-se em grande fator de risco (EMBRAPA, 2003). Em relação à contaminação ambiental, principalmente do solo e da água, por perdas de agrotóxicos para áreas não-alvo, tem provocado críticas severas ao uso desses produtos e grandes preocupações, quando noticiados os efeitos nocivos que esses desperdícios provocam. Segundo estudo realizado por Barcellos et al. (2005), a segunda principal causa apontada para a poluição de recursos hídricos no Brasil está relacionada com o uso de agrotóxicos e de fertilizantes na agricultura (43%), atrás somente dos despejos de esgoto doméstico (75%). A contaminação direta da água pelo uso de fertilizantes e agrotóxicos ocorre, principalmente, pela aplicação e dispersão do agrotóxico, por fezes de animais contaminados; esgoto e despejo de restos de caldas e; a lavagem de tanques de equipamentos e, uma forma indireta quando, a contaminação é feita pelo processo de lixiviação e pelo manuseio inadequado (BARREIRA; PHILIPPI JUNIOR, 2002).

Nesse mesmo estudo realizado por Barcellos et al. (2005), os autores também pesquisaram sobre as principais causas de contaminação do solo e, nesse caso, o uso de fertilizantes e agrotóxicos foi apontado como a principal causa (63 %). A contaminação no solo pelo uso de fertilizantes e agrotóxicos pode ser de forma direta como, no ato da aplicação, quando o produto é lançado diretamente no solo ou, quando há vazamento ou derramamento do equipamento, por má conservação ou uso inadequado ou, de forma indireta, quando o solo recebe os agrotóxicos por várias fontes como, por exemplo, pela incorporação dos restos de cultura tratada, pela ação do vento e lavagem das plantas pela água de chuva ou de irrigação (BARREIRA; PHILIPPI JUNIOR, 2002).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

A Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) é vinculada à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo e tem a missão de coordenar e gerenciar as atividades de ciência e tecnologia voltadas para o agronegócio. Sua estrutura compreende os Institutos Agrônomo (IAC), Biológico (IB), Economia Agrícola (IEA), Pesca (IP), Tecnologia de Alimentos (ITAL) e Zootecnia (IZ), e ainda, 15 Pólos distribuídos estrategicamente no Estado de São Paulo, bem como o Departamento de Gestão Estratégica (DGE). Dentre essa relação de unidades, destaca-se o Pólo Centro Sul², sediado em Piracicaba-SP (Figura 2), na rodovia SP 127, km 30, e que atende a 40 municípios circunvizinhos, desenvolvendo pesquisas nas seguintes áreas: cana para alimentação animal; controle de matoespécies em cana; nutrição e adubação de cana; produção orgânica; agricultura familiar; adubação verde; plantas aromáticas e medicinais; bancos de germoplasma; cultivares de goiaba para indústria; suinocultura e com merecido destaque em pesquisas de melhoramento genético para obtenção de cultivares de cana-de-açúcar mais produtivos, com maior teor de sacarose, resistentes às doenças e indicados para colheita mecânica. A condução dessas pesquisas, grande parte delas realizadas na própria área da APTA-PCS (254 ha), tem contribuído fortemente não somente para o desenvolvimento regional, mas também em inovação científica e tecnológica, fortalecendo a economia do agronegócio.

² <http://www.aptaregional.sp.gov.br>. Acesso em: 13 de fev. 2011.

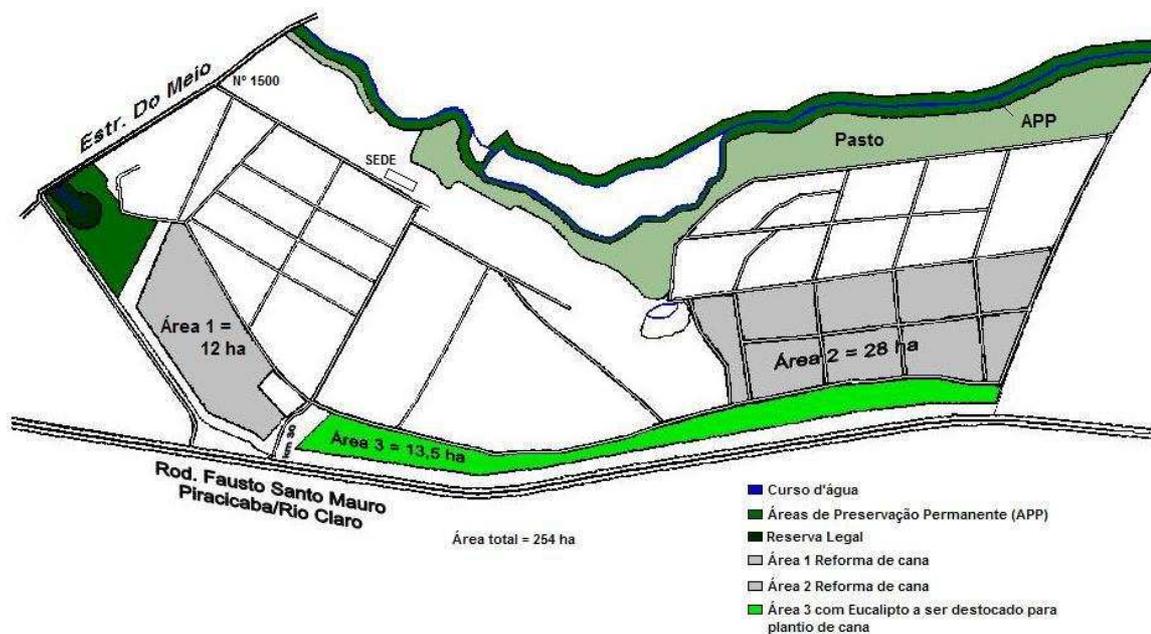


Figura 2 – Área ocupada pela fazenda experimental da APTA-PCS

3.2 Materiais

3.2.1 Reagentes

Os reagentes empregados no tratamento e análises químicas foram: metabissulfito de sódio comercial; hidróxido de sódio comercial; sulfeto de sódio nonahidratado comercial, peróxido de hidrogênio comercial; ácido sulfúrico concentrado; ácido clorídrico comercial, ácido nítrico 65% p.a.; solução estoque de cobre 100 mg L^{-1} , solução estoque de cromo, soluções residuais contendo cromo e cobre, coletadas junto aos laboratórios da APTA-PCS e água desionizada.

3.2.2 Vidrarias

As principais vidrarias utilizadas foram: balões volumétricos de 10, 50, 100, 250 e 1.000 mL; béqueres de 50, 80, 500 e 4.000 mL; erlenmeyers de 250; 500 e 1.000 mL; provetas graduadas de 50, 100, 250, 1.000 e 2.000 mL; pipetas volumétricas de 200 μL , 1.000 μL , 5 mL e 10 mL.

3.2.3 Equipamentos

Espectrofotômetro de Absorção Atômica Perkin Elmer, modelo 3110; Fotômetro de Chama Digimed DM-61; Agitador magnético Fisaton, modelo 750A; centrífuga IEC Centra GP8; balança eletrônica digital And, modelo ER-182A (escala 0,0001g); balança Balmak, modelo MP-2 Classe III; medidor de pH Testo 230; medidor de condutividade Testo 240; cronômetro digital Cronobio SW-2018 e equipamentos de segurança individual e coletiva (bota, luva, óculos, macacão Tyvek, jaleco, respirador semi facial 3M com cartucho químico para vapores orgânicos e capela especial para manuseio e processamento dos materiais perigosos).

3.2.4 Outros materiais e produtos

Bombonas; coletores para coleta seletiva; resíduos sólidos domiciliares; 3 pares de coluna de acrílico (aniônica e catiônica – separadas), com dimensões de 1.000 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro, preenchidos com resina catiônica Amberjet 1200 Na e aniônica Amberlite IRA 410; baldes graduados Kaplas, modelo 20757 capacidade 20 L; 3 barris d'água graduados Kaplas, modelo 042506 (55,5 cm de altura e 33 cm de diâmetro) capacidade 50 L; 10 m de tubo nylon PA6 natural (8,0 x 6,0 mm); 1 m de mangueira silicone (6,0 x 12,0 mm); 12 parafusos de inox (1/4 x 1 + 1/2 pol); 24 parafusos de inox allen (304 NC 1/4 x 1 pol); 6 anéis o-ring 2244; fita indicadora Merck de pH 0-14 e papel de filtro para filtração rápida FRAMEX 389¹ (faixa preta).

3.3 Métodos

3.3.1 Inventário do ativo e do passivo

Durante o planejamento de um PGRQ, uma atividade importante a ser realizada é o levantamento dos aspectos ambientais, que nesse caso, resume-se a geração dos resíduos.

O inventário do passivo é baseado no levantamento de informações qualitativas e quantitativas para preenchimento de uma ficha, adaptada para resíduos fitossanitários, a qual é utilizada pelo Departamento de Infraestrutura de

Santa Catarina durante levantamentos de passivos ambientais em rodovias. A descrição detalhada desse método é apresentada no item 3.4.1.

Em relação ao inventário dos ativos, representado pelos resíduos laboratoriais, propõe-se o preenchimento de um formulário por parte dos pesquisadores (Figura 3). Nesse formulário, o pesquisador (gerador) deve mencionar qual método de análise a ser utilizado e sua referência, o tipo do resíduo, o volume gerado e uma previsão da geração desse resíduo. O conhecimento de tais informações é necessário, pois de posse de cada referência, é possível determinar qual resíduo é gerado e, principalmente, sua concentração. O volume esperado e a previsão de sua geração também são importantes para que se possa ter uma idéia da necessidade de armazenamento em relação à quantidade de frascos e espaço físico.

Nome do gerador: _____
Metodologia: _____
Resíduo gerado: _____ _____
Volume gerado: <input type="checkbox"/> até 1 L mês ⁻¹ <input type="checkbox"/> até 10 L mês ⁻¹ <input type="checkbox"/> > 10 L mês ⁻¹
Previsão de geração: <input type="checkbox"/> imediato <input type="checkbox"/> até 6 meses <input type="checkbox"/> > 6 meses
Observações: _____

Figura 3 – Ficha a ser utilizada no inventário dos resíduos químicos laboratoriais

Para o inventário do outro ativo ambiental, relacionado aos resíduos sólidos, propõe-se a realização de um diagnóstico envolvendo coletas referentes a um período de dois dias de acumulação. Esse diagnóstico foi repetido semanalmente, durante o período de 1 mês. Como o inventário é uma das etapas do Programa de Coleta Seletiva da APTA-PCS, a sua metodologia de levantamento de informações encontra-se detalhada no item 3.3.3.4 (2ª Etapa).

3.3.2 Propostas para o gerenciamento de resíduos na APTA Pólo Centro Sul

O PGRQ deve assegurar que todos os resíduos serão gerenciados de forma apropriada e segura, desde a geração até a destinação final. Assim, para a implementação e operação do PGRQ da APTA-PCS definem-se os seguintes itens:

- **Estrutura e Responsabilidade:** onde o fornecimento de toda a estrutura necessária para a gestão dos resíduos é da competência do diretor da instituição e a responsabilidade por cada atividade componente do PGRQ é atribuída aos pesquisadores geradores dos resíduos;
- **Treinamento, Competência e Consciência:** o treinamento para pesquisadores e estagiários fundamenta-se no fornecimento de informações relativas às características e os riscos inerentes ao trato de cada tipo de resíduo, à orientação quanto à execução das tarefas de coleta, transporte e armazenamento e, à utilização adequada de equipamentos de proteção individual – EPI, necessários às suas atividades. Essas informações estão compiladas em um Manual de Laboratório em função das análises realizadas nos laboratórios. Para procedimentos de emergência, em caso de contato ou contaminação com o resíduo, tanto individual quanto ambiental, recomenda-se a utilização de fichas MSDS (*Material Safety Data Sheets*) e FISPQ (Ficha de Informação de Segurança do Produto Químico). Em relação à competência, propõe-se a avaliação das pessoas com conhecimento técnico necessário para conduzir os processos, nesse caso, os pesquisadores. Propõe-se, também, o debate em relação à redução, reuso e reciclagem de resíduos em um evento de Educação Ambiental;
- **Segregação e Acondicionamento:** a maneira mais racional de se manter o resíduo numa forma que facilite sua destinação final é segregá-lo em diferentes correntes. Os critérios de segregação utilizados referem-se à separação dos resíduos que possam gerar condições perigosas quando combinados e, evitar a mistura de resíduos de classes distintas de periculosidade ou incompatíveis entre si. Assim, a partir do diagnóstico do ativo, recomenda-se a disponibilização de recipientes com diferentes volumes, para armazenamento provisório de resíduos líquidos, e também, para sólidos (metais precipitados, por exemplo) que serão encaminhados para destinação final (tratamento, reaproveitamento ou reciclagem) ou disposição

final em Aterro Industrial Classe I. Para isso, recipientes com volumes de 5 L, 30 L e 50 L são comumente utilizados (Figura 4). Propõe-se também, que esses recipientes sejam identificados através de um rótulo padrão contendo informações importantes para o correto gerenciamento, como concentração dos constituintes do resíduo, quantidade armazenada, gerador responsável e data da geração (Figura 5). A descrição detalhada sobre a recomendação para a segregação e o acondicionamento dos resíduos sólidos é apresentada no item 3.3.2.4 (3ª Etapa).



Figura 4 – Recipientes com diferentes capacidades para armazenamentos dos resíduos

	Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - Pólo Centro-Sul
FICHA DE IDENTIFICAÇÃO DE RESÍDUO	
Constituinte(s): _____	
Concentração: _____	
Quantidade: _____	
Gerador: _____	
Data: ____/____/____	
SE NÃO ESTIVER HABILITADO, NÃO MANIPULE ESTE PRODUTO	

Figura 5 – Rótulo para identificação dos resíduos químicos gerados na APTA-PCS

- **Pré-tratamento:** Em muitos casos, os resíduos requerem algum tipo de pré-tratamento antes do seu próximo encaminhamento (tratamento ou disposição final). Em relação aos resíduos químicos laboratoriais, recomenda-se como pré-tratamento, processos físicos que englobam a filtração, para resíduos que contenham sólidos finos e, separação gravitacional, para sólidos de maior granulometria. Para os resíduos sólidos recicláveis, como embalagens longa vida e plásticas em geral, propõe-se como pré-tratamento, a lavagem e secagem desse material antes do seu descarte.
- **Técnicas de tratamento:** Recomenda-se o emprego de técnicas como, a precipitação química e neutralização ácido/base. É importante ressaltar que, essas técnicas, na maioria das vezes, são utilizadas em sequência para o tratamento do mesmo resíduo.
- **Procedimentos de segurança:** A proposta para esse item é a de informar o gerador do resíduo sobre quais procedimentos e equipamentos de proteção (individual e coletiva) são recomendados durante a realização das etapas de cada análise e geração de cada resíduo. Essas recomendações incluem o uso de EPIs (jalecos, luvas, óculos e máscaras) e EPCs (capela com exaustão) apropriados para cada etapa da análise. Para garantir a disseminação dessas recomendações, com a troca constante de estagiários, as mesmas constam no Manual do Laboratório.
- **Destinação final:** Para a destinação final dos resíduos fitossanitários, recomenda-se a incineração. Em relação aos resíduos sólidos domiciliares, para os não recicláveis, recomenda-se o envio para aterro sanitário, sendo a coleta de responsabilidade da Prefeitura de Piracicaba e, para os recicláveis, propõe-se que os mesmos sejam encaminhados para a Cooperativa dos Recicladores Solidários. Para os resíduos químicos laboratoriais recomenda-se o emprego de técnicas como, a precipitação química, a neutralização ácido/base, a oxirredução e a secagem sob irradiação solar.
- **Disposição final:** Para os rejeitos químicos não passíveis de reaproveitamento ou reciclagem, nesse caso, rejeitos da precipitação de metais, recomenda-se o encaminhamento para Aterro Industrial Classe I.

3.3.2.1 Resíduos fitossanitários

O inventário dos agrotóxicos armazenados no depósito da APTA-PCS fundamenta-se em dois procedimentos investigativos: (1) diagnóstico qualitativo, baseado no levantamento de informações relacionadas aos agrotóxicos no qual, para cada ingrediente ativo (IA), foram observados, nos próprios rótulos dos produtos ou então na literatura específica, parâmetros como grupo químico, classe toxicológica, periculosidade ambiental e etc.; (2) diagnóstico quantitativo baseado na tabulação desses dados, na qual a partir da concentração de cada IA e do respectivo volume do produto, obteve-se a quantidade (kg) de cada IA armazenado no depósito. Propõe-se executar o diagnóstico qualitativo estabelecendo como condição um tempo máximo de permanência diária no depósito de uma hora e meia, para reduzir a exposição aos produtos.

Para viabilizar a execução dos dois procedimentos investigativos acima descritos, torna-se fundamental a organização do local, para reduzir riscos e prevenir contaminação ambiental e ocorrência de acidentes. Com a organização das instalações, é facilitada a coleta das informações qualitativas e quantitativas e permitida a compilação desses dados em planilhas EXCEL e, os principais resultados do inventário são descritos em uma ficha adaptada, considerando como modelo, a ficha utilizada para levantamento de passivos ambientais em rodovias proposta pelo Departamento de Infraestrutura (DEINFRA) de Santa Catarina³. Na ficha em questão constam informações a respeito de cada passivo individualmente, tais como identificação do local (campo 1); localização, identificação e dimensões do passivo (campo 2); histórico da ocorrência (campo 3); tipo de passivo (campo 4); análise qualitativa da ocorrência (campo 5); enquadramento do passivo (campo 6) e imagens fotográficas considerando os principais ângulos de vista (campo 7). Vale ressaltar que, o uso dessa ficha é de extrema importância para relatar, de forma clara e objetiva para a diretoria da APTA-PCS, as informações levantadas no inventário.

De posse dessas informações, podem ser tomadas as decisões a respeito do reaproveitamento e destinação final dos produtos. Os agrotóxicos que apresentarem características que impossibilitem a sua utilização serão encaminhados para a

³http://www.deinfra.sc.gov.br/downloads/relatorios_e_documentos/programa_bid/relatorio_de_avaliacao_ambiental/procedimentos_para_levantamento_de_passivos_ambientais.pdf. Acesso em: 27 jan 2009.

incineração. Opta-se por essa via de destinação final, pois de acordo com a resolução CONAMA, é proibida a destinação via co-processamento desses resíduos (BRASIL, 1999b). Os recipientes os produtos a encaminhados para a incineração são identificados através de um rótulo padrão, em termos do nome comercial dos produtos e volume, o qual designa o material armazenado como “*Resíduo Perigoso*”, conforme consta na Figura 6.

RESÍDUO PERIGOSO

FORMULÁRIO PARA DISPOSIÇÃO

DATA: ____/____/____

LISTA DE COMPONENTES	VOLUME
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
7.	
8.	
9.	
10.	

VOLUME TOTAL

Figura 6 – Rótulo padrão a ser utilizado nos recipientes para armazenamento dos produtos a serem encaminhados para a incineração

Os agrotóxicos que apresentarem características que possibilitem a sua utilização são encaminhados para as instalações de um novo depósito, a ser planejado somente para o armazenamento de produtos utilizados em rotina na APTA-PCS. A descrição mais detalhada desse depósito é apresentada no item 4.1.

3.3.2.2 Soluções residuais contendo cromo

O método de tratamento utilizado é amplamente utilizada pelo Grupo Gestor de Resíduos do CENA/USP (GIOVANNINI et al., 2008), onde soluções residuais de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), contendo cromo hexavalente, são geradas no método de determinação de Biomassa C em material vegetal. O resíduo proveniente de determinações de carbono contêm cromo na forma hexavalente (VI) que é solúvel em pH ácido ou alcalino e apresenta coloração alaranjada escura. Para que ocorra a sua remoção é necessário que o mesmo seja reduzido para a forma de cromo trivalente (III) em pH ácido (inferior a 2,5). O fim da reação pode ser detectado visualmente pela formação de cor verde escura característica do Cr (III). A reação de oxirredução se dá mediante a dosagem de metabissulfito de sódio ($Na_2S_2O_5$) de acordo com a Equação 1.



O cromo trivalente formado é menos tóxico que a sua forma hexavalente, mas mesmo assim não deve ser descartado. A remoção do Cr (III) da solução residual é possível utilizando-se da precipitação química com hidróxido de sódio, por exemplo. A base é adicionada até alcançar o pH ótimo de precipitação ($pH > 8,5$) e, por conseguinte, ocorre a formação de duas fases: o sobrenadante que será descartado após neutralização, e o precipitado (lodo) que deve ser seco e destinado como resíduo sólido.

É importante salientar que, recomenda-se que o método de tratamento de resíduos líquidos contendo cromo proposta por Giovannini et al. (2008), seja validado para o resíduo gerado na APTA-PCS. Na implementação dessa metodologia, recomenda-se a realização de testes preliminares em escala reduzida (50 mL do resíduo). Para verificar a eficácia do tratamento em relação a condições não ideais como, quantidade insuficiente do agente redutor e pH abaixo e acima do recomendado, propõe-se a separação de algumas amostras do resíduo para análise da concentração total de cromo presente no resíduo e do sobrenadante e compará-las com a concentração de descarte estabelecida pela resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005). O método analítico empregado é a espectrometria

de absorção atômica e as amostras são mantidas em pH 2 preservadas em ácido nítrico. Para a determinação das amostras e do branco analítico prepara-se uma curva de referência com concentrações conhecidas de cromo (0; 0,5; 1; 2; 3; 4 e 5 mg L⁻¹).

3.3.2.3 Soluções residuais contendo cobre

Nos testes iniciais para desenvolver um método de tratamento para o resíduo gerado durante as análises de açúcares totais e redutores, considera-se a possibilidade de ressolubilização do cobre precipitado na forma de óxido, ao longo do tempo de armazenamento.

Mediante o exposto, duas amostras, representativas do volume estocado, são preparadas para a determinação da concentração de cobre solúvel no resíduo. Para compor a primeira amostra, todo o resíduo gerado é homogeneizado e, após a precipitação do Cu₂O, retira-se uma alíquota. Já para a segunda amostra, no momento da geração do resíduo, o mesmo é filtrado sendo armazenado no galão somente o sobrenadante. O objetivo na diferenciação das amostras é avaliar uma possível ressolubilização do cobre. Se isso ocorrer, e se a ressolubilização acontecer de forma acentuada, o gerenciamento desse resíduo pode ser voltado somente para a sua filtração no instante da geração, removendo o precipitado, neutralizando o sobrenadante e efetuando o seu descarte, desde que a concentração de cobre esteja de acordo com o limite para descarte.

Para a determinação da concentração de cobre nas amostras preservadas em ácido nítrico, prepara-se uma curva de referência com concentrações conhecidas de cobre (0; 0,25; 0,5; 1; 2 mg L⁻¹ de Cu) e adota-se como condições analíticas, chama ar-acetileno e comprimento de onda de 324,7 nm em espectrofotômetro de absorção atômica Perkin Elmer Modelo 3110.

A remoção do cobre é avaliada através da sua reação estequiométrica com o sulfeto de sódio (Na₂S) em solução, na concentração de 80 g L⁻¹ (Equação 2). O fator determinante para escolha de remover o cobre na forma de sulfeto é o seu baixo produto de solubilidade ($9,0 \times 10^{-36}$), o que teoricamente apresenta os melhores resultados em termos de remoção do cobre. Devido à natureza do reagente (cristais brancos higroscópicos), também realizam-se testes promovendo a reação com o reagente sólido.



Nos testes empregando o Na_2S , utiliza-se também peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para oxidar o sulfeto em excesso (AFONSO et al., 2003). A proporção estequiométrica a ser adicionada entre H_2O_2 e Na_2S é de 4:1 (Equação 3).



Em relação ao gerenciamento do resíduo sólido gerado após a reação de precipitação, propõe-se a realização de testes para secagem desse material sob irradiação solar. O resíduo é disposto em bandejas plásticas, em Casa de Vegetação, sendo revolvido a cada 2 dias.

3.3.2.4 Implantação da coleta seletiva

O processo de implantação do Programa de Coleta Seletiva nas instalações da APTA-PCS segue algumas das etapas propostas por Corrêa et al. (2002), conforme a descrição:

1ª ETAPA: Diagnóstico sobre os hábitos ou práticas do dia a dia relativo a resíduos domésticos

Para reconhecer o que condiciona os hábitos dos funcionários da APTA-PCS, recomenda-se a realização de um diagnóstico sobre as práticas do dia a dia relativas aos resíduos domésticos e para isso, aplica-se um questionário (Anexo 1). A estrutura do questionário é composta por três seções, sendo que, para atingir o objetivo de cada seção, existe um número variado de questões nas formas objetiva ou dissertativa (Tabela 1). As Seções I e II envolvem informações não somente relacionadas aos entrevistados, mas também a respeito de seus familiares, pois entende-se que as práticas de separação de resíduos domésticos são eventualmente determinadas pelos agregados familiares. Já a Seção III está centrada na percepção e postura do indivíduo sobre a temática, bem como qual o seu conhecimento adquirido. É importante salientar que a identificação do funcionário não é obrigatória, para que o mesmo possa ter a liberdade de responder as questões sem futuros constrangimentos.

Tabela 1 – Estrutura do questionário aplicado a comunidade da APTA-PCS

Seção	Objetivos	Questões
I Informações relacionadas ao funcionário e sua família	Caracterizar o perfil do funcionário	1,2,3,5
	Caracterizar os hábitos familiares relacionados às refeições e o destino dado aos resíduos gerados	4,6,7
II Informações relativas à geração de resíduos domésticos	Identificar quais tipos de resíduos o funcionário e sua família produzem	8,9
	Identificar práticas de separação de resíduos domésticos	10,11
III Informações relativas à necessidade de gestão de resíduos domésticos	Identificar a percepção dos entrevistados e de sua família sobre a sua consciência frente à separação de resíduos domésticos	12,13
	Identificar conhecimentos sobre separação de resíduos	14,15
	Identificar posturas condizentes que estão indiretamente relacionadas à gestão de resíduos domésticos	16,17

Não há critério para a seleção do público alvo, pois devido ao número reduzido de funcionários (45 pessoas), opta-se por aplicar os questionários em toda a comunidade da APTA-PCS. Durante a entrega dos questionários, recomenda-se uma apresentação sobre o mesmo através de informes gerais sobre o objetivo da pesquisa.

2ª ETAPA: Diagnóstico dos resíduos sólidos gerados na APTA-PCS

Para a caracterização dos resíduos sólidos, recomenda-se a metodologia adotada pelo USP Recicla⁴, que é um programa voltado à gestão de resíduos sólidos e educação ambiental, que atua desde o ano de 2003 nas instalações do CENA/USP. O primeiro passo refere-se ao reconhecimento da área, identificando nas instalações da APTA-PCS, pontos de geração de resíduos. A etapa seguinte é baseada na caracterização dos resíduos sólidos para levantamento de dados

⁴ Contato pessoal com a Educadora do USP Recicla Ana Maria de Meira.

quantitativos e qualitativos. A metodologia envolve coletas referentes a um período de dois dias de acumulação, havendo coletas semanais, no período de um mês. O processo de triagem baseia-se na classificação dos resíduos em papel, plástico, metal, vidro, não reciclável, orgânico e sanitário, os quais acabam sendo segregados de acordo com os tipos de materiais pertencentes a cada classe (Tabela 2) e são posteriormente pesados. Os resíduos orgânicos e sanitários são submetidos apenas a pesagem.

Tabela 2 – Segregação dos resíduos por tipo de material em relação à classe

Classificação	Tipo de Material
Papel	Sulfites; jornais; papelões; papéis coloridos; papéis de presente; revistas; embalagens em geral.
Plástico	Vasilhas e tampas; tubos de PVC; CDs e disquetes; embalagens PET, sacos e sacolas.
Metal	Latas de alumínio e aço; embalagens de marmitex; fios, pregos e arames; chapas.
Vidro	Frascos de reagentes limpos e sem rótulos; vidrarias de laboratório limpas; copos e garrafas; potes e cacos.
Não Reciclável	Bitucas de cigarro; canos; cerâmica e porcelanas; cliques e grampos; embalagens sujas ou molhadas; espelhos; esponjas de aço; espumas e isopores; guardanapos; lâmpadas incandescentes; latas de tintas, verniz e solventes; lenços de papel; madeiras; papéis adesivos; plásticos aluminizados; papéis carbono e plastificados; papéis sanitários.
Orgânico	Sobras de comida; pão embolorado; pó de café; legumes, frutas e verduras estragadas.
Papel Sanitário	Não aplicável.

3ª ETAPA: Aquisição e distribuição dos coletores e destinação final do “lixo”

Os dados do diagnóstico dos resíduos sólidos e da análise de toda a estrutura interna e externa dos prédios da APTA-PCS, servem de parâmetro para definir em quais locais existe maior descarte de resíduos e, por conseguinte, definir qual o tamanho mais apropriado e quantidade de coletores para cada local. Ao mesmo tempo, seleciona-se também o método a ser implantado para a coleta seletiva dos resíduos sólidos, o qual influencia diretamente no número apropriado de lixeiras.

Com base no exposto acima e também na experiência do USP Recicla, recomenda-se pela implantação da Coleta Seletiva Simples na APTA-PCS, já que esse método é o adotado pelas cooperativas brasileiras. A partir dos dados da contagem pontual do lixo, torna-se possível determinar o volume das lixeiras para as diferentes instalações da APTA-PCS. Assim, propõe-se que, nas áreas comuns e nos laboratórios de preparo de amostras, sejam distribuídos coletores com volumes de 40 L e 50 L, respectivamente (Figura 7). Para a coleta seletiva nas casas que se encontram na área da APTA-PCS, recomenda-se um conjunto de tambores nas cores vermelha e verde com volume de 200 L (Figura 7). Assim, recomenda-se a distribuição de 18 coletores nas instalações da APTA-PCS.



Figura 7 – Coletores para coleta seletiva

Os coletores são distribuídos aos pares para segregação de resíduos recicláveis e não recicláveis nas cores vermelha e verde, respectivamente (Figura 7). Além disso, propõe-se a distribuição de coletores nas cores amarela, para segregação de pilhas e baterias e, marron para separação dos resíduos orgânicos (Figura 7). Recomenda-se a identificação de todos os coletores de acordo com os rótulos ilustrados na Figura 8.



Figura 8 – Etiquetas adesivas

Para o recolhimento dos materiais recicláveis (papel, plástico, metal) recomenda-se firmar um acordo com a cooperativa Reciclador Solidário de Piracicaba. Já para as lâmpadas fluorescentes, pilhas e baterias, o descarte é realizado em um ponto próximo a APTA-PCS (Zoológico Municipal - Avenida Marechal Castelo Branco, 426) onde a Prefeitura de Piracicaba, via Secretaria Municipal de Defesa do Meio Ambiente, disponibiliza coletores para a população com o intuito de eliminar alguns dos passivos ambientais mais problemáticos da cidade. Em relação ao vidro, após a sua separação, o mesmo é vendido e, a renda é revertida para o próprio Programa de Coleta Seletiva.

4ª ETAPA: Atividades de Treinamento e Educação Ambiental

Propõe-se a realização de um evento de Educação Ambiental nas instalações da própria APTA-PCS, cujo público-alvo, seja toda comunidade da APTA-PCS (pesquisadores, alunos de pós-graduação e graduação, técnicos, oficiais de campo residentes), pois a discussão e a reflexão junto aos agentes envolvidos na implantação da coleta seletiva são elementos fundamentais do processo (DELEVATI, 2007).

A programação do evento deve ser estruturada de forma a proporcionar atividades para o dia todo, conforme descrito na Tabela 3. Na primeira palestra intitulada “Lixo: Problema de quem?”, a ser proferida pela Educadora do USP Recicla Ana Maria de Meira, o objetivo é sensibilizar os participantes quanto a problemática do lixo e motivá-los à assumir sua responsabilidade como cidadão. Na segunda palestra “Programa de Gerenciamento de Resíduos da APTA Pólo Centro Sul – Implantação da Coleta Seletiva”, a ser ministrada pela mestrandia Nadia Valério Possignolo, propõe-se a discussão dos resultados de todas as etapas do Programa de Coleta Seletiva. Vale ressaltar que, durante o evento, recomenda-se que alguns coletores fiquem expostos na área de apresentação das palestras, para que os participantes possam esclarecer suas dúvidas.

Tabela 3 – Programação proposta para o evento de Educação Ambiental na APTA-PCS

Atividade
Abertura
Fábio Luis Ferreira Dias – Diretor do Pólo Centro Sul José Roberto Ferreira – Pesquisador do Pólo Centro Sul José Albertino Bendassolli – Grupo Gestor de Resíduos do CENA/USP
Palestra: Lixo: Problema de quem?
Ana Maria de Meira – Educadora do USP Recicla
Intervalo
Palestra: Programa de Gerenciamento de Resíduos do APTA Pólo Centro Sul – Implantação da Coleta Seletiva
Nadia Valério Possignolo – Mestranda em Ciências – CENA/USP
Almoço
Oficina de Sabão
Ana Maria de Meira – USP Recicla
Intervalo
Oficina de Compostagem
Ramom Weinz Morato e Marina Yasbek Reia – CEPARA/ESALQ/USP
Encerramento

Na parte da tarde propõe-se a programação de atividades práticas como, oficinas de sabão, a partir do óleo usado, e compostagem, com Ana Maria de Meira, Ramom Weinz Morato e Marina Yasbek Reia (CEPARA/ESALQ/USP), respectivamente. A relação dos materiais a serem utilizados nas oficinas está apresentada na Tabela 4. Recomenda-se que o óleo e os resíduos orgânicos a serem utilizados nas oficinas sejam coletados nas próprias casas dos residentes na APTA-PCS.

Tabela 4 – Materiais a serem utilizados nas oficinas durante o evento de Educação Ambiental a ser realizado na APTA-PCS

Oficina de Sabão	Oficina de Compostagem
1 kg de soda cáustica	2 a 3 baldes de resíduos orgânicos
4 L de óleo usado e peneirado	10 baldes de palha de grama seca
1 L de água	1 pá
1 balde plástico	1 enxada
1 cabo de vassoura	1 regador com água
1 medidor para 1 L	1 par de luvas
7 caixas de leite Tetra Pak	
1 par de luvas	
1 máscara	

5ª ETAPA: Avaliação do desempenho ambiental do programa de coleta seletiva

De acordo com Nobre e Collares (2007), a inserção de um programa de coleta seletiva constitui um dos pilares de qualquer sistema de gestão eficiente. Entretanto, para que essa iniciativa alcance seus objetivos é necessário que exista um controle transparente e sistemático das atividades com vistas à melhoria contínua do programa, o qual se dá através de indicadores, que são instrumentos condutores, elaborados para simplificar, quantificar, analisar e comunicar os resultados (BUTZKE et al., 2001).

Recomenda-se que a avaliação do Programa de Coleta Seletiva seja feita através do uso de indicadores. Durante a definição dos indicadores, propõe-se que a criação dos mesmos dependa de informações facilmente obtidas e, que seja baseada em três fundamentos de análise: (1) consumo; (2) participação e; (3) ambiental. Na Tabela 5 são apresentados os indicadores para cada fundamento de análise.

Tabela 5 – Indicadores a serem utilizados na avaliação do Programa de Coleta Seletiva com seus respectivos fundamentos de análise e método de obtenção dos dados

Fundamento	Ação	Indicadores
Análise do consumo	Quantificação dos resíduos gerados (kg dia^{-1} , kg mês^{-1} , $\text{kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)	Geração total de resíduos Geração per capita de resíduos Consumo de materiais descartáveis Consumo de papel
Análise da participação	Questionário	Quantidade de cópias entregues Quantidade de cópias devolvidas
	Palestras Oficinas	Número de participantes Verificação da compreensão do conteúdo
Análise ambiental	Estimativa através de dados quantitativos como, recuperação energética específica (kcal kg^{-1}), quantidade de papel enviada para reciclagem (kg) e poder calorífico (kcal kg^{-1})	Quantidade economizada de vários tipos de materiais combustíveis (t ou kg)

Os indicadores de consumo refletem, de forma clara, se haverá assimilação, por parte da comunidade da APTA-PCS, dos conceitos relacionados aos 3 Rs. Esses indicadores podem ser obtidos com a execução de um segundo diagnóstico dos resíduos gerados na APTA-PCS. Recomenda-se que o mesmo seja realizado três meses após a realização do evento de Educação Ambiental.

Os indicadores de participação refletem o envolvimento e a disposição da comunidade da APTA-PCS em colaborar com o Programa de Coleta Seletiva. Esse envolvimento, mesmo de natureza qualitativa, pode ser mensurado através do interesse em responder o questionário, em participar das atividades de educação ambiental e também, através da verificação da compreensão do conteúdo a ser apresentado nas atividades educativas.

O indicador ambiental, proposto por Campani et al. (2009), visa estimar a economia de energia ou de massa proveniente de várias fontes combustíveis utilizadas no Brasil, resultante da reciclagem do papel, levando-se em conta a diferença de energia consumida na produção do material a partir da matéria prima bruta e da produção utilizando material reciclado (2.600 kcal kg⁻¹ para o papel). Para alimentá-lo é necessário calcular a recuperação energética proveniente da reciclagem do papel descartado na APTA-PCS e fazer a relação com o poder calorífico de cada fonte combustível.

3.3.2.5 Sistema de produção de água desionizada

Em laboratórios químicos, o uso cotidiano de água desionizada é uma necessidade premente, destinada a diversas finalidades, como limpeza de vidrarias, preparo e diluição de soluções, etc. Dentre as tecnologias de purificação disponível, merece destaque a troca iônica em resinas, alternativa empregada com sucesso há dez anos para suprir a demanda de todos os laboratórios do CENA/USP (BENDASSOLLI et al., 1996; TAVARES et al., 2004a). Valendo-se dessa tecnologia e respeitando-se a demanda necessária para suprir as necessidades locais de consumo de água, incorporou-se no PGRQ a proposta de disponibilizar um sistema compacto de produção na APTA-PCS.

Atualmente, a APTA-PCS possui duas Casas de Vegetação para atender a demanda por experimentos que necessitam de vasos grandes, que por sua vez requerem quantidade considerável de água. Além disso, a instituição conta com novas instalações laboratoriais destinadas ao desenvolvimento de pesquisas com

cana-de-açúcar, micorrizas, culturas de tecidos e biologia molecular. Nesse particular, para atender a essa demanda, propõe-se o dimensionamento de uma estrutura em alvenaria para comportar o sistema de produção, a qual ficará localizada na parte externa ao laboratório e ao lado do motor de um moinho. A Figura 9 mostra os detalhes da planta de produção, composta por três pares de colunas de acrílico contendo resinas aniônica (Amberlite IRA 410 Cl, tipo forte) e catiônica (Amberjet 1200 Na, tipo forte) separadas, denominados de Sistemas 1, 2 e 3, com dimensões de 1000 mm de comprimento e 100 mm de diâmetro. Na parte superior da estrutura, são dispostos três barriletes de 50 L, resistentes a produtos químicos corrosivos, para armazenamento das soluções empregadas na etapa de regeneração das resinas (água desionizada e soluções entre 1 e 2 mol L⁻¹ de HCl e NaOH).

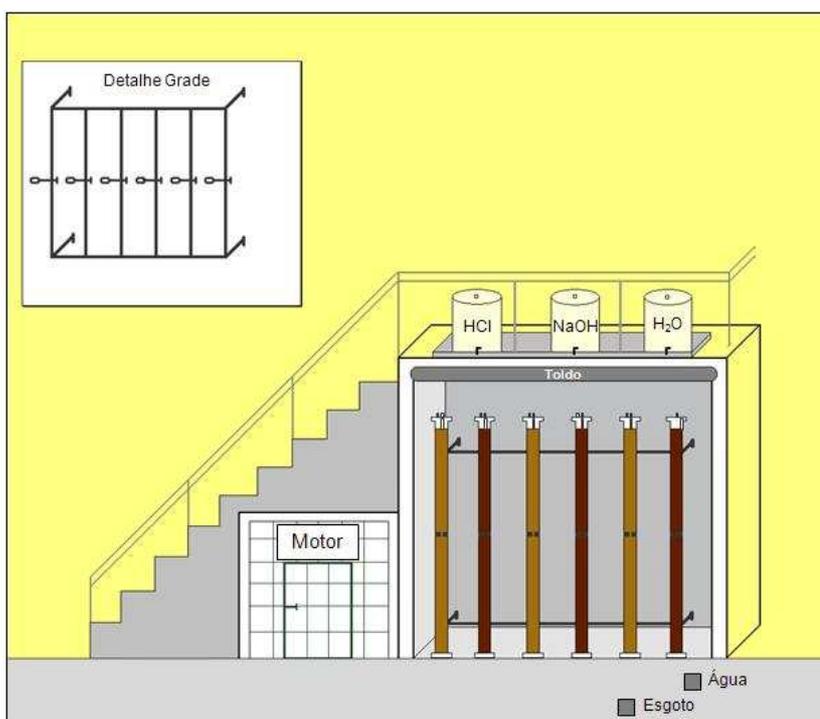


Figura 9 – Esboço da estrutura idealizada na montagem do sistema de produção de água desionizada da APTA-PCS

Em relação à operacionalização, em rotina, das unidades de desionização, recomenda-se o estabelecimento de como condições iniciais de trabalho a serem testadas as vazões de regeneração e de produção de água desionizada da ordem de 100 e 800 mL min⁻¹, respectivamente. A avaliação da quantidade (medição de volume) e da qualidade (determinação da condutividade) da água produzida durante

um ciclo de produção (até a saturação das resinas) possibilita o estabelecimento de um cronograma de trabalho na APTA-PC, voltado ao fornecimento contínuo de água, de forma a assegurar o atendimento à demanda interna.

Ressalta-se que, por ocasião da regeneração do primeiro sistema a ser colocado em pleno funcionamento na APTA-PCS, o acompanhamento detalhado desta etapa, através da coleta de amostras representativas de cada 2 L da solução eluída de cada coluna (regenerante), seguida de análises titulométricas realizadas nos efluentes, permite estabelecer os volumes dessas soluções necessários para a completa regeneração do sistema. Por fim, vale lembrar que os resíduos químicos a serem gerados nas etapas de regeneração das resinas são neutralizados, possibilitando o descarte ambientalmente correto desses efluentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Gerenciamento de Resíduos Fitossanitários

Após a execução das atividades inerentes ao inventário de passivos ambientais, foi identificado apenas um local dentro da APTA-PCS passível de ação corretiva: um depósito para armazenamento de agrotóxicos com condições precárias de acondicionamento e de segurança para esse tipo de produto (Figura 10).



Figura 10 – Passivo ambiental identificado na APTA-PCS sendo em a) entrada do depósito de agrotóxicos; b) condições precárias de acondicionamento dos produtos

As atividades de gerenciamento dos resíduos fitossanitários iniciaram-se com a organização ou estabilização do depósito que compreendeu a limpeza de todos os recipientes, a reembalagem dos produtos vencidos, a limpeza dos derramamentos e a realocação dos produtos no depósito. Esse procedimento foi realizado tomando-se todos os cuidados com a segurança em caso de acidentes com o uso de macacão, bota, luva e máscara apropriados. As embalagens vazias foram identificadas e enviadas para a Central de Recebimento de Embalagens Vazias de Agrotóxicos de Piracicaba. Detalhes dessas ações podem ser observados na Figura 11.



Figura 11 – Procedimentos adotados durante a organização do depósito sendo em a) utilização de EPIs durante a limpeza dos frascos e galões; b) organização dos produtos nas prateleiras; c) entrega das embalagens vazias na Central de Recebimento

Em relação aos agrotóxicos, produtos com a validade vencida ou armazenados em condições precárias podem ter sua estabilidade comprometida, o que pode favorecer a ocorrência de acidentes ou a ineficácia quando aplicados nas culturas. O depósito em questão era um espaço desorganizado, mal-arrumado e sujo, onde não havia padronização na disposição dos produtos nas prateleiras para evitar a contaminação cruzada entre herbicidas, inseticidas e fungicidas, sendo que a maioria dos produtos encontrava-se fora do prazo de validade. Essas condições resultavam em uma menor agilidade nos processos de manipulação dos produtos, fazendo com que o tempo de permanência dentro do depósito fosse maior. No entanto, a falta de segurança pode ocasionar acidentes, sendo que as implicações legais nesses casos podem ser agravadas se comprovada a não observância das normas ou recomendações, pois o infrator pode ser enquadrado na Lei de Crimes Ambientais nº 9.605/98 (ANDEF, 2005).

As condições observadas durante as inspeções que caracterizaram a inexistência de um gerenciamento no depósito são as seguintes: as prateleiras eram de madeira e desprovidas de uma camada de tinta impermeável; as condições do telhado e das paredes favoreciam a infiltração da água pluvial e não havia um sistema de drenagem externo (calhas ou condutores); alguns sacos e vasilhames eram colocados no chão e não em estrados de suporte para evitar que a umidade deteriorasse as embalagens dos produtos; o depósito não apresentava boa ventilação, o que em um evento de temperaturas extremas, pode favorecer a degradação de alguns produtos, tornando-os muitas vezes inúteis ou até perigosos; não havia equipamentos de proteção individual (EPIs) como roupas protetoras,

máscaras, luvas, botas e equipamentos de proteção coletiva (EPCs), como chuveiro de emergência e lava-olhos; não havia um sistema de contenção de resíduos como baldes com areia ou serragem para um eventual derramamento e embalagens vazias, como tambores, para o recolhimento de produtos vazados; e, por último, não havia sinalização como “*Proibida a entrada de pessoas não autorizadas*” ou “*Cuidado veneno*”. De acordo com informações da diretoria, a situação encontrada nesse depósito é resultado de anos de falta de planejamento em relação à compra de produtos, pois não se realizava um estudo da demanda real aliada ao desconhecimento a respeito do risco envolvido no armazenamento e manipulação dos agrotóxicos.

Com base nessas observações, foi necessária a intervenção imediata no depósito e, a compilação dessas observações em uma ficha de levantamento foi essencial, pois foram a identificação e a descrição clara das evidências constatadas que fundamentaram as decisões por parte da diretoria da APTA-PCS. A Ficha de Levantamento de Passivos Ambientais (Anexo 2) apresenta informações dentre as quais a identificação do passivo, a quantidade total de agrotóxicos armazenada no depósito, qual o procedimento de intervenção adotado, o tipo e o enquadramento do passivo, análise qualitativa da ocorrência e imagens fotográficas das evidências.

Considerando o tipo de passivo e a sua ocorrência, o mesmo estava relacionado com a possibilidade de contaminação do solo e do lençol freático, devido à inexistência de um sistema de contenção de derramamentos internos, como piso liso impermeável sob forma de bacia, e externo, como canaletas para recolhimento de produtos vazados, com caimento para uma caixa de contenção. A inexistência dessas recomendações, aliada a um eventual derramamento de um produto e condições ambientais propícias, podem favorecer processos de lixiviação e escoamento superficial do produto. No entanto, pelos produtos não estarem dispostos a céu aberto, sujeitos ao sol e a chuva, e o depósito possuir uma pavimentação, mesmo não sendo revestida de material impermeável, é um passivo que tende a evoluir lentamente no que diz respeito à contaminação ambiental.

Além do risco ambiental associado às condições impróprias de armazenamento, o depósito também oferece risco aos trabalhadores, pois não havendo nenhum recurso para prevenção de acidentes (EPIs e EPCs) e também pela existência de produtos obsoletos, vencidos e proibidos, a possibilidade de ocorrer contaminação da pele e dos olhos, ou mesmo intoxicação por inalação, é

muito alta. Portanto, com base no mencionado, essa ocorrência de passivo ambiental na APTA-PCS pode ser classificada como grave.

Com a organização das informações coletadas nos rótulos dos produtos em planilhas foi realizado o diagnóstico quantitativo dos IAs armazenados no depósito. Essas informações foram organizadas em uma listagem em ordem decrescente da quantidade total (kg) de IA (Anexo 3). Desse inventário, resultou uma lista de 104 IAs diferentes, armazenados no depósito, sem seguir alguns dos mínimos critérios, sendo que a maioria dos produtos era representada por produtos vencidos.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária realizou, no período de 2002 a 2006, a reavaliação toxicológica de diversos IAs, o que resultou em restrições ou cancelamentos no registro, devido aos seus efeitos crônicos à saúde por meio da exposição dietética e ocupacional. Os IAs benomil, heptacloro, monocrotofós, lindano e pentaclorofenol foram proibidos, enquanto os IAs como captana, folpete, carbendazim, clorpirifós, metamidofós, entre outros, sofreram restrições de uso. De acordo com um Projeto de Lei apresentado na Assembléia Legislativa de São Paulo em 31 de agosto de 2009, previa-se o banimento de 14 IAs que podem causar câncer, mutações e problemas no sistema nervoso, sendo eles: abamectina, acefato, carbofurano, cihexatina, endosulfam, forato, fosmete, glifosato, lactofem, metamidofós, paraquate, parationa-metilica, tiram e triclofom. De acordo com o Anexo 3, no depósito estavam armazenados 8 dos 14 IAs com proposta de banimento, sendo 0,01 kg de abamectina; 12,93 kg de carbofurano; 1,15 kg de endosulfam; 41,73 kg de glifosato; 1,56 kg de lactofem; 1,44 kg de metamidofós; 0,24 kg de parationa-metilica e 1,96 kg de tiram. Além de, 0,9 kg de benomil; 0,94 kg de monocrotofós; 7,92 kg de captafol; 0,1 kg de aldrin; 1,5 L de endrin que são proibidos e, 0,48 kg de captana; 2,62 kg de carbendazim; 1,38 kg de clorpirifós que sofreram restrições ao uso.

De acordo com as Tabelas 6, 7 e 8, verificou-se que os agrotóxicos que estavam em maior quantidade (% em massa dos IAs) no depósito da APTA-PCS foram da classe dos herbicidas (70%), seguidos dos inseticidas (14%), fungicidas (8%), fungicidas/inseticidas (4%), fungicidas/bactericidas (2%) e outros (2%). Em relação à Classe Toxicológica (CT) e a Periculosidade Ambiental (PA) desses produtos, 36% eram medianamente tóxicos (CT III) e 25% eram muito perigosos ao meio ambiente (PA II). No entanto, 50% dos agrotóxicos não apresentavam a PA especificada nos rótulos das embalagens, pois somente em 1996 o conceito de

potencial de PA para agrotóxicos foi normatizado e então a sua aplicação foi definida (RIEDER et al., 2004). Vale ressaltar que os dados das Tabelas 6, 7 e 8 são referentes aos produtos, sem considerar o prazo de validade.

Tabela 6 – Quantidade de ingrediente ativo e classe dos agrotóxicos armazenados no depósito da APTA-PCS

Classes	Quantidade de IA (kg)	%
Herbicida	345,38	70
Inseticida	66,81	14
Fungicida	40,68	8
Fungicida/Inseticida	20,58	4
Fungicida/Bactericida	10,72	2
Outros	6,56	2
Total	490,73	100

Tabela 7 – Porcentagem e CT dos agrotóxicos armazenados no depósito da APTA-PCS

Classe Toxicológica	Quantidade de Produtos (n°)	%
I	21	15
II	27	19
III	50	36
IV	24	17
NE*	17	13
Total	139	100

* NE: Não Especificado

Tabela 8 – Porcentagem e PA dos agrotóxicos armazenados no depósito da APTA-PCS

Periculosidade Ambiental	Quantidade de Produtos (n°)	%
I	8	6
II	35	25
III	22	16
IV	4	3
NE*	70	50
Total	139	100

* NE: Não Especificado

Dentre os GQs, os organoarsênicos, os organofosforados e as uréias estavam em maior quantidade no depósito (Figura 12). Apesar da toxicidade de muitos organoarsênicos ser menor do que as espécies inorgânicas, há de se considerar que reações de degradação bióticas e abióticas podem produzir formas inorgânicas mais problemáticas, como o arsenito [As (III)] e arsenato [As (V)] (BEDNAR et al., 2002). Portanto, o gerenciamento dos produtos relacionados a esse grupo se faz necessário, pois a contaminação por arsênio constitui um problema ambiental em algumas regiões do planeta e umas das principais fontes de arsênio para o ambiente são os agrotóxicos (SANTANA, 2009). Já os organofosforados são rapidamente hidrolisados, tanto no meio ambiente, como nos meios biológicos (ALONZO; CORRÊA, 2003). No entanto, quando armazenados de modo inadequado, sofrem isomerização, com a formação de compostos de maior toxicidade (LARINI, 1996). Em relação ao grupo das uréias, esses compostos não são hidrolisados de modo significativo nos compartimentos ambientais, em função dos valores de pH, e também não são fortemente fotodegradados (ROBERTS et al., 1998).

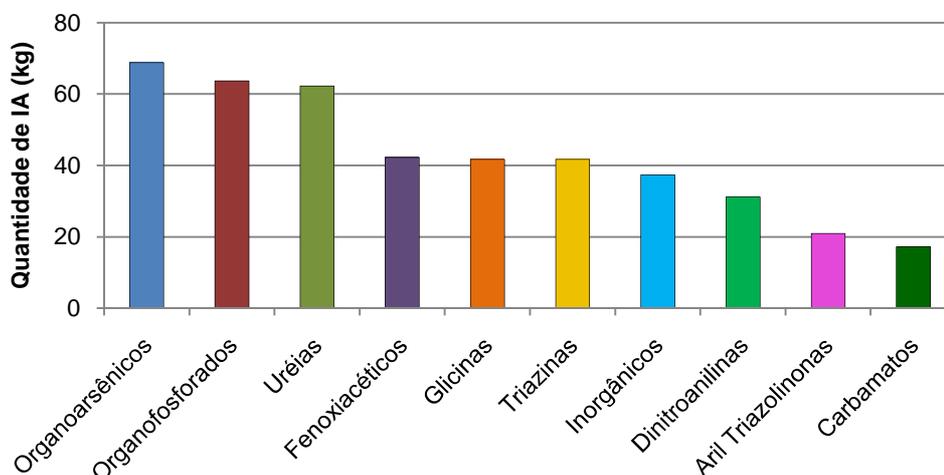


Figura 12 – Ingrediente ativo e grupo químico dos dez agrotóxicos em maior quantidade encontrados no depósito da APTA-PCS

É importante salientar que durante a coleta de informações a respeito dos GQs dos produtos inventariados, foi observado que alguns produtos com mesmo IA possuíam uma divergência em relação à classificação dos seus respectivos GQs. Essa divergência ocorreu tanto nos rótulos dos produtos quanto em alguns trabalhos descritos na literatura. No caso do IA glifosato, as diferentes classificações quanto

ao GQ encontradas na literatura foram: GQ das Glicinas Substituídas (CONSTANTIN et al., 2008), GQ das Glicinas (RODRIGUES et al., 2005), GQ dos Derivados da Glicina (VARGAS et al., 1997), GQ dos Aminoácidos Fosfonados (COUTINHO; MAZO, 2005) e GQ dos Organofosforados (ROBERTS et al., 1998; AMARANTE Jr; SANTOS, 2002). A mesma divergência foi observada envolvendo os IAs diurom, tebutiurom e isourom. Entretanto, essa diferença ocorreu entre os rótulos dos produtos e a literatura, pois o primeira classificava o GQ desses IAS como Uréia Substituída ou Derivados da Uréia e, Roberts et al. (1998) os classificou como somente GQ das Uréias. Portanto, na quantificação dos IAs ilustrada na Figura 12, as variações encontradas na classificação dos IAs glifosato e diurom, tebutiurom e isourom, foram consideradas em apenas um GQ, o grupo das Glicinas e o Grupo das Uréias, respectivamente.

Dentro do enquadramento do passivo, foram discriminadas as quantidades de IA relativas aos orgânicos de síntese, no qual o grupo dos organofosforados, que possui elevada toxicidade aguda ao homem (BAIRD, 2002), estava em maior quantidade, seguido pelo grupo dos carbamatos (Figura 13). Em relação às vias de exposição a esses compostos, as principais são a respiratória e a cutânea, sendo que esses compostos sofrem biotransformação, principalmente no fígado, formando produtos menos tóxicos e mais polares. Para essas substâncias, entre 80% a 90% da dose absorvida é eliminada em 48 horas (ALONZO; CORRÊA, 2003). Quanto aos clorados, são compostos que apresentam diferenças entre si, quanto à dose tóxica, à absorção cutânea, à acumulação no tecido adiposo, ao metabolismo e à eliminação, sendo que alguns compostos podem permanecer acumulados no organismo indefinidamente (BAIRD, 2002; ALONZO; CORRÊA, 2003). As principais fontes de emissão dos compostos organoclorados em águas e solos são por meio da lixiviação, de efluentes industriais e esgotos (TARDIVO; REZENDE, 2005). Já os clorofosforados, que também podem ser considerados como organofosforados, apresentam toxidez aguda, capazes de provocar morte imediata (SANTOS, 2009).

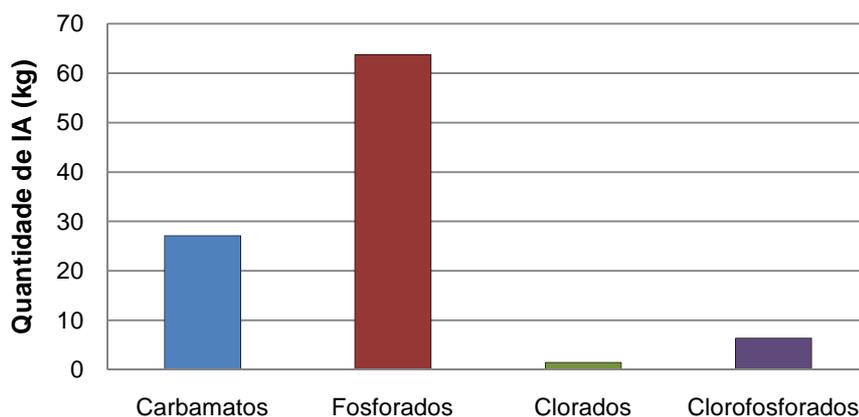


Figura 13 – Quantidade de ingredientes ativos por orgânicos de síntese armazenados no depósito da APTA-PCS

Comparando-se a quantidade total dos produtos armazenados no depósito e a quantidade total de produtos vencidos, ambos em porcentagem em massa dos IAs, (Tabelas 6 e 9, respectivamente) é possível constatar que 55% da quantidade total é representada por produtos vencidos e dentre esses produtos, a classe dos herbicidas estava em maior quantidade (47%), sendo que alguns produtos eram amostras experimentais sem nenhuma especificação no rótulo. De acordo com a Figura 14, a maioria dos prazos de validade dos produtos distribuiu-se entre os anos de 2000 e 2009 e, por representar um intervalo de tempo relativamente curto, facilita a questão da destinação final desses produtos, pois eles apresentavam, de um modo geral, rótulos conservados. No entanto, a degradação dos IAs e a deterioração das formulações processam-se de forma gradual, geralmente lenta de início, podendo acelerar-se com o passar do tempo (SUCEN, 2008). Algumas das principais causas relacionadas ao acúmulo de agrotóxicos obsoletos são a proibição do uso (no caso dos organoclorados), não atendimento aos requisitos mínimos de armazenamento (falta de ventilação, produtos armazenados diretamente no chão, e etc.), depósitos em péssimas condições, inexistência ou perda de rótulos e estimativa errada das necessidades (ANDRIANTSIHOARANA, 2000). Vale ressaltar que, todas essas causas foram observadas no depósito da APTA-PCS.

Tabela 9 – Quantidade de ingrediente ativo e classe dos agrotóxicos vencidos armazenados no depósito da APTA-PCS

Classes	Quantidade de IA (kg)	%
Herbicida	128,46	47
Inseticida	65,90	24
Fungicida	40,28	15
Fungicida/Inseticida	20,58	8
Fungicida/Bactericida	10,72	4
Outros	6,56	2
Total	272,5	100

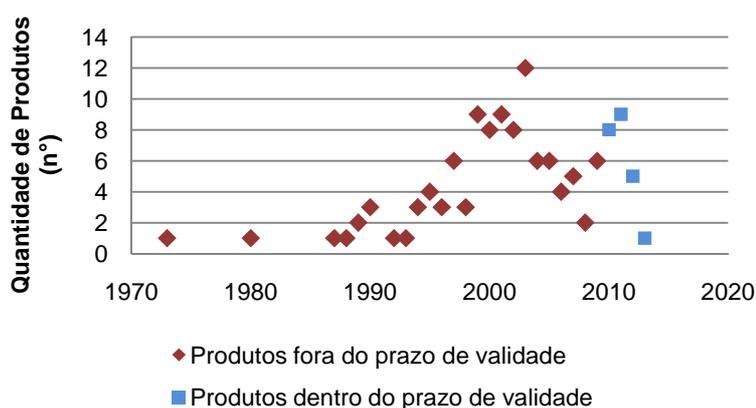


Figura 14 – Distribuição da quantidade de produtos armazenados no depósito da APTA-PCS de acordo com o prazo de validade

Quanto à destinação de produtos vencidos, segundo o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV), existem duas possibilidades: para embalagens cheias com rótulo, foi feito um acordo entre o INPEV e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) de conferir o destino via indústria, enquanto que para embalagens cheias sem identificação a responsabilidade é do usuário e do governo, devendo ser feito o cadastro do produto no órgão ambiental do Estado e aguardar programa estadual⁵. No depósito da APTA-PCS havia aproximadamente 360 kg e também 300 L de produtos armazenados, os quais 193 kg e 215 L foram reaproveitados na instituição,

⁵ Informações retiradas do site do INPEV. Disponível em: <http://www.inpev.org.br/faleconosco/faq/br/faq.asp>. Acesso em: 18 de fev. 2010.

sendo o restante, encaminhado para incineração. Vale ressaltar que, havia aproximadamente 108 kg de produtos não identificados. Os produtos de mesma classe de compatibilidade (herbicidas, inseticidas e fungicidas) a serem encaminhados para incineração foram devidamente acondicionados em caixas de papelão ou plásticas (frascos de 1 L) e também, sacos plásticos (sacos de 15 kg), onde o conteúdo de cada caixa ou saco foi identificado com um rótulo padrão (Figura 15).



Figura 15 – Estocagem dos produtos fitossanitários a serem encaminhados para destinação final (incineração)

Os resultados do inventário acima serviram de base para a tomada de decisão em relação ao planejamento e a construção de um novo depósito (Figura 16), seguindo as normas para armazenamento de agrotóxicos (BRASIL, 1989). É importante mencionar que esse depósito foi planejado somente para o armazenamento de produtos para uso em rotina na APTA-PCS e que a manipulação dos mesmos deverá ser realizada necessariamente no laboratório, que foi planejado para atender as normas de manipulação. Esse depósito foi auditado por fiscais do Ministério da Agricultura em dezembro de 2010, os quais permitiram a operação dessa instalação. Para o correto gerenciamento do depósito foram feitas as seguintes recomendações:

- **Sinalizações:** devem existir em lugar visível, com as seguintes indicações/referências “*Armazém de produtos fitossanitários*”, “*Proibida a entrada de pessoas estranhas ou não autorizadas*”, “*Proibido fumar*” e “*Cuidado veneno*”.

- **Empilhamento dos produtos:** não permitir que diferentes classes de produtos para uso agrícola possam ficar juntas, evitando desta forma a contaminação cruzada.
- **Derrame ou vazamento:** Utilizar EPIs para descontaminação do local; não utilizar água para lavagem e/ou limpeza; isolar a área contaminada; seguir os procedimentos de fichas de emergência e da FISPQ; absorver o produto derramado ou que tenha vazado, com material absorvente ou adsorvente, no caso, pó de serra ou areia; no caso de produto sólido, varrer com cuidado, procurando gerar o mínimo possível de poeira e o material resultante da limpeza deve ser guardado em recipientes fechados (bombona de 200 L) e em lugar seguro, devidamente identificado.



Figura 16 – Depósito para o armazenamento de produtos fitossanitários utilizados em rotina na APTA-PCS

Com vistas a estabelecer um gerenciamento mais eficiente da entrada e saída para efetuar o controle permanente das datas de validade dos produtos no novo depósito, as informações do inventário foram compiladas em uma espécie de banco de dados, na forma de lista, utilizando o software Excel como ferramenta, para que o usuário pudesse acessar o formulário resultante dessa lista (Figura 17). Esse formulário consta de 64 registros iniciais, no qual o usuário pode interagir com os mesmos. Por exemplo, o formulário pode fornecer todos os produtos existentes da classe dos herbicidas, mediante a definição prévia desse critério pelo usuário. É importante ressaltar que o uso do software Excel como ferramenta de gestão dispensa futuros investimentos com o desenvolvimento de um software específico para esse tipo de controle, e trata-se de uma ferramenta de fácil acesso e aplicação.

The screenshot shows a software window titled "Lista de Produtos" with a blue header and a white background. The window contains a form with the following fields and values:

Nome Comercial:	ABAMECTIM NORTOX
Ingrediente Ativo:	Abamectina 1,8% m/v (18g/L)
Grupo Químico:	Avermectina
Tipo de Formulação:	CE
Classe:	Acaricida/Inseticida
Classe Toxicológica:	III
Periculosidade Ambiental:	III
Quantidade:	300mL
Validade:	31/1/2007
Observações:	Vencido

On the right side of the form, there is a vertical scroll bar and a list of buttons: "Novo", "Excluir", "Restaurar", "Localizar anterior", "Localizar próxima", "Critérios", and "Fechar". At the top right of the window, there is a status bar showing "1 de 64" and a help icon.

Figura 17 – Formulário gerado no software Excel para controle dos produtos no novo depósito da APTA-PCS

4.2 Gerenciamento de Resíduos Laboratoriais

Como mencionado anteriormente, a APTA-PCS possui somente duas correntes de geração de resíduos: soluções que apresentam acidez ou alcalinidade elevadas e soluções com metais pesados (cobre e cromo). Para o gerenciamento desses resíduos (tratamento e disposição final) foram propostas técnicas como, a neutralização ácido/base, a precipitação química, a oxirredução, a secagem do resíduo sob irradiação solar e a incineração. Na Tabela 10 são apresentadas as propostas de gerenciamento para os resíduos gerados nos laboratórios da APTA-PCS. É possível observar que a neutralização ácido/base está presente em todas as propostas. Essa técnica é o modo mais eficiente e rápido para gerenciar soluções ácidas e alcalinas que não contenham metais pesados (RMS, 2006). No entanto, vale ressaltar que, para a neutralização, não é necessário, em todos os casos, empregar reagentes p.a. ou até mesmo comerciais, pois a neutralização de uma solução residual alcalina pode ser feita utilizando um resíduo ácido, ou o contrário. Para facilitar esse processo, foi disponibilizada uma bombona de 50 L (Figura 18) para descarte de resíduos ácido ou alcalinos (até 1 mol L^{-1}). Ao completar esse volume, o resíduo final é neutralizado (pH entre 5 e 9) em baldes de 20 L (Figura 18), seguindo o estabelecido pela resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005).

Tabela 10 – Gerenciamento dos resíduos gerados nas análises realizadas nos laboratórios da APTA-PCS.

Análises	Resíduos gerados	Gerenciamento dos Resíduos
Determinação de N-Total em Resíduos Orgânicos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Resíduo alcalino com precipitado de liga de Raney gerado após o término da destilação. Resíduo neutro gerado após o término da titulação. 	<ul style="list-style-type: none"> Colocar o precipitado em bandejas plásticas e secar em Casa de Vegetação. Armazenar o resíduo seco em recipiente apropriado para envio a aterro industrial. Neutralizar o resíduo alcalino (pH entre 5–9) e descartar na pia. Descartar diretamente na pia.
Determinação de N-Nítrico + N-Amoniacal em Resíduos Orgânicos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> Resíduo alcalino com precipitado de liga de Devarda gerado após o término da destilação. Resíduo neutro gerado após o término da titulação 	<ul style="list-style-type: none"> Colocar o precipitado em bandejas plásticas e secar em Casa de Vegetação. Armazenar o resíduo seco em recipiente apropriado para envio a aterro industrial. Neutralizar o resíduo alcalino (pH entre 5–9) e descartar na pia. Descartar diretamente na pia.
Determinação de N-Total em Solos	<ul style="list-style-type: none"> Resíduo alcalino com precipitado de liga de Raney gerado após o término da destilação. Resíduo neutro gerado após o término da titulação. 	<ul style="list-style-type: none"> Colocar o precipitado em bandejas plásticas e secar em Casa de Vegetação. Armazenar o resíduo seco em recipiente apropriado para envio a aterro industrial. Neutralizar o resíduo alcalino (pH entre 5–9) e descartar na pia. Descartar diretamente na pia.
Determinação de N-Nítrico + N-Amoniacal em Solos	<ul style="list-style-type: none"> Resíduo alcalino com precipitado de liga de Devarda gerado após o término da destilação. Resíduo neutro gerado após o término da titulação. 	<ul style="list-style-type: none"> Colocar o precipitado em bandejas plásticas e secar em Casa de Vegetação. Armazenar o resíduo seco em recipiente apropriado para envio a aterro industrial. Neutralizar o resíduo alcalino (pH entre 5–9) e descartar na pia. Descartar diretamente na pia.
Determinação de Carbono em Solos	<ul style="list-style-type: none"> Resíduo ácido contendo $K_2Cr_2O_7$ gerado após a titulação da amostra. 	<ul style="list-style-type: none"> Adicionar $Na_2S_2O_5$ ou $NaHSO_3$ até o resíduo adquirir coloração verde escura. Elevar o pH até 10, adicionando $NaOH$ 18 mol L^{-1}. Aguardar a precipitação. Colocar o precipitado em bandejas plásticas e secar em Casa de Vegetação. Armazenar o resíduo seco em recipiente apropriado para envio a aterro industrial. Neutralizar o sobrenadante (pH entre 5–9) e descartar na pia. OBS.: Detalhes itens 3.3.2.2 e 4.2.1.

Continuação Tabela 10.

Respirometria	<ul style="list-style-type: none"> Resíduo contendo NaOH 0,5 mol L⁻¹ 	<ul style="list-style-type: none"> Descartar o resíduo na Bombona de Mistura Ácida e/ou Alcalina. Ao atingir 80% da capacidade volumétrica (50 L), neutralizar (pH entre 5–9) e descartar na pia.
Determinação de Açúcares Totais e Redutores - com o REDUTEC	<ul style="list-style-type: none"> Resíduo contendo CuSO₄ Resíduo sólido contendo Cu₂O 	<ul style="list-style-type: none"> Adicionar solução de Na₂S. Aguardar a completa precipitação (24 h), separar o sobrenadante (sifonação) e colocar o precipitado em bandejas plásticas e secar em Casa de Vegetação. Armazenar o resíduo seco em recipiente apropriado para envio a aterro industrial. Adicionar no sobrenadante H₂O₂ e descartar na pia. OBS.: Detalhes itens 3.3.2.3 e 4.2.2. Colocar o precipitado em bandejas plásticas e secar em Casa de Vegetação. Armazenar o resíduo seco em recipiente apropriado para envio a aterro industrial. OBS.: Detalhes itens 3.3.2.3 e 4.2.2.



Figura 18 – Propostas para o gerenciamento de soluções ácidas ou alcalinas sendo em a) bombona para armazenamento de misturas ácidas ou alcalinas; b) neutralização em baldes de 20 L; c) resíduo contendo ligas de Raney e Devarda secos sob irradiação solar

Para o gerenciamento dos resíduos sólidos na forma de precipitados, não foi empregada a filtração para separação das fases sólida e líquida. O procedimento adotado foi simplesmente a separação gravitacional, retirada do sobrenadante por sifonação e adição do material precipitado em bandejas plásticas para secagem em

Casa de Vegetação. Esse procedimento se mostrou muito eficiente em termos ambientais e operacionais, pois evitou uma utilização expressiva de filtros, considerando a alta densidade do material precipitado, e também, evitou o gasto de energia para secagem desses materiais em estufas ventiladas. Ao final de uma semana, os resíduos contendo ligas de Raney e Devarda estavam completamente secos (Figura 18), sendo armazenados em recipientes apropriados, aguardando a disposição final (envio para Aterro Industrial Classe I).

A precipitação química foi aplicada ao tratamento dos resíduos contendo cromo e cobre (Tabela 10), com o intuito de torná-los pouco solúveis, transformando-os em compostos com menor periculosidade e toxicidade. Outro aspecto de fundamental importância esteve relacionado com a acentuada redução no volume de resíduos sólidos (material precipitado seco) a ser encaminhado para disposição final e também, com a alta eficiência de remoção desses metais, fazendo com que o limite para descarte, estabelecido pela legislação, fosse atendido. Vale ressaltar, ainda, que em ambos os casos, a reação tornou-se completa em um tempo relativamente curto, sendo aplicável ao tratamento de grandes volumes de resíduos. Os resíduos sólidos resultantes dos tratamentos foram acondicionados em frascos plásticos, para posterior envio para disposição final (Aterro Industrial Classe I). Os detalhes sobre os principais resultados do emprego da precipitação química na remoção de cromo e cobre são apresentados nos itens 4.2.1 e 4.2.2, respectivamente.

4.2.1 Tratamento de soluções residuais contendo cromo

A partir das análises realizadas, foi determinado que a concentração inicial de cromo total, no resíduo de dicromato de potássio, foi de $2.088,9 \text{ mg L}^{-1}$, valor muito acima do que a legislação permite para descarte. Após o tratamento desse resíduo, a concentração final de cromo no sobrenadante foi reduzido para $0,25 \text{ mg L}^{-1}$ conferindo ao tratamento uma eficiência superior a 99,9% e atendendo a legislação, que determina a concentração final de cromo total em $0,5 \text{ mg L}^{-1}$. A execução das etapas realizadas durante o tratamento, enfatizando a redução do Cr (VI) e a remoção do Cr (III), com conseqüente mudança na coloração, são ilustradas da Figura 19.



Figura 19 – Tratamento do resíduo de dicromato de potássio sendo em a) redução do Cr (VI) com NaHSO_3 ; b) remoção do Cr (III) com NaOH

É importante ressaltar que um ponto crítico que envolve o método de tratamento é o momento da redução do Cr (VI), pois deve-se adicionar o bissulfito ou o metabissulfito de sódio até que a coloração do resíduo se torne verde escura. Quando o Cr (VI) não é totalmente reduzido, no momento da precipitação persiste a coloração levemente amarelada no sobrenadante (Figura 20), característica da presença deste metal em sua forma mais oxidada.



Figura 20 – Condições não ideais de tratamento.

Quando, após a precipitação, o sobrenadante apresentar essa coloração, o mesmo não pode ser descartado, sendo necessário então repetir toda a operação, ou seja, diminuir o pH da solução para $< 2,5$, reduzir o Cr (VI) remanescente e elevar o pH para $> 9,5$. Vale salientar que, como a concentração inicial de Cr (VI) nessa situação é muito menor que no início do tratamento, a coloração do resíduo após a elevação do pH não será mais verde escura e sim verde clara ou azul clara (Figura 20). Entretanto, foi realizado um teste para verificar se a eficiência do tratamento é a mesma quando se realiza duas reações de redução e se o pH de precipitação abaixo e acima do recomendado influencia nessa condição.

Na Tabela 11 são apresentados os resultados desses ensaios. Pode-se observar que as eficiências nas três situações foram sempre acima de 99% e que, a eficiência do tratamento em condições ideais foi pouco maior comparada aos outros testes. No entanto, a condição ideal foi a única situação em que a concentração de descarte do sobrenadante ficou abaixo do permitido pela legislação ($0,5 \text{ mg L}^{-1}$). É possível observar, ainda, que quando comparadas as amostras T_2 e T_3 , em pH superior ao recomendado, a concentração final foi menor, conferindo uma maior eficiência ao tratamento.

Tabela 11 – Influência do pH e da concentração de cromo na eficiência do tratamento

Amostra	pH precipitação	Concentração final (mg L^{-1})	Eficiência (%)
T_1^*	10,0	0,25	99,9
T_2^{**}	< 9,5	9,88	99,5
T_3^{***}	>10,5	3,71	99,8

* T_1 – amostra na condição de tratamento ideal.

** T_2 – amostra submetida a duas reações de redução e pH abaixo do recomendado.

*** T_3 – amostra submetida a duas reações de redução e pH acima do recomendado.

O motivo pelo qual nas amostras T_2 e T_3 as concentrações finais de cromo total não serem tão baixas como na amostra T_1 , a ponto de atenderem a concentração estabelecida na legislação, é que na condição ideal, a concentração inicial de Cr (VI) é muito maior do que nas condições não ideais, o que favorece a reação de precipitação. Deve-se considerar, também, que o cromo, na presença de excesso de hidroxila (pH elevado), pode formar os complexos hidroxissolúveis $[\text{Cr}(\text{OH})_4]^-$, promovendo a solubilização do elemento.

Ao final do tratamento de todo volume de dicromato de potássio gerado, o sobrenadante do resíduo foi separado do precipitado formado. O primeiro foi neutralizado e descartado e o segundo foi levado à secagem. Como a APTA-PCS não dispõe de um filtro-prensa para a secagem do lodo, o mesmo foi colocado em formas e dispostos no interior de uma Casa de Vegetação. O tempo aproximado de secagem do lodo dos 35 L de resíduo tratado foi de 3 meses, no verão, com revolvimento uma vez por semana. Nessas condições, a secagem foi lenta, no entanto, não houve gasto de energia e ocupação de grande espaço físico. A evolução da secagem do lodo nessas condições está ilustrada na Figura 21.



Figura 21 – Evolução da secagem do lodo

4.2.2 Tratamento de soluções residuais contendo cobre

Inicialmente, foi caracterizado o resíduo e a sua geração em termos de volume. No protocolo desenvolvido na APTA-PCS, para a análise de 10 mL de amostra são gerados de 80 a 100 mL de resíduo em pH 6,5, totalizando anualmente, 150 L de resíduo. As análises iniciais demonstraram que a concentração de cobre no resíduo não filtrado foi de $217,7 \text{ mg L}^{-1}$, e que a mesma foi reduzida para $40,2 \text{ mg L}^{-1}$ fazendo-se uso da filtração no momento da geração. Nesse caso, demonstrou-se que o resfriamento do resíduo e a estocagem por determinado período influenciaram na ressolubilização do cobre. No entanto, apesar da filtração ter diminuído a concentração de cobre em mais de 80%, esse procedimento não foi eficaz ao nível de atendimento a legislação. A resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) determina que a concentração limite para descarte de cobre dissolvido é de 1 mg L^{-1} . Assim, foram realizados testes com vistas a estabelecer o tratamento químico desse resíduo, bem como determinar qual o melhor reagente a ser empregado.

A substância química sulfeto de sódio (Na_2S) é um produto inorgânico que está sob a forma de cristais brancos higroscópicos. Quando expostos a umidade do ar e ao calor, a água de cristalização é liberada, e o Na_2S e seus hidratos emitem sulfeto de hidrogênio, o que caracteriza perda de massa. Portanto, o preparo de uma solução de sulfeto de sódio mediante essas condições torna-se um pouco impreciso. Assim, foram realizados testes de tratamento empregando o reagente sólido e em solução para verificar a influência do estado físico do reagente na eficiência do tratamento.

Na Tabela 12 são apresentados os resultados do tratamento empregando o reagente sólido no resíduo não filtrado. É possível observar que, a concentração final de cobre variou bastante entre as três repetições. Nesse caso, a velocidade da reação está relacionada, entre outros fatores, ao estado físico dos reagentes, ou seja, se os reagentes encontram-se em solução ou não. Nos reagentes sólidos, quanto maior for a superfície de contato, maior será a velocidade da reação. No entanto, quando substâncias estão em diferentes fases (sólido-líquido, por exemplo), a reação é limitada a interface entre os reagentes, ou seja, a reação somente poderá ocorrer na área de contato. Portanto, para duas substâncias reagirem quimicamente, nesse caso, é necessário que suas moléculas sejam postas no melhor contato possível. Em relação às repetições, torna-se difícil manter a mesma área de contato, o que talvez explique a obtenção de resultados diferentes. Vale frisar, também, que esses testes foram realizados no resíduo não filtrado e que a redução na concentração de cobre foi de mais de 85%. Entretanto, essa redução não foi eficiente com objetivo de atender a legislação. Portanto, mediante esses resultados, não foram realizados testes empregando o reagente sólido no resíduo filtrado que apresenta concentração reduzida de cobre.

Tabela 12 – Concentração final de cobre e eficiência do tratamento empregando o reagente sulfeto de sódio no estado sólido

Amostra	Concentração final de Cu (mg L ⁻¹)	Eficiência (%)
1A	3,6	98,3
1B	31,9	85,4
1C	51,7	76,3
Média	29,1	86,7

Considerando os testes empregando a solução de sulfeto de sódio, imediatamente após a adição da solução, foi observada a formação do precipitado de coloração marron-esverdeada. A solução residual foi então filtrada, e para oxidar o sulfeto a sulfato foi adicionado peróxido de hidrogênio. Ao final, a solução residual se mostrou límpida e sem precipitado. A evolução do tratamento pode ser visualizada na Figura 22.

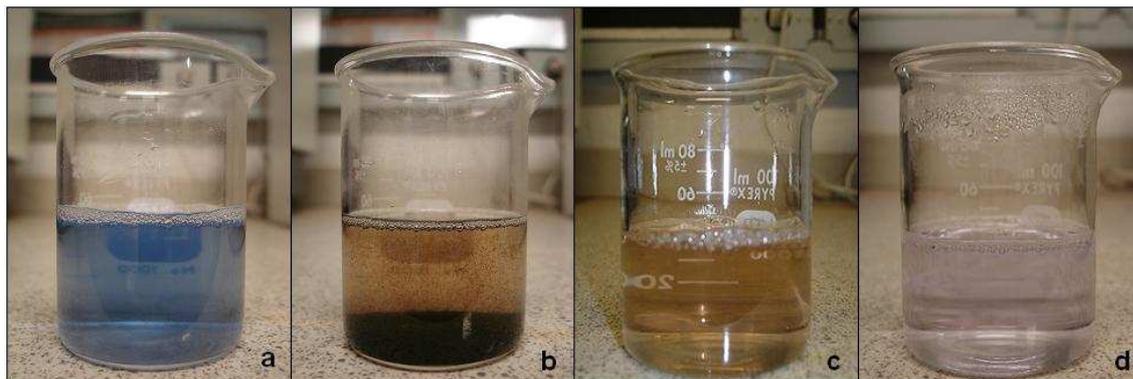


Figura 22 – Etapas do tratamento do resíduo contendo cobre, sendo em a) resíduo *in natura*; b) precipitação do sulfeto de sódio; c) sobrenadante após tratamento; d) sobrenadante após adição do peróxido de hidrogênio

De posse da curva de calibração do método analítico (Figura 23), e no que se refere às determinações de cobre nos volumes tratados dos resíduos filtrado e não filtrado, empregando agora a solução de sulfeto de sódio, os testes mostraram concentrações finais estimadas em 0,46 e 0,24 mg L⁻¹ de cobre (n=3), respectivamente (Tabela 13). Analisando esses resultados, observa-se que ambas as rotas de tratamento propostas permitiram a remoção de mais de 99% do cobre e que, apesar da eficiência de tratamento no resíduo filtrado ser pouco inferior ao não filtrado, em ambos os casos o limite estabelecido pela legislação (1 mg L⁻¹) foi atendido (BRASIL, 2005). Assim, se faz necessário o confronto de aspectos operacionais e de custos envolvidos para determinar qual alternativa apresenta melhores características para sua implementação.

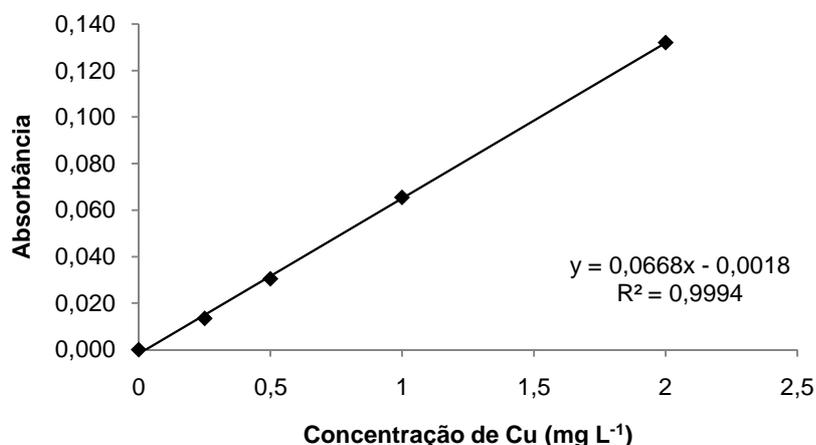


Figura 23 – Curva de referência empregada na determinação de cobre em soluções residuais

Tabela 13 – Comparação das concentrações finais de cobre (mg L^{-1}) e eficiência do tratamento (%) com e sem filtração do resíduo no momento da geração

Resíduo Não Filtrado			Resíduo Filtrado		
Amostra	Concentração final de Cu (mg L^{-1})	Eficiência (%)	Amostra	Concentração final de Cu (mg L^{-1})	Eficiência (%)
1A	0,22	99,9	2A	0,28	99,3
1B	0,28	99,9	2B	0,30	99,2
1C	0,21	99,9	2C	0,79	98,0
Média	0,24	99,9	Média	0,46	98,8

Em relação à filtração do resíduo no momento da geração para separação do óxido cuproso, essa operação implica primeiramente na redução da quantidade de sulfeto de sódio empregada no tratamento, pois com a filtração, a ressolubilização do cobre na solução residual é controlada. Em termos percentuais, essa redução na utilização do reagente chega a 65%, o que caracteriza no final do processo, um custo de tratamento aproximadamente três vezes menor (R\$ 0,50 por litro de resíduo) em relação ao custo do tratamento do resíduo não filtrado. Entretanto, ao optar pela filtração do resíduo, surgem alguns aspectos que devem ser considerados, como por exemplo, a utilização de filtros que saturam rapidamente com a retenção do óxido cuproso, o que resultaria em uma maior utilização desse material.

Outro aspecto importante que deve ser considerado nessa análise, diz respeito à segurança operacional. No momento da geração, o resíduo possui uma temperatura média de 110°C e sai do equipamento com certa pressão. A borracha que conduz a saída do resíduo do equipamento deve ser colocada manualmente no funil que contém o filtro no instante da geração, o que pode provocar a ocorrência de acidentes. Em relação à alternativa de não filtração do resíduo, essa questão operacional não ocorreria, pois a borracha seria inserida diretamente no recipiente de estocagem do resíduo. Assim, considerando os aspectos acima discutidos, foi recomendada a alternativa da não filtração imediata do resíduo, pois apesar de possuir um custo mais elevado, a geração anual é baixa e a praticidade operacional é maior.

Em relação ao gerenciamento do resíduo sólido, ao final do tratamento optou-se pela secagem desse material sob irradiação solar, pois além de ser uma alternativa sustentável, na qual não há gasto de energia, a parte operacional não depende muitos esforços. Os precipitados de óxido cuproso e sulfeto de cobre foram dispostos em bandejas plásticas em Casa de Vegetação, e após um período de 2 semanas, o resíduo estava seco, totalizando uma massa final de aproximadamente 200 g resultante do tratamento de 150 L de resíduo (Figura 24).

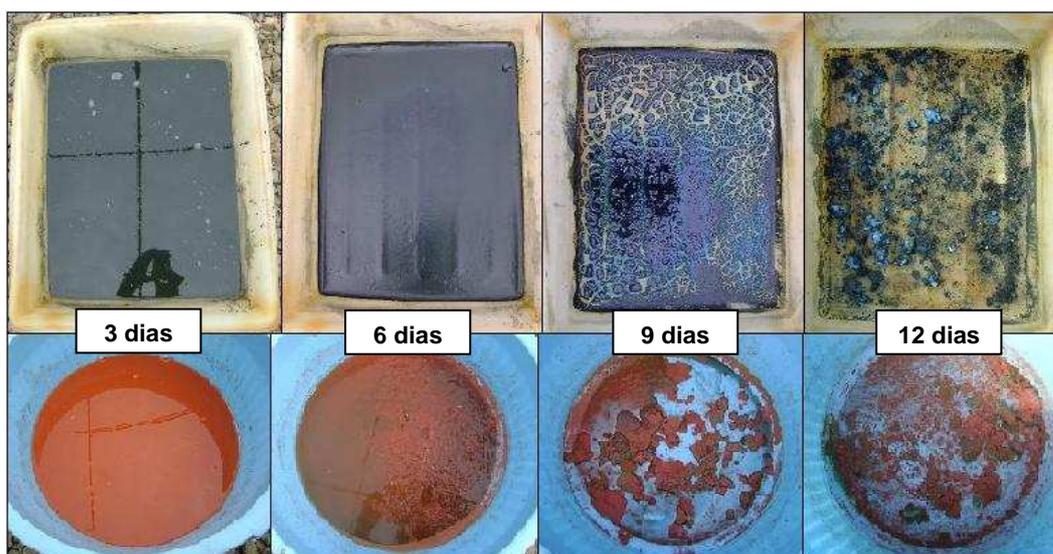


Figura 24 – Evolução da secagem dos precipitados de sulfeto de sódio (acima) e óxido cuproso (abaixo) sob irradiação solar

4.3 Coleta Seletiva

Para implantar o Programa de Coleta Seletiva da APTA-PCS foi necessário bastante empenho de todas as partes envolvidas, pois um programa dessa natureza nunca pode ser posto em prática por apenas uma pessoa. Desde o início e durante o processo, as pessoas da comunidade foram informadas sobre os passos que eram dados e sempre sendo convidadas a participar. A execução das cinco etapas previstas levou um período de aproximadamente um ano, sendo que os principais resultados são apresentados a seguir.

Inicialmente, foi realizado um diagnóstico sobre os hábitos ou práticas do dia-a-dia relativo aos resíduos domésticos, através da aplicação de um questionário (1ª Etapa), organizado em três seções, as quais apresentavam objetivos diferentes. Na Seção I objetivou-se caracterizar o funcionário e seus agregados familiares no

que diz respeito aos hábitos relacionados às refeições. Em relação a essa caracterização, foi possível observar um predomínio de indivíduos com idade superior a 51 anos (35%) (Q1), 60% desses do sexo masculino (Q2) e 43% com formação completa em nível superior. Em relação aos agregados familiares e hábitos relacionados às refeições, 35% das pessoas declararam que moram com 3 pessoas em casa (Q4), onde os almoços e jantares são preparados (95%) (Q6). De acordo com os entrevistados, 57% dos restos das refeições e da sua preparação iam para o lixo (Figura 25) e apenas uma pequena porcentagem dos entrevistados (7%) selecionava os restos do lixo (cascas e pequenas sobras), dividia com os empregados da casa ou realizava a compostagem desse material (Q7).

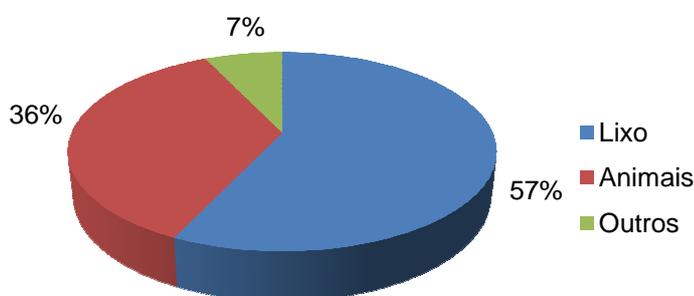


Figura 25 – Destino dado aos restos das refeições e da sua preparação

Na Seção II, 48% dos entrevistados responderam afirmativamente ao questionamento acerca da sobra de comida no prato deles e de seus familiares após as refeições. Dentre os resíduos produzidos (Q9), o papel é o resíduo predominante, seguido pelo plástico e pelo vidro (Figura 26). Dentro desse contexto, foi questionado se os entrevistados separam regularmente os resíduos domésticos produzidos (Q10), sendo que 65% dos entrevistados declararam que sim. Esse dado pode ser comprovado na Figura 26, que mostra a relação entre os resíduos produzidos e os resíduos separados. Para o papel, plástico e vidro, o número de pessoas que realiza a separação desses materiais é semelhante ao daquelas que geram regularmente esses materiais. Portanto, os resultados parecem refletir fidedignamente as práticas cotidianas dos entrevistados. No entanto, para o metal, a relação das pessoas que separam esse material foi maior do que a geração. Como no Brasil a taxa de reciclagem de latas de alumínio é por volta de 95%, esse maior número de pessoas que separam esse material talvez possa ser explicado

pelo fato de que algumas pessoas que responderam ao questionário, além de separarem esse resíduo em suas casas, façam a coleta desse material em outros locais para que possam obter uma renda extra com a reciclagem.

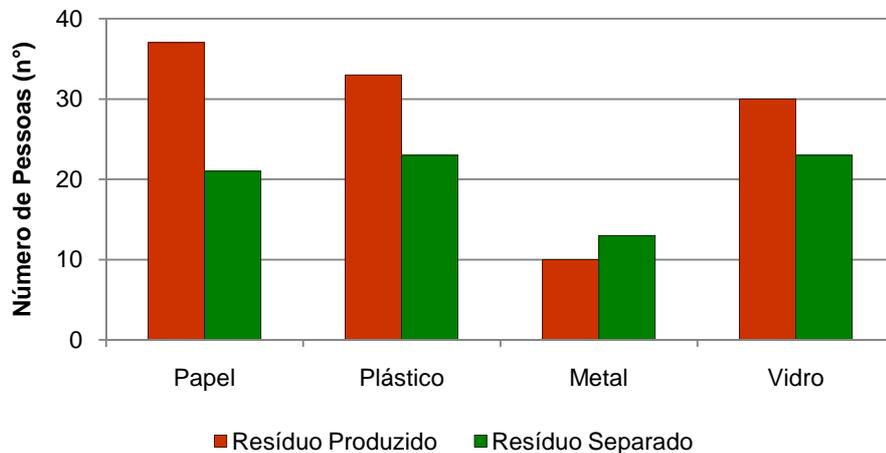


Figura 26 – Porcentagem de resíduos domésticos produzidos e separados pelos entrevistados e seus familiares

Na Seção III, os entrevistados foram questionados sobre como eles se consideravam em relação à consciência da necessidade de separar os resíduos domésticos (Q12) e por que (Q13). A maioria respondeu que se considerava bastante consciente (35%) ou muito consciente (30%) (Figura 27). Os entrevistados que se consideraram muito ou bastante conscientes relacionaram essa consciência principalmente por terem o conhecimento de que separar os resíduos domésticos é uma forma de minimizar a pressão sobre os aterros sanitários e sobre a extração de matéria-prima, e também, aliado à possibilidade de gerar renda para os catadores. Declararam também que eles têm a consciência de que a coleta seletiva no Brasil enfrenta limitações de natureza técnica e logística, o que prejudica a eficácia da atividade. No entanto, alguns desses entrevistados responderam que a separação dos resíduos domésticos apenas facilita a coleta e ajuda na reciclagem desses resíduos. Já os entrevistados que se consideraram razoavelmente conscientes ou pouco conscientes, responderam que a separação dos resíduos domésticos é importante para o meio ambiente e têm o conhecimento de que a separação ajuda no processo de reciclagem via meios de comunicação. Entretanto, declararam que não realizam a coleta seletiva em suas casas.

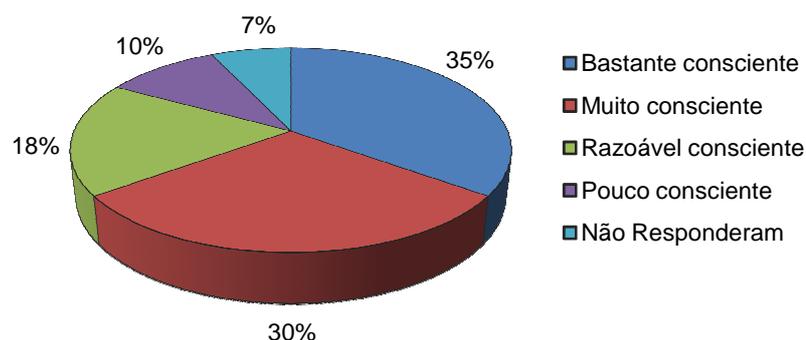


Figura 27 – Nível de consciência a respeito da necessidade de separação de resíduos domésticos

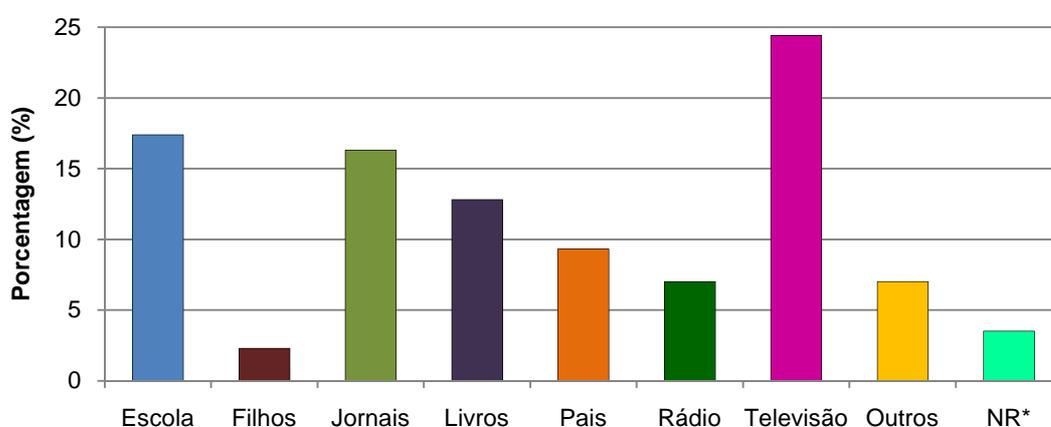
De acordo com as respostas acima, é possível afirmar que os entrevistados consideraram o seu nível de consciência a conceitos mais gerais relacionados ao tema, como por exemplo, os benefícios ambientais (aumento da vida útil dos aterros sanitários, melhoria das condições ambientais), econômicos (redução dos gastos energéticos) e sociais (geração de empregos diretos e indiretos com a reciclagem). Não foi mencionada a relação entre ter a consciência e colocá-la em prática, através de exemplos de hábitos pessoais contra o desperdício, contra o consumo de produtos com excesso de embalagens e etc.

A coleta seletiva é um instrumento decisivo de incentivo à redução, reutilização e separação do material para reciclagem (OLIVEIRA et al., 2007). Sendo assim, foi questionado aos entrevistados o que os mesmos entendem por coleta seletiva (Q14), onde 45,5% afirmaram que é a separação de material reciclável; 31,8% afirmaram que é a separação dos resíduos domésticos em categorias e; 22,7% afirmaram outras respostas.

Entretanto, a coleta seletiva é o recolhimento diferenciado de materiais recicláveis por catadores, sucateiros, entidades, prefeituras etc., geralmente em dias e horários pré-determinados, com o intuito de encaminhá-los para reuso, reciclagem, tratamento e outras destinações alternativas (GRIMBERG; BLAUTH, 1998). Portanto, a coleta seletiva não é a separação de material reciclável ou a separação de resíduos domésticos em categorias como afirmou a maioria, mas sim a sua coleta diferenciada.

Com o objetivo de aumentar a participação do consumidor na coleta seletiva é preciso intensa comunicação, circulação de informações, troca de experiências e diálogo (OTVOS; SPERS, 2007). Nesse sentido, os entrevistados foram

questionados a respeito de quais meios de comunicação através do qual eles vieram a ter conhecimento sobre a importância de separar os resíduos domésticos (Q15). A televisão foi o meio de comunicação mais citado (24,4%), seguido pela escola (17,4%) e pelos jornais (16,3%) (Figura 28). Vale ressaltar que, a baixa porcentagem de comunicação dos filhos a respeito do tema está relacionada ao perfil da comunidade da APTA-PCS, pois como grande parte possui grau superior completo, os mesmos vieram, a saber, da importância da coleta seletiva primeiramente nas escolas e universidades.



* NR – Não responderam.

Figura 28 – Meios de divulgação da importância da separação de resíduos domésticos

Partindo do princípio de que o consumismo é uma questão cultural, pois está relacionado à incessante insatisfação com a função primária dos produtos em si, os indivíduos foram questionados sobre a importância dada por eles para alguns itens de um produto genérico qualquer, como o preço, estar na moda, a marca, a qualidade e ser um produto ecologicamente correto (Q16). De acordo com a Figura 29, os itens como preço, qualidade e o produto ser ecologicamente correto foram considerados, em sua maioria, como itens importantes ou muito importantes na hora da compra. No entanto, de acordo com uma pesquisa realizada pelo instituto Quorum Brasil, 70% dos consumidores paulistanos desistem de comprar produtos com certificação ecológica, se os produtos similares sem a certificação custarem mais barato⁶. É importante ressaltar que no modo de produção capitalista o preço e

⁶ Informações retiradas do site Folha Online. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ambiente/ult10007u458847.shtml>. Acesso em: 09 de mar. 2010.

a qualidade dos produtos são diretamente proporcionais, ou seja, quando o consumidor adquire um bem que tenha qualidade, que, em tese, está diretamente associada a sua vida útil, ele paga por isso. Entretanto, essa “qualidade” é planejada para durar cada vez menos, ou seja, é a chamada obsolescência planejada simbólica, que de acordo com Layrargues (2002), induz a ilusão de que a vida útil do produto esgotou-se. Embora os itens marca e o produto estar na moda tenham sido considerados sem importância, são eles que induzem o desvio da função primária dos produtos, o que aumenta a necessidade pela compra. Portanto, a moda e a marca, apesar de serem considerados como não importantes, na prática, influenciam o consumidor na hora da compra.

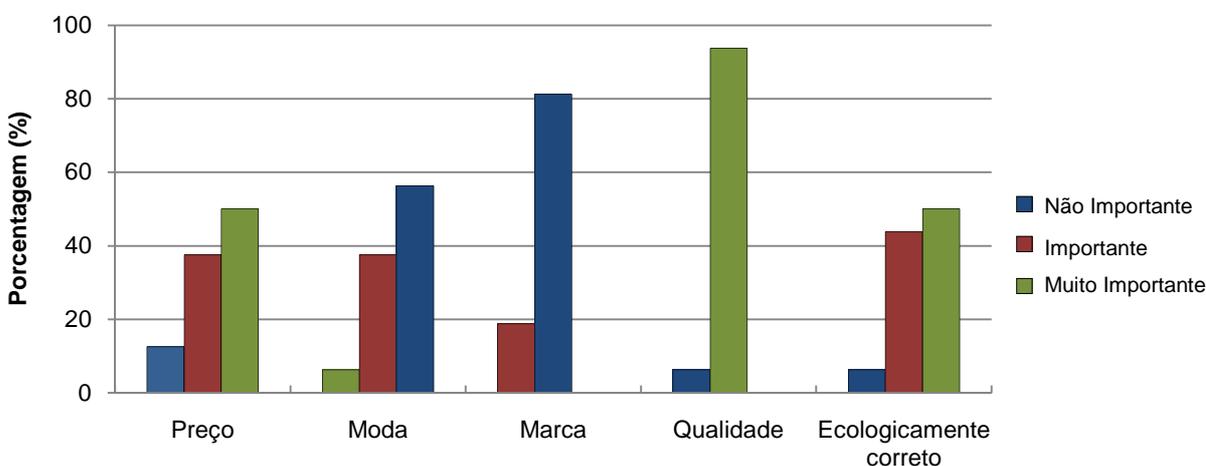


Figura 29 – Importância dada pelos entrevistados aos itens preço, estar moda, marca, qualidade e o produto ser ecologicamente correto

Ao final da Seção III, os indivíduos foram questionados se influenciam o consumo dos seus familiares (Q17). A maioria (83%) respondeu que sim. Essa alta porcentagem está relacionada com a idade dos entrevistados (grande parte superior a 51 anos), o que aumenta a importância do papel desempenhado por eles dentro da família, levando em consideração a necessidade de consumos específicos relacionados ao sexo, a idade e a educação dos entrevistados.

Após o término da aplicação do questionário, o diagnóstico dos resíduos (2ª Etapa) foi realizado. A comunidade da APTA-PCS conta, atualmente, com cerca de quarenta e cinco funcionários, distribuídos em secretarias, escritórios, laboratórios e campo. Em decorrência de suas atividades diárias, são produzidos 204,3 kg mês⁻¹ de resíduos sólidos ou 6,8 kg dia⁻¹ em média, representando uma

produção “per capita” diária de 0,15 kg, 19% da média de geração “per capita” diária da cidade de Piracicaba, que é de aproximadamente 0,76 kg (SEDEMA, 2010). Vale salientar que, a caracterização e a quantificação consideram a porcentagem em peso dos materiais e não a porcentagem em volume, conforme a Figura 30. Portanto, até para as menores porcentagens em peso deve ser dada a devida importância.



Figura 30 – Segregação e pesagem dos resíduos sólidos gerados nas instalações da APTA-PCS

Nas Figuras 31 e 32, que apresentam os resultados da caracterização (% em peso) e quantificação (kg dia^{-1}), respectivamente, é possível observar que predominam os resíduos orgânico, papel e não reciclável. A maior fração de resíduos diagnosticada na APTA-PCS está relacionada aos resíduos orgânicos, como sobras de comida, pó de café, cascas de frutas e folhas de verduras. Essa geração se deve ao fato de que grande parte dos funcionários traz a refeição pronta de casa e almoça na APTA-PCS. Portanto, os restos do preparo das refeições são gerados nos domicílios, o que justifica essa porcentagem ser, em média, 25% menor do que a porcentagem de geração de resíduos orgânicos, por exemplo, na cidade de São Paulo (PHILIPPI JUNIOR; AGUIAR, 2005). Entretanto, em termos de volume, os resíduos orgânicos apresentam uma porcentagem muito abaixo da geração de papel e não recicláveis.

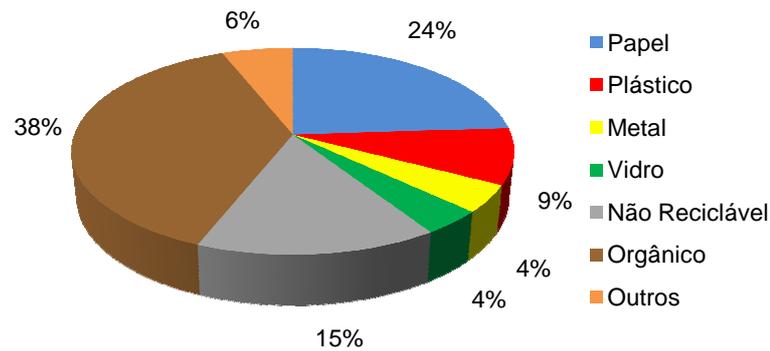


Figura 31 – Caracterização (% em peso) dos resíduos sólidos gerados na APTA-PCS

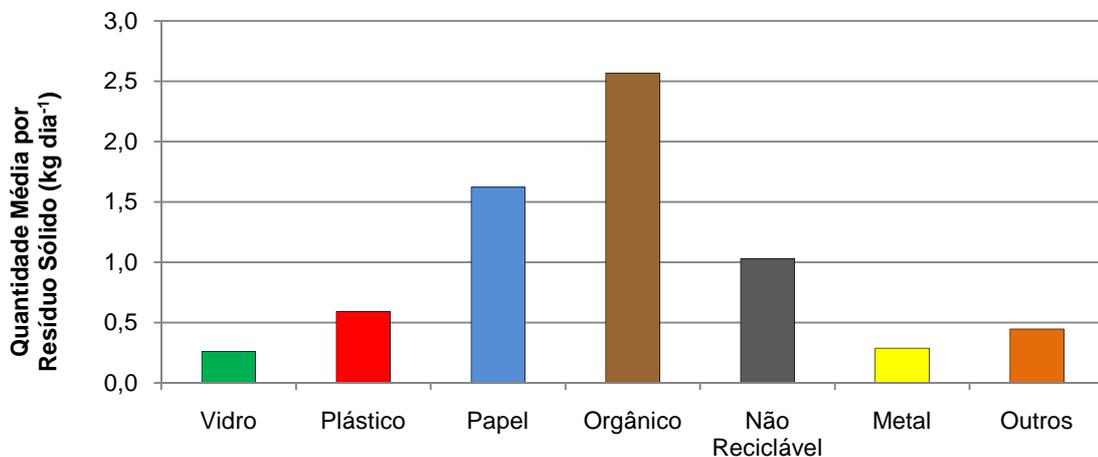


Figura 32 – Caracterização (% em peso) de cada fração de resíduo sólido gerados na APTA-PCS

As instituições de pesquisa, no desenvolvimento de suas atividades técnico-científico-administrativas, geram diversos tipos de resíduos, principalmente papel. Em média são gerados 1,6 kg de papel por dia na APTA-PCS (Figura 32), o que representa 24% do total de resíduos gerados, sendo o mesmo percentual apresentado por Philippi Junior e Aguiar (2005) para a cidade de São Paulo. No entanto, durante o diagnóstico, foi avaliada não somente a quantidade de papel gerado, mas também a sua qualidade. Na maioria do papel descartado foi observado que o usuário não utilizou esse material de forma consciente, ou seja, frente e verso. Grande parte do papel enviado para a reciclagem poderia ter o seu uso otimizado.

Durante diagnóstico dos resíduos, foram confrontados os resultados desse levantamento com a iniciativa de coleta seletiva já implementada na APTA-PCS. Nas áreas internas, observou-se um subdimensionamento no tamanho dos coletores existentes nos laboratórios (principalmente nas seções de preparo de amostras), enquanto que, nos corredores e salas de espera, estes estavam superdimensionados. Para as áreas externas, havia apenas um coletor, próximo ao almoxarifado, no qual era descartado todo tipo de material, reciclável, não reciclável e orgânico. Além disso, foram distribuídas apenas lixeiras para coleta seletiva de papel nos prédios administrativos e laboratório. Já para o descarte de lixo comum, apenas havia um recipiente no almoxarifado e laboratórios. Assim, pôde-se observar que não havia coerência na distribuição, pois havendo somente dois tipos de lixeiras, o gerador, ao descartar o seu resíduo, por exemplo, plástico, metal, vidro e não reciclável, por não ter opção de lixeira, principalmente nos prédios administrativos, acabava descartando de forma errada, resultando em uma coleta não seletiva. Essa situação é expressa em valores numéricos na Tabela 14. De acordo com o exposto, nas lixeiras localizadas nas secretarias e escritórios deveria conter apenas resíduos de papel. No entanto, aproximadamente 23% do lixo total era composto por plásticos, metais, vidros, orgânicos e não recicláveis.

Tabela 14 – Composição gravimétrica de resíduos dividida por setores

Setor	Composição gravimétrica (% em peso)					
	Papel	Plástico	Metal	Vidro	Orgânico	Não Reciclável
Secretarias	77	4	1	2	2	14
Escritórios	69	4	0	0	0	18
Cozinhas	2	2	0	0	94	2
Laboratórios	0	3	0	22	0	43

Além do exposto acima, outro ponto negativo pode ser observado na cozinha e nos laboratórios. O lixo proveniente desses locais não era enviado para a reciclagem e sim para aterro sanitário (Tabela 10). Portanto, o gerador, por não ter opção de descarte desses materiais em lixeiras adequadas, acabava descartando materiais com potencial para reciclagem em lixos que são enviados para aterro sanitário, impossibilitando o seu reaproveitamento.

Apesar da iniciativa de destinar de maneira responsável o papel gerado na APTA-PCS, enviando esse material para uma cooperativa de catadores, foi observada a ausência de outros elementos fundamentais para a organização da coleta seletiva. Os conjuntos de coletores não estavam completos e não havia um padrão de tamanho e cores. Assim, se um usuário fosse depositar uma garrafa plástica, não havia a lixeira para o plástico, e assim como para os demais materiais (metais, vidros, pilhas, baterias e lâmpadas fluorescentes). Nesse mesmo contexto, foi identificada, em um dos laboratórios, uma lixeira para resíduo infectante. De acordo com a resolução CONAMA 283 (BRASIL, 2001b), “o resíduo infectante é composto por materiais biológicos ou perfuro-cortantes contaminados por agentes patogênicos, que apresentem ou possam apresentar riscos potenciais à saúde pública ou ao meio ambiente”. Todavia, não existe pesquisa que possa gerar esse tipo de resíduo nesse laboratório.

Os equívocos apresentados acima estão atrelados a um fator chave que condiciona o sucesso de um Programa de Coleta Seletiva, ou seja, a Educação Ambiental voltada a essa temática. É claro que a indisponibilidade de coletores adequados influencia os maus hábitos, mas é essencial que as pessoas entendam a importância de separar os resíduos recicláveis dos não recicláveis e façam isso na prática. A Educação Ambiental, com foco na coleta seletiva, pode proporcionar uma mudança comportamental nas pessoas, motivando-as a serem responsáveis pela primeira triagem dos resíduos, mostrando a importância dessa atitude no âmbito social, com a geração de emprego e renda para os catadores, e ambiental, com o uso sustentável dos recursos naturais (ABDALA; RODRIGUES; ANDRADE, 2008).

O evento promovido na APTA-PCS, proposto na 4ª Etapa do Programa de Coleta Seletiva, contou com a presença de mais de 50 participantes. O objetivo do evento foi motivar a comunidade da APTA-PCS a refletir sobre a problemática do lixo, além de apresentar o Programa de Coleta Seletiva e, organizar os envolvidos quanto à responsabilidade de todos frente ao Projeto. Na oportunidade, o diretor da APTA-PCS convocou funcionários e pesquisadores para que houvesse a participação efetiva no evento estimulando que fossem realizadas perguntas, sugestões e/ou críticas.

Nas duas palestras ministradas, a questão da importância do descarte seletivo dos resíduos domésticos, o princípio dos 3 Rs e a necessidade de um consumo mais consciente foram muito enfatizadas. Além disso, essas palestras

permitiram aos participantes ampliar seus conhecimentos sobre conceitos e aspectos polêmicos envolvidos na discussão dos temas acima mencionados, bem como tirar dúvidas por meio de perguntas realizadas aos palestrantes (Figura 33).



Figura 33 – Público participante nas palestras do evento de Educação Ambiental da APTA-PCS

Na primeira palestra, a palestrante salientou a importância da coleta seletiva para o meio ambiente, pois esse processo prevê a diminuição do encaminhamento do lixo para locais impróprios ou até mesmo para aterros sanitários regulares, priorizando o seu envio para a reciclagem (Figura 34). Essa palestra permitiu conhecer o Programa de Coleta Seletiva da USP, que tem alcançado bons resultados e cuja experiência foi utilizada no planejamento do Programa da APTA-PCS. Na segunda palestra, a palestrante apresentou os resultados das etapas concluídas na implantação do Programa de Coleta Seletiva, chamando atenção para os hábitos que devem ser modificados para garantir a eficácia do Programa de Coleta Seletiva, dentre os quais, não mais efetuar o descarte no coletor que estiver mais próximo, e sim, no coletor mais apropriado (Figura 34). A palestrante também ressaltou os aspectos positivos, como a alta porcentagem de participação no questionário estruturado, no qual as respostas se aproximaram da realidade, o que pôde ser comprovado na avaliação dos resultados. Durante essa palestra, foi apresentada a padronização das cores das lixeiras e, em função disso, como se dará o descarte dos resíduos gerados.



Figura 34 – Palestras ministradas na parte da manhã sendo em a) palestrante Ana Maria de Meira; b) palestrante Nadia Valério Possignolo

As oficinas de sabão e compostagem foram propostas com a finalidade de manter o caráter sustentável do Programa de Coleta Seletiva da APTA-PCS, com o objetivo de apresentar de forma simples e prática, uma proposta para o gerenciamento de resíduos importantes (como o óleo de cozinha e os resíduos orgânicos) e que possa gerar retorno financeiro aos participantes. Durante a realização das atividades, os palestrantes mostraram a preocupação de valorizar a cultura e o saber dos participantes, dando a oportunidade dos mesmos compartilharem experiências e hábitos que seus pais e avós praticavam há tempos atrás, pois a idéia de se reaproveitar o óleo usado e os restos dos alimentos e de sua preparação para fabricar sabão e adubo orgânico não é recente. Com o intuito de incentivar a participação e envolvê-los na organização do evento, o envolvimento dos funcionários não foi priorizado somente durante o evento, mas também antes dele acontecer, pois alguns deles ficaram responsáveis por conseguir os materiais que seriam utilizados nas oficinas, como o óleo usado, a palha, enxada, sabão em pó, luvas plásticas, cabo de vassoura, pá, baldes, etc.

Na oficina de sabão, a palestrante explicou a importância da preservação do ambiente nas atividades associadas ao preparo de alimentos, por exemplo, o quanto importante é não mais repetir o hábito de se jogar na pia e no ralo o óleo usado, pois cada litro de óleo degrada um milhão de litros de água. Vale ressaltar que, no Brasil, segundo o Pensamento Nacional de Bases Empresariais (PNBE), apenas de 2,5 a 3,5% do óleo descartado é reaproveitado e/ou reciclado. Além disso, esse mau

hábito causa o entupimento das tubulações, gerando gastos nas residências e nas estações de tratamento (Figura 35). A palestrante também expôs que já é possível encontrar associações e ONGs que recebem doações de óleo de cozinha justamente para fabricar sabão.



Figura 35 – Oficina de sabão realizada no evento de Educação Ambiental da APTA-PCS

Em relação à oficina de compostagem, os palestrantes iniciaram as atividades explicando que a fração compostável dos resíduos orgânicos é responsável por cerca de 50% em peso dos resíduos sólidos domiciliares gerados no Brasil. Enfatizaram também que a compostagem é uma forma de valorizar a fração orgânica dos resíduos, explicando aos produtores que é possível produzir excelentes adubos sem utilizar produtos químicos (Figura 36).



Figura 36 – Oficina de compostagem realizada no evento de Educação Ambiental da APTA-PCS

A didática dos palestrantes e a próprio caráter prático das oficinas possibilitaram uma maior interação entre os participantes, priorizando o diálogo, fazendo com que as atividades fossem muito proveitosas, pois além de se de mostrarem ávidos por novas informações, dias após o evento, alguns funcionários relataram que já estavam fazendo a compostagem dos seus resíduos orgânicos em suas casas e que estavam também guardando todo o óleo gerado para fazer sabão. Portanto, as oficinas obtiveram sucesso nos objetivos propostos.

Após a realização do evento, outra atividade de educação ambiental foi incentivada entre os funcionários. Durante a fase de diagnóstico dos resíduos gerados na APTA-PCS, foi recolhido um montante expressivo de papel impresso somente frente, da ordem de 76 kg (Figura 37). A idéia foi reaproveitar esse papel como rascunhos e blocos de anotação para serem distribuídos a todos os funcionários (Figura 37). O processo de organização, corte e montagem dos blocos envolveu a participação de alguns funcionários. A reutilização de papel é uma forma simples de conscientizar as pessoas para a importância do combate ao desperdício e, principalmente, contribuir para o desenho de um novo modelo, baseado na cultura da qualidade do gasto e diminuição dos impactos ambientais, causados pelas atividades exercidas no ambiente de trabalho.



Figura 37 – Papéis recolhidos na APTA-PCS para utilização como rascunhos e blocos de anotação

Para a avaliação do desempenho do Programa de Coleta Seletiva da APTA-PCS (5ª Etapa) foram utilizados indicadores de participação, de aprovação e de consumo. Na Tabela 15, são apresentados os valores (%) para cada um desses indicadores. O indicador de participação avaliou o envolvimento dos entrevistados para com o questionário (1ª Etapa). Foram entregues 44 questionários e devolvidos

40, totalizando um percentual de participação de 91% (Tabela 15), Esse resultado demonstra que os entrevistados estavam dispostos, não somente a colaborar com o Programa de Coleta Seletiva da APTA-PCS, mas também a fornecer respostas que realmente refletiam as suas práticas cotidianas quando confrontadas com os resultados obtidos.

Tabela 15 – Indicadores de desempenho do Programa de Coleta Seletiva da APTA-PCS

Indicador de Participação	Valor (%)
Questionário	91
Indicadores de Consumo	Valor (%)
Resíduo Total	42
Geração Per Capita	42
Consumo de Descartáveis	100
Geração de Papel	57
Indicador de Aprovação	Valor (%)
Palestras e oficina	100

Em relação ao consumo, de acordo com os 3 Rs, o primeiro passo para diminuir a quantidade de resíduos domiciliares é, sem dúvida, reduzir o que se consome. Os valores dos indicadores de consumo demonstraram que houve uma redução expressiva na geração de resíduos da APTA-PCS (Tabela 15), em destaque para o consumo de descartáveis, pois após a verificação de grande quantidade, em volume, presente nos lixos orgânicos (2ª Etapa), a compra e o uso desses materiais foram suspensos pela diretoria. Vale ressaltar, também, a redução de 42% na geração de resíduos total e per capita, e de 57% na geração de papel, a qual foi identificada como a segunda maior em peso. Em relação ao consumo de papel, é importante mencionar que, após o evento de Educação Ambiental, a diretoria da APTA-PCS passou a utilizar somente papel reciclado no desenvolvimento de suas atividades técnico-científico-administrativas.

Na avaliação do Programa de Coleta Seletiva também foi verificada a porcentagem de rejeitos para os diversos tipos de coletores distribuídos. Essa avaliação teve o intuito de verificar se a comunidade assimilou o significado da padronização dos coletores, que reflete diretamente no descarte apropriado dos resíduos. Na Figura 38 é possível observar que a porcentagem relativa ao descarte

incorreto de resíduos apresentou valores inferiores em relação à porcentagem relativa ao descarte correto desses materiais para todos os tipos de coletores, em destaque para papel e orgânicos. Esses resultados refletem que foi criado um ambiente favorável a atitudes responsáveis, através da promoção das atividades de educação ambiental, de forma a estimular uma consciência ecologicamente correta para descarte de resíduos e uso responsável dos recursos.

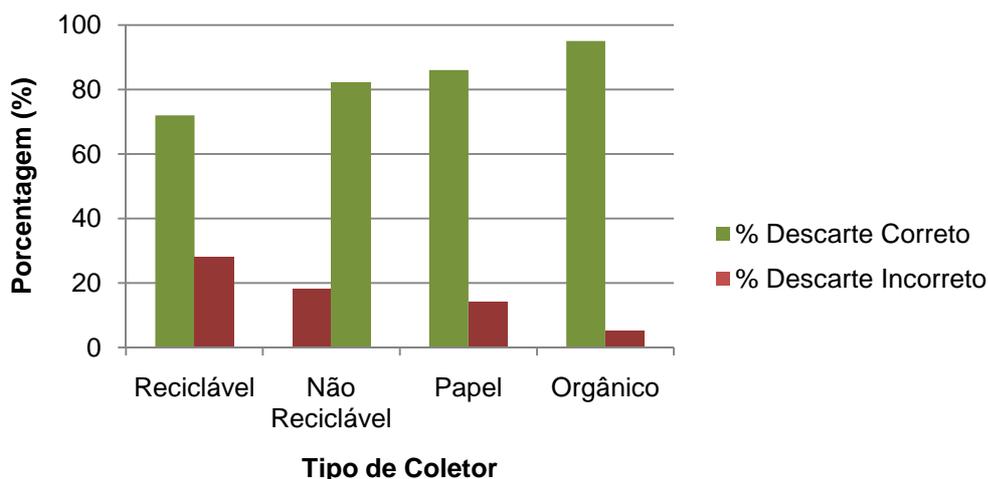


Figura 38 – Relação entre o descarte correto e incorreto e os tipos de coletores

Em relação ao evento de Educação Ambiental (4ª Etapa), foi utilizado o indicador de aprovação dos participantes para verificar a qualidade em geral da atividade proposta. Os participantes avaliaram o tema do evento, o conteúdo das palestras e oficinas, a qualidade dos palestrantes e a organização do evento nas opções péssimo, ruim, regular, bom e ótimo, sendo que 80% avaliaram esses itens como ótimo e 20% como bom. A compreensão dos participantes também foi avaliada com a seguinte pergunta: Você conseguiu compreender o que foi discutido durante o evento? A maioria (81%) respondeu que sim e 19% respondeu que compreendeu parcialmente. Os resultados dessa avaliação e a articulação institucional necessária para a organização e realização do evento reforçaram ainda mais a parceria já existente entre a APTA-PCS, o grupo gestor de resíduos do CENA/USP e o Programa USP Recicla. Assim, o evento foi realizado com sucesso, pois atingiu os objetivos propostos reunindo pesquisadores, técnicos, alunos e funcionários em geral e seus familiares, contribuindo para o debate e aprendizado coletivo.

O último indicador utilizado foi o ambiental, com o objetivo de mensurar o benefício adquirido com a reciclagem e/ou reuso dos papéis descartados na APTA-PCS, tanto no aspecto ambiental como energético. Na Tabela 16, são apresentadas as quantidades, em massa ou volume, das principais fontes combustíveis utilizadas no Brasil. Esses valores refletem a estimativa hipotética da quantidade desses combustíveis que deixou de ser consumida com a reciclagem e/ou reuso dos 76 kg de papel, e que seria gasta para produzir esse mesmo montante. Vale ressaltar que essas quantias não se somam. Em termos de energia elétrica, com a reciclagem e/ou reuso desse montante, foi possível economizar o equivalente a 604 banhos de 10 minutos em um chuveiro elétrico de 3.500 Watts de potência. É importante frisar que o preço dos combustíveis sobe em proporcionalidade inversa à sua quantidade disponível, ou seja, quanto mais escasseiam, mais elevado é o seu preço, e ainda, o uso da energia contida nesses combustíveis é determinante para que ocorram transformações econômicas, sociais e tecnológicas. Assim, ações que venham a contribuir para disponibilidade desses recursos são de fundamental importância, tanto no aspecto ambiental quanto econômico, e devem ser priorizadas.

Tabela 16 – Relação da quantidade economizada de cada combustível com a reciclagem do papel (CAMPANI et al., 2009)

Combustível	Descrição	Quantidade economizada
Petróleo	PCS	29.553 t
Gás natural	Úmido	22,81 m ³
Gás GLP	Densidade 0,552	26,65 kg
Carvão mineral	Nacional	75.287 t
Lenha comercial	Nacional	97.145 t
Carvão vegetal	Densidade 250 kg m ⁻³	46.617 t
Bagaço de cana	Umidade 50%	141.384 t
Óleo diesel	Densidade 0,852 kg L ⁻¹	29,10 kg
Gasolina	Densidade 0,742 kg L ⁻¹	28,54 kg
Álcool anidro	Densidade 0,791 kg L ⁻¹	44,61 kg
Álcool hidratado	Densidade 0,809 kg L ⁻¹	47,80 kg

Para tornar possível a destinação correta dos resíduos sólidos gerados na APTA-PCS, a instituição investiu no Programa de Coleta Seletiva aproximadamente R\$1.000,00 para compra dos coletores, confecção de cartazes explicativos e

etiquetas e realização do evento de Educação Ambiental. No entanto, esse investimento deve ser constante, pois os resultados acima apresentados refletem apenas o início das atividades de manejo dos resíduos sólidos na instituição. É de fundamental importância a participação da diretoria, para garantir a manutenção dos bons resultados, através de novos investimentos em infra-estrutura, manutenção dos coletores e, principalmente, na promoção de cursos e oficinas voltados a educação ambiental. Vale ressaltar que o não aprimoramento do Programa de Coleta Seletiva ao longo do tempo pode servir como desestímulo para a prática de separação dos resíduos na instituição.

4.4 Sistema de Produção de Água Desionizada

A montagem do sistema de produção inicialmente proposto foi concebida reaproveitando-se as colunas disponibilizadas pelo Laboratório de Química Analítica do CENA/USP, onde o sistema então instalado foi retirado de operação, em decorrência do fornecimento de água desionizada para toda a instituição por meio da central de produção. Uma ilustração da estrutura montada na APTA-PCS pode ser visualizada em detalhes na Figura 39.

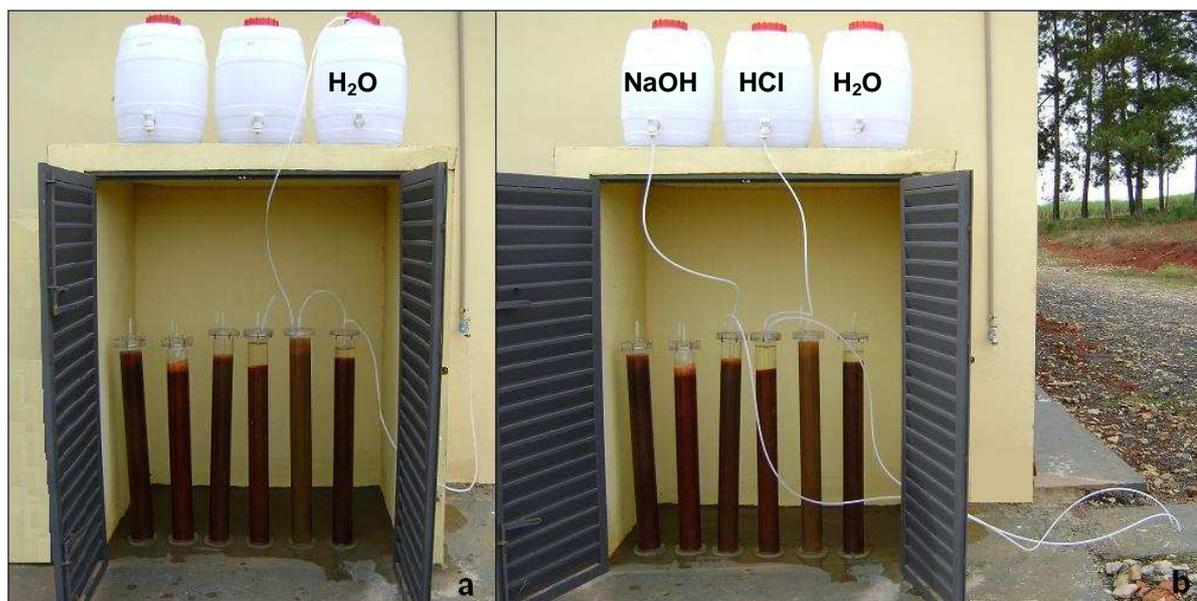


Figura 39 – Estrutura montada na APTA-PCS para alocar o sistema de produção de água desionizada sendo em a) esquema de transporte de fluidos para produção de água desionizada a partir de água da torneira; b) esquema de transporte de fluidos para regeneração das colunas a partir de HCl, NaOH e água de lavagem

Com respeito à qualidade da água desionizada produzida, a condutividade média observada foi da ordem de $0,9 \mu\text{S cm}^{-1}$, sendo que o sistema foi alimentado com água retirada de um poço artesiano, onde a condutividade foi determinada em $122 \mu\text{S cm}^{-1}$. Como a condutividade da água de alimentação pode ser considerada relativamente baixa, se comparada, por exemplo, à fornecida pelo Serviço Municipal de Água e Esgoto de Piracicaba (SEMAE), que costuma oscilar entre 250 e $500 \mu\text{S cm}^{-1}$, essa particularidade resulta, conseqüentemente, numa maior capacidade de produção de água até a saturação dos sítios de troca das resinas catiônicas e aniônicas.

Em termos quantitativos, as medidas do volume de água produzida até a saturação das resinas permitiram estimar que a capacidade de produção de cada conjunto (par de colunas) é de aproximadamente 2.400 L. Se for levado em consideração que a demanda semanal institucional é estimada em, no máximo, 200 L, entende-se que um único par de colunas deve ser suficiente para atender às necessidades da APTA-PCS por um período de três meses.

Após a saturação das resinas no par de colunas estudado, avaliou-se a regeneração empregando-se soluções de HCl e NaOH $1,2 \text{ mol L}^{-1}$, nas resinas catiônica e aniônica, respectivamente, em fluxo aproximado a 150 mL min^{-1} . A verificação do nível de regeneração dos sítios ativos das resinas, realizada através da titulação de amostras coletadas a cada 2 L de solução eluída, mostrou que, a partir da 3ª amostra coletada (referente a 4 L de solução eluída), acentua-se a eluição de íons H^+ e OH^- nas colunas. Verificou-se também que após a eluição de 10 L da solução alcalina e de 18 L da solução ácida, a concentração dos reagentes (HCl e NaOH) na entrada (eluyente) e na saída (eluído) das colunas eram semelhantes.

Análises realizadas com auxílio de um fotômetro de chamas, nas últimas amostras coletadas no eluído da coluna catiônica, indicaram que o íon Ca^{2+} é o último cátion retido nas resinas a ser eluído. No sistema dimensionado, para a completa regeneração das colunas, foi possível estimar em cerca de 50 L o volume de regenerantes a ser utilizado, considerando-se as concentrações testadas. A se considerar o sistema dimensionado, com base nesses resultados, uma opção alternativa interessante a ser sugerida seria elevar a concentração dos regenerantes para $1,5 \text{ mol L}^{-1}$, o que permitiria reduzir o volume de cada solução para 40 L.

Nessas condições, o tempo total da etapa de regeneração seria estimado em cerca de 6 h de trabalho, incluindo a lavagem final com água desionizada.

Por fim, é importante frisar que, além da baixa condutividade da água desionizada produzida e disponibilizada aos laboratórios, que deve contribuir na condução das análises e experimentos na APTA-PCS, o custo de produção dessa água se mostrou consideravelmente inferior ao de um equipamento convencional de destilação. Enquanto para se produzir 1 m³ de água destilada, considerando-se os dispêndios com energia e água de refrigeração, o custo de produção ultrapassa R\$100,00, as cifras envolvidas na purificação do mesmo volume de água no sistema dimensionado não atingiu R\$15,00, considerando-se os custos dos reagentes utilizados na regeneração das colunas.

5. CONCLUSÃO

Os resultados alcançados na APTA-PCS são promissores e demonstram, inegavelmente, que o PGRQ é viável, pois além do ganho ambiental, que é imensurável, alguns procedimentos envolvidos propiciaram retorno financeiro. Com especial atenção dada à questão da Educação Ambiental, este PGRQ ofereceu a oportunidade de treinamento aos pesquisadores, estagiários e funcionários, no tocante a adquirir uma consciência ética com relação ao uso e descarte de resíduos, evitando assim cenários de degradação ambiental nas instalações da APTA-PCS e seu entorno. O apoio institucional por parte da diretoria e dos pesquisadores foi essencial para a implementação de todas as propostas. Entretanto, dificuldades foram enfrentadas em relação à disponibilidade de recursos financeiros, de espaço e materiais para se realizar procedimentos de tratamento dos resíduos, aliado à falta de aceitação e colaboração por parte de alguns funcionários em relação à mudança de alguns hábitos e práticas.

Os inventários dos ativos e passivos ambientais possibilitaram conhecer as instalações da APTA-PCS em relação aos seus resíduos gerados, direcionando assim os esforços para a busca da melhor estratégia de gestão. Em relação aos passivos, a quantificação detalhada dos agrotóxicos forneceu toda a informação necessária para o gerenciamento desses produtos, em relação a sua destinação final e ao planejamento de novas instalações para armazenamento, em consonância com as normas brasileiras. Além disso, a metodologia de quantificação pode ser amplamente utilizada por outras instalações, as quais necessitem gerenciar o seu estoque de produtos.

O descarte dos resíduos químicos de maneira incorreta nos efluentes laboratoriais pôde ser corrigido, principalmente em relação aos resíduos contendo metais. Todas as técnicas empregadas se mostraram de fácil operação, não sendo necessários grandes investimentos. Os métodos de tratamento para remoção do cromo e cobre através da precipitação química foram muito eficientes, permitindo atender o limite estabelecido pela legislação a um baixo custo de tratamento. Vale ressaltar que, considerando o tratamento para remoção do cromo, para garantir a sua eficiência e atender a legislação, foi necessária precisão na dosagem dos reagentes. Além disso, o emprego da técnica de precipitação química possibilitou uma redução significativa no volume final do resíduo a ser destinado, principalmente

considerando o tratamento de grandes volumes, aliada ao emprego da secagem dos resíduos precipitados sob irradiação solar, representando uma alternativa sustentável, na qual não há gasto de energia.

O Programa de Coleta Seletiva, organizado em suas cinco etapas, obteve resultados promissores, considerando o restrito espaço de tempo para isso. O questionário aplicado na primeira etapa possibilitou o levantamento dos hábitos e práticas dos funcionários relativos à geração de resíduos nos ambientes doméstico e de trabalho. Na etapa de caracterização quantitativa, foi diagnosticado que o papel é gerado em maior quantidade, ao passo que os resíduos orgânicos são gerados em maior quantidade em termos de peso. Em relação à iniciativa da coleta seletiva existente naquela ocasião, foi observado que o subdimensionamento dos coletores comprometia a correta segregação dos resíduos sólidos. Os indicadores utilizados para avaliar o desempenho do Programa de Coleta Seletiva evidenciaram resultados expressivos de participação da comunidade da APTA-PCS para com essas iniciativas, principalmente em relação ao evento de Educação Ambiental, demonstrando a redução na geração de resíduos (total e per capita) e também no consumo de descartáveis. A disponibilidade de coletores e conscientização da comunidade da APTA-PCS demonstrou que a porcentagem de segregação correta dos resíduos aumentou em relação ao descarte incorreto. Ainda, o indicador ambiental demonstrou que com a simples reutilização/reciclagem do papel gerado foi possível evitar o desperdício de energia considerando várias fontes combustíveis.

Com o emprego de colunas preenchidas com resinas de troca-iônica foi possível a obtenção de água com baixa condutividade excelente para fins laboratoriais, em escala de produção compatível com a utilização nos experimentos conduzidos na APTA-PCS.

A continuidade dos progressos ora alcançados está relacionada à manutenção dos esforços por parte da diretoria da APTA-PCS, principalmente a disponibilização de recursos financeiros e humanos, os quais, de preferência, devem ser integralmente dedicados ao tratamento dos resíduos e gerenciamento das questões relacionadas. Outro fator de extrema importância deve ser considerado é a promoção constante de atividades de conscientização e treinamento para reforçar as premissas do PGRQ e evitar que as mesmas sejam descumpridas ou caiam no esquecimento.

REFERÊNCIAS

ABDALA, W.J.S.; RODRIGUES, F.M.; ANDRADE, J.B.L. Educação ambiental e coleta seletiva: importância e contextualização no mundo atual. **Travessias**, Cascavel, PR, v. 2, n. 1, p. 01-12, 2008.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10.004**. Classificação de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10.005**. Lixiviação de Resíduos. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-10.006**. Solubilização de Resíduos. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. 2009. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_2009.php. Acesso em: 21 mar. 2011.

AFONSO, J.C.; NORONHA, L.A.; FELIPE, R.P.; FREIDINGER, N. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 602-611, 2003.

ALBERGUINI, L.B.; SILVA, L.C.; REZENDE, M.O.O. Laboratório de resíduos químicos do campus USP-Carlos – Resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 195-291, 2003.

ALONZO, H.G.A.; CORRÊA, C.L. Praguicidas. In: OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 437-458.

AMARAL, S.T.; MACHADO, P.F.L.; PERALBA, M.C.R.; CÂMARA, M.R.; SANTOS, T.; BERLEZE, A.L.; FALCÃO, H.L.; MARTINELLI, M.; GONÇALVES, R.S.; OLIVEIRA, E.R.; BRASIL, J.L.; ARAÚJO, M.A.; BORGES, A.C.A. Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 419-423, 2001.

AMARANTE JUNIOR, O.P.; SANTOS, T.C.R. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002.

ANDEF – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL. **Manual de armazenamento de produtos fitossanitários**. Campinas: Linea Creativa, 2005. 28 p.

ANDRADE, J.C.; ABREU, M.F. **Análise química de resíduos sólidos para monitoramento e estudos ambientais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2006. 178 p.

ANDRIANTSIHOARANA, F. Disposal of obsolete pesticides stocks and prevention of their build-up: experiences from Madagascar. In: OECD - FAO - UNEP WORKSHOP ON OBSOLETE STOCKS OF PESTICIDES, 2000, Alexandria, Virginia. Antananarivo, Madagascar: Voarisoa Observatoire, 2000.

BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2002. 622 p.

BARCELLOS, F.C.; OLIVEIRA, S.M.M.C.; CARVALHO, P.G.M.; GREEN, A.L. Diagnóstico ambiental dos municípios segundo o modelo pressão-estado-impacto-resposta. In: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO, 6., 2005, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, 2005.

BARREIRA, L.P.; PHILIPPI JUNIOR, A. A problemática dos resíduos de embalagens de agrotóxicos no Brasil. In: CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28., 2002, Cancun, Mexico. **Anais...** Cancun, México: Inter-American Association of Sanitary and Environmental Engineering, 2002. 9 p.

BEDNAR, A.J.; GARBARINO, J.R.; RANVILLE, J.F.; WILDEMAN, T.R. Presence of organoarsenicals used in cotton production in agricultural water and soil of the southern United States. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 50, n. 25, p. 7340-7344, 2002.

BENDASSOLLI, J.A.; TRIVELIN, P.C.O.; CARNEIRO JÚNIOR, F. Sistema de desmineralizador de água de alta eficiência e baixo custo, utilizando resinas trocadoras de íons. **Química Nova**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 195-199, 1996.

BENDASSOLLI, J. A.; MORTATTI, J.; TRIVELIN, P. C. O.; IGNOTO, R. F.; BONASSI, J. A.; TAVARES, G. A. Reciclagem de cobre proveniente de analisador elementar de carbono e nitrogênio. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 312-315, 2002.

BENDASSOLLI, J.A.; TAVARES, G.A.; IGNOTO, R.F.; ROSSETI, A.L.R.M. Procedimentos para recuperação de Ag de líquidos e sólidos. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 578-581, 2003a.

BENDASSOLLI, J.A.; MAXIMO, E.; IGNOTO, R.F.; TAVARES, G.A. Gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas no Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP. **Química Nova**, v.26, n.4, p.612-617, 2003b.

BIGLIARDI, R.V.; CRUZ, R.G. O papel da educação ambiental frente à crise civilizatória atual. **Ambiente & Educação**, Rio Grande do Sul, v. 12, p. 127-141, 2007.

BOEIRA, R.C.; MAXIMILIANO, V.C.B. **Análise de nitrogênio em amostras de lodos de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. 5 p. (Comunicado Técnico, 40).

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº. 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e

aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2 set. 1981.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº. 7.802 de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 jul. 1989. Seção I, p. 11.459.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº. 9.795 de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 abr. 1999.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº. 264 de 26 de agosto de 1999. Define procedimentos, critérios e aspectos técnicos específicos de licenciamento ambiental para o co-processamento de resíduos em fornos rotativos de clínquer para a fabricação de cimento. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 mar. 2000. Seção 1, p. 80-83.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº. 275 de 25 de abril de 2001. Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jun. 2001a. Seção 1, p. 80.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº. 283 de 12 de julho de 2001. Dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 01 out. 2001b.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº. 357 de 15 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Correlações: - Revoga a Resolução no 20/86; - Alterada pela Resolução no 370/06 (prorroga o prazo previsto no art. 44). **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Seção 1, p. 58-63.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº. 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 (1); e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010. Seção 1, p. 3.

BREMNER J.M. **Methods of soil analysis**. Part 2 - Chemical and microbiological properties. Madison: ASA, 1965. p. 1149-1178.

BUTZKE, I.C.; PEREIRA, G.R.; NOEBAUER, D. Sugestão de indicadores para avaliação do desempenho das atividades educativas do sistema de gestão ambiental – SGA da Universidade Regional de Blumenau – FURB. **Revista**

Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, Rio Grande do Sul, v. especial, p. 144-157, 2001.

CAMPANI, D.B.; RAMOS, G.G.C.; WARTCHOW, D.; ZANINI, D.; MARTIN, C.G. Desenvolvimento de indicadores socioambientais para o programa de coleta seletiva do município de São Leopoldo. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 2., 2009, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, RS: Instituto Venturi para Estudos Ambientais, 2009.

CANADÁ. The Ministry of Environment, **Waste Diversion Act**. Disponível em: <http://www.ene.gov.on.ca/en/land/wda/index.php>. Acesso em: 03 mai. 2010.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990.

CEMPRE – COMPROMISSO EMPRESARIAL COM A RECICLAGEM. **Fichas técnicas**. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.cempre.org.br/>. Acesso em: 22 mar. 2011.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Norma Técnica nº L 6.350**. Determinação da biodegradação de resíduos – Método Respirométrico de Bartha. São Paulo: CETESB, 1990. 15 p.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Norma Técnica P. 4.230**. Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológico em áreas agrícolas: critérios para projeto e operação. São Paulo: CETESB, 1999. 32 p.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. CETESB atualiza lista de áreas contaminadas no Estado de São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2009/03/02_areas.pdf. Acesso em: 30 abr. 2011.

CHUNG, N.K. Chemical precipitation. In: FREEMAN, H.M. (Ed.). **Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal**. 2. ed. Columbus, OH: McGraw-Hill, 1997.

CONSTANTIN, J.; MACHADO, M.H.; CAVALIERI, S.D.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; RIOS, F.A.; ROSO, A.C. Influência do glyphosate na dessecação de capim-braquiária e sobre o desenvolvimento inicial da cultura do milho. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, p. 627-636, 2008.

CORRÊA, L.B.; FINKLER, R.; DE CONTO, S.M. Educação ambiental: programa de coleta seletiva na escola estadual Imigrante – Caxias do Sul/RS – Estudo de caso. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, RS, v. 9, p. 167-174, 2002.

COUTINHO, C.F.B.; MAZO, L.H. Complexos metálicos com o herbicida glifosato: revisão. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 1038-1045, 2005.

CUNHA, C.J. O programa de gerenciamento de resíduos laboratoriais do depto de química da UFPR. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 424-427, 2001.

DELEVATI, D.M.; KIPPE, M.L.; ALVES, G.; CARGNELUTTI, L.E.; LUZ, E.T.; ROSA, T.F. Implantação da coleta seletiva e sistema de compostagem no Campus da UNISC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2007.

DEMIATE, I.M. Determinação de açúcares redutores e totais em alimentos. Comparação entre método colorimétrico e titulométrico. **Publicatio UEPG – Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 8, p. 65-78, 2002.

DI VITTA, P.B.; FARIA, D.L.A.; MARZORATI, L.; BAPTISTA, M.; BERTOTTI, M.; SERRANO, S.H.P.; DI VITTA, C.; BAADER, W.J. Gerenciamento de resíduos no Instituto de Química da Universidade de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE SEGURANÇA EM QUÍMICA, 2., 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2002. 1 CD-Rom.

DIJKGRAAF, E.; VOLLEBERGH, H.R.J. Burn or bury? A social cost comparison of final waste disposal methods. **Ecological Economics**, Amsterdam, v. 50, p. 233-247, 2004.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Uvas americanas e híbridas para processamento em clima temperado**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvaAmericanaHibridaClimaTemperado/agrotoxi.htm>. Acesso em: 28 mar. 2011.

GATTO, A.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S.; VILLANI, E.M.A. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico em solos cultivados com eucalipto. Nota Técnica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 735-740, 2009.

GIOVANNINI, J.G.; TAVARES, G.A.; BENDASSOLLI, J.A. Avaliação das técnicas de precipitação química e encapsulamento no tratamento e destinação conjunta de resíduos líquidos contendo cromo e vidrarias de laboratório. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 676-679, 2008.

GRIMBERG, E.; BLAUTH, P. **Coleta seletiva: reciclando materiais, reciclando valores**. São Paulo: Instituto Pólis, 1998.

JARDIM, W.F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 5, p. 671-673, 1998.

KRASILCHIK, M. Educação ambiental na escola brasileira – passado, presente e futuro. **Ciência e Cultura**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 12, p. 1958-1961, 1986.

KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. Nitrogen-Inorganic forms. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 2: Chemical and microbiological properties. Madison: SSSA, 1982. p. 539-579.

LARINI, L. Praguicidas. In: OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. São Paulo: Atheneu, 1996. p. 474-486.

LAYRARGUES, P.P. O cinismo da reciclagem. In: LOUREIRO, C.F.B.; LAYRARGUES, P.P.; CASTRO, R.S. de. (Org.). **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002. p. 200-217.

LEHNIGER, L.A.; NELSON, L.D.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. 2. ed. Tradução de W.R. Lood e A.A. Simões. São Paulo: Sarvier, 1985. p. 227-228.

LENARDÃO, E.J.; FREITAG, R.A.; DABDOUB, M.J.; BATISTA, A.C.F.; SILVEIRA, C.C. "Green Chemistry" – Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 123-129, 2003.

MAROUN, C.A. **Sistema FIRJAN**. Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimento passo a passo. 2. ed. Rio de Janeiro: GMA, 2006.

MASTEN, S.J.; DAVIES, S.H.R. Chemical oxidation and reduction. In: FREEMAN, H.M. (Ed.). **Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal**. 2. ed. Columbus, OH: McGraw-Hill, 1997.

MARTÍNEZ, J. **Practical guideline on environmentally sound management of obsolete pesticides in the Latin America and Caribbean countries**. Basel: Convention Coordinating Centre for Latin America and the Caribbean, Montevideo, Uruguay, 2004. 64 p.

MACHADO, J.M.C.; OLIVEIRA, L.M.C.P.E.; KAMAGAWA, M.Y. Reciclagem de crômio de resíduos químicos provenientes da determinação de carbono oxidável em fertilizantes orgânicos. **Química Nova**, São Paulo, v. 34, n. 1, p. 131-134, 2011.

NOBRE, M.V.; COLLARES, E.G. Gerenciamento de resíduos sólidos na FESP/UEMG: exemplo de um programa de coleta seletiva institucional. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 24., 2007, Belo Horizonte, MG. **Anais...** Belo Horizonte, MG: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

NOLASCO, F.R. **Desenvolvimento de um sistema para avaliação do efeito da aplicação de processos oxidativos avançados no tratamento de efluentes líquidos contendo fenol ou cianeto**. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **OECD Key Environmental Indicators**. Paris, 2008. Disponível em: <http://www.oecd.org/dataoecd/20/40/37551205.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2011.

OLIVEIRA, D.; SANTANA, C.; BARBOSA, H.; LEAL, C.; NICOLAU, S. Gerenciamento dos resíduos sólidos em condomínios no bairro de Manaíra. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: CEFET-PB, 2007.

OTVOS, G.S.; SPERS, E.E. Comportamento do consumidor em relação à coleta seletiva. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 15., 2007, Pirassununga. **Anais...** São Paulo: USP, 2007.

PELICIONI, M.C.F. (Ed.). **Educação ambiental**: desenvolvimento de cursos e projetos. São Paulo: Ed.USP, 2000. p. 60-64.

PHILIPPI JUNIOR, A.; AGUIAR, A. O. Resíduos sólidos: características e gerenciamento. In: PHILIPPI JUNIOR, A. (Org.). **Saneamento, saúde e ambiente**: fundamento para o desenvolvimento sustentável. Barueri: Manole, 2005. p. 267-321.

POSSIGNOLO, N.V.; TAVARES, G.A.; OLIVEIRA, J.G.G.; XAVIER, T.M.R.; BENDASSOLLI, J.A. Avaliação do emprego da técnica de precipitação química no tratamento de resíduos contendo ácido fluorídrico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, 6., 2008, Serra Negra. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2008.

RAMALHO, R.S. **Tratamiento de aguas residuales**. Barcelona: Editorial Reverté, 1991. 705 p.

RIEDER, A.; DORES, E.F.G.C.; NUNES, V.S.; OLIVEIRA, M.D.; MOZETO, A.A.; MODRO, A.F.H.; SANTOS, J.L.; ROCHA, G.S. Classes de Potencial de Periculosidade Ambiental (PPA) dos pesticidas receitados em municípios do Pantanal Norte, Mato Grosso (MT), Brasil, no biênio 1999-2000. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 4., 2004, Corumbá. **Anais...** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2004.

RMS – DEPARTMENT OF RISK MANAGEMENT AND SAFETY OF AUBURN UNIVERSITY. **Chemical waste management guide: a guide to the generation, storage and disposal of hazardous waste at Auburn University**. Auburn, AL: Department of Risk Management and Safety, 2006. 92 p. Disponível em: <http://www.auburn.edu/administration/rms/environmental.html>. Acesso em: 13 dez. 2010.

ROBERTS, T.R.; HUTSON, D.H.; LEE, P.W.; NICHOLLS, P.H.; PLIMMER, J.R. **Metabolic pathways of agrochemicals**. Part 1: Herbicides and plant growth regulators. Washington, DC: The Royal Society of Chemistry, 1998.

RODRIGUES, F.A.C.; WEBER, O.L.S.; DORES, E.F.G.C.; KLAUTAU-GUIMARÃES, M.N.; TIDON, R.; GRISÓLIA, C.K. Ecogenotoxicologia dos agrotóxicos: avaliação comparativa entre ecossistema agrícola e área de proteção ambiental. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 15, p. 73-84, 2005.

SANTANA, G.P. **Contaminação por arsênio**. Coroadó, AM: Universidade Federal do Amazonas, Departamento de Química, 2009. Disponível em: <http://www.cq.ufam.edu.br/Artigos/arsenio/arsenio.html>. Acesso em: 18 set. 2009.

SANTOS, J.S. **Remediação de solos contaminados com agrotóxicos pelo tratamento com radiação gama**. 2009. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SÃO PAULO (Estado). Assembléia Legislativa. Lei nº 997 de 31 de maio de 1976. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 1 jun. 1976a. v. 86, n. 102.

SÃO PAULO (Estado). Assembléia Legislativa. Decreto nº 8.468 de 8 de setembro de 1976. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a Prevenção e o Controle da Poluição do Meio Ambiente. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, 09 set. 1976b.

SEDEMA – SECRETARIA MUNICIPAL DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE. Volume de resíduos domiciliares coletados. Piracicaba: IPPLAP, 2010. Disponível em: <http://www.ipplap.com.br/docs/Volume%20Residuos%20Domiciliares%20-%202001%20a%202010.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2011.

SILVA, A.F.; SOARES, T.R.S.; AFONSO, J.C. Gestão de resíduos de laboratório: uma abordagem para o ensino médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 37-42, 2010.

SUCEN – SUPERINTENDÊNCIA DE CONTROLE DE ENDEMIAS. **Manual de Segurança Química em Controle de Vetores**. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.sucen.sp.gov.br/down/segtrb/sequi11.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2010.

TAKIZAWA, Y. Understanding Minamata disease and strategies to prevent further environmental contamination by methylmercury. **Water Science and Technology**, Oxford, v. 42, n. 7-8, p. 139-146, 2000.

TARDIVO, M.; REZENDE, M.O.O. Determinação de compostos organoclorados em peixes da bacia do Betari, Vale do Ribeira (SP). **Analytica**, São Paulo, v. 3, n. 16, p. 50-58, 2005.

TAVARES, G. A.; BENDASSOLLI, J. A.; SOUZA, G.; NOLASCO, F. R. Implantação de uma central de produção de água desionizada para uso nos laboratórios do CENA/USP empregando resinas de troca-iônica. **Analytica**, São Paulo, v. 2, n. 10, p. 36-42, 2004a.

TAVARES, G.A.; BENDASSOLLI, J.A.; SOUZA, G.; NOLASCO, F.R.; BONASSI, J.A.; BATAGELLO, H.H. Recuperação de bromo em soluções aquosas residuais. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 320-322, 2004b.

TAVARES, G.A.; BENDASSOLLI, J.A. Implantação de um programa de gerenciamento de resíduos químicos e águas servidas nos laboratórios de ensino e pesquisa do CENA/USP. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 732-738, 2005.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

VARGAS, L.; FLECK, N.G.; VIDAL, R.A.; CUNHA, M.M. Qualidade química da água usada para aspersão e seu efeito na atividade do herbicida glifosato. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 543-548, 1997.

VEGA, C.A.; OJEDA-BENÍTEZ, S.; RAMIREZ-BARRETO, M. Mexican educational institutions and waste management programmes: a University case study. **Resources, Conservation & Recycling**, Amsterdam, v. 39, p. 283-296, 2003.

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of Degtjareff Method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, New Brunswick, v. 37, p. 29-38, 1934.

WORLD BANK. **Waste management in China: issues and recommendations**. Beijing, China: East Asia Infrastructure Department, 2005. 156 p. (Working Paper, 9). Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/INTEAPREGTOPURBDEV/Resources/China-Waste-Management1.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2011.

ANEXOS

Anexo A - QUESTIONÁRIO ESTRUTURADO

Prezados entrevistados, este questionário tem como objetivo recolher informações sobre hábitos ou práticas do dia-a-dia relativo a resíduos domésticos. Para responder algumas perguntas será necessário somente assinalar as respostas com um **X**. Em outras perguntas você deverá escrever a resposta. Procure ser o mais **verdadeiro** possível. **Você não precisa se identificar.**

Desde já agradecemos a sua colaboração.

I – Perguntas relativas a você e sua família

- [1] Qual a sua idade? _____
- [2] Qual o seu sexo? Masculino Feminino
- [3] Qual o seu grau de escolaridade?
 Analfabeto 2º grau completo Fundamental completo Superior completo
 2º grau incompleto Fundamental incompleto Superior incompleto
- [4] Quantas pessoas moram em sua casa? _____
- [5] Qual a sua profissão? _____
- [6] Os almoços e os jantares são preparados em casa? Sim Não
- [7] Os restos das refeições e da sua preparação vão para:
 O lixo Outros
 Servem de alimento para animais Especifique: _____
 O quintal _____

II – Perguntas relativas à geração de resíduos domésticos

- [8] Ao terminar o seu almoço ou jantar, sobram restos de comida em seu prato e no prato de seus familiares? Sim Não
- [9] Que tipos de resíduo você e sua família produzem?
 Plásticos Embalagens “Tetra Pak” Papéis Metais
 Vidros Restos de alimentos Tecidos Outros Especifique: _____
- [10] Você ou alguém da sua família separa regularmente os resíduos domésticos produzidos? Sim Não

OBS: Se você respondeu que SIM na pergunta nº. 10 responda a pergunta abaixo. Se respondeu que NÃO vá para a pergunta nº. 12.

- [11] Quais são os resíduos domésticos que você ou alguém da sua família separa?
 Plásticos Pilhas Embalagens metálicas Radiografias
 Vidros Embalagens “Tetra Pak” Outros Especifique: _____
 Papéis Medicamentos _____

III – Perguntas relativas à necessidade de gestão de resíduos domésticos

[12] Como você se considera no que diz respeito à consciência da necessidade de separar os resíduos domésticos? (Assinale apenas uma alternativa).

- Nada consciente Razoavelmente consciente Muito consciente
 Pouco consciente Bastante consciente

OBS: Responda as perguntas nº. 13, 14 e 15 somente se você assinalou as alternativas RAZOAVELMENTE CONSCIENTE, BASTANTE CONSCIENTE ou MUITO CONSCIENTE. Se você não assinalou uma dessas alternativas, vá para a pergunta nº. 15.

[13] Explique o porquê você se considera consciente sobre a necessidade de separar os resíduos em sua casa?

[14] O que você entende por coleta seletiva do lixo?

[15] Como você soube da importância de separar os resíduos de sua casa?

- Televisão Jornais Meus pais me ensinaram Meus filhos me ensinaram
 Rádio Livros Escola Outros Especifique: _____

[16] Ao comprar um produto, quais dos itens abaixo você considera? Numere os itens de 1 a 5, sendo 1 (um) o menos importante e 5 (cinco) o mais importante.

- Ter um preço razoável Ser de boa qualidade Ser de marca
 Estar na moda Ser um produto ecologicamente correto

[17] Você influencia seus pais, sua esposa ou marido e seus filhos quando vocês vão comprar algo, desde um refrigerante até um eletro-doméstico? Sim Não

Anexo B - FICHA DE LEVANTAMENTO DE PASSIVOS AMBIENTAIS

1. IDENTIFICAÇÃO DO LOCAL

- 1.1 Nome da Instituição: Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
APTA - Pólo Centro-Sul
- 1.2 Endereço: Rodovia SP 127, km 30 - Vila Fátima
- 1.3 Responsável: Fábio Luis Ferreira Dias

2. LOCALIZAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E DIMENSÕES DO PASSIVO AMBIENTAL

- 2.1 Identificação do Passivo
Agrotóxicos armazenados em um depósito com condições impróprias de segurança e
condicionamento. A maioria dos produtos encontra-se fora do prazo de validade sendo
que alguns deles possuem em sua formulação ingredientes ativos banidos no mercado
como aldrin, endrin e captafol.
- 2.2 Distância do Rio: ≈ 150 metros
- 2.3 Coordenadas Geográficas: 22° 40' 54.8" S e 47° 38' 50.1"W
- 2.3 Quantidade Total: ≈ 400 kg e 710 L

3. HISTÓRICO DE OCORRÊNCIA

- 3.1 Início do Levantamento: 09 / 03 / 2009
- 3.2 Foi objeto de Recuperação Sim (X) Não ()
- 3.3 Se sim, qual o procedimento efetuado: Análise das condições de armazenamento,
inventário dos produtos de acordo com o ingrediente ativo, grupo químico, tipo de formulação,
classe, classe toxicológica, periculosidade ambiental, quantidade (kg ou L) e prazo de
validade e destinação das embalagens vazias.

4. TIPO DE PASSIVO

- 4.1 Relacionado a Solos
- 4.1.1 Contaminação do solo (X)
- 4.2 Relacionado à Água
- 4.2.1 Contaminação do lençol freático (X)
- 4.3 Relacionado à Poluição, Resíduos e Ruído
- 4.3.1 Geração de ruído ()
- 4.3.2 Poluição do ar ()
- 4.3.3 Deposição na área de APP
- 4.4 Relacionados à Fauna e Flora
- 4.4.1 Conflito com passagem de animais silvestres ()
- 4.4.2 Deterioração de espécies vegetais vizinhas ()

5. ANÁLISE QUALITATIVA DA OCORRÊNCIA

5.1 Quanto à Gravidade da Ocorrência

- 5.1.1 Gravíssima ()
 5.1.2 Grave (X)
 5.1.3 Pouco grave ()
 5.1.4 Sem gravidade ()

5.2 Quanto à Tendência de Evolução

- 5.2.1 Tende a evoluir rapidamente ()
 5.2.2 Tende a evoluir lentamente (X)
 5.2.3 Estabilizado ()
 5.2.4 Tende a desaparecer ()

5.3 Quanto ao Risco

- 5.3.1 Oferece risco aos trabalhadores (X)
 5.3.2 Oferece risco aos visitantes ()

6. ENQUADRAMENTO DO PASSIVO

6.1 Classificação do Agrotóxico

- | | | | |
|------------------|-----|-----------------------|-----|
| 6.1.1 Herbicida | (X) | 6.1.5 Carbamatos | (X) |
| 6.1.2 Fungicida | (X) | 6.1.6 Clorados | (X) |
| 6.1.3 Inseticida | (X) | 6.1.7 Fosforados | (X) |
| 6.1.4 Outros | (X) | 6.1.8 Clorofosforados | (X) |

6.2 Quantidade de Ingrediente Ativo

- 6.2.1 Herbicida: 345,38 kg
 6.2.2 Inseticida: 66,81 kg
 6.2.3 Fungicida: 40,68 kg
 6.2.4 Fungicida/Inseticida: 20,58 kg
 6.2.5 Fungicida/Bactericida: 10,72 kg
 6.2.6 Outros: 6,56 kg

6.3 Quantidade de Ingrediente Ativo relativa aos Orgânicos de Síntese

- 6.3.1 Carbamatos: 27,11 kg
 6.3.2 Clorados: 1,48 kg
 6.3.3 Fosforados: 63,72 kg
 6.3.4 Clorofosforados: 6,40 kg

7. IMAGENS FOTOGRÁFICAS



Figura 7.1 - Armazenamento em prateleiras de madeira sem impermeabilização



Figura 7.2 - Frascos empoeirados



Figura 7.3 - Agrotóxicos antigos sem especificações



Figura 7.4 - Desorganização no acondicionamento



Figura 7.5 - Presença de fungos indicando umidade



Figura 7.6 - Armazenamento incorreto de embalagens vazias

Anexo C - LISTAGEM DOS INGREDIENTES ATIVOS ARMAZENADOS NO DEPÓSITO DA APTA-PCS

Nome Comercial	Ingrediente Ativo ¹	Classificação	Grupo Químico	Classe		Periculosidade		Quantidade
				Toxicológica ²		Ambiental ³		Total de IA (kg)
VOLCANE	MSMA	Herbicida	Organoarsênico	III		III		67,15
<i>TOUCHDOWN</i>	Glifosato	Herbicida	Glicinas Substituídas	III		II		0,93
TROP		Herbicida	Derivados da Glicina	IV		III		40,80
<i>BIMATE PM</i>	Tebutiurum	Herbicida	Uréias Substituídas	II		NE		0,20
BUTIRON		Herbicida	Uréias Substituídas	II		II		30,00
<i>COMBINE 500 SC</i>		Herbicida	Derivados da Uréia	IV		III		3,50
<i>TEBUTHIURON 500 SC</i>		Herbicida	Uréias Substituídas	III		II		3,00
<i>DIURON 500 SC</i>		Herbicida	Uréias Substituídas	II		NE		1,25
<i>DIURON NORTOX</i>	Diurum	Herbicida	Uréias Substituídas	III		II		3,76
HEXARON		Herbicida	Uréias Substituídas	III		II		18,72
VELPAR KWG		Herbicida	Uréias Substituídas	III		II		1,03
<i>BIMATE PM</i>		Herbicida	Uréias Substituídas	II		NE		0,50
<i>COMBILAN PM</i>		Oxicloreto de Cobre	Fungicida/Bactericida	Inorgânico	III		NE	
<i>RECOF</i>	Fungicida		Inorgânico	IV		NE		
DMA* 806 BR	2,4-D, Sal dimetilamina	Herbicida	Fenoxiacéticos	I		NE		14,51
<i>DMA* 806 BR</i>		Herbicida	Fenoxiacéticos	I		NE		8,14
<i>DONTOR</i>		Herbicida	Fenoxiacéticos	I		III		0,43
<i>TRIFLURALINA NORTOX</i>	Trifluralina	Herbicida	Dinitroanilina	II		II		22,25
<i>TRIFLURALINA</i>		Herbicida	Dinitroanilina	III		II		
<i>GESAPAX 50 WP</i>	Ametrina	Herbicida	Triazina	NE		NE		0,25
<i>GESAPAX 800 PM</i>		Herbicida	Triazina	III		NE		1,20
HERBIPAK 500 BR		Herbicida	Triazina	III		II		12,50
METRIMEX		Herbicida	Triazina	III		II		7,50
<i>BORAL 500 SC</i>	Sulfentrazona	Herbicida	Aril Triazolinonas	IV		III		0,75
BORAL 500 SC		Herbicida	Aril Triazolinonas	IV		III		20,20

¹ Nomenclatura de acordo com as regras brasileiras (ABAKERLI et al, 2003); ² **Classe Toxicológica** I - extremamente tóxico, II - altamente tóxico, III - medianamente tóxico, IV - pouco tóxico. ³ **Periculosidade Ambiental** I - altamente perigoso, II - muito perigoso, III - perigoso, IV - pouco perigoso (ANVISA, 2005). IA - Ingrediente Ativo. NE - Não Especificado. Nomes comerciais escritos em **negrito itálico** representam o produto fora do prazo de validade.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo ¹	Classificação	Grupo Químico	Classe Toxicológica ²	Periculosidade Ambiental ³	Quantidade Total de IA (kg)
GESAPRIM		Herbicida	Triazina	IV	II	
PRIMESTRA SC	Atrazina	Herbicida	Triazina	II	NE	20,20
SIPTRAN 500 SC		Herbicida	Triazina	III	NE	
DMA* 806 BR		Herbicida	Fenoxiacéticos	I	NE	12,06
DMA* 806 BR	Equivalente ácido do 2,4-D	Herbicida	Fenoxiacéticos	I	NE	6,77
DONTOR		Herbicida	Fenoxiacéticos	I	III	0,36
COUNTER 150G	Terbufós	Inseticida/Nematicida	Organofosforado	I	II	14,78
DIAFURAN 50		Inseticida/Nematicida	Carbamato	I	II	
FURADAN 350 SC		Inseticida/Nematicida	Carbamato	I	NE	
FURADAN 5G	Carbofurano	Inseticida/Nematicida	Carbamato	NE	NE	12,93
FURADAN 50 G		Inseticida/Nematicida	Carbamato	I	NE	
FURADAN 100 G		Inseticida/Nematicida	Carbamato	III	NE	
KUMULUS S	Enxofre	Acaricida/Fungicida	Inorgânico	IV	IV	12,48
HERBADOX 500 CE	Pendimentalina	Herbicida	Dinitroanilinas	II	NE	8,85
OPPA BR CE	Óleo Mineral	Inseticida/Acaricida/ Fungicida	Hidrocarbonetos alifáticos	IV	III	8,00
DIFOLATAN 480	Captafol	Fungicida	Ftalimidas	IV	NE	7,92
GAMIT		Herbicida	Isoxazolidinonas	II	II	1,00
GAMIT	Clomazona	Herbicida	Isoxazolidinonas	II	II	2,00
GAMIT STAR		Herbicida	Isoxazolidinonas	III	II	3,00
COMBILAN PM		Fungicida/Bactericida	Ditiocarbamato	III	NE	
DITHANE M 45	Mancozebe	Fungicida	Ditiocarbamato	III	NE	6,62
RIDOMIL-MANCOZEB BR		Fungicida	Ditiocarbamato	II	NE	
DIMECRON 50	Fosfamidom	Inseticida	Clorofosforado	NE	NE	6,40
MACHETE 600 CE	Butacloro	Herbicida	Cloroacetanilidas	NE	NE	6,00

¹ Nomenclatura de acordo com as regras brasileiras (ABAKERLI et al, 2003); ² **Classe Toxicológica** I - extremamente tóxico, II - altamente tóxico, III - medianamente tóxico, IV - pouco tóxico. ³ **Periculosidade Ambiental** I - altamente perigoso, II - muito perigoso, III - perigoso, IV - pouco perigoso (ANVISA, 2005). IA - Ingrediente Ativo. NE - Não Especificado. Nomes comerciais escritos em **negrito itálico** representam o produto fora do prazo de validade.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo ¹	Classificação	Grupo Químico	Classe Toxicológica ²	Periculosidade Ambiental ³	Quantidade Total de IA (kg)
HEXARON	Hexazinona	Herbicida	Triazinonas	III	II	5,57
VELPAR KWG		Herbicida	Triazinonas	III	II	
DUAL 720 CE	Metolacloro	Herbicida	Acetanilidas	II	NE	4,62
PRIMESTRA SC		Herbicida	Acetanilidas	II	NE	
MALATOL 50 E	Malationa	Inseticida	Organofosforado	NE	NE	3,53
MALATOL 100 CE		Inseticida/Acaricida	Organofosforado	III	NE	
MALATHION 500 CE Nitrosin		Inseticida	Organofosforado	III	NE	
EXTRAVON	Alquil Fenol Poliglicoléter	Espalhante adesivo	Alquilfenoletoxilado	IV	NE	3,35
SPICY	Aldicarbe	NE	NE	NE	NE	3,31
TEMIK 150		Inseticida/Acaricida/ Nematicida	Metilcarbamato de Oxima	I	II	
BAYLETON BR	Triadimefom	Fungicida	Triazóis	III	NE	2,75
DEROSAL PLUS	Carbendazim	Fungicida	Benzimidazol	III	II	0,12
DEROSAL 500 SC		Fungicida	Benzimidazol	III	III	2,50
CARVIN 85 PM	Carbaril	Inseticida	Carbamato	II	NE	2,55
DEVRIKOL 500 PM	Napropamida	Herbicida	Propianamidas	III	NE	2,50
DIP-TOX	Ditiofosfato de dioxana	Carrapaticida	NE	NE	NE	2,40
AMBUSH 50 CE	Permetrina	Inseticida	Piretróide Sintético	III	NE	2,33
AMBUSH 500 CE		Inseticida	Piretróide Sintético	III	NE	
GEMINI		Inseticida	Piretróide Sintético	III	NE	
VALON 384 CE		Inseticida	Piretróide Sintético	II	NE	
OMITE 720 CE BR	Propargito	Acaricida	Sulfito de Alquila	II	II	2,16
CERCONIL SC	Clorotalonil	Fungicida	Isoftalonitrila	III	II	2,10

¹ Nomenclatura de acordo com as regras brasileiras (ABAKERLI et al, 2003); ² **Classe Toxicológica** I - extremamente tóxico, II - altamente tóxico, III - medianamente tóxico, IV - pouco tóxico. ³ **Periculosidade Ambiental** I - altamente perigoso, II - muito perigoso, III - perigoso, IV - pouco perigoso (ANVISA, 2005). IA - Ingrediente Ativo. NE - Não Especificado. Nomes comerciais escritos em **negrito itálico** representam o produto fora do prazo de validade.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo ¹	Classificação	Grupo Químico	Classe	Periculosidade	Quantidade	
				Toxicológica ²	Ambiental ³	Total de IA (kg)	
DEROSAL PLUS	Tiram	Fungicida	Dimetilditiocarbamato	III	II	0,28	
VETLAN		Herbicida	Organoarsênico	III	III	1,68	1,96
PARATION 60 E	Parationa-etílica	Inseticida/Larvicida	NE	NE	NE	1,92	
ACTARA 250 WG	Tiametoxam	Inseticida	Neonicotinóide	III	III	1,87	
ACTARA 250 GR		Inseticida	Neonicotinóide	III	III		
ACTARA 10 GR		Inseticida	Neonicotinóide	III	III		
BASAGRAN 600	Bentazona	Herbicida	Benzotiadiazinona	III	III	1,80	
GOAL BR	Oxifluorfem	Herbicida	Éter Difenílico	II	NE	1,68	
COBRA	Lactofem	Herbicida	Éter Difenílico	I	II	1,56	
TAMARON BR	Metamidofós	Inseticida/Acaricida	Organofosforado	II	II	1,44	
LORSBAN 480 BR	Clorpirifós	Inseticida/Acaricida	Organofosforado	II	II	1,38	
SABRE		Inseticida	Organofosforado	III	II		
BIFLEX 4 G	Bifentrina	NE	Piretróide	NE	NE	1,23	
TALSTAR 100 CE		Inseticida/Acaricida	Piretróide Sintético	III	NE		
DITHANE M 22	Manebe	Fungicida	NE	NE	NE	1,20	
ERBOTAN 80 WP	Tiazaflurom	Herbicida	NE	NE	NE	1,20	
ETHREL	Etefom	Regulador de crescimento	Ácido Fosfônico	IV	NE	1,18	
ETHREL 240		Herbicida	Organofosforado	NE	NE		
ETHREL-2		Regulador de crescimento	Ácido Fosfônico	NE	NE		
ENDOSULFAN AG	Endossulfam	Inseticida/Acaricida	Ciclodienoclorado	I	NE	0,35	
THIODAN 350 CE		Inseticida/Acaricida	Ciclodienoclorado	I	I	0,63	1,15
ENDOSULFAN NOROX		Acaricida/Inseticida	Ciclodienoclorado	II	I	0,17	

¹ Nomenclatura de acordo com as regras brasileiras (ABAKERLI et al, 2003); ² **Classe Toxicológica** I - extremamente tóxico, II - altamente tóxico, III - medianamente tóxico, IV - pouco tóxico. ³ **Periculosidade Ambiental** I - altamente perigoso, II - muito perigoso, III - perigoso, IV - pouco perigoso (ANVISA, 2005). IA - Ingrediente Ativo. NE - Não Especificado. Nomes comerciais escritos em **negrito itálico** representam o produto fora do prazo de validade.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo ¹	Classificação	Grupo Químico	Classe Toxicológica ²	Periculosidade Ambiental ³	Quantidade Total de IA (kg)
<i>GUSATHION A</i>	Azinfós-etílico	Inseticida/Acaricida	Organofosforado	I	NE	1,12
<i>NUVACRON</i>		Inseticida	Organofosforado	II	NE	
<i>NUVACRON 60</i>	Monocrotofós	Inseticida/Acaricida	Organofosforado	II	NE	0,94
<i>NUVACRON 400</i>		Inseticida	Organofosforado	I	NE	
<i>NEMACUR CE 400</i>	Fenamifós	Inseticida	Organofosforado	I	NE	0,92
<i>BENLATE 500</i>	Benomil	Fungicida	Benzimidazol	III	NE	0,90
<i>MARSHAL 200 SC</i>	Carbossulfam	Acaricida	Carbamato	II	II	0,90
<i>MARSHAL 400 EW</i>		Inseticida	Carbamato	NE	NE	
<i>CERCONIL SC</i>	Tiofanato-metilico	Fungicida	Benzimidazol (precursor de)	III	II	0,84
<i>ASULOX 400</i>	Asulam	Inseticida	Carbamato	III	III	0,80
<i>AG-BEM</i>	Resina sintética emulsionada	Espalhante adesivo	NE	IV	IV	0,77
<i>PROVENCE 750 WG</i>	Isoxaflutol	Herbicida	Isoxazoles	III	II	0,75
<i>AURORA 400 CE</i>	Carfentrazona-etílica	Herbicida	Triazolona	II	II	0,60
<i>HOSTATHION 400 BR</i>	Triazofós	Inseticida/Acaricida	Organofosforado	I	NE	0,60
<i>ROVRAL SC</i>	Iprodiona	Fungicida	Hidantoínas	IV	II	0,50
<i>CURACRON 500</i>	Profenofós	Inseticida/Acaricida	Organofosforados	III	II	0,50
<i>ALACLOR NORTOX</i>	Alacloro	Herbicida	Acetamidas	I	NE	0,48
<i>ORTHOCIDE 500</i>	Captana	Fungicida	Ftalimidas	III	NE	0,48
CALLISTO	Mesotriona	Herbicida	Tricetonas	III	III	0,48
<i>DUAL GOLD</i>	S-metolacloro	Herbicida	Acetanilidas	I	II	0,48
<i>RUGBY 200 CS</i>	Cadusafós	Inseticida/Nematicida	NE	III	NE	0,41
<i>RUGBY 100 G</i>		Inseticida/Nematicida	NE	II	NE	

¹ Nomenclatura de acordo com as regras brasileiras (ABAKERLI et al, 2003); ² **Classe Toxicológica** I - extremamente tóxico, II - altamente tóxico, III - medianamente tóxico, IV - pouco tóxico. ³ **Periculosidade Ambiental** I - altamente perigoso, II - muito perigoso, III - perigoso, IV - pouco perigoso (ANVISA, 2005). IA - Ingrediente Ativo. NE - Não Especificado. Nomes comerciais escritos em **negrito itálico** representam o produto fora do prazo de validade.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo ¹	Classificação	Grupo Químico	Classe Toxicológica ²	Periculosidade Ambiental ³	Quantidade Total de IA (kg)
PHOSDRIN 185 CE	Mevinfós	Inseticida/Acaricida	Organofosforado	II	NE	0,37
<i>SPIDER 840 WG</i>	Diclosulam	Herbicida	Sulfonanilidas Triazolpirimidinas	II	III	0,33
<i>CONFIDOR 700 GRDA</i>	Imidacloprido	Inseticida	Nitroguanidinas	IV	III	0,29
<i>CONFIDOR 480 5C</i>		Inseticida	Nitroguanidinas	NE	NE	
<i>ISOURON 400 SC</i>	Isourom	Herbicida	Derivado das Uréias	III	NE	0,28
<i>AG-BEM</i>	Agente tenso-ativo aniônico	Espalhante adesivo	NE	IV	IV	0,26
<i>ARSENAL NA</i>	Imazapir	Herbicida	Imidazolinonas	III	III	0,25
<i>FOLISUPER 600 BR</i>	Parationa-metilica	Inseticida/Acaricida	Organofosforado	I	NE	0,24
<i>VITAVAX-THIRAM 200 SC</i>	Carboxina	Fungicida	Carboxanilida	IV	I	0,20
<i>PERFEKTHION</i>	Dimetoato	Inseticida	Organofosforado	I	II	0,20
<i>AGRAL</i>	Nonil Fenoxi Polietanol	Espalhante adesivo	Alquilfenoletoxilado	IV	IV	0,20
<i>ACASON 30</i>	Dinobutom	Acaricida	NE	IV	NE	0,20
<i>KELTHANE CE</i>	Dicofol	Acaricida	Organoclorado	IV	II	0,19
<i>FURY 180 EW</i>	Zeta-Cipermetrina	Inseticida	Piretróide Sintético	II	I	0,18
<i>KATANA</i>	Flazassulfurom	Herbicida	NE	IV	III	0,18
<i>ETHION</i>	Etiona	Inseticida/Acaricida	NE	III	NE	0,15
<i>TEDION 8 CE</i>	Tetradifom	Acaricida	Clorodifenilsulfonas	III	NE	0,14
<i>RHOCAP</i>	Etoprofós	Inseticida/Nematicida	Organosforado	I	NE	0,13
<i>RIDOMIL-MANCOZEB BR</i>	Metalaxil	Fungicida	Alalinatos	II	NE	0,13
<i>FUSILADE 125</i>	Fluasifope-P-Butílico	Herbicida	Ariloxifenoxipr opionatos	II	II	0,13

¹ Nomenclatura de acordo com as regras brasileiras (ABAKERLI et al, 2003); ² **Classe Toxicológica** I - extremamente tóxico, II - altamente tóxico, III - medianamente tóxico, IV - pouco tóxico. ³ **Periculosidade Ambiental** I - altamente perigoso, II - muito perigoso, III - perigoso, IV - pouco perigoso (ANVISA, 2005). IA - Ingrediente Ativo. NE - Não Especificado. Nomes comerciais escritos em ***negrito itálico*** representam o produto fora do prazo de validade.

Nome Comercial	Ingrediente Ativo ¹	Classificação	Grupo Químico	Classe Toxicológica ²	Periculosidade Ambiental ³	Quantidade Total de IA (kg)
SEMPRA	Halosulfurom	Herbicida	Sulfoniluréia	III	III	0,11
FORMICIDA SHELL PÓ	Aldrin	Formicida	Organoclorado	III	NE	0,10
HOKKO PLANTVAX 200 E	Oxicarboxina	Inseticida	Carboxanilida	NE	NE	0,10
TRITON X 100	Polietilenoglicol Octilfenil Éter	Detergente não iônico	NE	NE	NE	0,10
KARATHANE WD	Dinocape	Acaricida/Fungicida	Dinitrofenol	I	I	0,10
PIX	Cloreto de Mepiquate	Regulador de crescimento	Amônios Quaternários	IV	III	0,06
ORTUS 50 SC	Fenpiroximato	Acaricida	Pirazol	II	I	0,05
KARATE ZEON 50 CS	Lambda-Cialotrina	Inseticida	Piretróide	III	II	0,05
BLITZ	Fipronil	Formicida	Pirazol	IV	II	0,01
SPICY		NE	NE	NE	NE	0,04
MIREX	Dodecacloro	Formicida	Organoclorado	II	NE	0,04
ERGOSTIM	AATC	Bioestimulante	NE	IV	NE	0,03
DONTOR	Picloram, Sal de Dimetilamina	Herbicida	Picloram	I	III	0,03
ZELLUS SC	Clotianidina	Inseticida	NE	III	NE	0,02
GASTOXIN B 57	Fosfeto de alumínio	Inseticida	Fosfeto Metálico	I	III	0,02
DONTOR	Equivalente ácido do Picloram	Herbicida	Picloram	I	III	0,02
DIPEL WP	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Inseticida	NE	IV	IV	0,02
DECIS 25	Deltametrina	Inseticida	Piretróide Sintético	III	I	0,001
K-OBIOL 2P		Inseticida	Piretróide Sintético	IV	I	0,009
ABAMECTIM NORTOX	Abamectina	Acaricida/Inseticida	Avermectina	III	III	0,01
ERGOSTIM	Ácido fólico	Bioestimulante	NE	IV	NE	0,001

¹ Nomenclatura de acordo com as regras brasileiras (ABAKERLI et al, 2003); ² **Classe Toxicológica** I - extremamente tóxico, II - altamente tóxico, III - medianamente tóxico, IV - pouco tóxico. ³ **Periculosidade Ambiental** I - altamente perigoso, II - muito perigoso, III - perigoso, IV - pouco perigoso (ANVISA, 2005). IA - Ingrediente Ativo. NE - Não Especificado. Nomes comerciais escritos em **negrito itálico** representam o produto fora do prazo de validade.