

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA

**ESTUDO DE UM MÉTODO DE PRIORIZAÇÃO DE RESÍDUOS
INDUSTRIAIS PARA SUBSÍDIO À MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS
QUÍMICOS DE LABORATÓRIOS DE UNIVERSIDADES**

KARINA ELIAS DE SOUZA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientação: Prof. Dr. Nemésio Neves Batista Salvador

São Carlos
2005

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

S729em

Souza, Karina Elias de.

Estudo de um método de priorização de resíduos industriais para subsídio à minimização de resíduos químicos de laboratórios de universidades / Karina Elias de Souza. -- São Carlos : UFSCar, 2005.
110 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2005.

1. Tecnologia de resíduos. 2. Minimização de resíduos químicos. 3. Resíduos gerados em universidades. I. Título.

CDD: 628.4 (20^a)

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

$\$$	Valor unitário do resíduo corrigido
$\$^+$	Valor unitário do resíduo, ponderado entre todos os equipamentos ou reações onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.
$\$^+_{GP}$	Custo unitário de geração e permanência do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.
$\$^+_R$	Retorno obtido ponderado conforme as destinações do resíduo, entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.
$\$^+_{Rhjk}$	Retorno obtido por destinar o resíduo gerado no equipamento ou reação genérica “j”, para o produto genérico “k”, à destinação genérica “h”
$\$^\circ$	Valor unitário do resíduo não corrigido
$\$^-_B$	Custo unitário de beneficiamento do resíduo conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos ou reações onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.
$\$^-_{Bhjk}$	Custo unitário de beneficiamento do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a destinação genérica “h”
$\$^-_{GPhjk}$	Custo unitário de geração e permanência do resíduo proveniente do equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a destinação genérica “h”
$\$^+_i$	Valor unitário (para cada ml, por exemplo) do material genérico “i”
$\$^-_T$	Custo unitário de transporte do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos ou reações onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.
$\$^-_{TD}$	Custo de tratamento e disposição do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.
$\$^-_{TDhjk}$	Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo gerado no equipamento ou reação genérica “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a destinação genérica “h”
$\$^-_{Thjk}$	Custo unitário de transporte do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a destinação genérica “h”
$\$_{total}$	Valor total do resíduo corrigido
Ω	Relação do resíduo com o processo
ξ	Índice de priorização hierárquica de minimização de resíduo (IPHMR)
Π	Classificação do resíduo conforme a periculosidade (NBR 10004)
δ^-	Fator de correção para valores negativos do resíduo
$\Delta\$\%$	Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo, ponderada entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.
$\Delta\$\%_i$	Alteração percentual admissível para o valor do material genérico “i”

δ^+	Fator de correção para valores positivos do resíduo
ξ_B	Base do IPHMR, ponderada entre todos os equipamentos onde o resíduo é gerado e para todos os produtos considerados para análise (ANEXO I).
ξ_{Bh}	Base do IPHMR da classe a que pertence a destinação genérica “h”
ABIQUIM	Associação Brasileira Da Indústria Química E De Produtos Derivados
CETESB	Companhia De Tecnologia E Saneamento Ambiental
CM_{jk}	Custo para minimizar a geração do resíduo proveniente do equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
d	Numero de destinações finais dadas ao resíduo
$D^{S/N}_{\$+}$	Calcula $\$^+$?
$D^{S/N-}_{\$B}$	Calcula $\$^-_B$?
$D^{S/N-}_{\$GP}$	Calcula $\$^-_{GP}$?
$D^{S/N-}_{\$T}$	Calcula $\$^-_T$?
$D^{S/N-}_{\$TD}$	Calcula $\$^-_{TD}$?
$D^{S/N+}_{\$R}$	Calcula $\$^+_R$?
e	Numero de equipamentos ou reações onde o resíduo é gerado
EA	Environment Agency
EPA	Environmental Protection Agency
f	Número de perguntas para análise por facilidade de minimização
F	Facilidade de minimização global do resíduo
F_{jk}	Peso da pergunta da analise por facilidade de minimização no equipamento j para o produto k
K	Constância do resíduo entre todos os equipamentos ou reações onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise
K_{jk}	Fator de constância do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”
m	Numero de materiais ou reagentes que compõem o resíduo
p	Numero de produtos analisados simultaneamente
P+L	Produção Mais Limpa
P2	Prevenção À Poluição
PVQ	Programa De Química Verde
q	Número de perguntas para análise por riscos cuja resposta é “Em potencial”
Q_{jk}	Peso da pergunta da análise por riscos
R	Risco global do resíduo
UNEP	United Nations Environment
W_k	Percentual do total do resíduo gerado para o produto genérico “k”
W_{total}	Quantidade total do resíduo
X_{ijk}	Percentual do material genérico “i” na composição do resíduo gerado no equipamento ou reação “j”, para o produto genérico “k”
Y_{hjk}	Percentual do total de resíduo gerado no equipamento ou reação genérica “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a destinação genérica “h”.
Z_{jk}	Percentual do total do resíduo que é gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”.

Lista de Figuras

Figura	página
Figura 1.1: Fontes de Resíduos Urbanos.....	10
Figura 3.1: Fontes de Resíduos Gerados em Indústrias.....	13
Figura 3.2: Etapas do Desenvolvimento de um Programa de P2.....	21
Figura 3.3: Fontes de Resíduos Gerados em Universidades.....	41
Figura 4.1: Seqüência Metodológica do Presente Trabalho.....	74

Lista de Quadros

Quadro	página
Quadro 3.1 - Hierarquia das Práticas de Minimização de Resíduos.....	16
Quadro 3.2: Comparação entre Prevenção à Poluição, Produção Limpa e P+L.....	28
Quadro 3.3: Obstáculos para minimizar a Geração de Resíduos.....	30
Quadro 3.4 – Roteiro Geral de Metodologia para Redução da Geração de Resíduos Químicos Industriais.....	36
Quadro 3.5 – Características das classes de destinação dos resíduos.....	54
Quadro 3.6 - Variáveis consideradas no cálculo da análise por valor.....	56
Quadro 3.7 - Parâmetros Matemáticos da Análise por Riscos.....	66
Quadro 3.8 - Variáveis consideradas no cálculo da análise por riscos.....	67
Quadro 3.9- Questões para a Análise Por Facilidade de Minimização.....	68
Quadro 3.10 - Custos para Minimização e seus Pesos.....	69
Quadro 3.11 - Variáveis Consideradas no Cálculo da Análise por Facilidade de Minimização.....	69
Quadro 5.1 - Parâmetros de Cálculo para os Grupos de Resíduos Essencialmente Prioritários.....	77
Quadro 5.2 - Respostas da Análise por Facilidade de Minimização e ΣF_{jk} dos Grupos de Resíduos Essencialmente Prioritários.....	78
Quadro 5.3 - Prioridades dos 12 Grupos de Resíduos Essencialmente Prioritários - Análise por Facilidade de Minimização.....	82

Quadro 5.4 - Parâmetros de Cálculo para os Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários.....	85
Quadro 5.5 - Número de Respostas da Análise por Riscos e ΣQ_{jk} para os 15 Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários.....	86
Quadro 5.6 - Respostas da Análise por Facilidade de Minimização e ΣF_{jk} dos Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários.....	87
Quadro 5.7 - Prioridades dos 15 Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários - Análise por Riscos.....	93
Quadro 5.8 - Prioridades dos 15 Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários - Análise por Facilidade de Minimização.....	99

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo Geral	11
2.2. Objetivo Específico	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 RESÍDUOS INDUSTRIAIS	12
3.2 RESÍDUOS GERADOS EM UNIVERSIDADES	39
3.3 MÉTODO E MODELO MATEMÁTICO DE CERCAL PARA SELEÇÃO DE PRIORIDADES DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS	47
3.3.1. Análise do Resíduo por Valor Econômico	52
3.3.1.1. Equações da Análise por Valor	58
3.3.2. Análise do Resíduo por Risco	64
3.3.2.1. Equação da Análise por Risco	67
3.3.3. Análise do Resíduo por Facilidade de Minimização	68
3.3.3.1. Equações da Análise por Facilidade de Minimização	70
4. METODOLOGIA	71

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
5.1. Determinação das prioridades de Minimização.....	75
5.1.1. Parâmetros de Cálculos de Cálculo para os 12 Grupos de Resíduos Essencialmente Prioritários – Análise por Facilidade de Minimização.....	76
5.1.2. Análise por Facilidade de Minimização dos 12 Grupos de Resíduos Essencialmente Prioritários.....	79
5.1.3. Parâmetros de Cálculo para os 15 Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários.....	83
5.1.4. Análise por Risco dos 15 Grupos dos Resíduos Não Essencialmente Prioritários.....	88
5.1.5. Análise por Facilidade de Minimização dos 15 Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários.....	94
5.2. Discussão.....	100
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	104
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	107
ANEXOS	

RESUMO

A grande maioria das universidades brasileiras não tem programas sistemáticos de minimização de seus resíduos, principalmente resíduos de laboratórios químicos. No entanto, as indústrias, por responsabilidades legais, por fatores econômicos e para utilizar como seu marketing, têm desenvolvido cada dia mais, técnicas de minimização de resíduos.

Este trabalho fez um estudo de métodos de priorização de resíduos a serem minimizados e aplicou um método e modelo matemático de priorização de minimização de resíduos industriais desenvolvido por CERCAL (2000), os quais foram adaptados para os resíduos dos laboratórios químicos de ensino e pesquisa do Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de São Carlos.

O método de CERCAL abrange três tipos de análises: análise do resíduo por valor econômico; análise por risco ambiental/saúde humana e análise por facilidade de minimização. A análise por valor não pode ser aplicada na Universidade devido a dificuldades de obtenção de dados de custos e valor de produtos e resíduos. Já as outras duas análises foram aplicadas sobre questionários respondidos por técnicos, docentes e pesquisadores, a partir dos quais puderam ser determinados o risco e a facilidade de minimização dos resíduos e conseqüentemente, a sua priorização.

Foram pesquisados treze laboratórios do DQ, resultando em 107 questionários respondidos, cada um correspondente a uma prática de ensino ou pesquisa geradora de resíduos. Os resíduos foram identificados e agrupados, segundo seu local de geração e suas semelhanças químicas, em 27 grupos. Destes, 12 grupos foram classificados através da aplicação do método de CERCAL como essencialmente prioritários para fins de minimização.

ABSTRACT

The majority of the Brazilian universities don't have systematic waste minimization program, especially for chemical laboratory wastes. However, the industries, due to legal responsibilities, economical factors and in order to use waste management as marketing, have been developed waste minimization procedures.

This work presents a study of waste prioritization methods to be minimized and applied a industrial method and mathematical model developed by CERCAL (2000), which was adapted to teaching and research chemical laboratories waste of the Chemical Department (DQ) of Universidade Federal de São Carlos.

The CERCAL's method covers three type of analysis: economical value, risk and waste minimization capacity. The economical value analysis won't be applied because the University doesn't have cost/benefit control sufficient for the application. The other two analysis were applied using questionnaire answered by technicians, teachers and researchers, where were determined the waste risk and minimization capacity and consequently, its prioritization. Thirteen DQ's laboratories were researched resulting in 107 answers, each one corresponding to one research or teach practice breeder of waste. The wastes were identified and grouped following the place they came from and its chemical likeness, in 27 groups. Among the 27 groups, 12 were classified by the application of the CERCAL's method as essentially priority to be minimized.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a preocupação com o meio ambiente tem despertado mundialmente grande interesse ao futuro das gerações que estão por vir. É comum ouvir-se falar em desenvolvimento sustentável, 3R's (redução, reutilização e reciclagem), ISO 14000 e outros temas relacionados à proteção do meio ambiente. Talvez essa preocupação seja, entre outros motivos, pelo estado em que o Planeta se encontra pós-revolução industrial, com grande passivo de resíduos sólidos, boa parte de seus rios poluídos, com o comprometimento de muitas espécies da flora e da fauna que caminham para a extinção e a

destruição dos recursos naturais tanto requisitados pelo homem. Por esse caminho insustentável, o homem percebeu a necessidade de tomar as devidas precauções para reverter a situação, minimizando os problemas ambientais.

Este contexto se encontra inserido no escopo da Engenharia Urbana por englobar questões sanitárias e ambientais decorrentes de urbanizações e de suas derivações como é o caso das universidades que têm uma estrutura física e funcionamento similar ao de uma pequena cidade onde os departamentos dotados de laboratórios experimentais podem ser comparados às indústrias do meio urbano.

Neste sentido, os resíduos urbanos têm se constituído em um dos mais graves problemas e desafios, sendo suas principais fontes ilustradas na Figura 1.1.

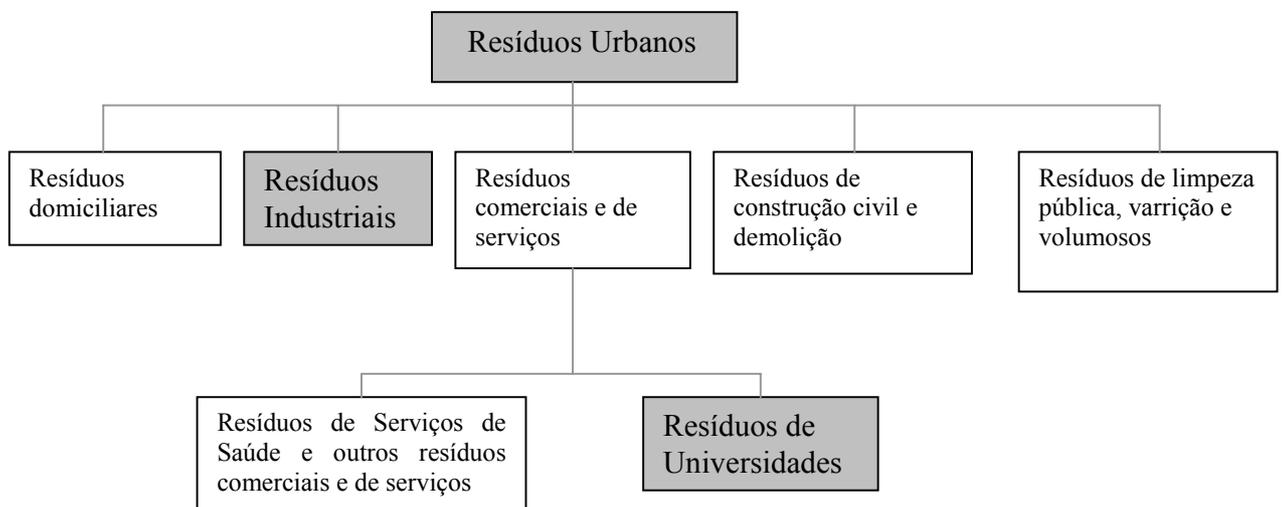


Figura 1.1: Fontes de Resíduos Urbanos

Os resíduos domiciliares são compostos principalmente por resíduos orgânicos (restos de comidas, papeis, plásticos, etc.) e por alguns materiais inertes como vidro e metais.

Resíduos de construção civil e demolição são gerados em canteiros de obras ou em simples reparos e reformas. São também classificados como resíduos inertes.

Os resíduos de limpeza pública e varrição são resíduos inertes ou orgânicos que se encontram dispersos em vias públicas e calçadas e que, geralmente, são coletados pelo sistema de varrição municipal. Já os resíduos volumosos são resíduos que, pelo seu grande volume, não podem ser despejados juntamente com os resíduos domiciliares e a população acaba despejando-os indevidamente em caçambas de entulho de construção ou em terrenos baldios. Alguns exemplos de resíduos volumosos são animais mortos, móveis, etc.

Os resíduos industriais têm a mais variada composição dependendo do tipo de indústria e se constituem atualmente, nos mais problemáticos do ponto de vista da periculosidade.

Resíduos comerciais e de serviços são resíduos gerados no comércio e em serviços, como serviços de saúde, terminais de transporte, resíduos de universidades, etc. Os resíduos de serviços de saúde podem ser químicos, orgânicos (biodegradáveis), patogênicos, inertes, etc e são gerados em instituições e setores de saúde. Os resíduos de terminais de transportes são resíduos similares aos domésticos, mas com grande parcela de papéis e resíduos de combustíveis provenientes dos veículos. Os resíduos de universidades são similares aos demais resíduos descritos, porém, gerados em uma escala menor.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O objetivo principal deste trabalho foi estudar métodos de minimização de resíduos industriais e averiguar a sua aplicabilidade para a minimização de resíduos de laboratórios

químicos de universidades, tendo como objeto de estudo os resíduos gerados no Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de São Carlos.

2.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos consistiram em:

- levantamento dos tipos e quantidades de resíduos dos laboratórios do DQ/UFSCar;
- estudo da possibilidade de adaptação e aplicação a esses resíduos, de um método e modelo matemático de seleção de prioridades de minimização de resíduos industriais, desenvolvido por CERCAL (2000);
- definição de quais resíduos do DQ são prioritários para fins de minimização, a partir da aplicação da metodologia anterior.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Segundo a ENVIRONMENT AGENCY (1998), a economia global consome uma vasta quantidade de recursos naturais. No Reino Unido, para cada tonelada de produtos produzidos, onze toneladas de recursos naturais são utilizados. Mais que 90% dos recursos que consumimos são tanto jogados fora como descarte para o meio ambiente, como efluentes ou emissões no ar.

No Brasil, o mercado de resíduos industriais movimentada, anualmente, cerca de US\$ 50 milhões e tem potencial para duplicar seu faturamento, a longo prazo, afirma Yukshigue

Okazaki, diretor-presidente da Teris do Brasil. No entanto, este volume representa apenas 10 % do total gerado pelo setor industrial (ALVES; FREITAS, 2000, p. 22).

Isto significa que muito ainda pode ser feito em relação ao reuso, reaproveitamento e reciclagem de resíduos industriais para cada vez mais poupar o meio ambiente e obter lucro com o mercado de resíduos.

A partir de tais números pode se observar o total descaso com o meio ambiente em se tratando de descarte de resíduos, principalmente industriais, que são desperdiçados acabando por ocasionar graves problemas de poluição e ainda desfavorecendo a economia industrial que poderia utilizar tais resíduos como fonte de matéria prima. Na Figura 3.1 estão esquematizadas as fontes de resíduos gerados em indústrias.

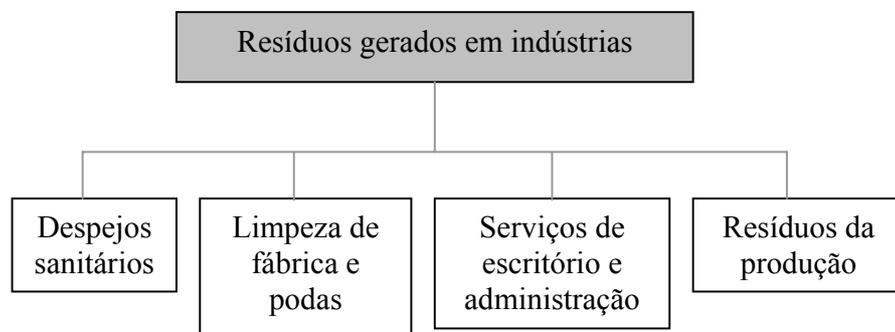


Figura 3.1: Fontes de Resíduos Gerados em Indústrias

Dentro dos resíduos industriais, os despejos sanitários são resíduos gerados dentro dos banheiros como papel higiênico, fraldas descartáveis, papéis em geral e também os esgotos sanitários.

Os resíduos de limpeza das fábricas são resíduos de varrição e lavagem de pisos que podem ser compostos por papeis, matéria orgânica putrescível e restos de substâncias utilizadas ou fabricadas na indústria. Os resíduos de podas árvores e jardinagem são gerados em indústrias que dispõem de árvores e jardins.

Resíduos de serviços de escritório e administração são geralmente restos de papeis, cartuchos de tintas, restos de materiais de informática ou de mobiliário.

Resíduo da produção é o que sai da produção e pode ter as mais variadas características, inclusive podendo ser um resíduo perigoso segundo a classificação da ABNT (1987).

SCHALCH (2000), menciona que a justificativa para a implantação de políticas de prevenção à poluição parte da premissa básica de que a prevenção não irá requerer no futuro, consumo de recursos e energia para controlar (isto é, tratar e dispor) a poluição hoje gerada. Ainda que a poluição seja fruto das atividades humanas, uma das maiores fontes produtoras de impactos ambientais e resíduos, são as indústrias.

Uma Política de Prevenção dos impactos causados pelos efluentes, emissões e despejos lançados por indústrias inclui sua minimização (redução, reutilização e reciclagem), tratamento e disposição adequados.

A legislação ambiental tem estimulado cada vez mais investimentos industriais em tecnologias de tratamento de efluentes. Para atender a essa demanda, as empresas nacionais de engenharia surgem a cada ano com novos processos que se adequam a estas necessidades. São equipamentos e serviços diferenciados que comportam todo tipo de tratamento em qualquer setor industrial (FORNARI; ARAUJO, 2002).

REIS (1996), citado por CERCAL (2000) menciona que o desenvolvimento de normas de Sistemas de Gestão Ambiental para serviços, processos e produtos, tais como a BS 7750 ou a série ISO 14000, associa dois movimentos de extrema importância nos anos 90: a) a disseminação dos Sistemas de Gestão da Qualidade e dos conceitos de controle e qualidade total (com um sistema de qualidade implantado, fica mais fácil a introdução de um Sistema de Gestão Ambiental); e b) o crescimento do interesse das organizações não-governamentais, agências e partidos políticos com relação às questões ambientais. “A conjugação destes dois movimentos aumenta a pressão sobre as atividades produtivas, para que se organizem objetivando manter o crescimento das atividades econômicas, mas também com a adoção de medidas que viabilizem a manutenção de vida saudável presente e futura. Não basta a qualidade intrínseca do produto, sendo necessário, também, que este seja ambientalmente sadio”, conclui o autor.

O autor continua expondo que a norma BS 7750, normatização britânica preparada sob os auspícios do “Environment and Pollution Standards Policy Committee”, se aplica em qualquer organização que deseje garantir o cumprimento de uma política ambiental estabelecida e demonstrar este cumprimento a terceiros, alertando, entretanto, que a mesma BS 7750 traz expressa, em si, a assertiva de que o atendimento às exigências por ela formuladas não confere imunidade em relação às obrigações legais.

Com relação à série ISO 14000, o autor destaca que se trata de um grupo de normas que fornece as ferramentas e estabelece um padrão de implantação do Sistema de Gerenciamento Ambiental em uma empresa, abrangendo seis áreas bem definidas: Sistemas de Gestão Ambiental propriamente ditos (ISO 14001 a 14009), Auditorias Ambientais (ISO 14010 a 14019), Avaliação de Desempenho Ambiental (ISO 14030 a 14039), Rotulagem

Ambiental (ISO 14020 a 14029), Aspectos Ambientais nas Normas de Produtos (ISO “Guide” 64) e Análise do Ciclo de Vida do Produto (ISO 14040 a 14044).

Um dos grandes problemas em relação à implantação destas normas é o fato de muitas indústrias, por conveniência, divulgarem que a indústria é totalmente certificada ou possui o Selo Ambiental, quando na verdade aplicam somente em uma sub área ou setor.

CRITTENDEN; KOLANCZKOWSKI (1995) mencionam que a minimização de resíduos é dividida em primeiro, segundo e terceiro níveis na hierarquia mostrada no Quadro 3.1 que são eliminação, redução na fonte e reciclagem e menciona ainda que companhias deveriam se esforçar para elevar as práticas de minimização de resíduos para estas mais altas opções, considerando que faz mais sentido evitar a produção de resíduos que desenvolver extensivos sistemas de tratamento.

Quadro 3.1 - Hierarquia das Práticas de Minimização de Resíduos

Eliminação	Completa eliminação dos resíduos	maior prioridade 
Redução na fonte geradora	A redução ou eliminação de resíduos, geralmente dentro de cada unidade de produção, traz mudanças nos processos e procedimentos industriais.	
Reciclagem	O uso, reuso e reciclagem de resíduos para o propósito de origem ou para outro propósito como matéria prima, material recuperado ou produção de energia.	
Tratamento	A destruição, destoxificação, neutralização, etc, dos resíduos em substâncias menos poluentes.	 menor prioridade
Disposição	A descarga de resíduos no ar, água, ou descarte apropriadamente controlado e seguro a fim de torná-los menos poluentes; locais de disposição segura podem envolver redução de volumes, encapsulação, dissolução de substâncias e técnicas de monitoramento.	

Fonte: CRITTENDEN; KOLANCZKOWSKI (1995)

Como pode ser visto no Quadro 3.1, deve se dar maior prioridade às técnicas de eliminação, redução na fonte e reciclagem para que não sejam necessárias grandes preocupações com as técnicas de tratamento e disposição por já apresentarem um volume bem reduzido em virtude das etapas anteriores visando assim, menores custos para a empresa, maiores lucros e menor impacto ambiental.

Entretanto, a questão de reciclagem deve ser muito bem estudada uma vez que ao se reciclar um resíduo, as substâncias poluentes presentes podem continuar a oferecer perigos ao meio ambiente iguais ou até maiores que os anteriores.

THEODORE; MCGUINN (1992) mencionam que estratégias de controle de poluição do ar, projetos de tratamento de águas residuárias industriais e medidas de tratamento e disposição de resíduos sólidos industriais previnem que os resíduos vão para as águas e atmosfera, mas a fumaça tóxica, o lodo e demais subprodutos que estes sistemas produzem podem se tornar perigosos problemas de poluição.

Em 1988, a *Environmental Protection Agency – EPA* lançou o *Waste Minimization Opportunity Assessment Manual* que descrevia os procedimentos para minimização de resíduos; e, em 1989, o Manual de Prevenção à Poluição, uma abordagem voltada ao uso mais consciente e eficiente dos recursos naturais, indo contra a proposta de controle da poluição (FUNDACE - USP, 2003a).

A ENVIRONMENT AGENCY (1998) caracteriza a minimização de resíduos como a redução dos resíduos na origem, pelo entendimento e mudança em processos com a finalidade de reduzir e prevenir os impactos causados pelos resíduos. Também é caracterizado como um processo de eficiência de recursos. Minimização de resíduos inclui

a substituição de materiais menos poluentes nos processos de produção. A minimização pode prover vantagens competitivas para o negócio de quatro maneiras:

- Economia nos custos

Os custos da produção podem ser reduzidos através da alta eficiência dos recursos.

- Complacência

Seguros que garantem à companhia a minimização de possíveis ações judiciais.

- Redução dos riscos

Controle e redução dos riscos e responsabilidades não só reduzem a probabilidade de más publicidades, mas também, pode auxiliar na confiança dos investidores.

- Posicionamento de Marketing

Produtos ecologicamente desenvolvidos podem dar suplementos para confiança e aumenta as relações com clientes.

Segundo a CETESB (2002), a Prevenção à Poluição (P2) refere-se a qualquer prática, processo, técnica e tecnologia que visem a redução ou eliminação em volume, concentração e toxicidade dos poluentes na fonte geradora. Inclui também modificações nos equipamentos, processos ou procedimentos, reformulação ou replanejamento de produtos, substituição de matérias primas, eliminação de substâncias tóxicas, melhorias nos gerenciamentos administrativos e técnicos da empresa e otimização do uso das matérias-primas, energia, água e outros recursos naturais.

Segundo a EPA (2004a), os benefícios P2 são:

- Proteção da saúde humana e ambiental

Reduzindo a quantidade de contaminantes presentes no ambiente e o volume de resíduos a serem dispostos, a P2 protege a saúde humana e o meio ambiente.

- Redução de custos

Muitas atividades da P2 fazem os processos e equipamentos muito mais eficientes. Esta crescente eficiência da produção economiza custos com matéria prima e trabalho de funcionários e maquinário.

- Projetos, condições de operação e equipamentos de segurança mais simples

A redução dos riscos associados com resíduos pode permitir que tais resíduos sejam processados com projetos, condições de operação e equipamentos de segurança mais simples e conseqüentemente, menos dispendiosos.

- Responsabilidades legais

Um ambiente mais seguro quanto à contaminação humana por resíduos se traduz em menores problemas legais de responsabilidade de acidentes e práticas não saudáveis de manuseio de resíduos.

- Melhor qualidade do produto

Muitas corporações têm percebido que produtos com a melhor qualidade resultam de práticas de P2.

- Construção de bons relacionamentos com a comunidade

Honestidade e clareza podem aumentar a credibilidade entre indústrias, comunidades e agências reguladoras.

Se uma empresa está implantando P2, deve deixar que todos saibam disto.

Pelas características mencionadas anteriormente, a minimização de resíduos em indústrias não se limita em uma política de preservação do meio ambiente mas também traz benefícios econômicos e financeiros para as empresas na medida que diminui os gastos e ainda aumenta a confiabilidade do produto produzido através do marketing.

Depois da compilação dos dados básicos de custos, uma estimativa das prováveis economias pode ser feita para determinar se tais ações são válidas.

A CETESB (2002) propõe uma metodologia, ilustrada na Figura 3.2, para implementação de um programa de P2 baseada principalmente na conscientização geral da empresa e, no caso do presente trabalho, conscientização geral das pessoas integrantes dos laboratórios químicos.

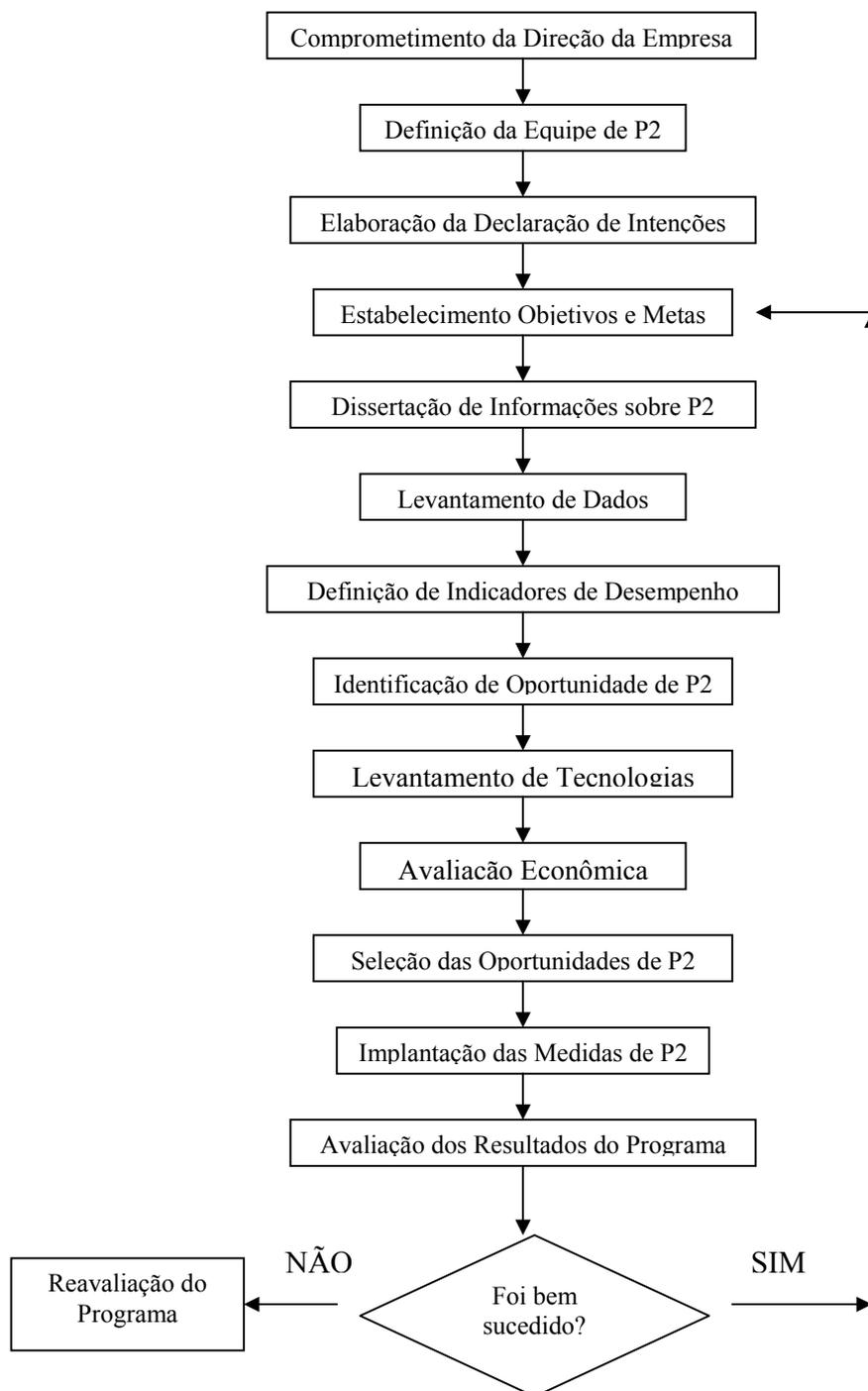


Figura 3.2: Etapas do Desenvolvimento de um Programa de P2.

Fonte: Adaptado de CETESB (2002a)

O método desenvolvido no presente trabalho pode ser entendido como uma oportunidade inserida nos campos de “Identificação de Oportunidades de P2” e “Seleção das Oportunidades de P2” da Figura 3.2. Tais oportunidades podem aumentar a probabilidade da implantação de um programa de P2 ser bem sucedido.

É essencial que a empresa seja confiante para permitir que recursos externos sejam alocados a fim de melhorar as operações.

A FUNDACE – USP (2003a), menciona que os obstáculos para implantação de um programa de P2 pode estar em quatro categorias:

- Econômica: inicialmente pode parecer que os custos são altos, por não darem retorno imediato ou por não serem tangíveis, fazendo com que não seja avaliado devidamente todos os custos que envolvem a implementação;
- Técnica: dependendo do tamanho da organização e de suas capacidades, a busca a certas informações pode ser limitada, devendo ser acessadas fontes internas e externas;
- Legislação: a falta de acesso ou o desconhecimento da legislação pode ser um problema, dificultando a definição das ações;
- Institucional: a falta de aceitação e entendimento do programa por parte dos colaboradores pode gerar a descontinuidade do mesmo.

A principal barreira encontrada é a mudança cultural dos indivíduos, que hesitam em alterar um processo ou método já estabelecido e em acreditar que realmente o programa trará benefícios econômicos, não priorizando o programa, mas sim outros projetos.

Segundo a FUNDACE – USP (2003b), Produção Limpa foi uma proposta apresentada pela organização ambientalista não-governamental *Greenpeace*, em 1990, para representar o sistema de produção industrial que levasse em conta:

- A auto-sustentabilidade de fontes renováveis de matérias primas;
- A redução do consumo de água e energia;
- A prevenção de geração de resíduos tóxicos e perigosos na fonte geradora de produção;
- A reutilização e reaproveitamento de materiais por reciclagem de maneira atóxica e energia-eficiente (consumo energético eficiente e eficaz);
- A geração de produtos de vida-útil longa, seguros e atóxicos, para o homem e o ambiente natural, cujos restos (inclusive as embalagens), tenham reaproveitamento atóxico e energia-eficiente;
- A reciclagem (nas plantas industriais ou fora delas), de maneira atóxica e eficiente como substitutivo para as opções de manejo ambiental representadas por incineração e despejos em aterros.

O autor segue afirmando que a Produção Limpa, em relação aos processos de produção envolvem oito etapas:

- Identificação da substância perigosa a ser gradualmente eliminada com base no princípio precautório;
- Execução de análises químicas e de fluxo de material;

- Estabelecimento e implementação de um cronograma para a eliminação gradual da substância nociva do processo de produção, bem como de correspondente tecnologia de gerenciamento de resíduos;
- Implementação de processos de Produção Limpa para produtos existentes e pesquisa de novos;
- Treinamento e fornecimento de apoio técnico e financeiro;
- Ativa divulgação de informações para o público e garantia de sua participação na tomada de decisões;
- Viabilização da eliminação gradativa da substância poluente por meio de incentivos normativos e financeiros;
- Planejamento social, envolvimento dos trabalhadores e comunidades afetados.

FURTADO (2002) cita que o conceito do fim-de-tubo, ou seja, preocupação somente com o tratamento e disposição final dos resíduos e não sua minimização desde a sua geração na fonte, deve ser abandonado antes da adoção de novo slogan: a “produção mais limpa”, também conhecida pela abreviatura P+L. Criada como proposta pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) em 1989, essa expressão visa nomear o conjunto de medidas que tornam o processo produtivo mais racional, com uso inteligente e econômico de utilidades e matérias-primas e principalmente com mínima ou, se possível, nenhuma geração de contaminantes. De acordo com seu texto original, a proposta do PNUMA sugere a “aplicação contínua de uma estratégia ambiental integrada e preventiva a processos, produtos e serviços, com a finalidade de aumentar a eficiência e reduzir os riscos aos seres humanos e ao meio ambiente.”

O autor segue afirmando que a idéia do PNUMA veio ao encontro de uma iniciativa anterior, dos EUA, onde alguns anos antes havia surgido o conceito do “Pollution Prevention”, ou P2, que pregava a redução dos poluentes na fonte de geração. Mas a denominação norte-americana era mais limitada em comparação ao P+L. Principalmente por não dar muita ênfase ao uso racional dos recursos, como energia ou água, da forma como o programa da ONU também veio chamar a atenção. Talvez por isso, e por se basear em conceito criado por uma organização multilateral, técnicas e programas de produção mais limpa tenham se desenvolvido de forma mais efetiva por todo o mundo, inclusive no Brasil.

Entenda-se por técnicas de P+L não um conjunto de práticas ou códigos preestabelecidos, como em muitos sistemas de gerenciamento. O diferencial do programa é não ser muito burocrático e linear.

Em comum, a adoção dos programas de P+L, tem o prévio levantamento de dados importantes da fábrica, onde possivelmente serão desenvolvidas melhorias. Deve-se tomar conhecimento nessa fase, por exemplo, do total consumido de água, energia, da carga orgânica dos efluentes e das possibilidades de substituição de matéria-prima ou reaproveitamento de resíduos. Por incrível que pareça, até essa fase preliminar é um “óbvio” que as empresas não costumam saber. “A maioria dos produtores não tem o cuidado de ter seus próprios indicadores ambientais, o que é fundamental quando se pensa em ter metas de economia”, (GASI, 2002, citada por FURTADO, 2002).

FURTADO (2002) relata que as experiências brasileiras já adotadas nesse campo, sobretudo no Rio Grande do Sul e em São Paulo, comprovam que o P+L tem-se tornado uma constante preocupação do setor industrial e, melhor ainda, com resultados bastante

satisfatórios quando sua metodologia se transfere para a prática. Esses dois estados pioneiros estão criando redes de propagação dos programas e devagar começam a colecionar vários casos de sucesso, motivando inclusive outras iniciativas pelo País, como na Bahia, cuja universidade federal já possui departamento específico para desenvolver o tema.

Embora o conceito já existisse desde 1989 no mundo, o início da preocupação com P+L no Brasil se deu apenas na metade da década de 90. Foi mais exatamente em 1995, quando a Cetesb, em São Paulo, começou a organizar uma divisão de prevenção à poluição, que um ano depois seria de fato implementada para dar origem a vários projetos, e também quando foi inaugurado em Porto Alegre-RS o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL).

A criação do CNTL, que desde então funciona no Senai-RS, tem especial importância por ter sido instalado pelo próprio Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), em parceria com a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (Unido). Essa iniciativa dos órgãos da ONU fez o Brasil ser um dos 22 países a ter escritório semelhante, cujo propósito é o de prestar consultoria para estimular sistemas de gerenciamento ambiental e de implantação de programas de P+L.

Embora São Paulo não disponha de escritório do PNUMA, o programa de produção mais limpa está se desenvolvendo no Estado num ritmo considerável. Sua condição de região mais industrializada tem feito uma rede de interessados na P+L se organizar com propósitos bem definidos. Inclui desde o órgão ambiental, a Cetesb, passando pela indústria, por meio das associações de classe, e até o meio acadêmico, representado por suas principais universidades públicas, como USP e Unicamp (FURTADO, 2002).

Com a massa crítica formada, a CETESB resolveu aprender na prática como aplicar o programa. Em 1998 reuniu as gerências regionais para sugerir o fomento do P+L junto às indústrias sob seus respectivos controles. Três delas conseguiram em seguida iniciar projetos: a de Americana, junto a representantes da forte indústria têxtil local; a de Limeira, com o setor de galvanoplastia (de bijuterias); e a do pólo cerâmico de Santa Gertrudes, na região de Campinas. Esses três setores foram então sujeitos a experiências piloto nos anos seguintes.

FURTADO (2002) relata que dos três setores, apenas a do pólo cerâmico ainda estava em andamento em 2002, sendo que a de Limeira acabou em 2000 e a de indústrias têxteis de Americana foram concluídas em 2001. Entretanto o autor afirma que os três setores tiveram economias consideráveis em se tratando de custos com água e energia podendo, assim, transportar esta economia para seus produtos.

O Quadro 3.2 faz uma comparação e ilustra as principais diferenças entre P2, Produção Limpa e P+L.

Quadro 3.2: Comparação entre Prevenção à Poluição, Produção Limpa e P+L

Itens	P2	Produção Limpa	Produção mais Limpa
Abrangência	Processo/Produto	Processo/Produto	Processo/Produto/Serviços
Matéria-prima e insumos	Conservar os recursos e materiais naturais	Utilizar somente materiais renováveis. Reutilização e reaproveitamento dos materiais por reciclagem	Eliminar o uso de materiais tóxicos e perigosos e utilizar de forma mais eficiente
Água e energia	Melhor utilização da água e energia	Enfoque de água e energia eficiente	Conservação da água e energia
Processo	Busca reduzir a toxicidade das emissões e resíduos	Atóxico	Busca reduzir a toxicidade das emissões e resíduos
Produto	Prevenir a perda de produtos	Geração de produtos de vida útil longa. Geração de produtos fáceis de montar e desmontar	Visa a redução do impacto ambiental durante a extração, manufatura, consumo e a disposição final do produto.
Saúde e Segurança Ocupacional	Processo e produto seguros e atóxicos para o homem e o ambiente natural	Processo e produto seguros e atóxicos para o homem e o ambiente natural. Divulgar para a sociedade, que participa na tomada de decisões	Processo e produto seguros e atóxicos para o homem e o ambiente natural
Disposição	Mínimo de embalagens. Reutilização e reaproveitamento dos resíduos por reciclagem.	Mínimo de embalagens. Reutilização e reaproveitamento dos resíduos por reciclagem.	Reciclagem ou venda de resíduos. Embalagens reaproveitáveis ou recicláveis

Fonte: FUNDACE – USP (2003c)

A UNEP (1991) ressalta que uma análise econômica comparativa da redução de resíduos e da situação existente deveria ser entendida e explicitada. Onde benefícios ou

mudanças não podem ser quantificados (como exemplo a redução em responsabilidades futuras, custos com saúde e segurança de trabalhadores), alguma forma de taxação qualitativa deveria ser feita.

Alguns aspectos e benefícios que a minimização de resíduos traz não podem ser quantificados, mas podem ser avaliados qualitativamente por um profissional responsável e estipulado um valor ou taxa representativa do seu custo e benefício.

Entretanto algumas barreiras podem ocorrer em relação à implantação de políticas de minimização de resíduos, principalmente a dificuldade de saber por onde começar. Tais barreiras devem ser vencidas de modo a garantir o total sucesso do programa.

HUISINGH (1993) enfatiza que ao explorar as possibilidades da realização de mudanças, as indústrias usualmente deparam-se com algumas questões técnicas e não técnicas que têm de ser resolvidas. Dentre elas cita:

- Obstáculos internos à indústria, como qualidade do produto, gastos de capital, relutância às mudanças, não disponibilidade de tecnologias adequadas;
- Obstáculos externos à indústria, como demanda dos clientes, regras governamentais, dificuldades legais, pressões ambientais e novamente indisponibilidade de tecnologias adequadas.

Entre as dificuldades citadas pelo autor, pode-se perceber que a maior parte delas não são técnicas, isto é dependem de legislação, relacionamentos entre clientes e, no caso da relutância do ser humano à mudanças, depende não só das indústrias e do governo, mas da sociedade como um todo.

O Quadro 3.3 exposto por HUISINGH (1993), ilustra a divisão entre os diferentes tipos de obstáculos à minimização de resíduos industriais, situação esta observada não só na década de 90, mas também aos dias de hoje. Como pode ser visto, os obstáculos técnicos representam uma minoria e os obstáculos preponderantes são os políticos que englobam burocracia, conservadorismo humano ou relutância às mudanças, legislação e marketing, isto é, todos os obstáculos políticos na verdade dependem de relacionamentos entre pessoas, instituições e empresas. Já os obstáculos financeiros e técnicos são uma minoria, ficando assim comprovado que para se implantar um sistema de minimização de resíduos o mais importante é a iniciativa e interesse das pessoas.

Quadro 3.3: Obstáculos para Minimizar a Geração de Resíduos

Políticos (60%)	
20%	Resistência burocrática
10%	Conservadorismo humano
10%	Legislação
10%	Sensacionalismo da mídia
Financeiros (30%)	
10%	Subsídios à disposição
10%	Escassez de dinheiro
10%	Entrincheiramento da indústria de disposição
Técnicos (10%)	
5%	Falta de informação centralizada confiável
5%	Falta de assistência para aplicação de abordagens de redução de resíduos aos usos e necessidades individuais

Fonte: HUISINGH, 1993

Segundo CRITTENDEN; KOLANCZKOWSKI (1995), o desenvolvimento de estratégia de proteção ambiental baseada na minimização de resíduos representa um avanço no pensamento de práticas tradicionais de controle de poluição. Inevitavelmente há riscos aos resultados de qualidade de produtos em qualquer mudança de processos. Para um programa de minimização de resíduos ter sucessos, deve promover benefícios ambientais e/ou monetários a favor da prevenção da poluição. Todo o pessoal dentro de uma empresa deve reconhecer que há potenciais barreiras econômicas, técnicas, regulamentares e ainda barreiras internas às implementações, e esforços devem ser feitos para superar tais barreiras.

HUISINGH (1993) comenta que é importante lembrar que as mudanças para minimizar resíduos ocorrem em vários níveis ou em diferentes degraus na escada substitutiva. Os níveis aos quais o autor se refere são:

- Nível do processo: este é o nível normal no qual os processos de produção são rearranjados para se alcançar técnicas ambientalmente mais adequadas. Um exemplo neste sentido pode ser o aumento das restrições para descarga de resíduos na água e no ar.
- Nível dos materiais: este é o caso no qual se substitui um elemento do produto por outro que tenha características mais benéficas. Um exemplo é a substituição do mercúrio em baterias por outras substâncias.
- Nível do componente: um novo projeto técnico pode permitir uma mudança no processo sem que se tenha de abandonar todas as “velhas” técnicas. O uso

do catalisador no controle das emissões dos automóveis pode servir como exemplo.

- Nível do subsistema: se o “carro” é o sistema, as variações de soluções para o motor podem ser vistas como subsistemas. A substituição do antigo motor a gás por um elétrico pode servir como exemplo.
- Nível do sistema: este é o nível que fornece a estratégia. Por exemplo, se numa grande cidade as pessoas precisam ir de suas casas para o trabalho, onde quer que este esteja situado, a substituição do automóvel por meios de transporte de massa é uma solução estratégica.
- Nível de estratégia: a manipulação do projeto estrutural no planejamento urbano, permitindo uma proximidade entre as residências e os locais de trabalho, é uma solução que evita a urbanização desordenada. Tal mudança pode resultar em redução de estradas para transporte e diminuição do consumo de energia, além de trazer benefícios para o ambiente urbano. Este é um exemplo de estratégia.
- Nível do valor: este nível pode ser exemplificado por um total de questionamento da necessidade de transporte físico na atual estrutura da sociedade. Isto ocorre porque não se considera o nível de valor das demandas básicas. A um nível mais modesto de mudanças, citamos a ênfase em soluções locais ou regionais para produção de gêneros agrícolas, de forma a conectar a produção com o consumo pelo critério geográfico.

Uma mudança não necessita ser grande, mas sim estratégica, isto é, deve visar resultados benéficos internos e externos a uma empresa perceptíveis por todos.

Muitas indústrias usam como marketing o fato de possuírem técnicas de minimização de resíduos que apresentam sucessos considerando os objetivos industriais.

Segundo a ABIQUIM (1994), o setor industrial, que tem sido mais fortemente tangido pela questão ambiental, tem respondido de forma positiva às demandas de gerenciamento ambiental através de medidas que vão desde o tratamento de suas emissões, efluentes e resíduos, no sentido de adequá-los à legislação vigente, evoluindo no sentido de adoção de tecnologias limpas que evitem a geração dos agentes poluidores na sua origem, até a um posicionamento pró-ativo, integrando a questão ambiental no seu planejamento estratégico.

A ABIQUIM ainda menciona alguns itens importantes para o gerenciamento de resíduos industriais que podem ser aplicados aos laboratórios químicos, tais como:

- Definir responsabilidades – qualquer atividade só terá continuidade e sucesso dentro das organizações, se sua direção estiver engajada em todas as etapas e ações da empresa, seja no estabelecimento de princípios e diretrizes que fixem de forma clara e inequívoca o posicionamento da organização como um todo, seja proporcionando meios e periodicamente verificando como a organização responde à aplicação das diretrizes.
- Política de Meio Ambiente – objetivo comum e permanente
- Sistema de Gerenciamento Ambiental – apoiado na política de meio ambiente e deve dispor de recursos humanos, materiais e financeiros.
- Avaliação do Impacto Ambiental – atende às exigências legais e é um subsídio para tomadas de decisões e planejamento.

- Melhoria do Desempenho Ambiental- uso de melhor tecnologia de proteção ambiental na minimização de resíduos, otimização da eficiência operacional das tecnologias existentes, prevenção e controle de acidentes e perdas, consumo eficiente de energia e recursos naturais na fabricação.
- Utilização e desenvolvimento de matérias primas e produtos ambientalmente seguros – matérias primas e produtos que sejam recicláveis (sempre que possível) e que possam ser dispostos com segurança.
- Redução de emissões, efluentes e resíduos – incentivo permanente à minimização, ao reuso, à reciclagem e à destinação final adequada de emissões, efluentes e resíduos das unidades produtoras.
- Tecnologias limpas – tecnologias limpas já na fase do projeto.
- Monitoramento, Auditorias e Indicadores – auto-avaliação.
- Educação Ambiental – programas de educação e treinamento ambiental a todos os funcionários e treinamentos específicos para aqueles que desempenham funções ligadas à área ambiental.
- Integração com a comunidade – integração e comunicação com a comunidade, órgãos do governo, comunidade científica e mídia.
- Comunidade – diminuir a poluição sonora, a emissão de odores desagradáveis, efluentes descontínuos e outras situações anormais que incomode a vizinhança.
- Legislação – como patamar mínimo, deve-se cumprir a legislação vigente.
- Energia – economia de energia, uso de energia alternativa e uso de recursos renováveis.

Mínimizar resíduos durante a sua geração, fundamentado na adoção de técnicas que tornem possível a redução do volume e/ou toxicidade dos mesmos e, conseqüentemente, de sua carga poluidora, pode ser estrategicamente importante para o gerenciamento de resíduos (CETESB, 1992).

Para se verificar as possibilidades de minimização de resíduos, é preciso começar a entender perfeitamente o processamento. Faz-se necessário, sendo de extrema importância, a participação de todas as pessoas detentoras do conhecimento das etapas do processo. As práticas de minimização a serem estudadas durante o processo industrial, podem ser as atividades de cunho organizacional do tipo manutenção e treinamento de pessoal e, alterações de cunho técnico (CETESB, 1992). No Quadro 3.4 está ilustrado o roteiro de metodologia de minimização de resíduos industriais proposto por Batstone *apud* CETESB (1992).

Quadro 3.4 – Roteiro Geral de Metodologia para Redução da Geração de Resíduos Químicos Industriais

Ponto de geração	Medidas recomendadas
Todas as fontes de resíduo	<ol style="list-style-type: none"> 1. usar materiais de maior pureza 2. usar matérias-primas menos tóxicas 3. usar materiais não corrosivos 4. converter os processos por batelada em processos contínuos 5. efetuar inspeção e manutenção mais rigorosas de equipamentos 6. melhorar o treinamento dos operadores 7. efetuar supervisão contínua 8. adotar práticas operacionais adequadas 9. eliminar ou reduzir o uso de água para limpeza de derramamentos 10. usar sistemas de monitoramento aprimorados 11. implementar técnicas adequadas de limpeza de equipamentos 12. usar bombas com selo mecânico duplo
Fundo e topo de colunas	<ol style="list-style-type: none"> 1. desenvolver catalisadores mais seletivos 2. otimizar o projeto do reator e das variáveis da reação 3. efetuar queima com recuperação de calor
Catalisadores gastos e perdas	<ol style="list-style-type: none"> 2 desenvolver um suporte de catalisador mais seguro 3 usar filtro dentro da borda livre do reator 4 regenerar e reciclar catalisadores gastos
Ponto de geração	<ol style="list-style-type: none"> 1. medidas recomendadas
Resíduos de limpeza de equipamentos	<ol style="list-style-type: none"> 1. aumentar o tempo de drenagem do equipamento 2. usar materiais resistentes à corrosão 3. agitar e/ou isolar tanques de estocagem 4. reexaminar a necessidade de produtos químicos para limpeza 5. usar selo de nitrogênio para reduzir as oxidações
Derramamentos e vazamentos	<ol style="list-style-type: none"> 1. usar válvulas de selagem com alarme 2. usar bombas sem selo 3. maximizar o uso de juntas soldadas em relação às flangeadas 4. instalar bacias de contenção de derramamentos

Fonte: CETESB (1992)

Segundo HUISINGH (1993), baseado em uma avaliação de 500 estudos de caso de indústrias que obtiveram sucesso na implantação de programas de minimização de rejeitos, percebeu-se que as seguintes abordagens gerais são freqüentemente utilizadas, de forma isolada ou combinada, nas metas dos programas:

- substituição de processos químicos por processos mecânicos;
- substituição de processos “single-pass” por outros “closed-loop”;

- substituição de produtos de pintura e revestimento baseados em solventes orgânicos por outros baseados em água;
- substituição de tratamentos ácidos e alcalinos por processos mecânicos;
- substituição de mercúrio, cádmio e chumbo por outras substâncias menos tóxicas em pigmentos, catalisadores, baterias e outros produtos;
- substituição de compostos halogenados por outros não halogenados;
- instalação, dentro do processo de fabricação, de novas tecnologias avançadas como troca de íons, ultrafiltração, osmose reversa, eletrodialise ou outros processos para efetuar a separação de componentes dos efluentes e retornar os mesmos ao processo;
- instalação de novas tecnologias de redução de rejeitos (é importante lembrar que algumas empresas que resolveram seus problemas de rejeito através de novas tecnologias de processos, patentearam as mesmas e passaram a comercializar um novo produto);
- instalação de novos e mais preciosos micro-sensores, microprocessadores e outros processos avançados de monitoração e equipamentos de modulação, para tornar possível e manter continuamente, as condições de processo ao nível mais próximo do ótimo.

O autor continua comentando que a implantação desse tipo de modificações resultou na redução, entre 70 a 100%, de algumas emissões de ar, água e/ou geração de resíduos sólidos, perigosos ou não.

Cada tipo de indústria tem uma gama de tipos de tecnologias tanto de produção quanto de gestão de resíduos diferentes, entretanto todas estas tecnologias e medidas se baseiam no mesmo pensamento de qualidade do produto, maximização de lucros e minimização de impactos ambientais.

A EPA desenvolveu um programa de gestão de resíduos químicos industriais chamado Green Chemistry Program (EPA 2004b).

O ponto principal do Programa de Química Verde (PQV) da EPA é promover subsídios para o desenvolvimento e implementação de tecnologias químicas inovadoras que contemplam a Prevenção a Poluição em ambos os aspectos científicos e de gerenciamento de custos.

Para suprir tais objetivos, o PQV valoriza e ampara tecnologias químicas que reduzem ou eliminam o uso ou geração de substâncias poluidoras durante o projeto, produção e uso de produtos químicos. Mais especificadamente, o PQV sustenta subsídios fundamentais na área química ambiental como uma variedade de atividades educacionais, iniciativas internacionais, conferências e encontros, e ferramentas de química verde. O programa é composto de três áreas principais incluindo ferramentas de química verde. Química Verde Industrial, Educação em Química Verde e Ferramentas Científicas (EPA 2004b).

No âmbito da química, mais especificadamente no meio acadêmico, a Sociedade Brasileira de Química, através da divisão de Química Ambiental, vem concentrando esforços no sentido de realizar reuniões de trabalho, dentro das Reuniões Anuais da SBQ com o objetivo de definir linhas de atuação. Os encontros com temas principais em Gerenciamento de Resíduos Químicos em Pesquisa e Ensino, bem como Ensino de química ambiental, reúnem estudantes, pesquisadores e professores com afinidade na área, incluída

nos Parâmetros curriculares Nacionais para os Cursos de Graduação em Química, instituídos pela nova LDB da Educação (QUÍMICA VERDE NO BRASIL, 2003).

3.2 RESÍDUOS GERADOS EM UNIVERSIDADES

A geração de resíduos em instituições de ensino e pesquisa no Brasil sempre foi um assunto muito pouco discutido e trabalhado. Na grande maioria das universidades, a gestão dos resíduos gerados nas suas atividades rotineiras é inexistente, e devido à falta de ações dos órgãos fiscalizadores, o descarte inadequado continua a ser praticado.

No atual cenário, aonde vários segmentos da sociedade vêm cada vez mais se preocupando com a questão ambiental, as universidades não podem mais sustentar esta medida cômoda de simplesmente ignorar sua posição de geradora de resíduos, mesmo porque esta atitude fere frontalmente papel que a própria universidade desempenha quando avalia (e geralmente acusa) o impacto causado por outras unidades de geradoras de resíduo fora dos seus limites físicos. Assim sendo, frente ao papel importante que as universidades desempenham na nossa sociedade, frente à importância ambiental que estes resíduos podem apresentar, e por uma questão de coerência de postura, é chegada a hora das universidades implementarem seus programas de gestão de resíduos.

As Universidades os produzem em pequena quantidade, mas que, precisam ser geridas corretamente para que não ofereçam perigo ao meio ambiente e nem risco à saúde humana. Daí a necessidade em se fazer uma gestão correta desses resíduos, cujo aspecto mais importante é a sua minimização.

Na Universidade pode-se começar com a coleta seletiva. Este tipo de coleta, como o nome já diz, significa separar os resíduos de acordo com o tipo de material produzido. Para

que todos os benefícios cheguem até nós é só preciso de compreensão e participação. Cada pessoa pode fazer a sua parte que, por menor que seja, contribuirá para a recuperação, preservação do meio ambiente e a melhoria na qualidade de vida (COUTINHO; ZANELLA, 2003).

JARDIM (1998) afirma que é importante que a instituição esteja realmente disposta a implementar e sustentar um programa de gerenciamento de resíduos, pois o insucesso de uma primeira tentativa via de regra desacredita tentativas posteriores. Outro aspecto importante é o humano, pois o sucesso do programa está fortemente centrado na mudança de atitudes de todos os atores da unidade geradora (alunos, funcionários e docentes). A divulgação interna e externa do Plano de Gestão de Resíduos é fundamental para a conscientização e difusão das idéias e atitudes que o sustentarão; e finalmente, trabalhando com metas pouco ambiciosas (e reais), deve-se sempre reavaliar os êxitos (ou insucessos) obtidos, redirecionando-as se preciso for para que o programa seja factível.

A Figura 3.3 esquematiza os resíduos gerados em Universidades onde estão inseridos os resíduos de laboratórios químicos que são os resíduos de interesse deste trabalho.

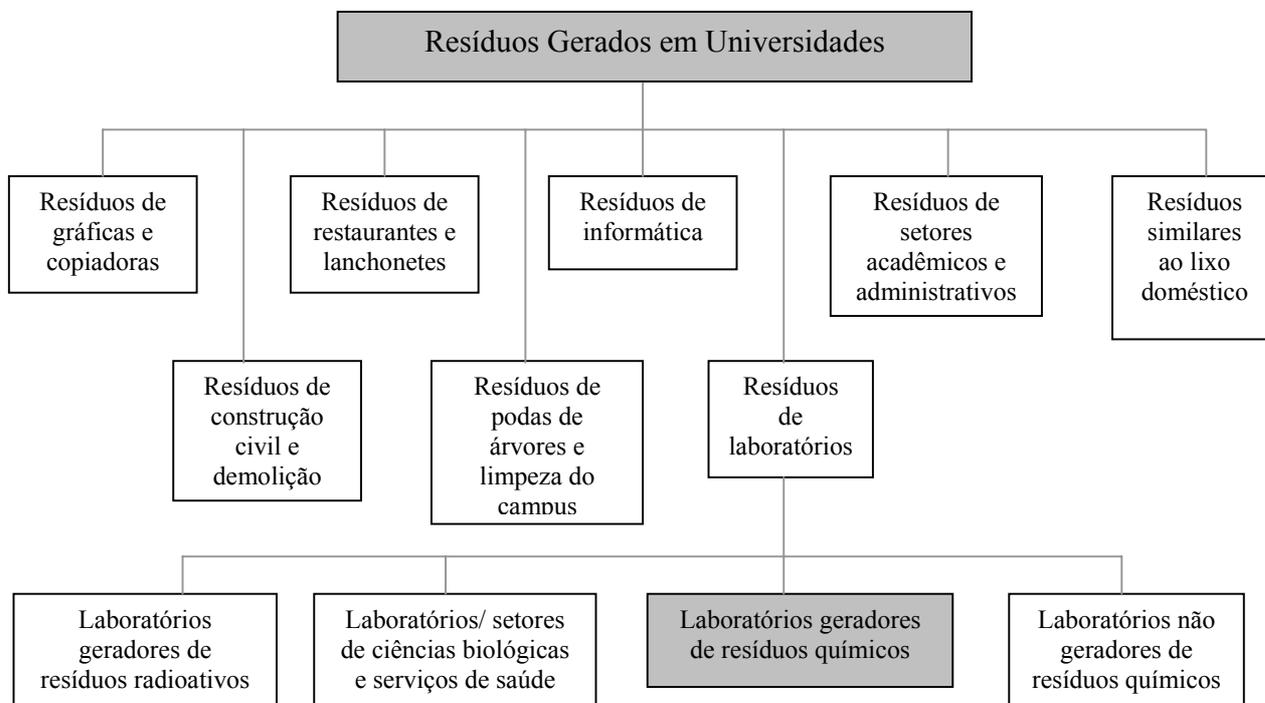


Figura 3.3: Fontes de Resíduos Gerados em Universidades

Os resíduos de gráficas e copiadoras são compostos basicamente por papel, restos de tintas de impressão e restos de equipamentos de impressão e/ou copiadoras desativadas.

Os resíduos de restaurantes e lanchonetes são basicamente compostos por matéria orgânica putrescível (restos de alimentos) e papéis plásticos de embalagens.

Os resíduos de informática são compostos por cartuchos de tintas de impressoras desativados e partes de microcomputadores não utilizadas. Estes resíduos geralmente são depositados no sistema de coleta de resíduos similares aos domiciliares ou em salas e compartimentos de despejo.

Os resíduos de setores acadêmicos e administrativos dentro da universidade, são resíduos gerados em salas de aula, secretarias, gabinetes, biblioteca, atelies, etc. São compostos basicamente por papéis, restos de cartuchos de impressão, plásticos e demais materiais de escritório.

Os resíduos similares aos resíduos domésticos são os resíduos gerados na universidade toda que geralmente são despejados em lixeiras espalhadas pelo campus ou em lixeiras dentro das edificações. Estes resíduos são compostos por resíduos orgânicos (restos de comidas, papéis, plásticos, etc.) e por alguns materiais inertes como vidro e metais.

Os resíduos de construção civil e demolições dentro da universidade são os mesmos que os resíduos de construção e demolição urbanos.

Os resíduos de limpeza do campus e podas de árvores são os mesmos que os resíduos de limpeza pública e podas de árvores dentro dos resíduos urbanos.

Resíduos de laboratórios podem ter origem em laboratórios de ciências biológicas e da saúde, laboratórios geradores de resíduos químicos e laboratórios não geradores de resíduos químicos como laboratórios de mecânica dos solos, pavimentação, cerâmicos, polímeros, metais, etc.

Resíduos radioativos são resíduos provenientes da utilização de radioisótopos, que geralmente se encontram em setores e laboratórios de biologia e saúde, laboratórios químicos e laboratórios não químicos como é o caso dos laboratórios de Engenharia de Materiais.

A exemplo dos resíduos industriais, os resíduos gerados em universidades podem ser objeto de processos de minimização, considerando as diferenças entre essas organizações,

as peculiaridades e a estrutura acadêmica, mas os resíduos mais significativos de uma Universidade em questão de periculosidade são os resíduos de laboratórios, especialmente laboratórios químicos.

JARDIM (1998) menciona que a implantação de um programa de resíduos de laboratórios químicos é algo que exige, antes de tudo, mudança de atitudes, e por isto, é uma atividade que traz resultados a médio e longo prazo, além de requer realimentação contínua. O autor segue afirmando que as premissas (e condições) básicas para sustentar um programa de gestão de resíduos são:

- O apoio institucional ao Programa;
- Priorizar o lado humano do Programa frente ao tecnológico;
- Divulgar as metas estipuladas dentro das várias fases do Programa;
- Reavaliar continuamente os resultados obtidos e as metas estipuladas.

O Instituto de Química da UNICAMP, através de sua Comissão de Segurança, já vem desenvolvendo um trabalho consistente de controle do resíduo no qual são geradas cinco correntes, a saber: (a) clorados; (b) acetatos e aldeídos; (c) ésteres e éteres; (d) hidrocarbonetos e (e) álcoois e cetonas. Estes, após reciclo e reuso, são enviados para uma empresa para incineração. Via de regra, quem determina o número e a natureza das correntes de resíduos dentro de uma unidade geradora é o destinatário final destes resíduos, ou seja, quase sempre um incinerador (JARDIM, 1998).

JARDIM (1998), relata que na UNICAMP, o Laboratório de Química Ambiental vem praticando um programa de gerenciamento de seus resíduos baseado em experiências adotadas em outros países adaptadas, porém para a nossa realidade. Além disso,

desenvolveu uma série de procedimentos de baixo custo para tratar resíduos aquosos contaminados com compostos orgânicos potencialmente tóxicos. Basicamente explora-se o uso de processos oxidativos avançados (H_2O_2 , UV, Ozônio, Reagente e Fenton, fotocatalise heterogênea e algumas de suas combinações), com ou sem luz solar, com excelentes resultados, e que poderiam ser utilizados por outras fontes geradoras.

No caso da Universidade Federal do Paraná, CUNHA (2001), relata que o programa de gerenciamento de resíduo surgiu da mobilização de um grupo de Professores conscientizados para o problema e não como fruto de imposição de lei ou pressões causadas por ações paliativas pós-tragédias, muito comuns no país.

Basicamente havia três alternativas para o destino final dos resíduos químicos do Departamento de Química: o aterro controlado (na Cidade Industrial de Curitiba), a incineração (em São Paulo ou Rio de Janeiro) e o co-processamento em forno de cimento (na Região Metropolitana de Curitiba). O co-processamento foi escolhido pois é mais versátil e efetivo método de tratamento para o tipo de resíduo gerado em nossos laboratórios e tem sido feito como cortesia pela Companhia Cimenteira Rio Branco do Grupo Votoran localizado em Rio Branco do Sul na Região Metropolitana de Curitiba (CUNHA, 2001).

O co-processamento em forno de cimento consiste em adicionar-se resíduos químicos, combustíveis ou não, na forma de sólidos, líquidos ou pastas, ao forno de cimento durante a formação clínquer. Os líquidos combustíveis são misturados e queimados com combustível auxiliar do forno. Os sólidos e pastosos são adicionados em bocas de lobo que levam ao interior da parte alta do forno e os aquosos são adicionados junto com a água de resfriamento dos gases do forno. No Paraná o co-processamento é licenciado para tratar:

ácidos e bases, solventes halogenados e não halogenados, cianetos e arsenatos, sais de quase todos os metais exceto os de mercúrio, cádmio e tálio. Também é vetado o tratamento de agrotóxicos, materiais radioativos, explosivos, material infeccioso e bifenilas policloradas (PCB's) (CUNHA 2001).

CUNHA (2001) ressalta as cinco etapas deste programa:

- a) Coleta e tratamento;
- b) Armazenamento;
- c) Licenciamento (para transporte e co-processamento);
- d) Transporte;
- e) Co-processamento.

O Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul vem, desde 1994, desenvolvendo atividades de coleta seletiva e tratamento de rejeitos dos laboratórios de pesquisa e graduação. No âmbito dos laboratórios de ensino de graduação, algumas disciplinas já realizaram diversas atividades visando tanto recuperação de resíduos como a síntese de reagentes para utilização em outros laboratórios de ensino ou em laboratórios de pesquisa, etc. No entanto, estas ações tinham um caráter restrito e isolado, na medida em que eram realizadas dentro de um setor ou Departamento. Em 1998, quando do lançamento do Edital PADCT III – Apoio a Cursos de Graduação em Química e Engenharia Química, o Instituto de Química apresentava a maturidade necessária para o desenvolvimento de um programa institucional, que refletisse o espírito dos seus sucessivos dirigentes, bem como de seus próprios professores e funcionários. O projeto apresentado “Ensino e a Química Limpa” foi aprovado e tem como meta a formação de um profissional em química preocupado com a preservação do meio ambiente e com o desenvolvimento e utilização de

tecnologias limpas. Dentro deste projeto, previu-se a criação de um “Programa em Química Limpa” onde destaca-se a atividade “Fluxo de Resíduos e Produtos” (AMARAL e outros, 2001).

Os autores comentam que o “Programa em Química Limpa” promove o intercâmbio de resíduos entre laboratórios diferentes, isto é, o resíduo de um laboratório é matéria prima de outro e utilização uma rotulagem padronizada dos resíduos. Um banco de dados foi criado com as características de cada resíduo associado ao seu número de registro contido em seu rótulo.

A alternativa de rotulagem e do banco de dados é uma forma de organizar o passivo para que uma posterior alternativa de gestão seja estipulada.

De 1992 a 1996, alunos do Programa Especial de Treinamento da CAPES da USP – São Carlos, desenvolveram um trabalho cujos objetivos foram identificar e quantificar os resíduos de natureza química produzidos pelas atividades de ensino e pesquisa dos laboratórios do Instituto de Química de São Carlos, bem como da início às soluções para os problemas gerados pelos mesmos.

A partir dos resultados obtidos e da existência de um abrigo de resíduos químicos no Campus, iniciou-se projeto intitulado “Programa de Tratamento de Resíduos Químicos Produzidos pelos Laboratórios de Ensino e Pesquisa em Química do Campus de São Carlos”. Tal projeto contou com a parceria da Divisão de Saúde, Higiene, Segurança e Medicina do Trabalho do Hospital Universitário e deu origem à construção de uma área de 60 m² para montagem do Laboratório de Resíduos Químicos, cujo objetivo era o tratamento dos resíduos químicos líquidos gerados no Campus de São Carlos. O Laboratório de Resíduos Químicos foi inaugurado em 13 de outubro de 1997 e iniciou efetivamente suas

atividades práticas em 1998, após adequação internas e contratação de dois profissionais para seu funcionamento. O objetivo desta memória é demonstrar que o gerenciamento de resíduos químicos é viável e depende da conscientização e participação de todos. Para que esse gerenciamento tenha êxito é necessário desenvolver uma consciência ética com relação ao uso e descarte de produtos visando a prevenção da poluição e redução, reaproveitamento e recuperação de materiais objetivando a preservação ambiental (ALBERGUINI; SILVA; REZENDE, 2003).

Algumas ferramentas, métodos e modelos utilizados para a gestão e minimização de resíduos industriais poderiam ser aplicados na minimização de resíduos de laboratórios de universidades. O Método e o Modelo Matemático de Seleção de Prioridades de Minimização de Resíduos Industriais desenvolvidos por CERCAL (2000) e utilizados por LEITE (2003) em uma indústria alimentícia, apresentam boa potencialidade de aplicação à minimização resíduos de laboratórios de universidades, pela sua simplicidade e facilidade de utilização, necessitando, entretanto, serem melhor estudados e adaptados para tal finalidade.

O método e o modelo de CERCAL (2000) são detalhados e discutidos a seguir.

3.3 MÉTODO E MODELO MATEMÁTICO DE CERCAL PARA SELEÇÃO DE PRIORIDADES DE MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Segundo CERCAL (2000), em um processo produtivo, cada equipamento, para cada produto processado, pode gerar diversos resíduos, em diferentes quantidades e composições

materiais; outrossim, cada resíduo, oriundo de um único, ou de vários equipamentos, para um único, ou vários produtos, pode ter mais de uma destinação final.

Da mesma forma acontece em um laboratório químico onde cada reação pode gerar diversos resíduos, também em diferentes quantidades e composições químicas; e ainda cada resíduo, oriundo de uma única, ou de várias reações, para um único, ou vários produtos, pode ter mais de uma destinação final. O modelo do autor foi concebido de forma a tratar esta diversidade.

O modelo de priorização de minimização de resíduos proposto por CERCAL (2000) consiste em três tipos básicos de análise:

- Análise do resíduo por valor econômico;
- Análise do resíduo por risco;
- Análise do resíduo por facilidade de minimização.

Segundo o autor, esses estudos foram desenvolvidos em separado por dois motivos principais:

- a) Para que o modelo permita ao usuário selecionar suas prioridades para minimização de resíduos sob três enfoques importantes e essencialmente diferentes: o aspecto econômico (já incluídos o aspecto ambiental e técnico); os riscos gerais que a geração do resíduo representa, quer para a imagem da empresa, quer para a saúde de seus trabalhadores, moradores vizinhos e comunidades adjacentes; e a maior ou menor disponibilidade de recursos humanos, técnicos e financeiros, voltados à minimização

desses recursos humanos, técnicos e financeiros, voltados à minimização desses resíduos.

- b) Em caso contrário, i.e., um único modelo geral, correr-se-ia o risco de se chegar a uma solução heurística que, embora matematicamente coerente, não seria muito representativa da realidade, por misturar diferentes categorias de conceitos em uma análise única.

Após aplicar a metodologia de CERCAL no desenvolvimento de um projeto de minimização de resíduos gerados em uma indústria de processamento de batatas na Região Metropolitana de Curitiba, LEITE (2003) afirma que o modelo demonstrou ser bastante eficiente na determinação das prioridades.

As indústrias estão cada dia mais preocupadas com o controle de seus custos, desperdícios e lucros tratando o assunto com grande detalhamento e responsabilidade. Tudo que se relaciona a custos normalmente é contabilizado e controlado em centrais específicas de cada sub-setor dentro de uma empresa.

BORNIA (2002) menciona que no mundo contemporâneo globalizado, as empresas precisam continuamente aprimorar seus instrumentos de gestão de custos. Os sistemas de custos devem proporcionar acurada mensuração do valor agregado ao longo de toda a cadeia produtiva, como base para a tomada de decisões estratégicas e operacionais. Nesse sentido, é fundamental a correta compreensão dos princípios de custeio e de sua aplicabilidade ao cotidiano empresarial.

Para obter as melhorias dos aspectos críticos relacionados ao custeio de uma empresa, o novo paradigma para a produção não é a automação, robotização, ou até mesmo qualquer uma das tecnologias orientadas para o uso de computadores, embora ele faça uso destes e

outros conceitos e técnicas, tais como, o *Just-in Time* (JIT), o *Tal Quality Control* (TQC) e outros. O novo paradigma já ganhou um título, reconhecido mundialmente : “Filosofia de Excelência Empresarial” ou “Manufatura de Classe Mundial” (NAKAGAWA, 1993).

O autor segue citando que as empresas de classe mundial estão permanentemente perscrutando pelo mundo afora os melhores (*benchmarks*) processos e técnicas de manufatura, a fim de que possam competir simultaneamente em todas as quatro dimensões competitivas: preço, qualidade, confiabilidade e flexibilidade.

Os empresários mantêm um controle rígido de seus custos e isto significa além de outros, controlar, minimizar e principalmente reusar e reciclar seus resíduos para diminuir seus custos e conseqüentes prejuízos.

Nota-se que os empresários estão pensando antes de descartar seus resíduos, que são fundamentalmente matéria prima ou até mesmo, produtos. Está havendo um nível de consciência que não havia anteriormente. Atribuo isso a dois motivos: à pressão da sociedade e da própria CETESB e ao fato de os empresários estarem começando a perceber que lixo industrial pode lhes trazer uma grande economia na sua rede de produção (PENTEADO, 1997).

PEREIRA, SOBRAL e BARBOSA (2003) comentam que a prática da Produção Mais Limpa é, antes de qualquer coisa, uma ação econômica, porque se baseia no fato de que qualquer resíduo de qualquer sistema produtivo só pode ser proveniente das matérias-primas ou insumos de produção utilizadas no processo. Todos os resíduos anteriormente eram matéria-prima e foram comprados e pagos como tais.

Já nas Universidades, o mesmo não acontece. Tais instituições são preocupadas e discursam sobre gestão ambientalmente correta de resíduos, mas não conseguem a fazer sob o ponto de vista de controle de custos.

O principal motivo desta falta de controle de custos é a descentralização dos investimentos, isto é, dentro dos laboratórios, por exemplo, os recursos para compra de equipamentos e materiais de consumo vêm de instituições diferentes para o mais variado número de professores e pesquisadores e não passam por um setor central que controla tais entradas de investimentos e ainda não são fluxos de investimentos contínuos, variando entre o começo e fim de cada pesquisa. Também é importante lembrar que os únicos recursos para laboratórios de universidades que podem passar por algum controle central dos departamentos são os recursos para experimentos feitos nas aulas e que tais experimentos representam um pequeno montante comparado aos de pesquisa de mestrandos e doutorandos que vêm das mais variadas fontes e valores.

No caso do presente trabalho, devido à dificuldade de coleta de dados econômicos referentes ao funcionamento de laboratórios universitários, somente as duas últimas análises (análise de risco gerais e análise de facilidade de minimização) serão aplicadas.

Para efeito de diagnóstico, CERCAL (2000) sugere a execução de um balanço material simplificado onde sejam consideradas, ao menos, as quantidades de materiais, no caso deste trabalho, as quantidades de produtos químicos, entrando e saindo de cada equipamento ou fase de uma reação, observando-se as possíveis desigualdades entre estas quantidades. Tal balanço, embora simplificado, permite quantificar os resíduos oriundos das reações fase a fase.

3.3.1. Análise do Resíduo por Valor Econômico

Para efetuar a análise do resíduo por valor, o modelo considera as quantidades de resíduo geradas, os locais e situações em que ocorre o resíduo, as diversas composições em que aparece o resíduo, o valor dos materiais (substâncias ou reagentes) presentes no resíduo e o grau de alteração (admitido para o cálculo) que pode sofrer o valor de cada material presente no resíduo quando são considerados os aspectos ambientais, os custos globais representados pelo gerenciamento a que o resíduo é submetido, e as destinações finais que são dadas ao resíduo. Estas considerações podem ser feitas para uma situação real (o resíduo já existe e está sendo destinado para fins específicos) ou para efeito de simulação e tomada de decisões.

Como já foi discutido anteriormente, para a indústria, que visa principalmente a geração de lucro, fica mais fácil o levantamento dos parâmetros necessários para a análise do resíduo por valor, pois estes dados, na maioria das vezes já se encontram contabilizados e armazenados, faltando apenas uma interpretação para que possam alimentar as variáveis desta análise do modelo.

No caso das universidades, devido à diversidade, diferença e descentralização das fontes de financiamento dos experimentos tanto de pesquisa quanto de ensino, os dados relacionados com os custos não podem ser levantados tornando esta análise inviável.

Segundo informações extra-oficiais, na UFSCar, são gastos cerca de R\$ 10.000.000 / ano com produtos químicos em Pesquisas Científicas, enquanto somente R\$ 500.000/ ano são gastos com produtos químicos para laboratórios de práticas de ensino da graduação. Isto é, mais de 95% dos recursos gastos com produtos químicos na UFSCar, vão para

Pesquisas Científicas que, por sua vez, possuem fontes mais variadas e descentralizadas possíveis.

Portanto esta análise não será aplicada nos laboratórios de Química da UFSCar.

CERCAL (2000) cita que embora a denominação dada (Análise dos Resíduos por Valor), este cálculo representa mais do que tão somente uma análise econômica. O modelo também executa a correção do valor unitário, considerando os aspectos ambientais referentes à hierarquia de prioridades de minimização, os aspectos técnicos referentes à relação do resíduo com o processo (resíduo intrínseco ou extrínseco) e à constância das quantidades de geração do resíduo (confiabilidade dos dados) isto é, resíduos fixos ou variáveis.

O autor alerta ainda que quando o valor do resíduo for negativo, representa o prejuízo que a empresa ou o laboratório tem ou pode ter, por dar ao mesmo as destinações consideradas; quando positivo, representa o lucro que a empresa ou laboratório tem ou pode ter por dar ao resíduo as destinações consideradas. Assim, para seleção de prioridades de minimização, os resíduos com menor valor global são os mais prioritários.

O modelo admite 25 classes de destinação de resíduos, conforme a natureza e a localidade do destino final, os beneficiamentos por que passam ou não os resíduos antes da destinação, e a função que terão os diferentes materiais presentes no resíduo após seu destino final.

O autor afirma que a designação de cada classe foi composta por um par de símbolos, um algarismo e uma letra. O algarismo engloba a informação referente à natureza da destinação final do resíduo, aos beneficiamentos por que esses resíduos passam ou não antes de serem destinados e às funções que terão os materiais nele presentes após sua

destinação. A letra indica, em geral, a localidade do destino final. O Quadro 3.5 mostra os algarismos e letras escolhidos, e as correspondentes características das classes de destinação de resíduos e o ANEXO I indica os valores das variáveis relacionadas com cada uma das 25 classes de destinação.

Quadro 3.5 – Características das classes de destinação dos resíduos

Letra	Algarismo	Características
	1	Reutilização direta do resíduo com os materiais em sua função original.
	2	Reutilização direta do resíduo com os materiais em função diferente da original.
	3	Reutilização do resíduo após beneficiamento, com os materiais em sua função original.
	4	Reutilização do resíduo após beneficiamento, com os materiais em função diferente da original.
	5	Disposição final adequada
	6	Disposição final inadequada
	7	Resíduo sem destinação definida
A		Na fonte
B		Em outro equipamento na mesma unidade ou ciclo produtivo
C		Em outra unidade na mesma fábrica ou laboratório
D		Em outra fábrica ou laboratório
E		Em outra fábrica ou laboratório, porém com beneficiamento na unidade ou ciclo produtivo onde o resíduo é gerado.

Fonte: Adaptado de CERCAL (2000)

Para que fosse incluído na análise por valor o aspecto ambiental referente à hierarquia de prioridades de minimização de resíduos, o autor criou o variável Índice de Priorização Hierárquica de Minimização de Resíduos (IPHMR). O IPHMR é o resultado do produto entre dois fatores representados por duas outras variáveis também criadas: a Alteração Percentual Admitida para o Valor Substancial do Resíduo e a Base do IPHMR.

Segundo CERCAL (2000), cada resíduo submetido a análise de seu valor, apresenta um Valor Substancial. Essa variável do modelo representa a valorização do resíduo ponderada entre os equipamentos e produtos onde aparece em função da sua composição mássica percentual específica (equipamento a equipamento ou reação a reação e produto a produto), e o valor dos materiais que o compõem. Entretanto, na concepção do modelo, considerou-se a opção de seleção do nível de alteração percentual admitido para o valor de cada material quando da consideração do aspecto ambiental, assim, por exemplo, um material mais “barato” poderá admitir maior alteração do seu valor, enquanto que um material mais “caro” poderá ter uma alteração mais restrita. Essa alteração representa a variável do modelo denominada de Alteração Percentual Admitida para o Valor do Material. Assim, conforme a composição mássica percentual ponderada do resíduo e a alteração percentual admitida para o valor de cada material que o compõe, o modelo calcula a Alteração Percentual Admitida para o Valor Substancial do Resíduo.

Para cada uma das classes de destinação a que é (ou pode ser) submetido o resíduo originado em determinado equipamento ou reação e para determinado produto, o autor definiu uma constante que representa a posição da classe de destinação dentro da escala de hierarquia de prioridades da Teoria de Minimização de Resíduos, a esta constata deu o nome de Base do IPHMR da classe de destinação cujo valor pode ser extraído do ANEXO I.

O conceito essencial da análise do resíduo por valor se resume na consideração de que um determinado resíduo, podendo ser gerado em equipamentos ou reações diferentes, com composições diferentes e em quantidades diferentes e, ainda, tais características podendo, também, variar de produto para produto processado, tem como características médias, as médias ponderadas de suas características entre todos os equipamentos e para todos os

produtos em que é gerado. As características consideradas relevantes pelo modelo para a análise do resíduo por valor foram expressas na forma de variáveis contidas no Quadro 3.6.

Quadro 3.6 - Variáveis consideradas no cálculo da análise por valor

PARÂMETROS MATEMÁTICOS DA ANÁLISE POR VALOR	SIGLAS ADOTADAS
Quantidade total do resíduo	W_{total}
Numero de produtos analisados simultaneamente	p
Numero de equipamentos ou reações onde o resíduo é gerado	e
Numero de materiais ou reagentes que compõem o resíduo	m
Numero de destinações finais dadas ao resíduo	d
Relação do resíduo com o processo	Ω
Valor unitário (para cada ml, por exemplo) do material genérico “i”	$\$i^+$
Alteração percentual admissível para o valor do material genérico “i”	$\Delta\$i^{\%}$
Percentual do material genérico “i” na composição do resíduo gerado no equipamento ou reação “j”, para o produto genérico “k”	X_{ijk}
Percentual do total de resíduo gerado no equipamento ou reação genérica “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a destinação genérica “h”.	Y_{hjk}
Percentual do total do resíduo que é gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”.	Z_{jk}
Percentual do total do resíduo gerado para o produto genérico “k”	W_k
Custo unitário de beneficiamento do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a destinação genérica “h”	$\$^{-}_{Bhjk}$
Custo unitário de transporte do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a destinação genérica “h”	$\$^{-}_{Thjk}$
Custo unitário de tratamento e disposição do resíduo gerado no equipamento ou reação genérica “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a destinação genérica “h”	$\$^{-}_{TDhjk}$
Custo unitário de geração e permanência do resíduo proveniente do equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”, que sofre a destinação genérica “h”	$\$^{-}_{GPbjk}$
Retorno obtido por destinar o resíduo gerado no equipamento ou reação genérica “j”, para o produto genérico “k”, à destinação genérica “h”	$\$^{+}_{Rhjk}$
Calcula $\$^{+}$?	$D^{S/N}_{\$+}$
Calcula $\$^{-}_B$?	$D^{S/N-}_{\$B}$
Calcula $\$^{-}_T$?	$D^{S/N-}_{\$T}$
Calcula $\$^{-}_{TD}$?	$D^{S/N-}_{\$TD}$
Calcula $\$^{-}_{GP}$?	$D^{S/N-}_{\$GP}$
Calcula $\$^{+}_R$?	$D^{S/N+}_{\$R}$

Valor unitário do resíduo, ponderado entre todos os equipamentos ou reações onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.	$\$^+$
Alteração percentual admissível para o valor unitário do resíduo, ponderada entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.	$\Delta\$\%$
Custo unitário de beneficiamento do resíduo conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos ou reações onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.	$\$^-_B$
Custo unitário de transporte do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos ou reações onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.	$\$^-_T$
Custo de tratamento e disposição do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.	$\$^-_{TD}$
Custo unitário de geração e permanência do resíduo ponderado conforme as destinações dadas ao mesmo, entre todos os equipamentos onde é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.	$\$^+_{GP}$
Retorno obtido ponderado conforme as destinações do resíduo, entre todos os equipamentos onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise.	$\$^+_R$
Valor unitário do resíduo não corrigido	$\$^\circ$
Índice de priorização hierárquica de minimização de resíduo (IPHMR)	ξ
Base do IPHMR, ponderada entre todos os equipamentos onde o resíduo é gerado e para todos os produtos considerados para análise (ANEXO I).	ξ_B
Base do IPHMR da classe a que pertence a destinação genérica “h”	ξ_{Bh}
Fator de constância do resíduo gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”	K_{jk}
Constância do resíduo entre todos os equipamentos ou reações onde o mesmo é gerado, e para todos os produtos considerados para análise	K
Fator de correção para valores positivos do resíduo	δ^+
Fator de correção para valores negativos do resíduo	δ^-
Valor unitário do resíduo corrigido	$\$$
Valor total do resíduo corrigido	$\$_{total}$

Fonte: Adaptado de CERCAL (2000)

3.3.1.1 Equações da Análise por Valor

As equações obtidas pelo autor com as variáveis anteriormente descritas são as seguintes:

$$\$_B^- = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} * D_{\$B}^{-S/N}{}_{hjk} * \$_{Thjk}^-) * Z_{jk} * W_k \quad (1)$$

$$\$_+ = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\sum_{h=1}^d Y_{hjk} * D_{\$+}^{S/N}{}_{hjk} \right) * \left(\sum_{i=1}^m \$_i^+ * X_{ijk} \right) * Z_{jk} * W_k \quad (2)$$

$$\Delta\$_{\%} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{i=1}^m (\Delta\$_i^{\%} * X_{ijk}) * Z_{jk} * W_k \quad (3)$$

$$\$_T^- = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} * D_{\$B}^{-S/N}{}_{hjk} * \$_{Thjk}^-) * Z_{jk} * W_k \quad (4)$$

$$\$_{TD}^- = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} * D_{\$T}^{-S/N}{}_{hjk} * \$_{TDhjk}^-) * Z_{jk} * W_k \quad (5)$$

$$\$_{GP}^- = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} * D_{\$GP}^{-S/N}{}_{hjk} * \$_{GPhjk}^-) * Z_{jk} * W_k \quad (6)$$

$\$R^+ = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d (Y_{hjk} * D_{\$R}^{+S/N}{}_{hjk} * \$R_{hjk}^+) * Z_{jk} * W_k$	(7)
--	-----

$\xi_B = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{h=1}^d \xi_{Bh} * Y_{hjk} * Z_{jk} * W_k$	(8)
--	-----

$\xi = \xi_B * \Delta \$\%$	(9)
-----------------------------	-----

$\$^\circ = \$^+ - \$B - \$T - \$TD - \$GP + \$R^+$	(10)
---	------

$K = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e K_{jk} * Z_{jk} * W_k$	(11)
---	------

$\Omega = cte$	(12)
----------------	------

Obs: para a correção do valor unitário do resíduo, foram considerados os fatores δ^+ e δ^- , utilizados, respectivamente, para o resíduo representando lucro (valor positivo) ou prejuízo (valor negativo).

$\delta^+ = (1 + \xi) / (K * \Omega) \quad \text{para } \xi \neq (-1)$	(13)
--	------

$\delta^- = (1 - \xi) * K * \Omega \quad \text{para } \xi \neq (+1)$	(14)
--	------

$\begin{aligned} \text{Se } \$^\circ > 0 \text{ então } \$ &= \$^\circ * \delta^+ \\ \text{Se } \$^\circ < 0 \text{ então } \$ &= \$^\circ * \delta^- \\ \text{Se } \$^\circ = 0 \text{ então } \$ &= 0 \end{aligned}$	(15)
--	------

$\$_{\text{total}} = W_{\text{total}} * \$$	(16)
---	------

As equações 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 realizam a ponderação das propriedades do resíduo relacionadas às suas composições e destinações para todos os produtos e equipamentos ou reações.

O Índice de Priorização de Minimização de Resíduos (IPHMR), calculado pelas equações 8 e 9, encerra aspectos relativos às destinações (base do IPHMR) e às composições (alteração admitida para o valor dos materiais) do resíduo. A base do IPHMR

(ξ_B), é um valor que poderá variar de $-1,8$ a $+1$ conforme as características das classes de destinação a que é submetido o resíduo. O autor menciona que este valor é tanto maior quanto mais prioritárias, de acordo com a hierarquia de prioridades de minimização, forem as destinações a que está sendo submetido o resíduo. A alteração admitida para o valor dos materiais presentes no resíduo ($\Delta\%^\circ$), é um valor que tem como mínimo $0,5$ (50%), podendo chegar a 2 (200%) ou 3 (300%), a critério do calculista. Este mínimo de 50% significa que, para qualquer material considerado, define-se um padrão de variação de seu valor monetário mínimo de 50% . Isto é feito para que se tenha uma ênfase considerável no aspecto ambiental.

Nota-se que a equação 10 consiste do somatório de todas as quantidades monetárias médias referentes aos custos e/ou retornos obtidos em função das destinações dadas ao resíduo. Sendo o valor unitário não corrigido do resíduo ($\$^\circ$) negativo, tem-se uma situação de prejuízo.

A equação 11 calcula um índice médio para a constante (K) dos dados de quantidades de geração do resíduo em toda a fábrica ou o laboratório, de acordo com os percentuais do total deste resíduo, gerados em cada um dos equipamentos onde ele ocorre, e durante cada um dos produtos considerados para análise. Os índices considerados, pelo autor, como padrão são os seguintes: Resíduo considerado como fixo (frequência de produção constante): $K_{jk} = 1,1$. Resíduo considerado como variável: $K_{jk} = 0,9$. Resíduo considerado como semi-fixo: $K_{jk} = 1,0$.

Para a Equação 12, os parâmetros são: Resíduo considerado como intrínseco: $\Omega = 0,8$. Resíduo considerado como extrínseco: $\Omega = 1,2$. Resíduo considerado como semi-intrínseco: $\Omega = 1,0$.

A forma como os resíduos são gerados, e/ou cujos materiais constituintes estão intimamente relacionados com o processo produtivo, foram definidos pelo autor como Resíduos Intrínsecos; aqueles para os quais essa relação é indireta, foram denominados como Resíduos Semi-intrínsecos; finalmente, quando não existe relação aparente (como exemplo, quando os materiais constituintes do resíduo não estão presentes na composição dos produtos acabados), os resíduos foram chamados de Resíduos Extrínsecos.

O produto $K*\Omega$ representa um fator de correção que incorpora a viabilidade técnica da minimização do resíduo na sua análise por valor. $K*\Omega > 1$ representa viabilidade técnica favorável (e quanto maior, mais favorável). $K*\Omega < 1$ representa viabilidade técnica desfavorável (e quanto menor, mais desfavorável). Pode-se observar que, pelos parâmetros adotados, o peso da influência da relação do resíduo com o processo (Ω) é maior do que o peso da constância do resíduo.

Os fatores de correção para o valor unitário do resíduo (δ^+) e (δ^-), calculados pelas equações 13 e 14, respectivamente, constituem a unificação da correção pela viabilidade técnica com a correção pela hierarquia de prioridades de minimização de resíduos representada pelo IPHMR (ξ). O autor não admite o valor $\xi = -1$, ou $\xi = +1$, para as equações 13 e 14, respectivamente, exatamente para que se evitem que sejam anulados, indevidamente, os fatores de correção δ^+ ou δ^- , respectivamente.

Analisando as equações 13 e 14 em conjunto com o sistema representado pela equação 15, podemos observar o funcionamento do sistema de correção do valor unitário do resíduo:

- a) Para valor não corrigido positivo ($\$^o > 0$): se a destinação é ambientalmente imprópria ($\xi < 0$), quanto mais negativo for “ ξ ”, a correção do valor unitário do resíduo, para menos, é maior. Para ($\xi > 0$), ou seja, destinação ambientalmente aceitável, quanto mais positivo for “ ξ ”, a correção do valor unitário do resíduo para mais, é maior. Se a viabilidade técnica é favorável ($K*\Omega > 1$), a correção aplicada (divisão por $K*\Omega$) reduz o valor; porém, se é desfavorável ($0 < K*\Omega < 1$), essa correção aumenta o valor.
- b) Para valor não corrigido negativo ($\$^o < 0$): se a destinação é ambientalmente imprópria ($\xi < 0$), quanto mais negativo for “ ξ ”, a correção do valor unitário do resíduo para menos (tornando-o mais negativo), é maior. Para ($\xi > 0$), ou seja, destinação ambientalmente aceitável, quanto mais positivo for “ ξ ”, a correção do valor unitário do resíduo para mais (tornando-o menos negativo), é maior. Se a viabilidade técnica é favorável ($K*\Omega > 1$), a correção aplicada reduz o valor para “ $K*\Omega$ ” vezes o valor inicial (tornando-o mais negativo); porém se é desfavorável ($0 < K*\Omega < 1$), essa correção aumenta o valor para “ $K*\Omega$ ” vezes o valor inicial, tornando-o menos negativo.

A Equação 16 executa o cálculo do valor global do resíduo por simples multiplicação entre o valor unitário e o total do resíduo gerado para a base de cálculo adotada.

Por envolver aspectos relacionados com lucro e prejuízo, aspectos ambientais, aspectos quantitativos e uma grande diversidade de hipóteses de geração, tratamento e disposição final para cada resíduo, a análise do resíduo por valor, quando possível de ser aplicada, é a mais abrangente das análises consideradas no Modelo de CERCAL (2000).

3.3.2. Análise do Resíduo por Riscos

A análise por risco tem como objetivo avaliar, por meio de determinadas questões, a influência dos resíduos gerados na indústria e, no caso do presente trabalho, dos resíduos dos laboratórios químicos de universidades em relação à contaminação, perturbação e reclamações dos vizinhos, à contaminação das pessoas que mantêm contato freqüente com os resíduos por trabalharem e estudarem nos laboratórios e ainda em relação com a ocorrência de penalidades aplicadas ou aplicáveis por instituições públicas devido à existência do resíduo.

No presente trabalho, as ocorrências de penalidades aplicadas ou aplicáveis foram analisadas com base no Artigo 21 da Resolução 20/1986 do CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA e na classificação de resíduos sólidos da norma brasileira NBR 10004 da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.

Na execução da análise do resíduo por riscos, CERCAL (2000) define questões e respectivas respostas possíveis de serem escolhidas para cada geração do resíduo, em cada equipamento ou reação onde é gerado, e para todos os produtos considerados simultaneamente na análise.

a) **Questões:**

1. **Existem dados** reais ou estimados referentes às quantidades de geração e/ou composição do resíduo, bem como com relação às destinações a que é submetido, para o equipamento específico e para o produto considerado?
2. Qual a relação com a ocorrência de **danos à saúde humana** que melhor se aplica à existência do resíduo em questão, quando gerado no equipamento específico e para o produto considerado?
3. Qual a relação com a ocorrência de **reclamações de moradores vizinhos** que melhor se aplica à existência do resíduo em questão, quando gerado no equipamento específico e para o produto considerado?
4. Qual a relação com a ocorrência de **penalidades aplicadas (ou aplicáveis) por instituições públicas** que melhor se aplica à existência do resíduo em questão, quando gerado no equipamento específico e para o produto considerado?

b) **Respostas:**

1. À pergunta 1, a análise admite, apenas, as respostas “**SIM**” ou “**NÃO**”.
2. Às questões 2, 3 e 4, a análise admite uma dentre as respostas “**Já ocorreu**”, “**Em potencial**”, e “**Isento**”.

Para a execução do cálculo do risco global representado por um resíduo qualquer oriundo de um processo produtivo qualquer sob análise, CERCAL (2000) admite que, havendo pelo menos uma resposta “**SIM**” e/ou “**Já ocorreu**” dada, respectivamente, à **pergunta 1** e/ou às **questões 2, 3 e 4**, o resíduo é classificado **inicial e definitivamente** como essencialmente prioritário para efeito de seleção de prioridades.

Com relação aos resíduos **não** essencialmente prioritários, o autor faz uma média ponderada entre o risco do resíduo em cada equipamento e para cada produto considerado, observando-se o seguinte:

- a) A todas as questões cuja resposta for “**Isento**” atribui-se o **peso zero**;
- b) A todas as questões cuja resposta for “**Em potencial**”, atribui-se o **peso um, dois ou quatro**, para as questões “**Penalidades aplicadas (ou aplicáveis) por instituições públicas?**”, “**Reclamações de moradores e vizinhos?**” e “**Danos à saúde humana?**”, respectivamente.

Obs 1: a escala e pesos escolhida é a exponencial, para que se tenha a pergunta seguinte sempre mais prioritária do que o somatório de todas as outras anteriores.

Obs 2: o autor salienta ainda o fato de que, matematicamente, poder-se-iam considerar quantas questões se julgasse necessário.

O Quadro 3.7 ilustra os Parâmetros Matemáticos considerados na Análise por Riscos.

Quadro 3.7 - Parâmetros Matemáticos da Análise por Riscos

Classificação do resíduo	Π	Questões	Q_{jk}
		Existem dados?	-
		Danos à saúde?	4
		Reclamações dos vizinhos?	2
		Penalidades?	1
Classe I (Perigoso)	1		
Classe II (Não-inerte)	2		
Classe III (Inerte)	3		

Fonte: CERCAL, 2000.

O conceito essencial da análise do resíduo por riscos é a aceitação como característica média do resíduo, da média ponderada das características desse resíduo entre todos os equipamentos onde é gerado e para todos os produtos sob análise. O Quadro 3.8 ilustra as variáveis consideradas no cálculo da análise por riscos:

Quadro 3.8 - Variáveis Consideradas no Cálculo da Análise por Riscos

Variável	símbolo
Número de produtos analisados simultaneamente	p
Número de equipamentos onde o resíduo é gerado	e
Classificação do resíduo conforme a periculosidade (NBR 10004)	Π
Percentual do total do resíduo gerado para o produto k	W _k
Percentual do total do resíduo que é gerado no equipamento genérico j, para o produto genérico k	Z _{jk}
Número de questões para análise por riscos cuja resposta é “Em potencial”	q
Peso da pergunta da análise por riscos	Q _{jk}
Risco global do resíduo	R

Fonte: CERCAL, 2000.

3.3.2.1. Equação da Análise por Riscos

$R = \frac{\left(\sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \sum_{q=1}^q Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\Pi}$	(17)
---	------

Pela Equação 17 podemos observar que o **risco global do resíduo** é diretamente proporcional ao número de questões da análise por riscos cuja resposta é “Em potencial”, ao peso correspondente destas questões e às porcentagens do total do resíduo gerado nos equipamentos para os produtos em que tais questões recebem essa mesma resposta; em

contrapartida, o risco global do resíduo é inversamente proporcional à classificação do resíduo conforme sua periculosidade.

3.3.3. Análise do Resíduo por Facilidade de Minimização

A análise por facilidade de minimização avalia principalmente a capacidade da empresa, laboratório ou qualquer outra unidade que esteja implantando o modelo, de adaptar suas técnicas e procedimentos para tornar possível a minimização dos resíduos gerados.

Para executar a análise do resíduo por facilidade de minimização, o modelo de CERCAL (2000) considera as 12 (doze) questões apresentadas no Quadro 3.9 (cujas respostas possíveis são apenas “SIM” ou “NÃO”), os pesos de ponderação correspondentes a cada uma das questões consideradas e a escolha de **uma** destas **quatro** possibilidades para o **custo para minimização** representadas no Quadro 3.10.

Quadro 3.9- Questões para a Análise por Facilidade de Minimização

Questão	Peso para resposta SIM
Parar equipamento?	01
Parar processo?	02
Parar unidade?	03
Modificar equipamento?	02
Modificar processo?	04
Modificar unidade?	06
Implantar equipamento?	04
Implantar processo?	08
Implantar unidade?	12
Tecnologia disponível?	-10,1
Mão de obra disponível?	-7,1
Recursos disponíveis?	-15,1

Fonte: CERCAL, 2000.

Quadro 3.10 - Custos para Minimização e seus Pesos

Custo	Peso (CM_{JK})
Muito alto	4
Alto	3
Baixo	2
Muito baixo	1

Fonte: CERCAL, 2000.

As questões do Quadro 3.9 e a escolha do índice de custo para minimizar do Quadro 3.10, referem-se ao mesmo resíduo em cada equipamento em separado. O resultado final é feito pela ponderação entre todos os equipamentos e para todos os produtos em que o resíduo ocorre.

O conceito essencial da análise do resíduo por facilidade de minimização é semelhante ao considerado para a análise anterior, ou seja, a aceitação, como característica média do resíduo, da média ponderada das características desse resíduo entre todos os equipamentos onde é gerado. O Quadro 3.11 mostra as variáveis consideradas no cálculo da análise por facilidade de minimização.

Quadro 3.11 - Variáveis Consideradas no Cálculo da Análise Facilidade de Minimização

Variável	símbolo
Número de produtos analisados simultaneamente	p
Número de equipamento onde o resíduo é gerado	e
Percentual do total do resíduo gerado para o produto k	W_k
Percentual do total do resíduo que é gerado no equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”.	Z_{jk}
Número de questões para análise por facilidade de minimização	f
Peso da pergunta da análise por facilidade de minimização no equipamento j para o produto k	F_{jk}
Custo para minimizar a geração do resíduo proveniente do equipamento genérico “j”, para o produto genérico “k”.	CM_{jk}
Facilidade de minimização global do resíduo	F

Fonte: CERCAL, 2000.

3.3.3.1 Equações da Análise por Facilidade de Minimização

$F = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\sum_{f=1}^f F_{jk} * CM_{jk} \right) * Z_{jk} * W_k$	se $\sum F_{jk} > 0$	(18)
---	----------------------	------

$F = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$	se $\sum F_{jk} < 0$	(19)
---	----------------------	------

Pelas equações (18) e (19), podemos observar que a **Facilidade global de minimização do resíduo** é diretamente proporcional ao somatório dos pesos das questões da análise cuja resposta é “SIM”, multiplicado ou dividido pelo índice de custo de minimização do resíduo no equipamento e produto específicos (conforme o somatório seja positivo ou negativo, respectivamente) e às porcentagens do total do resíduo que é gerado neste mesmo equipamento e produtos específicos.

Como as questões cuja resposta “SIM” representa aspecto desfavorável à minimização recebem um peso positivo e aquelas cuja resposta “SIM” representa aspectos favoráveis receberam pesos negativos, quanto menor for o valor da Facilidade Global de Minimização do Resíduo mais fácil será para minimizá-lo.

Assim, como os pesos da variável Custo de Minimização são maiores para os custos mais altos (desfavoráveis), se temos um somatório positivo das questões (desfavorável), multiplicamos pelo custo (para um custo maior, teremos um resultado mais favorável); em

contrapartida, se temos um somatório negativo das questões (favorável), dividimos pelo custo (para um custo maior, teremos um resultado menos favorável).

Obs. 1: As equações 18 e 19 não são válidas para somatório igual a zero, pois isso acarreta a acumulação da significância da variável custo de minimização.

Obs. 2: Como as questões de peso negativo receberam pesos não inteiros, p. ex., (-10,1), tal anulação somente ocorreria se todas as questões (favoráveis e desfavoráveis) recebessem a resposta “NÃO”, o que é inadmissível (incoerente). Assim, fica garantida a consistência das equações 18 e 19.

As três análises são bastante completas e podem ser feitas separadamente possibilitando assim, maior facilidade de adaptação em qualquer processo gerador de resíduos.

No Modelo de CERCAL, a análise de facilidade é aplicada somente aos resíduos não essencialmente prioritários por risco, mas poderia ser também aplicada aos essencialmente, a fim de hierarquizá-los.

4. METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica com o tema central de minimização de Resíduos e Prevenção à Poluição em anais de eventos, livros, periódicos, e *sites* da *Internet*. Nesta revisão, foram encontrados o Método e o Modelo Matemático desenvolvidos por CERCAL (2000), detalhados no Capítulo 3 e que foram utilizados no presente trabalho, com uma nova concepção e mediante algumas adaptações.

O Método e o Modelo Matemático do autor têm como concepção a priorização da minimização de resíduos gerados em processos indústrias através de linhas de produção em

equipamentos, já a concepção do modelo desenvolvida no presente trabalho, se baseia em práticas de laboratórios geradoras de resíduos onde os equipamentos são simplesmente utilizados para medições e não para produção e geração de resíduos. Portanto, as idéias e conseqüentemente as variáveis foram adaptadas para a realidade de um laboratório químico de universidade.

Conforme visto, o Método e o Modelo de CERCAL constam de três análises: a Análise por Valor Econômico, Análise por Risco e Análise por Facilidade de Minimização. A Análise por Valor Econômico não foi aplicada, devido a dificuldades de coleta de dados relativos a custos, mencionadas anteriormente, mas poderia, adicionalmente às demais análises, ser aplicada aos resíduos essencialmente prioritários, a fim de determinar prioridades entre estes grupos de resíduos e assim subsidiar conclusões mais abrangentes e realistas. A Análise por Risco e a Análise por Facilidade de Minimização foram desenvolvidas através de um questionário contendo 24 questões, que pode ser visualizado no Anexo II.

A elaboração do questionário teve como base as questões próprias do Modelo de CERCAL (2000), descritas no Item 3.3. Algumas questões foram adaptadas ao objeto de estudo do presente trabalho e também novas questões, julgadas pertinentes, foram propostas com o intuito de se avaliar práticas de laboratório, quantidade, tratamento e disposição final dos resíduos.

Na Análise por Risco, na pergunta quanto à reclamação dos vizinhos em relação à existência do resíduo, foi acrescentada a informação sobre reclamações de pesquisadores, laboratórios ou departamentos vizinhos. Na pergunta quanto às penalidades aplicadas ou aplicáveis por instituições públicas, foi acrescentado no questionário, “existe desconformidade com o Artigo 21 da Resolução 20/86 CONAMA?”, o qual dispõe sobre a emissão de resíduos líquidos. Com base na resposta da primeira pergunta do questionário que se tratava da definição do resíduo e sua composição, foi avaliada também a classificação do resíduo

segundo a NBR 10004 da ABNT, sendo que, todos os resíduos relatados nos questionários, foram classificados como Resíduos Classe 1 ou Perigosos.

Já na Análise por Facilidade de Minimização, o item equipamento foi trocado por prática ou projeto e unidade, por laboratório.

Com o auxílio do professor responsável pela Unidade de Gestão de Resíduos da Resíduos da UFSCar (UGR) e das estagiárias, foram identificados os professores responsáveis por cada laboratório do DQ/UFSCar.

Os questionários foram então aplicados junto aos professores responsáveis pelos laboratórios ou aos pesquisadores e técnicos por eles indicados. Algumas entrevistas foram feitas pessoalmente, mas na maioria delas, os questionários foram entregues e depois retirados com as respostas em um segundo momento, dependendo da disponibilidade dos entrevistados.

As respostas foram tabuladas e a partir das mesmas, os resíduos foram agrupados segundo seu local de geração e suas semelhanças em reações, processos de geração e/ou componentes químicos dos resíduos. A partir das respostas, foi alimentado o Modelo Matemático, conforme exposto no Item 3.3, visando a identificação dos grupos de resíduos prioritários para fins de minimização.

A Figura 4.1 ilustra a seqüência metodológica do presente trabalho.

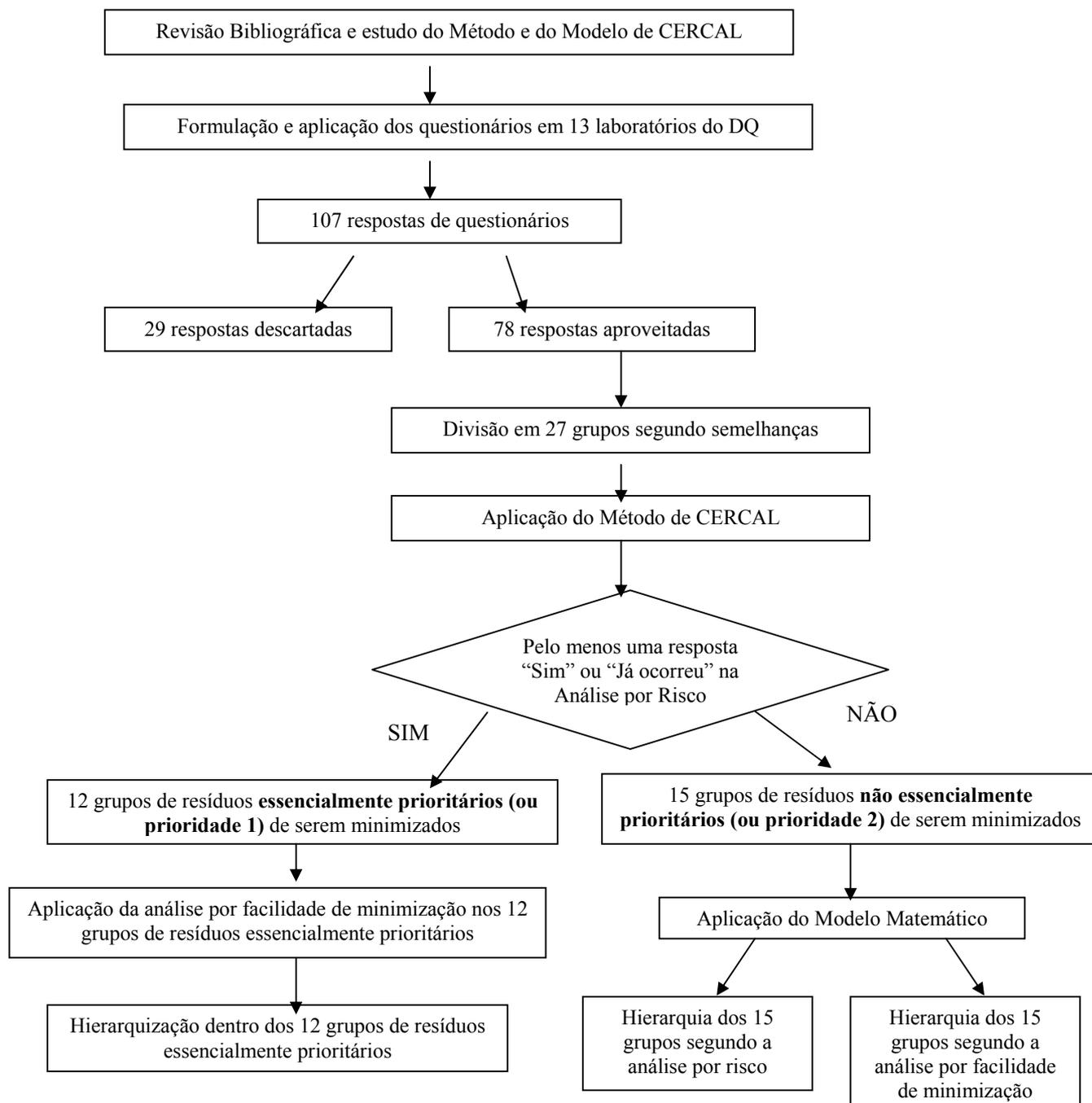


Figura 4.1: Seqüência Metodológica do Presente Trabalho

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Determinação das Prioridades de Minimização

Dos treze laboratórios do DQ pesquisados, foram respondidos 107 (cento e sete) questionários. A tabulação das respostas desses questionários é apresentada no ANEXO III.

Vinte e nove dos questionários respondidos foram descartados por não conterem todas as respostas necessárias para a aplicação do Modelo Matemático. Os resíduos avaliados nos demais questionários foram agrupados em 27 grupos (R1 a R27), segundo suas semelhanças.

Os grupos de resíduos que apresentaram pelo menos uma resposta “Sim” ou “Já Ocorreu” na Análise por Risco, foram classificados como **essencialmente prioritários (ou prioridade 1)** de serem minimizados. Estes representam 12 grupos (R1 a R12) dentre os 27, que foram classificados como essencialmente prioritários e suas prioridades vem antes dos demais 15 grupos (R13 a R27), por terem apresentado pelo menos uma vez algum problema com a saúde de seus manipuladores, reclamações de vizinhos ou possível desconformidade com o Artigo 21 da Resolução 20/86 CONAMA.

Os grupos de resíduos essencialmente prioritários de minimização são:

- **R1** - Óxido de Estanho SnO₂
- **R2** - Niquelato de Lantânio LaNiO₃
- **R3** - Ca, Ti, Sn, Ácido Cítrico
- **R4** - Nb, Sr, Ba, Ca, Ácido Cítrico
- **R5** - Mo, W, Ácido Cítrico
- **R6** - SnO₂, Cl⁻

- **R7** - Metanol - misturas com água e Acetonitrila
- **R8** - Hidróxido de Sódio a aproximadamente 0,5 mol/l
- **R9** - Água + prata + cobre + chumbo + Cd + Zn e Ni
- **R10** - Cianato de Potássio (sólido)
- **R11** - Água + Tiocianato Férrico + Cloreto Mercuroso (II)
- **R12** - Solventes Orgânicos (clorados e não clorados)

No presente trabalho, adicionalmente ao Método e Modelo do trabalho de CERCAL (2000), os grupos de resíduos essencialmente prioritários passaram pela Análise por Facilidade de Minimização com a finalidade de hierarquização dentro dos 12 grupos. Com isso, pode se ter maior facilidade na tomada de decisões em um programa de gestão, já que os grupos de resíduos essencialmente prioritários não se encontram em um mesmo patamar de prioridade, mas sim, hierarquizados segundo as prioridades de cada um deles. Esta análise é apresentada a seguir.

5.1.1. Parâmetros de Cálculo para os 12 Grupos de Resíduos Essencialmente Prioritários - Análise por Facilidade de Minimização

O Quadro 5.1 ilustra os parâmetros para cálculos das prioridades de minimização dos 12 grupos de resíduos essencialmente prioritários considerando os grupos de resíduos (R), práticas (E) e produtos (P).

Quadro 5.1 - Parâmetros de Cálculo para os Grupos de Resíduos Essencialmente Prioritários

	ml/semana ou g/semana	Z_{jk}	W_k
R1 E1 P1	0,25 g	1	1
R2 E2 P2	0,1 g	1	1
R3 E3 P3	20 ml	1	1
R4 E4 P4	75 g	1	1
R5 E5 P5	25 g	1	1
R6 E6 P6	1 g	1	1
R7 E7 P7	2000 ml	1	1
R8 E8 P8	240 ml	1	1
R9 E9 P9	Variável	1	1
R10 E10 P10	Variável	1	1
R11 E11 P11	Variável	1	1
R12 E12 P12	Aprox. 6000 ml	1	1

Como os resíduos no presente trabalho foram agrupados principalmente segundo as semelhanças químicas e segundo as reações das práticas, o percentual do resíduo gerado em cada prática para cada produto se tornou 100%, portanto Z_{jk} e W_k são iguais a um.

O Quadro 5.2 ilustra as respostas da Análise por Facilidade de Minimização para os 12 grupos de resíduos essencialmente prioritários e seus respectivos ΣF_{jk} .

Quadro 5.2 - Respostas da Análise por Facilidade de Minimização e ΣF_{jk} dos Grupos de Resíduos Essencialmente Prioritários

	Peso	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
Parar prática	1	S	N	S	S	N	N	S	N	N	N	N	N
Parar processo	2	S	N	S	S	N	N	S	N	N	N	N	N
Parar laboratório	3	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N
Modificar prática.	2	S	S	S	N	N	N	S	N	N	N	N	S
Modificar processo	4	S	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	S
Modificar laboratório	6	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	S
Implantar prática	4	S	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	S
Implantar processo	8	S	S	N	S	N	N	N	N	N	N	N	S
Implantar laboratório	12	N	N	N	N	N	N	S	N	N	N	N	S
Tecnologia disponível	-10,1	N	S	N	S	S	S	N	N	N	N	N	S
Mão obra	-7,1	N	S	N	S	S	N	N	S	S	N	S	N
Recursos	-15,1	N	S	N	S	S	N	N	S	S	N	S	S
Custo de minimização		(1) MB	(2) B	(1) MB	(2) B	(1) MB	(2) B	(4) MA	(2) B	(2) B	(2) B	(2) B	(3) A
ΣF_{jk}		+21	-14,3	+15	-18,3	-32,3	-10,1	+17	-22,2	-22,2	0	-22,2	+10,8

Onde:

MB = custo muito baixo

B = custo baixo

A = custo alto

MA = custo muito alto

5.1.2. Análise por Facilidade de Minimização dos 12 Grupos de Resíduos Essencialmente Prioritários

a) Grupo de Resíduos 1 – R1:

$$F_{R1} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\sum_{f=1}^f F_{jk} * CM_{jk} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R1} = 21 * 1 * 1 * 1 = 21$$

b) Grupo de Resíduos 2 – R2:

$$F_{R2} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R2} = \left(\frac{-14,3}{2} \right) * 1 * 1 = -7,2$$

c) Grupo de Resíduos 3 – R3:

$$F_{R3} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\sum_{f=1}^f F_{jk} * CM_{jk} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R3} = 15 * 1 * 1 * 1 = 15$$

d) Grupo de Resíduos 4 – R4:

$$F_{R4} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R4} = \left(\frac{-18,3}{2} \right) * 1 * 1 = -9,2$$

e) Grupo de Resíduos 5 – R5:

$$F_{R5} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R5} = \left(\frac{-32,3}{1} \right) * 1 * 1 = -32,3$$

f) Grupo de Resíduos 6 – R6:

$$F_{R6} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R6} = \left(\frac{-10,1}{2} \right) * 1 * 1 = -5,1$$

g) Grupo de Resíduos 7 – R7:

$$F_{R7} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\sum_{f=1}^f F_{jk} * CM_{jk} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R7} = 17 * 4 * 1 * 1 = 68$$

h) Grupo de Resíduos 8 – R8:

$$F_{R8} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R8} = \left(\frac{-22,2}{2} \right) * 1 * 1 = -11,1$$

i) Grupo de Resíduos 9 – R9:

$$F_{R9} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R9} = \left(\frac{-22,2}{2} \right) * 1 * 1 = -11,1$$

j) Grupo de Resíduos 10 – R10:

$$F_{R10} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\sum_{f=1}^f F_{jk} * CM_{jk} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R10} = 0 * 2 * 1 * 1 = 0$$

k) Grupo de Resíduos 11 – R11:

$$F_{R11} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R11} = \left(\frac{-22,2}{2} \right) * 1 * 1 = -11,1$$

l) Grupo de Resíduos 12 – R12:

$$F_{R12} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\sum_{f=1}^f F_{jk} * CM_{jk} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{12} = 10,8 * 3 * 1 * 1 = 32,4$$

As prioridades dos 12 grupos de resíduos essencialmente prioritários são as listadas no Quadro 5.3.

**Quadro 5.3 - Prioridades dos 12 Grupos de Resíduos Essencialmente Prioritários -
Análise por Facilidade de Minimização.**

Classificação em prioridade	Grupo de Resíduos	Facilidade Global de Minimização - F calculado
1°	R5 - Mo, W, Ácido Cítrico.	-32,3
2°	R8 - Hidróxido de Sódio a aproximadamente 0,5 mol/l	-11,1
3°	R9 - Água + prata + cobre + chumbo + Cd + Zn e Ni	-11,1
4°	R11 - Água + Tiocianato Férrico + Cloreto Mercuroso (II)	-11,1
5°	R4 - Nb, Sr, Ba, Ca, Ácido Cítrico.	-9,2
6°	R2 - Niquelato de Lantânio LaNiO ₃	-7,2
7°	R6 - SnO ₂ , Cl ⁻	-5,1
8°	R10 - Cianato de Potássio (sólido)	zero
9°	R3 - Ca, Ti, Sn, Ácido Cítrico.	+15
10°	R1 - Oxido de Estanho SnO ₂	+21
11°	R12 - Solventes Orgânicos (clorados e não clorados)	+32,4
12°	R7 - Metanol - misturas com água e Acetonitrila	+68

Observando o Quadro 5.3, pode-se notar que alguns resíduos classificados com maior prioridade de minimização, poderiam ser classificados com menor periculosidade segundo manuais de toxicologia de produtos químicos, como é o caso do ácido cítrico que tem prioridade de minimização nº 1. Este ácido pode ser neutralizado facilmente dentro de um laboratório químico e sua periculosidade é menor que a dos solventes orgânicos (R12), por exemplo, que têm prioridade nº 11 no mesmo Quadro, considerando-se no caso, apenas a facilidade de minimização.

Portanto, adicionalmente às classificações de prioridades resultantes do presente trabalho, é importante que manuais de toxicologia sejam consultados sobre cada resíduo, em cada situação específica, antes da tomada de decisões. É importante também avaliar o histórico de problemas relatados sobre cada resíduo, em cada situação, ouvindo pessoas experientes e que conheçam o laboratório e seus problemas há longo tempo.

Para os demais 15 grupos de resíduos, que foram classificados como **não** essencialmente prioritários (prioridade 2), foi aplicado o Modelo conforme as Análises de Riscos e de Facilidade de Minimização e assim, concebida a hierarquização desses segundo as duas análises separadamente.

5.1.3. Parâmetros de Cálculo para os 15 Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários

Os 15 grupos de resíduos não essencialmente prioritários (R13 a R27) são os seguintes:

- **R13** – Óxidos de Ni, Ti, Si, Pb, Zr, Zn, Al, Nb, La, Sw, Mn, In, BaWO₄, SrWO₄, BaMoO₄, SrMoO₄, (PuCa)TiO₃, LaNiO₃, Carbonato, CaMoO₄,

- **R14** – NH₄OH, PbO
- **R15** – SiO₂, Sb, SnO₂, Etanol, Sulfocromica, NH₄OH, HNO₃, Sb
- **R16** – Ácido Cítrico, Citrato de No, Oxalato, Sr, Bi, NHO₃, NaOH, Ácido Bórico e Compostos de Mg, Nb, Li, TiO₂, ZnO₂ e PbTiO₃.
- **R17** – Arsina Composta Ni, SiO₂
- **R18** - Nitrato Amônio
- **R19** – Fenol, Estanho, Antimônio, Isopropanol,
- **R20** – Acetonitrila, Ácido Nítrico, Clorofórmio
- **R21** – Complexos de Vanádio, Níquel (II), Manganês, Ferro (II) e (III), Zinco (II) e Cobalto (II)
- **R22** – Complexos de Cobre, Urânio, Titânio, Zinco, Nióbio, Mercúrio, Sn e Al em solventes variados, Diaminas, Mercaptoetil Amina, Piridina e Salicialdeidos substituídos
- **R23** – Acetona com vários metais
- **R24** – Dimetil Sulfóxido (DMSO), Etanol Amina, Metanol
- **R25** – Ácido sulfúrico, Ácido Clorídrico e Ácido Acético
- **R26** – Hidróxidos de metais alcalinos
- **R27** – Digeridos de alimento, metais e complexos metálicos

O Quadro 5.4 ilustra os parâmetros de cálculo do Modelo para os 15 grupos de resíduos não essencialmente prioritários considerando os grupos de resíduos (R), práticas (E) e produtos (P).

Quadro 5.4 - Parâmetros de Cálculo para os Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários

	ml/semana ou g/semana	Z_{jk}	W_k
R13 E13 P13	38,1 ml	1	1
R14 E14 P14	800 ml	1	1
R15 E15 P15	4 g	1	1
R16 E16 P16	22,3 g	1	1
R17 E17 P17	1,25 g	1	1
R18 E18 P18	212,5 ml	1	1
R19 E19 P19	1000 ml	1	1
R20 E20 P20	30.300 ml	1	1
R21 E21 P21	114,11 g	1	1
R22 E22 P22	4.365 ml	1	1
R23 E23 P23	200 ml	1	1
R24 E24 P24	4000 ml	1	1
R25 E25 P25	205 ml	1	1
R26 E26 P26	25 ml	1	1
R27 E27 P27	2500 ml	1	1

Como no presente trabalho, os resíduos foram agrupados principalmente segundo as semelhanças químicas e das reações das práticas, o percentual do resíduo gerado em cada prática para cada produto se tornou 100%, portanto Z_{jk} e W_k são iguais a um.

O Quadro 5.5 ilustra os números de vezes que cada resposta “Isento”, “Em Potencial” e “Já ocorreu” apareceu nos questionários para cada questão da análise por Risco e o ΣQ_{jk} equivalente à maioria das respostas. Por exemplo, no caso do grupo de resíduos R16, houve duas respostas “Isento”, três “Em Potencial” e nenhuma “Já ocorreu” referentes á pergunta de Danos a Saúde, portanto a maioria das respostas, isto é, a resposta “Em Potencial” prevalece cujo Q_{jk} vale 4.

Quadro 5.5 - Número de Respostas da Análise por Riscos e ΣQ_{jk} para os 15 Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários

	n° de respostas									ΣQ_{jk}
	Danos a Saúde			Reclamações Vizinhos			Penalidades			
	Isento	Em Potenc.	Já ocorr.	Isento	Em Potenc.	Já ocorr.	Isento	Em Potenc.	Já ocorr.	
R13	12	0	0	12	0	0	12	0	0	0
R14	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
R15	1	1	0	1	0	0	1	0	0	4
R16	2	3	0	5	0	0	5	0	0	4
R17	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
R18	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0
R19	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
R20	1	3	0	4	0	0	1	3	0	5
R21	0	6	0	6	0	0	5	1	0	4
R22	0	13	0	13	0	0	1	12	0	5
R23	0	1	0	1	0	0	0	1	0	5
R24	0	3	0	0	3	0	0	3	0	7
R25	0	4	0	4	0	0	0	4	0	5
R26	0	1	0	1	0	0	0	1	0	5
R27	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0

O Quadro 5.6 ilustra os pesos, as respostas e os ΣF_{jk} para os 15 grupos de resíduos não essencialmente prioritários.

Quadro 5.6 - Respostas da Análise por Facilidade de Minimização e ΣF_{jk} dos Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários

	Peso	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R26	R27
Parar prática	1	N	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Parar processo	2	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Parar laboratório	3	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Modificar prática	2	N	N	N	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	S	N
Modificar processo	4	N	N	N	N	N	N	S	S	N	N	N	S	S	S	N
Modificar laboratório	6	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Implantar prática	4	N	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Implantar processo	8	N	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Implantar laboratório	12	N	N	N	N	S	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Tecnologia disponível	-10,1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Mão obra	-7,1	S	S	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Recursos	-15,1	S	S	N	S	N	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S
Custo minim.		(1) MB	(1) MB	(2) B	(2) B	(1) MB	(1) MB	(2) B	(1) MB	(2) B						
ΣF_{jk}		-32,3	-32,3	-10,1	-25,2	+14,9	-32,3	-11,2	-26,3	-30,3	-30,3	-30,3	-26,3	-26,3	-26,3	-32,3

Onde:

MB = custo muito baixo

B = custo baixo

A = custo alto

MA = custo muito alto

5.1.4. Análise por Riscos dos 15 Grupos dos Resíduos Não Essencialmente Prioritários

a) Grupo de Resíduos 13 – R13:

$$R_{R13} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R13} = \frac{(0 * 1 * 1)}{1} = 0$$

b) Grupo de Resíduos 14 – R14:

$$R_{R14} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R14} = \frac{(0 * 1 * 1)}{1} = 0$$

c) Grupo de Resíduos 15 – R15:

$$R_{R15} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R15} = \frac{(4 * 1 * 1)}{1} = 4$$

d) Grupo de Resíduos 16 – R16:

$$R_{R16} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R16} = \frac{(4 * 1 * 1)}{1} = 4$$

e) Grupo de Resíduos 17 – R17:

$$R_{R17} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R17} = \frac{(0 * 1 * 1)}{1} = 0$$

f) Grupo de Resíduos 18 – R18:

$$R_{R18} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R18} = \frac{(0*1*1)}{1} = 0$$

g) Grupo de Resíduos 19 – R19:

$$R_{R19} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R19} = \frac{(0*1*1)}{1} = 0$$

h) Grupo de Resíduos 20 – R20:

$$R_{R20} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R20} = \frac{(5*1*1)}{1} = 5$$

i) Grupo de Resíduos 21 – R21:

$$R_{R21} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R21} = \frac{(4 * 1 * 1)}{1} = 4$$

j) Grupo de Resíduos 22 – R22:

$$R_{R22} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R22} = \frac{(5 * 1 * 1)}{1} = 5$$

k) Grupo de Resíduos 23 – R23:

$$R_{R23} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R23} = \frac{(5 * 1 * 1)}{1} = 5$$

l) Grupo de Resíduos 24 – R24:

$$R_{R24} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R24} = \frac{(7 * 1 * 1)}{1} = 7$$

m) Grupo de Resíduos 25 – R25:

$$R_{R25} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R25} = \frac{(5 * 1 * 1)}{1} = 5$$

n) Grupo de Resíduos 26 – R26:

$$R_{R26} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R26} = \frac{(5 * 1 * 1)}{1} = 5$$

o) Grupo de Resíduos 27 – R27:

$$R_{R27} = \frac{\left(\sum_{k=1}^1 \sum_{j=1}^1 \sum_{q=1}^1 Q_{jk} * Z_{jk} * W_k \right)}{\pi}$$

$$R_{R27} = \frac{(0 * 1 * 1)}{1} = 0$$

Em se tratando somente da Análise por Riscos, as prioridades dos 15 grupos de resíduos não essencialmente prioritários são as listadas no Quadro 5.7.

Quadro 5.7 - Prioridades dos 15 Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários - Análise por Riscos.

Classificação em prioridade	Grupos de Resíduos	Risco Global R - calculado
1°	R24 – Dimetil Sulfóxido (DMSO), Etanol Amina, Metanol	7
2°	R20 – Acetonitrila, Ácido Nítrico, Clorofórmio	5
3°	R22 – Complexos de Cobre, Urânio, Titânio, Zinco, Nióbio, Mercúrio, Sn e Al em solventes variados, Diaminas, Mercaptoetil Amina, Piridina e Salicialdeidos Substituidos	5
4°	R23 – Acetona com vários metais	5
5°	R25 – Ácido Sulfúrico, Ácido Clorídrico e Ácido Acético	5
6°	R26 – Hidróxidos de metais alcalinos	5
7°	R15 – SiO ₂ , Sb, SnO ₂ , Etanol, Sulfochromica, NH ₄ OH, HNO ₃ , Sb	4
8°	R16 – Ácido Cítrico, Citrato de No, Oxalato, Sr, Bi, NHO ₃ , NaOH, Ácido Bórico e compostos de Mg, Nb, Li, TiO ₂ , ZnO ₂ e PbTiO ₃ .	4
9°	R21 – Complexos de Vanádio, Níquel (II), Manganês, Ferro (II) e (III), Zinco (II) e Cobalto (II)	4
10°	R13 – Óxidos de Ni, Ti, Si, Pb, Zr, Zn, Al, Nb, La, Sw, Mn, In, BaWO ₄ , SrWO ₄ , BaMoO ₄ , SrMoO ₄ , (PuCa)TiO ₃ , LaNiO ₃ , Carbonato, CaMoO ₄ ,	0
11°	R14 – NH ₄ OH, PbO	0
12°	R17 – Arsina composta Ni, SiO ₂	0
13°	R18 - Nitrato Amônio	0
14°	R19 – Fenol, Estanho, Antimônio, Isopropanol,	0
15°	R27 – Digeridos de alimentos, metais e complexos metálicos	0

Novamente, deve-se ressaltar que um manual de toxicologia deveria ser consultado para a definição das prioridades ilustradas no Quadro 5.7, levando-se em consideração as concentrações das substâncias ou componentes de cada resíduo.

Como pode ser observado no Quadro 5.7, dentre os resíduos de prioridade nº 3, estão alguns complexos metálicos em solventes variados sendo que o mesmo pode ser observado dentre os resíduos de prioridades nº 9 e nº 15, por exemplo. Estes resultados se devem ao fato dos pesquisadores de cada um destes grupos de resíduos trabalharem separadamente com resíduos parecidos, entretanto, sofrendo “problemas” ou acidentes diferentes e, portanto, com depoimentos e respostas do questionário diferentes. Por este motivo, seria necessária uma análise de toxicologia para cada resíduo complementarmente à consideração das classificações de prioridades produzidas neste trabalho.

5.1.5. Análise por Facilidade de Minimização dos 15 Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários

a) Grupo de Resíduos 13 – R13:

$$b) F_{R13} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R13} = \left(\frac{-32,3}{1} \right) * 1 * 1 = -32,3$$

c) Grupo de Resíduos 14 – R14:

$$F_{R14} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R14} = \left(\frac{-32,3}{1} \right) * 1 * 1 = -32,3$$

d) Grupo de Resíduos 15 – R15:

$$F_{R15} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R15} = \left(\frac{-10,1}{2} \right) * 1 * 1 = -5,05$$

e) Grupo de Resíduos 16 – R16:

$$F_{R16} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R16} = \left(\frac{-25,2}{2} \right) * 1 * 1 = -12,6$$

f) Grupo de Resíduos 17 – R17:

$$F_{R17} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\sum_{f=1}^f F_{jk} * CM_{jk} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R17} = 14,9 * 1 * 1 * 1 = 14,9$$

g) Grupo de Resíduos 18 – R18:

$$F_{R18} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R18} = \left(\frac{-32,3}{1} \right) * 1 * 1 = -32,3$$

h) Grupo de Resíduos 19 – R19:

$$F_{R19} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R19} = \left(\frac{-11,2}{2} \right) * 1 * 1 = -5,6$$

i) Grupo de Resíduos 20 – R20:

$$F_{R20} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R20} = \left(\frac{-26,3}{1} \right) * 1 * 1 = -26,3$$

j) Grupo de Resíduos 21 – R21:

$$F_{R21} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R21} = \left(\frac{-30,3}{1} \right) * 1 * 1 = -30,3$$

k) Grupo de Resíduos 22 – R22:

$$F_{R22} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R22} = \left(\frac{-30,3}{1} \right) * 1 * 1 = -30,3$$

l) Grupo de Resíduos 23 – R23:

$$F_{R23} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R23} = \left(\frac{-30,3}{1} \right) * 1 * 1 = -30,3$$

m) Grupo de Resíduos 24 – R24:

$$F_{R24} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R24} = \left(\frac{-26,3}{1} \right) * 1 * 1 = -26,3$$

n) Grupo de Resíduos 25 – R25:

$$F_{R25} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R25} = \left(\frac{-26,3}{1} \right) * 1 * 1 = -26,3$$

o) Grupo de Resíduos 26 – R26:

$$F_{R26} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R26} = \left(\frac{-26,3}{1} \right) * 1 * 1 = -26,3$$

p) Grupo de Resíduos 27 – R27:

$$F_{R27} = \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^e \left(\frac{\sum_{f=1}^f F_{jk}}{CM_{jk}} \right) * Z_{jk} * W_k$$

$$F_{R27} = \left(\frac{-32,3}{2} \right) * 1 * 1 = -16,15$$

Em se tratando somente da Análise por Facilidade de Minimização, as prioridades dos 15 grupos de resíduos não essencialmente prioritários são as listadas no Quadro 5.8.

**Quadro 5.8 - Prioridades dos 15 Grupos de Resíduos Não Essencialmente Prioritários
- Análise por Facilidade de Minimização.**

Classificação em prioridade	Grupo de Resíduos	Facilidade Global de Minimização - F calculado
1°	R13 – Óxidos de Ni, Ti, Si, Pb, Zr, Zn, Al, Nb, La, Sw, Mn, In, BaWO ₄ , SrWO ₄ , BaMoO ₄ , SrMoO ₄ , (PuCa)TiO ₃ , LaNiO ₃ , Carbonato, CaMoO ₄ ,	- 32,3
2°	R14 – NH ₄ OH, PbO	- 32,3
3°	R18 - Nitrato de Amônio	- 32,3
4°	R21 – Complexos de Vanádio, Níquel (II), Manganês, Ferro (II) e (III), Zinco (II) e Cobalto (II)	- 30,3
5°	R22 – complexos de Cobre, Urânio, Titânio, Zinco, Nióbio, Mercúrio, Sn e Al em solventes variados, Diaminas, Mercaptoetil Amina, Piridina e Salicialdeidos substituídos	- 30,3
6°	R23 – Acetona com vários metais	- 30,3
7°	R20 - Acetonitrila, Ácido Nítrico, Clorofórmio	- 26,3
8°	R24 - Dimetil Sulfóxido (DMSO), Etanol Amina, Metanol	-26,3
9°	R25 - Ácido Sulfúrico, Ácido Clorídrico e Ácido Acético	- 26,3
10°	R26 - Hidróxidos de metais alcalinos	- 26,3
11°	R27 - Digeridos de alimentos, metais e complexos metálicos	- 26,3
12°	R16 - Ácido Cítrico, Citrato de No, Oxalato, Sr, Bi, NHO ₃ , NaOH, Ácido Bórico e compostos de Mg, Nb, Li, TiO ₂ , ZnO ₂ e PbTiO ₃ .	- 12,6
13°	R19 - Fenol, Estanho, Antimônio, Isopropanol	- 5,6
14°	R15 - SiO ₂ , Sb, SnO ₂ , Etanol, Sulfocromica, NH ₄ OH, HNO ₃ , Sb	- 5,05
15°	R17 – Arsina composta Ni, SiO ₂	+ 14,9

Similarmente aos procedimentos anteriores, ressalta-se aqui que um manual de toxicologia deveria ter sido consultado para a definição das prioridades ilustradas no Quadro 5.8, levando-se em consideração as concentrações das substâncias em cada resíduo.

Nota-se que as prioridades ilustradas no Quadro 5.8 não coincidem, para os mesmos grupos de resíduos, com as do Quadro 5.7. Por exemplo, no Quadro 5.7, o grupo de resíduos R13 tem prioridade nº 10 e no Quadro 5.8, sua prioridade é nº 1. Isto se deve ao fato das duas análises levar em consideração e ponderarem diferentes fatores relacionados ao mesmo grupo de resíduo. Neste caso, para efeito de informação adicional, seria estritamente importante uma análise toxicológica avaliando as condições do laboratório e do resíduo gerado para subsídio à tomada de decisões. Outra ferramenta importante seria a aplicação da análise por valor econômico no caso onde é possível a coleta de dados referentes a esta análise, ou uma Análise Global.

5.2. Discussão

O Método e o Modelo desenvolvidos neste trabalho geraram classificações de prioridades para os diversos grupos de resíduos, sendo que os resíduos que necessitam de maior atenção em um sistema de gestão são os essencialmente prioritários e depois vêm os grupos de resíduos não essencialmente prioritários.

A classificação de essencialmente prioritário (Quadro 5.3) foi atribuída devido ao fato de pelo menos uma vez ter ocorrido algum problema de saúde com as pessoas manipuladoras ou presentes no ambiente onde é manipulado o resíduo, ou haver reclamações de vizinhos quanto à existência do resíduo tanto em depósitos (passivo) quanto

na geração diária dos laboratórios, ou de potencial desconformidade com padrões legais de disposição de resíduos estipulados pelo Artigo 21 da Resolução CONAMA 20/1986.

Pode-se observar que o parâmetro de análise referente às reclamações dos vizinhos é, de um certo modo, subjetivo, por depender da sensibilidade das pessoas, já que um resíduo considerado problemático para uma pessoa pode não ser o mesmo para outra. Entretanto, o presente trabalho e o de CERCAL consideraram que o fato de uma pessoa reclamar de um resíduo significa que possivelmente ela já teve algum tipo de problema quanto à geração, disposição ou contaminação oriunda deste resíduo. Todas as reclamações apresentadas nas respostas dos questionários foram consideradas e ponderadas no momento de seleção de prioridades de minimização.

Quanto a potencial desconformidade com o Artigo 21 da Resolução CONAMA 20/1986, este critério de avaliação ficou prejudicado pelo fato dos entrevistados desconhecerem este instrumento legal.

Considerando os resíduos não essencialmente prioritários, houve duas classificações diferentes segundo cada uma das análises, como pode ser visto nos Quadros 5.7 e 5.8. As prioridades apresentadas em cada um dos quadros não são as mesmas devido ao fato das duas análises levarem em consideração variáveis diferentes e também ao fato das duas análises não se relacionarem durante a modelagem. Neste caso seria interessante uma Análise Global (análise multivariada ou multi atributo) que ponderasse cada uma das análises em uma única equação, produzindo também um único resultado, facilitando assim a priorização dos resíduos a serem minimizados. Tais ponderações podem variar dependendo da realidade e necessidade de cada laboratório, sendo que a soma do peso da

análise por facilidade de minimização com o da análise por risco totalizariam 100%, no caso de serem efetuadas somente estas duas análises.

Recomenda-se que no momento de tomada de decisões em um sistema de gestão de resíduos, se priorize a atenção dos três primeiros de cada uma das classificações, por exemplo, para que as duas análises sejam consideradas simultaneamente. Neste caso seria muito importante mais uma classificação de prioridades, como por exemplo, a priorização por valor econômico, que adicionaria novas informações a serem consideradas, por ser a única análise que leva em conta a quantidade de resíduo gerada, a constância de geração e seu custo ou valor.

No trabalho de CERCAL, somente dois resíduos hipotéticos foram simulados nas três análises, havendo empate dos dois resíduos em duas análises e o desempate na terceira análise, resultando assim na conclusão final de prioridade de minimização.

No caso da aplicação das três análises em mais de dois resíduos ou grupos de resíduos, pode ocorrer três resultados de prioridades diferentes. Neste caso, o mesmo aconselhado anteriormente se faz necessário, deve-se considerar os três ou quatro mais prioritários de cada uma das análises dependendo de cada situação da unidade geradora ou ainda uma Análise Global (análise multivariada ou multi atributo) composta pelas três análises.

Outro aspecto importante a ser considerado é a confiabilidade dos dados, já que a maior parte dos questionários não foi respondida com a presença do entrevistador. No trabalho de CERCAL, considerou-se que as informações das variáveis de entrada do modelo não seriam derivadas de entrevistas aos diferentes geradores de resíduos, mas sim

de constatações de alguma (s) pessoa (s) responsável (eis) por tais dados dentro da linha de produção industrial.

Quando a mesma pessoa responde as perguntas sobre diferentes resíduos, o mesmo padrão de análise é mantido em todas as questões, possibilitando assim uma padronização das variáveis. Entretanto, no caso das questões onde as respostas não são objetivas, mas sim opiniões referentes ao resíduo, se faz necessária a análise de respostas de diferentes pessoas, como ocorreu neste trabalho.

Os questionários do presente trabalho foram respondidos, na maioria dos casos, por alunos de pós-graduação, que não têm conhecimento dos fatos históricos por estarem no(s) laboratório(s) por um curto período de tempo. Isto acaba comprometendo a qualidade das respostas, pois tais alunos normalmente não têm conhecimento de acidentes ocorridos no passado ou então, não têm maior envolvimento com problemas de resíduos, o que reduz a sua percepção. O ideal seria que todos os questionários fossem respondidos por pessoas com maior responsabilidade e envolvimento - professores ou técnicos responsáveis pelo laboratório, conhecedores da sua história.

O Modelo foi desenvolvido por CERCAL, para atender à possibilidade de um resíduo ser gerado em diferentes equipamentos para obtenção de diferentes produtos, ou ainda um único equipamento ou produto ser associado a diferentes resíduos. No caso do presente trabalho, grupos de resíduos foram associados principalmente por surgirem da mesma prática ou reação; portanto, não puderam ser feitas associações muito complexas nos parâmetros Z_{jk} e W_k , pois o percentual de resíduo gerado em cada prática, para cada produto, era sempre 100%.

Os demais cálculos foram baseados nos pesos atribuídos para cada resposta, ilustrados nos quadros do Item 5.1., que serviram de entrada no Modelo Matemático, resultando nas prioridades também ilustradas nos quadros do mesmo item.

Mesmo envolvendo cálculos relativamente simples, o presente trabalho traz importantes informações para subsidiar um sistema de gestão de resíduos que pode ser aplicado em qualquer unidade geradora de resíduos e ainda tem como resultado as listagens de prioridades de minimização dos resíduos gerados nos laboratórios do DQ/UFSCar segundo dois tipos de análise - a Análise por Riscos e a Análise por Facilidade de Minimização.

Em casos de aplicação do Método e do Modelo de CERCAL em unidades onde for possível coletar dados confiáveis relacionados aos custos dos produtos e resíduos, recomenda-se a aplicação da análise do resíduo por valor econômico, pois esta abrange aspectos relevantes para um sistema de gestão de resíduos.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir deste trabalho, pode-se concluir que a aplicação do Método e do Modelo Matemático de CERCAL em laboratórios químicos de universidades é viável, se constituindo em uma ferramenta importante para o gerenciamento de resíduos. Entretanto, devido às limitações já citadas, como a limitada confiabilidade nas respostas dos questionários e o fato da Análise por Valor não ter sido aplicada, deve-se considerar os resultados do presente trabalho com reservas, devendo ser consultados manuais de toxicologia e analisada a situação de cada laboratório detalhadamente, antes de se tomar decisões definitivas.

Além de se implementar a Análise por Valor Econômico, análises multivariadas ou multi atributo, que consideram duas ou três análises em uma única equação, poderiam ser desenvolvidas como forma de priorização de resíduos com distintas características.

Na aplicação do questionário, recomenda-se observar se o entrevistado compreendeu a(s) pergunta(s) e principalmente, se sua resposta expressa a realidade. Quando houver dúvidas relacionadas a este aspecto, deve-se voltar no laboratório ou unidade geradora e repetir a entrevista, ou parte dela, pessoalmente. Em um futuro trabalho, deve-se priorizar a execução de entrevistas pessoalmente, mesmo que isto represente um menor número de respostas.

O Método pode ainda ser aplicado em qualquer outro tipo de setor ou unidade geradora de resíduos dentro de qualquer instituição; entretanto, deve-se estudar a realidade do local a ser aplicado, elaborando-se adaptações de conceitos e variáveis mais realistas possíveis, a fim de obter resultados consistentes e representativos.

Recomenda-se também a implantação de um almoxarifado central nos departamentos geradores de resíduos, com controle (inventário) e banco de dados de todos os produtos adquiridos, com respectivas quantidades, custos, valores de resíduos brutos e recuperados, valores de cada tipo de tratamento e destinação final, de forma a possibilitar também que a Análise de Prioridades por Valor Econômico possa ser aplicada.

Outra possibilidade de continuidade para o presente trabalho seria a informatização do Modelo Matemático, criando-se *softwares* baseados nos seus conceitos e posterior divulgação de tais programas para todos os departamentos/setores geradores de resíduos.

Aconselha-se que programas de minimização de resíduos sejam implantados nos laboratórios do DQ/UFSCar e que listagens de prioridades sejam levadas em consideração

nos processos de tomada de decisão. Tais programas de minimização devem ser baseados nos conceitos de P2 e P+L, onde se prioriza a redução, reuso e reciclagem dos resíduos.

A rotulagem de frascos de resíduos, formação de bancos de dados informatizados e o intercâmbio entre laboratórios, antes da disposição final, são boas práticas de P2 e P+L que podem ser subsidiadas por listagens de prioridades como as estabelecidas no presente trabalho. Muitos resíduos de um laboratório ou prática podem se tornar insumos para outros laboratórios ou práticas, muitas vezes, sem precisar sofrer nenhuma purificação.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERGUINI, L. B. A.; SILVA, L. C.; REZENDE, M. O.O. **Laboratório de Resíduos Químicos do Campus USP –São Carlos- Resultados de uma Experiência Pioneira em Gestão e gerenciamento de Resíduos Químicos em uma Instituição de Ensino Superior.** In: Fórum das Universidades Paulistas, 1, São Pedro. 2003. CD-ROM.
- ALVES, F.; FREITAS, E. Resíduos industriais – Gerenciamento é o filão do mercado. **Saneamento Ambiental**, v. 65, p. 22-25, 2000.
- AMARAL, S. T. e outros. Relato de uma Experiência: Recuperação e Cadastramento de Resíduos dos Laboratórios de Graduação do Instituto de Química d Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Química Nova**. v. 24, n.. 3, p. 419-423, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA E DE PRODUTOS DERIVADOS – ABIQUIM. **Gerenciamento Ambiental**. São Paulo, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos sólidos – Classificação. São Paulo, 1987.
- BORNIA, A. C. **Análise Gerencial de Custos**: Aplicação em Empresas Modernas. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002. 203p.
- CERCAL, S. R. **Proposição de Modelo Matemático de Seleção de Prioridades de Minimização de Resíduos Industriais**. 2000. 78 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Química) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- COUTINHO, S. V.; ZANELLA, G. **Resíduos e Lixo: E na Universidade, o que podemos fazer?** Disponível em: <http://www.furb.br/sga/hp/publicacoes/a3.doc>. Acesso em: 23 agosto 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB.

Manual para implantação de um programa de Prevenção à Poluição. São Paulo, 2002. Disponível em :

www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/prevenção_poluição/downloads.htm. Acesso em: 20 julho 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB.

Resíduos Sólidos Industriais. São Paulo, 1992.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução 20/1986.** Brasil, 2004.

CRITTENDEN, B.; KOLACZKOWSKI, S. **Waste Minimization. A Practical Guide.** United Kingdom: Institution of Chemical Engineers, 1995.

CUNHA, C. J. O Programa de Gerenciamento de Resíduos Laboratoriais do Departamento de Química da UFPR. **Química Nova.** v. 24, n. 3, p. 424-427, 2001.

ENVIRONMENT AGENCY . **Waste Minimization. An Environmental Good Practice Guide For Industry.** United Kingdom: Environment Agency, 1998.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPAa. **Industrial Wastes Management Guide.** Disponível em: <http://www.epa.gov/epaoswer/non-hw/industd/guide.htm>. Acesso em: 25 de janeiro de 2004.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPAb. **Green Chemistry Program: Chemistry Designed for the Environment.** Disponível em: <http://www.epa.gov/chemistry.htm>. Acesso em: 25 de janeiro de 2004.

FORNARI, M.; ARAUJO, L. Efluentes Industriais: Exigência legal estimula investimento de empresas. **Saneamento Ambiental.** São Paulo, n. 85, p. 42, 2002.

- FUNDACE - USPa. **Prevenção à Poluição**. Ribeirão Preto: MBA Gestão Ambiental, 2003. CD-ROM.
- FUNDACE - USPb. **Produção Limpa**. Ribeirão Preto: MBA Gestão Ambiental, 2003. CD-ROM.
- FUNDACE - USPc. **Produção Mais Limpa**. Ribeirão Preto: MBA Gestão Ambiental, 2003. CD-ROM.
- FURTADO, M. R. P+L Brasil assume compromisso com a produção mais limpa. **Química e Derivados**, n.. 407, p. 32, 2002.
- HUISINH, D. Minimização de rejeitos: Tecnologias limpas através de modificações de processo e substituição de materiais. **Saneamento Ambiental**, Suplemento Especial. São Paulo, n.. 25, p. 4, 1993.
- JARDIM, W. F. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. Laboratório de Química Ambiental – UNICAMP. **Química Nova**, 1998.
- LEITE, B. Z. **Caracterização, Priorização e Minimização de Resíduos em uma Indústria de Alimentos**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22., Joinville. 2003. CD-ROM.
- NAKAGAWA, M. **Gestão Estratégica de Custos: Conceitos, Sistemas e Implantação**. São Paulo: Atlas, 1993, 111p.
- PENTEADO, P. Resíduos Sólidos. CETESB Conclui Inventário e Prepara Plano de Ação: empresários e “empresários”. **Saneamento Ambiental**, São Paulo, n.. 46, p. 31, 1997.
- PEREIRA, C. L. F.; SOBRAL M. C. ; BARBOSA E. C. O. **Produção Mais Limpa como Instrumento de Gestão Ambiental em Indústrias de Cerâmica Esmaltada**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22., Joinville. 2003. CD-ROM.

QUÍMICA VERDE NO BRASIL. Disponível em: <http://www.quimicaverde.com.br.htm>.

Acesso em: 12 nove. 2003.

SCHALCH, Valdir. Resíduos Perigosos. In: SEMANA DE TECNOLOGIA AMBIENTAL, 9., 2000, Biblioteca Comunitária da UFSCar. **Anais...**São Carlos: O Opresso, 2000. p.3.

THEODORE, L; MCGUINN, Y. C. **Pollution Prevention**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT – UNEP. **Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes**. France: Industry and Environment Office, 1991.

PARAMETROS MATEMÁTICOS DAS CLASSES DE DESTINAÇÃO

Identificação da Classe	$D^{S/N}_{S+}$	$D^{S/N-}_{SB}$	$D^{S/N-}_{ST}$	$D^{S/N-}_{STD}$	$D^{S/N-}_{SGP}$	$D^{S/N+}_{SR}$	ξ_B
1-A	1	0	0	0	0	0	+1,00
1-B	1	0	0	0	0	0	+0,97
1-C	0	0	0	0	1	1	+0,95
1-D	0	0	0/1	0	1	1	+0,92
2-A	0	0	0	0	1	1	+0,90
2-B	0	0	0	0	1	1	+0,87
2-C	0	0	0	0	1	1	+0,85
2-D	0	0	0/1	0	1	1	+0,82
3-A	1	1	0	0	0	0	+0,80
3-B	1	1	0	0	1	0	+0,77
3-C	1	1	0	0	1	0	+0,75
3-D	0	0/1	0	0	1	1	+0,72
3-E	0	1	1	0	1	1	+0,60
4-A	0	1	0	0	1	1	+0,50
4-B	0	1	0	0	1	1	+0,45
4-C	0	1	0	0	1	1	+0,40
4-D	0	0	0/1	0	1	1	+0,20
4-E	0	1	0/1	0	1	1	ZERO
5-A	0	0	1	1	1	0	-0,20
5-B	0	0	0	1	1	0	-0,40
5-C	0	0	1	1	1	0	-0,60
6-A	0	0	1	1	1	0	-1,00
6-B	0	0	0	1	1	0	-1,20
6-C	0	1	1	1	1	0	-1,40
7	0	0	0	0	1	0	-1,80

Questionário sobre resíduos químicos a ser aplicado no DQ/UFSCar

Nome:

e-mail:

Laboratório:

sua função no lab.:

Perguntas	Respostas
1. Resíduo e sua composição ?	
2. Qual a reação na qual o resíduo é gerado e demais produtos desta reação?	
3. n° de práticas ou projeto onde o resíduo é gerado semanalmente?	
4. Quantidade gerada por semana em cada prática ou projeto?	
5. Forma de tratamento atual ?	
6. Forma de disposição atual ?	

Perguntas	Respostas		
	sim	não	comentários
7. Existem dados reais ou estimados referentes às quantidades de geração e/ou composição do resíduo, bem como com relação às destinações a que é submetido?			

Perguntas	Respostas			
	Já ocorreu	Em potencial	Isento	comentários
8. Qual a relação com a ocorrência de danos à saúde humana. (o manipulador ou pessoas em contato com o resíduo sentem ou já sentiram dores de cabeça, má disposição estomacal ou qualquer outro tipo de problema físico relacionado ao resíduo)?				
9. Há reclamações de pesquisadores, laboratórios ou departamentos vizinhos em relação ao resíduo?				
10. Qual a relação com desconformidade com o artigo 21 da resolução 20/86 CONAMA que relata sobre a disposição dos resíduos perigosos? Relate casos.				

Para minimizar a geração do resíduo em questão:

Perguntas	Respostas				
	sim	não	comentários		
11. É necessário parar a prática ou projeto?					
12. É necessário parar o processo?					
13. É necessário parar o laboratório?					
14. É necessário modificar a prática ou projeto?					
15. É necessário modificar o processo?					
16. É necessário modificar o laboratório?					
17. É necessário implantar prática ou projeto?					
18. É necessário implantar processo?					
19. É necessário implantar laboratório?					
20. Há tecnologia disponível?					
21. Há mão de obra disponível?					
22. Há recursos disponíveis?					
23. O custo para minimização deste resíduo é:	muito alto	alto	baixo	muito baixo	comentários

24. Você tem algum equipamento potencialmente grande poluidor (produz + que 5 l de resíduo por semana?)
Relate qual equipamento, o resíduo produzido e a quantidade por unidade de tempo.

	Área	Laboratório	Responsável pelos dados	Prof. respons. pelo laboratório
1	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Adriane Spinelli (doutorado)	
2	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Rosiana Aguiar (mestrado)	
3	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Giovanni P. Mambrini (mestrado)	
4	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Francini C. Picon (mestrdo)	
5	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Sergio Leal (doutorado)	
6	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Michelle C. Camargo (operadora RX)	
7	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Emerson R. Camargo (Pós Doc)	
8	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Paty R. de Lucena (doutorado)	
9	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Luís Presley S. Santos (doutorado)	
10	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Marcelo O. O. (doutorado)	
11	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Alberth Figueiredo (pós doutorado)	
12	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Flávio Leandro de Souza (doutorado)	
13	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Marcelo Zampieri (doutorado)	
14	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Caue Ribeiro (doutorado)	
15	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Tânia R. Geraldi (doutorado)	
16	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Diogo P. Volanti (iniciação científica)	
17	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Paulo Sérgio de Gouveia (mestrado)	
18	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Daury Keyson	
19	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Wiss Kraw	
20	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Cristiane Vila	
21	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Kirian P. Lopes (doutorado)	
22	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Graziela P. Casoli (doutorado)	
23	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Vivine Cristina A (mestranda)	
24	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Marcia T. Escorte (pós doutorado)	
25	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Luiz G. P. Simões (mestrado)	
26	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Cristiano M. Barrado (doutorado)	
27	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Maria Madalena F. (tecnica)	

	Área	Laboratório	Responsável pelos dados	Prof. respons. pelo laboratório
28	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Daniel Grando S. (iniciação científica)	
29	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Ana Paula A. Marques (pós doutorado)	
30	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Alessandra Zenatti	
31	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Rosana Gonçalves (doutorado)	
32	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Adeilton Pereira M. (pós doutorado)	
33	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Jomar Sales V. (doutorado)	
34	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Nazare S. V. (doutorado)	
35	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Adaci Batista C. (doutorado)	
36	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Eduardo Lee (mestrado)	
37	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Tiago de Gois C. (iniciação científica)	
38	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Alexandre J. C. L.	
39	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Maria Suely	
40	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Valéria F. Monteiro (doutorado)	
41	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Renata Cristina de Lima (doutorado)	
42	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Mario Godinho J. r. (doutorado)	
43	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	João Gonzales (técnico)	
44	Físico-Química	Laboratório Interdisc. Eletroquímica e Cerâmica (LIEC)	Elaine Cristina Paris (doutorado)	
45	Físico-Química	Laboratório de Pesquisas em Eletroquímica	Luis A. M. Ruotolo	Nerilson Bocchi
46	Química Orgânica	Laboratório de Síntese Orgânica - CLAE	Flávio L. Beltrome	Quézia Bezerra Cass
47	Química Orgânica	Laboratório de Síntese Orgânica - CLAE	Flávio L. Beltrome	Quézia Bezerra Cass
48	Química Inorgânica	Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos	Alzir Azevedo Batista (prof. responsável)	Alzir Azevedo Batista
49	Química Inorgânica	Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos	Alzir Azevedo Batista (prof. responsável)	Alzir Azevedo Batista
50	Química Inorgânica	Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos	Alzir Azevedo Batista (prof. responsável)	Alzir Azevedo Batista
51	Química Inorgânica	Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos	Alzir Azevedo Batista (prof. responsável)	Alzir Azevedo Batista
52	Química Inorgânica	Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos	Alzir Azevedo Batista (prof. responsável)	Alzir Azevedo Batista
53	Química Inorgânica	Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos	Alzir Azevedo Batista (prof. responsável)	Alzir Azevedo Batista
54	Química Inorgânica	Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos	Alzir Azevedo Batista (prof. responsável)	Alzir Azevedo Batista
55	Química Inorgânica	Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos	Alzir Azevedo Batista (prof. responsável)	Alzir Azevedo Batista
56	Química Inorgânica	Laboratório de Estrutura e Reatividade de Compostos Inorgânicos	Alzir Azevedo Batista (prof. responsável)	Alzir Azevedo Batista

	Área	Laboratório	Responsável pelos dados	Prof. respons. pelo laboratório
57	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Sandra Romera (doutorado)	Edward Ralph Dockal
58	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Sandra Romera (doutorado)	Edward Ralph Dockal
59	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Sandra Romera (doutorado)	Edward Ralph Dockal
60	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Sandra Romera (doutorado)	Edward Ralph Dockal
61	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Sandra Romera (doutorado)	Edward Ralph Dockal
62	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
63	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
64	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
65	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
66	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
67	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
68	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
69	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
70	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
71	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
72	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
73	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
74	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
75	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
76	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
77	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
78	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
79	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
80	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
81	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal

	Área	Laboratório	Responsável pelos dados	Prof. respons. pelo laboratório
82	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
83	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
84	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
85	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
86	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
87	Química Inorgânica	Laboratório de Cinética Química	Mirian (doutorado)	Edward Ralph Dockal
88	Química Analítica	Laboratório de Química Analítica I, II, III, Instrumental e Espectroscopia Analítica	Clésia Cristina Nascentes (pós doutorado)	Joaquim de Araujo Nóbrega
89	Química Analítica	Laboratório de Química Analítica I, II, III, Instrumental e Espectroscopia Analítica	George Luis Denati (mestrado)	Joaquim de Araujo Nóbrega
90	Química Analítica	Laboratório de Química Analítica I, II, III, Instrumental e Espectroscopia Analítica	Andrea Pires Fernandes (doutorado)	Joaquim de Araujo Nóbrega
91	Química Analítica	Laboratório de Química Analítica I, II, III, Instrumental e Espectroscopia Analítica	Fabiana Rosine (mestrado)	Joaquim de Araujo Nóbrega
92	Química Analítica	Laboratório de Química Analítica I, II, III, Instrumental e Espectroscopia Analítica	Lilian Trevizan (doutorado)	Joaquim de Araujo Nóbrega
93	Química Analítica	Laboratório de Química Analítica I, II, III, Instrumental e Espectroscopia Analítica	Mirian Cristina dos Santos (doutorado)	Joaquim de Araujo Nóbrega
94	Química Analítica	Laboratório de Química Analítica I, II, III, Instrumental e Espectroscopia Analítica	Wladiana Oliveira Matos (mestrado)	Joaquim de Araujo Nóbrega
95	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Marcelo Montini (iniciação científica)	Antonio Aparecido Mozeto
96	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Marcelo Montini (iniciação científica)	Antonio Aparecido Mozeto
97	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Marcelo Montini (iniciação científica)	Antonio Aparecido Mozeto
98	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Marcelo Montini (iniciação científica)	Antonio Aparecido Mozeto
99	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Marcelo Montini (iniciação científica)	Antonio Aparecido Mozeto
100	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Michele P. Severino (pós graduação)	Antonio Aparecido Mozeto
101	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Karina Santos (iniciação científica)	Antonio Aparecido Mozeto
102	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Ana Cristina Leite (doutorado)	Antonio Aparecido Mozeto
103	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Simone Yasue Simote (doutorado)	Antonio Aparecido Mozeto
104	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Djalma (doutorado)	Antonio Aparecido Mozeto
105	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Alan Bezerra Ribeiro (doutorado)	Antonio Aparecido Mozeto
106	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Marcio Santos Soares (doutorado)	Antonio Aparecido Mozeto
107	Química Analítica	Laboratório de Biogeoquímica Ambiental	Patrícia Braga (doutorado)	Antonio Aparecido Mozeto

	Pergunta 1	Pergunta 2	Pergunta 3
1	Oxidos de Ti	Reações via precursores poliméricos	4 vezes ao ano
2	Oxid. de estanho SnO ₂	$SnO_2 + C \xrightarrow{\Delta} SnO_2$	1
3	Niquelato de lantânio LaNiO ₃	$La_2O_3 + NiO \longrightarrow LaNiO_3$	1
4	óxid. BaWO ₄ , SrWO ₄ , BaMoO ₄ , SrMoO ₄	Precursores Poliméricos, outros produtos CO ₂	2 ou 3 vezes durante o projeto todo
5			2
6	O aparelho não gera resíduos		
7	óxid. De Pb, Zr, Nb, Ti, La	Reação no estado sólido	2 ou 3
8	(PuCa)TiO ₃ , LaNiO ₃	$(PuCa)TiO_3 + citratoTi \longrightarrow (PuCa)TiO_3$ $\frac{1}{2} La_2O_3 + NiO \longrightarrow LaNiO_3$	2
9	NH ₄ OH, PbO	filtração e lavagem do precipitado obtido	1
10	Oxid. de Sw, Mn e In	vaporização dos óxidos	1
11	Ca, Ti, Sn, ácido cítrico	$Hecítrico + Ti(ep)_4 \longrightarrow Ti(citri)_3$	1 por mês
12			
13	Nb, Sr, Ba, CA, Ac cítrico	$Ac.cítrico + metal \longrightarrow citratometálico + H_2O$	1 por mês
14	SiO ₂ Sb	precip. em reação de hidrólise de suole	2 vezes pr semana
15	SnO ₂ , etanol, sulfocrômica, NH ₄ OH, HNO ₃ , Sb	reação de precipitação de SnO ₂ , Sb ₂ O ₃	2 vezes por semana
16	ácid cítrico, citrato de No, oxalato, Sr, Bi, NHO ₃ e NaOH	$ácidocítrico + metal \longrightarrow citratometálico + H_2O$	1 prática a cada 3 meses
17	arsina composta Ni e SiO ₂	vaporização de (NiCCO) ₄	1 por mês
18	ácido bórico e compostos de Mg	reações ácido-base	1 vez por semana
19	Nb, Li, Sc sulfocrômica ac. Cítrico	$Ac.cítrico + metal \longrightarrow citratoMetálico + H_2O$	1 por semana
20	TiO ₂ , ZeO ₂ , NbO ₅ solventes	esop. De Ti + H ₂ O + água/etanol/isop	1 a 2
21	óxidos de Ni, Ti	reações via precursores poliméricos	2 vezes por ano
22	óxido de cério	reações via precursores poliméricos	2 vezes por ano
23	óxidos de Ti, Si e Li	reações via perecursores polímáricos	2 vezes ao ano
24	óxidos Pb, Ti, Zr, Mn, Sr, Y, Nd, La, ácido cítrico	reação via precursores poliméricos	1 a 3 vezes por ano
25	Bário, Lítio	Síntese dos óxidos	1 por mês
26	Pb, Ti, K	reações hidrotérmicas	1
27	óxidos, Pb, Zr, Nb, Ti, La, HF, HNO ₃ , H ₂ SO ₄		

	Pergunta 1	Pergunta 2	Pergunta 3
28	TiO ₂ , sulfocromica, ZrO ₂		2 vezes por semana
29	carbonato, CaMoO ₄ , Ba, Sr	reações precursores poliméricos	2
30	Puff de BT dopado	síntese dos pós (puff)	
31	Zn, Al (óxidos)	precursores poliméricos, CO ₂ , H ₂ O	2 vezes por semana
32	acetona, La e Y	limpeza de material (aluminio)	
33	sol. contendo (Sr, Bi, Ti, W, Nb) NH ₄ OH, HNO ₃		1 a 2
34	Nb, Li, Fi, W, NH ₄ OH		1 a 2
35	Mo, W, acido cítrico	citrato metálico + água	1 prática a cada dois meses
36	SnO ₂ , Cl ⁻	hidrólise de Sn ⁺² (SnCl ₂)	2 vezes por mês
37	SnO ₂ , Cl ⁻	hidrólise de Sn ⁺² (SnCl ₂)	2 vezes por mês
38	óxidos Y, Cv e carbonato Bário, HNO ₃ , Amônia, ácido cítrico	reação estado sólido e/ou via precursores poliméricos	1 a 2 vezes por mês
39	Titanatos de Li, Zn, CO, Ni		1
40	cabelo	resíduo não tóxico	resíduo não tóxico
41	Al, Fe, Ni, Mn	Percursor Polimérico, Nox	1 por semana
42	nitrito amônio	$HNO_3 + NH_4OH^- \longrightarrow NH_4NO_3$	3 vezes ao ano
43	óxidos de todos os metais pesados	variável	
44	PbTiO ₃ sulfocromica	ácido cítrico + etileno glicol	1
45	fenol, estanho, antimônio, isopropanol	oxidação de fenol	10
46	metanol-misturas com água e acetonitrila	solvente de arraste de subst. como antibióticos, produtos vegetais	6
47	Acetonitrila	usado como solv. de análise em mistura com outros solventes (H ₂ O, tampão)	6
48	Diclorometano	solvente	
49	clorofórmio	solvente	pouco usado
50	Acetonitrila	solvente	usado regularmente
51	Rutenio	síntese de complexos variados	muito usado
52	Éter etílico	Precipitação de complexos	muito usado
53	N-Hexano	precipitação de complexos	regularmente utilizado
54	Acetona	solvente/lavagem vidraria	muito usado
55	Metanol	solvente	usado regularmente
56	Fosfinas, Piridinas, Porfirinas, Tiois	sobra de reações, excesso	muito usado

	Pergunta 1	Pergunta 2	Pergunta 3
57	complexos de Ox vanádio (IV)	<i>Basede Schiff + Salde Vanadio</i> —→ <i>VO(IV)Basede Schiff</i>	3
58	complexos de Níquel (II) c/ solv. orgânicos variados	<i>Basede Schiff + acetato de Ni</i> —→ <i>Ni(II)Basede Schiff</i>	1
59	complexos de Manganês (II)	<i>Basede Schiff + Salde Mn</i> —→ <i>Mn(II)Basede Schiff</i>	1
60	complexos de Ferro (II) e (III) em solventes orgânicos	<i>Basede Schiff + Salde Ferro</i> —→ <i>Fe(II)Basede Schiff</i> —→ <i>Fe(III)Basede Schiff</i>	1
61	complexos de Zinco (II)	<i>Basede Schiff + Salde Zinco</i> —→ <i>Zn(II)Basede Schiff</i>	1
62	complexos de cobre em solventes orgânicos variados	<i>Basede Schiff + Acetato Cobre</i> —→ <i>Cu(II)Basede Schiff</i>	8
63	compostos de urânio em solventes orgânicos	<i>Bases de Schiff + salde Urânio</i> —→ <i>UO₂Basede Schiff</i>	2
64	complexos de cobalto (II) e (III)	<i>Basede Schiff + salde metal</i> —→ <i>Co(II)Basede Schiff</i> —→ <i>Co(III)Basede Schiff</i>	1
65	complexos de Titânio em solventes orgânicos	<i>Basede Schiff + salde Titânio</i> —→ <i>TiBasede Schiff</i>	1
66	complexos de Zinco em solventes orgânicos	<i>Basede Schiff + salde Zinco</i> —→ <i>Zn(II)Basede Schiff</i>	1
67	complexos de Nióbio em solventes orgânicos variados	<i>Basede Schiff + Salde Nióbio</i> —→ <i>NbO(V)Basede Schiff</i>	1
68	Complexos de Mercúrio em solventes variados	<i>Basede Schiff + Salde Mercúrio</i> —→ <i>HgBasede Schiff</i>	1
69	Complexos de Sn em solventes variados	<i>Basede Schiff + Salde Sn</i> —→ <i>Sn(II)Basede Schiff</i>	1
70	Complexos de Al em solventes variados	<i>Basede Schiff + Salde Al</i> —→ <i>Al(III)Basede Schiff</i>	1
71	diaminas	<i>Salicilaldeído + diamina</i> —→ <i>Basede Schiff</i>	20
72	Etanol amina	<i>salicilaldeído + etanol amina</i> —→ <i>Basede Schiff</i>	1
73	mercaptoetil amina	<i>salicilaldeído + mercaptoetil amina</i> —→ <i>Basede Schiff</i>	1
74	piridina	<i>salicilaldeído + diamina + piridina + saldo Metal</i> —→ <i>Basede Schiff</i>	1
75	salicilaldeídos substituídos	<i>Salicilaldeído + diamina</i> —→ <i>Basede Schiff</i>	20
76	acetona com vários metais	lavagem de vidraria	20
77	acetonitrila	solvente para testes de solubilidade e medidas de UV-vis	20
78	dimehs sulfóxido (DMSO)	solvente	20
79	Etanol amina	solvente	20
80	metanol	solvente	20
81	ácido sulfúrico	preparação de reagentes	5

	Pergunta 1	Pergunta 2	Pergunta 3
82	ácido clorídrico	síntese de reagentes	5
83	ácido acético	síntese de compostos	10
84	ácido nítrico	limpeza de vidraria	20
85	Hidróxido de amônio	síntese de reagentes	1
86	clorofórmio	solvente para testes de solubilidade	20
87	hidróxidos de metais alcalinos	controle de PH de reações e síntese se complexos	5
88	digeridos de alimentos, metais e complexos metálicos	decomposição ácida (HNO3) e complexação (Co, Ni e Cr c/ acetilacetona, DDTC e APDC	2 projetos
89	digeridos de alimentos, metais e complexos metálicos	decomposição ácida (HNO3) e complexação (Co e Cr c/ acetilacetona, DDTC e APDC	3 projetos
90	elementos inorgânicos em meio ácido	decomposição de amostras	
91	elementos inorgânicos em meio ácido (Se e Rb)	decomposição de amostras	
92	elementos inorgânicos em meio ácido e CFA-C	decomposição de amostras	
93	suspensão de argila em meio 10% HNO3	não há reação	
94	elementos inorgânicos em meio ácido	decomposição de amostras	
95	hidróxido de sódio aproximadamente 0.5 M	não há reação	não há periodocidade
96	água+prata+cobre+chumbo+ Cd+Zn e Nni	$M_2Sn + 2H^+ \longrightarrow M^{n+} + H_2S$	não há periodocidade
97	$água + C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$		não há periodocidade
98	cianeto de potássio (sólido)	sem conhecimento (resíduo passivo)	não existe
99	água+tiocianato férrico+cloreto mercuroso (II)	sem conhecimento (resíduo passivo)	não existe
100	solvente orgânico (clorados e não clorados)	preparação de extratos vegetais e realização de cromatografia	
101	solvente orgânico clorado e não clorado	realização de cromatografia	
102	solventes orgânicos		praticamente todos
103	solventes orgânicos	preparação de extratos , colunas	
104	solventes orgânicos no geral		
105	solventes orgânicos	sem reação	4 praticos por semana em colunas
106	solventes orgânicos	cromatografia em coluna dentre outros (processo físico)	várias
107	solventes orgânicos clorados e não clorados		

	Pergunta 4	Pergunta 5	Pergunta 6	Pergunta 7	Pergunta 8	Pergunta 9
1	2.5 g por experim.	calcinação	armaze. forma pó	sim	isento	isento
2	0.5g a 2g/ mês	nenhuma	descarte em pia	não	isento	isento
3	< 0.1g	nenhuma	descarte em pia	não	isento	isento
4	< 0.5g	nenhuma	descarte pó	não	isento	isento
5	5 ml/mês	nenhuma	descarte pó	não	isento	isento
6						
7	1 a 4g por experimento	calcinação	armazenamento	sim	isento	isento
8	1g	nenhuma	descarte pó	sim	isento	isento
9	500 a 800 ml por experim.	nenhuma	armazanamento	sim	isento	isento
10	< 1g por reação	nenhuma	descarte pó	sim	isento	isento
11	< 20 ml	nenhuma	descarte em pia	sim	em potencial	isento
12			armazenamento			
13	300g por mês	calcinação	descarte pó	sim	já ocorreu	isento
14	< 1g por exp.	nenhuma	descarte pó	sim	isento	isento
15	< 1g por semana	nenhuma	descarte pó	sim	em potencial	isento
16	100g	calcinação	descarte pó	sim	isento	isento
17	5g	nenhuma	descarte pó	sim	isento	isento
18	< 1g	nenhuma	descarte pó	sim	em potencial	isento
19	2g	calcinação	descarte pó	sim	em potencial	isento
20	4g sólido e il líquido	nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
21	10g por ano	calcinação	armaz. na forma de pó	sim	isento	isento
22	5g por ano	calcinação	armaz. na forma de pó	não	isento	isento
23	10g por ano	nenhuma	armaz. na forma de pó	não	isento	isento
24	10g por ano	nenhuma	armaz. na forma de pó	sim	isento	isento
25		nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
26	200ml de solução	nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
27				sim	isento	isento

	Pergunta 4	Pergunta 5	Pergunta 6	Pergunta 7	Pergunta 8	Pergunta 9
28	<1g por semana	nenhuma	descarte pó	sim	em potencial	isento
29	10g por ano	nenhuma	armaz. na forma de pó	sim	isento	isento
30		queimar (calcinar p/ diminuir o volume)	armaz. em sacolas	sim	isento	isento
31	< 1g	nenhuma	descarte em pó	não	isento	isento
32		nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
33		nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
34		nenhuma	armazenamento		isento	isento
35	100g/ mês	calcinação	descarte na pia	sim	já ocorreu	isento
36	< 1g /exp.	nenhuma	descarte na pia	sim	isento	isento
37	<1g por exp.	nenhuma	descarte na pia	sim	isento	isento
38	5g	nenhuma	armazenamento	sim	isento	isento
39	10g por síntese	nenhuma	descarte	não	isento	isento
40		nenhuma	descarte	não	isento	isento
41	10g	calcinação	armazenamento	sim	isento	isento
42	200 ml por exper.	nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
43				sim		
44	<10 ml sulfocrômica	nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
45	1 litro	nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
46	8 litros no laboratório	nenhuma	armazenamento	sim	isento	já ocorreu
47	5 litros	nenhuma	armazenamento	sim	isento	isento
48	0.5 litro a 1.0 litro no total	nenhuma	armazenamento	sim	em potencial	isento
49	< 200ml	nenhuma	armazenamento	sim	em potencial	isento
50	< 200ml	nenhuma	armazenamento	sim	em potencial	isento
51	200 a 300 mg	nenhuma	armazenamento	sim	isento	isento
52	1 litro	nenhuma	armazenamento	sim	em potencial	isento
53	0.5 litro	nenhuma	armazenamento	sim	em potencial	isento
54	1l	destilação	reuso como solvente p/ lavagem de vidraria	sim	em potencial	isento
55	0.5 l	nenhuma	armazenamento	sim	em potencial	isento
56	300 mg	nenhuma	armazenamento	sim	em potencial	isento

	Pergunta 4	Pergunta 5	Pergunta 6	Pergunta 7	Pergunta 8	Pergunta 9
57	4g sólido e il líquido	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
58	1g	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
59	1g	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
60	10mg	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
61	100mg	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
62	500 ml por projeto por semana	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
63	100 ml por semana	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
64	100 mg	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
65	5 ml por semana	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
66	5 ml por semana	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
67	5 ml por semana	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
68	5 ml por semana	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
69	5 ml por semana	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
70	5 ml por semana	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
71	10 ml em cada	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
72	5 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
73	5 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
74	5 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
75	10 ml cada	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
76	100 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
77	entre 5 e 10 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
78	entre 5 e 100 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
79	entre 50 e 200 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
80	entre 10 e 100 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
81	10 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento

	Pergunta 4	Pergunta 5	Pergunta 6	Pergunta 7	Pergunta 8	Pergunta 9
82	10 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
83	10 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
84	entre 10 e 50ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
85	5 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
86	5 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
87	5 ml	nenhuma	armazenamento	não	em potencial	isento
88	0.5 l	EMBRAPA	armazenamento	sim	isento	isento
89	0.5 l	EMBRAPA	armazenamento	sim	isento	isento
90		EMBRAPA	armazenamento	sim	isento	isento
91		EMBRAPA	armazenamento	sim	isento	isento
92		EMBRAPA	armazenamento	sim	isento	isento
93		EMBRAPA	armazenamento	sim	isento	isento
94		EMBRAPA	armazenamento	sim	isento	isento
95	cada amostra gera 240 ml do resíduo	nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
96	variável	nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
97	cada amostra gera 80 ml do resíduo	nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
98	não existe	nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
99	não existe	nenhuma	armazenamento	não	isento	isento
100	6 l não clorado, 3 l clorado	nenhuma	armazenamento	não	já ocorreu	já ocorreu
101		nenhuma	armazenamento	não	já ocorreu	já ocorreu
102	5l por aluno			não	já ocorreu	isento
103		não sei	não sei	sim	já ocorreu	isento
104	indeterminado	não sei	não sei	não	já ocorreu	já ocorreu
105	3 a 4 litros no total		armazenamento	sim	já ocorreu	já ocorreu
106		incineração	armazenamento	não	já ocorreu	já ocorreu
107				não	já ocorreu	já ocorreu

	Pergunta 10	Pergunta 11	Pergunta 12	Pergunta 13	Pergunta 14	Pergunta 15	Pergunta 16	Pergunta 17	Pergunta 18
28	isento	não							
29	isento	não							
30	isento	não	não	não	não	não	não		
31	isento	não							
32	isento	não							
33	isento	não							
34	isento	não							
35	já ocorreu	não							
36	já ocorreu	não							
37	já ocorreu	não							
38	isento	não	não	não	sim	sim	não	não	não
39	isento	não							
40	isento	não	não	não	sim	sim	não	sim	sim
41	isento	não							
42	isento	não							
43		não							
44	isento	não	não	não	não	não	não	sim	sim
45	isento	não	não	não	sim	sim	não	não	não
46	isento	sim	sim	não	sim	não	não	não	não
47	isento	sim	sim	não	sim	não	não	não	não
48	em potencial	sim							
49	em potencial	sim							
50	isento	sim							
51	isento	sim							
52	isento	sim							
53	isento	sim							
54	isento	sim							
55	isento	sim							
56	isento	sim							

	Pergunta 10	Pergunta 11	Pergunta 12	Pergunta 13	Pergunta 14	Pergunta 15	Pergunta 16	Pergunta 17	Pergunta 18
57	isento	não	não	não	sim	não	não	não	não
58	isento	não	não	não	sim	não	não	não	não
59	isento	não	não	não	sim	não	não	não	não
60	isento	não	não	não	sim	não	não	não	não
61	isento	não	não	não	sim	não	não	não	não
62	isento	não	não	não	sim	não	não	não	não
63	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
64	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
65	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
66	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
67	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
68	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
69	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
70	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
71	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
72	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
73	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
74	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
75	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
76	em potencial	não	não	não	sim	não	não	não	não
77	em potencial	não	não	não	sim	sim	não	não	não
78	em potencial	não	não	não	sim	sim	não	não	não
79	em potencial	não	não	não	sim	sim	não	não	não
80	em potencial	não	não	não	sim	sim	não	não	não
81	em potencial	não	não	não	sim	sim	não	não	não

	Pergunta 10	Pergunta 11	Pergunta 12	Pergunta 13	Pergunta 14	Pergunta 15	Pergunta 16	Pergunta 17	Pergunta 18
82	em potencial	não	não	não	sim	sim	não	não	não
83	em potencial	não	não	não	sim	sim	não	não	não
84	em potencial	não	não	não	não	sim	não	não	não
85	em potencial	não	não	não	sim	sim	não	não	não
86	em potencial	não	não	não	sim	sim	não	não	não
87	em potencial	não	não	não	sim	sim	não	não	não
88	isento	não							
89	isento	não							
90	isento	não							
91	isento	não							
92	isento	não							
93	isento	não							
94	isento	não							
95	já ocorreu	não							
96	já ocorreu	não							
97	em potencial	não							
98	já ocorreu								
99	já ocorreu	não							
100	isento	sim	sim	não	sim			sim	
101	isento	sim	sim	não	sim			sim	
102		não	não	não	sim		sim		não
103		não	não	não	não	sim	sim	sim	sim
104	já ocorreu	não	não	não	não	não	sim	sim	sim
105	isento	não	não	não	sim	sim	sim	sim	
106	isento	não	não	não	sim	sim	sim	sim	sim
107		não	não	não	sim	sim	não	sim	sim

	Pergunta 19	Pergunta 20	Pergunta 21	Pergunta 22	Pergunta 23	Pergunta 24
1	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
2	não	não	não	não	não sei	não
3	não	sim	sim	não	baixo	não
4	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
5	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
6						
7	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
8	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
9	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
10	não	sim	não	não	baixo	não
11	não	não	não	não		não
12	não	não	sim	sim		não
13	não	sim	sim	sim	baixo	não
14	não	sim	não	não	baixo	não
15	não	sim	não	naõ	baixo	não
16	não	sim	sim	sim	baixo	não
17	sim	sim	não	não	muito baixo	não
18	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
19	sim	sim	não	não	baixo	não
20	não	não sei	não	não	não sei	não
21	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
22	não	sim	não	não	não sei	não
23	não	sim	não	não	muito baixo	não
24	não	não	não	não	não sei	não
25	não	não	não	não	não sei	não
26	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
27	não	sim	sim	sim	muito baixo	não

	Pergunta 19	Pergunta 20	Pergunta 21	Pergunta 22	Pergunta 23	Pergunta 24
28	não	sim	não	não	baixo	não
29	não	sim	não	não	baixo	não
30		sim	sim	não	não sei	não
31	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
32	não	não	não	não	muito baixo	não
33	não	sim	sim	sim	baixo	não
34	não	sim	sim	sim	baixo	não
35	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
36	não	sim	não	não	baixo	não
37	não	sim	não	não	baixo	não
38	não	não	não se aplica	não se aplica	não sei	não
39	não	sim	sim	sim	baixo	não
40	não	não	não	não	muito baixo	não
41	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
42	não	sim	sim	sim	baixo	não
43	não	sim	sim	sim	alto	não
44	não	sim	não	sim	baixo	não
45	não	sim	sim	não	baixo	não
46	sim	não	não	não	muito alto	sim
47	não	não	não	não	muito alto	sim
48						não
49						não
50						não
51						não
52						não
53						não
54						não
55						não
56						não

	Pergunta 19	Pergunta 20	Pergunta 21	Pergunta 22	Pergunta 23	Pergunta 24
57	não	sim	sim	não	muito baixo	não
58	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
59	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
60	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
61	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
62	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
63	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
64	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
65	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
66	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
67	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
68	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
69	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
70	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
71	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
72	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
73	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
74	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
75	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
76	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
77	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
78	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
79	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
80	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
81	não	sim	sim	sim	muito baixo	não

	Pergunta 19	Pergunta 20	Pergunta 21	Pergunta 22	Pergunta 23	Pergunta 24
82	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
83	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
84	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
85	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
86	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
87	não	sim	sim	sim	muito baixo	não
88	não	sim	sim	sim	baixo	não
89	não	sim	sim	sim	baixo	não
90	não	sim	sim	sim	baixo	não
91	não	sim	sim	sim	baixo	não
92	não	sim	sim	sim	baixo	não
93	não	sim	sim	sim	baixo	não
94	não	não	sim	sim	baixo	não
95	não	não	sim	sim	baixo	não
96	não	não	sim	sim	baixo	não
97	não	não	sim	sim	alto	não
98					baixo	não
99	não	não	sim	sim	baixo	não
100	sim	não	não	não	alto	não
101	sim	não	não	não	alto	não
102	não	não	não	não	alto	não
103	sim	sim	não	sim	alto	não
104	sim	sim	não	sim	alto	não
105		sim	sim	sim		não
106	não	sim	sim	sim	muito alto	não
107	não	sim	não	sim	alto	não