

CAPÍTULO 3

MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

Asher Kiperstok

Universidade Federal da Bahia • UFBA • TECLIM

**“O que farão com as velhas roupas?
Faremos lençóis com elas.
O que farão com os velhos lençóis?
Faremos fronhas.
O que farão com as velhas fronhas?
Faremos tapetes com elas.
O que farão com os velhos tapetes?
Usá-los-emos como toalhas de pés.
O que farão com as velhas toalhas de pés?
Usá-las-emos como panos de chão.
O que farão com os velhos panos de chão?
Sua alteza, nós os cortaremos em pedaços,
misturá-los-emos com o barro e usaremos
esta massa para rebocar as paredes das casas.
Devemos usar com cuidado e proveitosamente,
todo o artigo que a nós foi confiado,
pois não é “nosso” e nos foi confiado apenas
temporariamente. ”**

Siddhartha Gautama – BUDA

Neste capítulo vamos discutir sobre “Resíduos”, mais especificamente sobre a sua “Minimização” e, se possível, sobre o banimento deles das nossas vidas.

Vale salientar que minimizar resíduos significa:

- aumentar a eficiência ecológica da empresa – transformando toda a matéria-prima em produto;
- beneficiar-se das vantagens comerciais – aumentando a competitividade;
- minimizar custos de retrabalho;
- reduzir o impacto ambiental do processo produtivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Discutir os tipos de resíduos industriais: gasosos, líquidos e sólidos nos processos;
- Identificar as causas e fontes geradoras de resíduos;
- Caracterizar os diferentes tipos de resíduos quanto ao grau de toxicidade;
- Apresentar técnicas / medidas de minimização de resíduos nos processos;
- Discutir o Organograma Mestre das Ações para Prevenção e Controle da Poluição;
- Detalhar medidas de P2 e exemplificar;
- Permitir a percepção da diferença entre os enfoques Fim-de-tubo e P2.

Deu para sentir a importância de torná-los insignificantes e até mesmo inexistentes? Afinal, o que não é útil não justifica a existência. Concorda?

Resíduos são matérias-primas (na maioria das vezes adquiridas a alto preço) que não foram transformadas em produtos comercializáveis ou em matérias-primas a serem usadas como insumos em outro processo de produção. Eles incluem todos os materiais sólidos, líquidos e gasosos que são emitidos no ar, na água ou no solo, bem como o ruído e a emissão de calor.

O processo de produção também compreende atividades que, freqüentemente, se tende a esquecer, tais como manutenção, serviços, limpeza e a área administrativa.

Minimizar resíduos e emissões, portanto, também significa aumentar o grau de utilização dos materiais e da energia usados para a produção (aumentando a eficiência ecológica) até que sua utilização garanta um procedimento livre de resíduos e emissões (este é o caso ideal!).

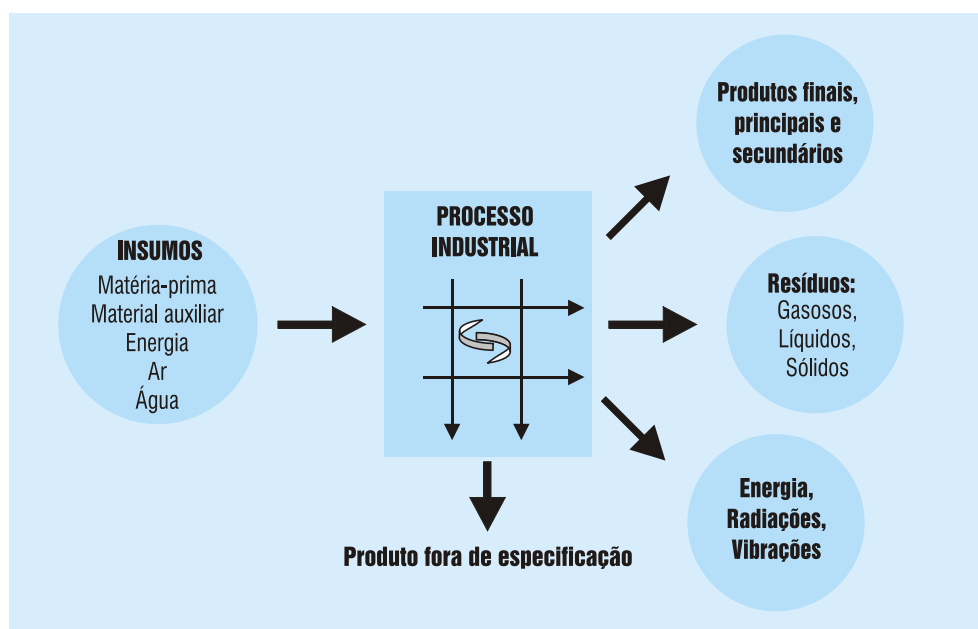
Assim, para a empresa, a minimização de resíduos não é somente uma meta ambiental, mas, principalmente, um programa orientado para aumentar o grau de utilização dos materiais e, conseqüentemente, sua produtividade.

Esta situação pode ser também ilustrada pelo fato de que, tanto o tratamento e a disposição de resíduos e emissões são onerosos, quanto os custos decorrentes da perda de matérias-primas (que se tornam resíduos no próprio sentido da palavra) também são normalmente altos.

A fim de trabalhar sistematicamente na minimização e evitar a geração de resíduos e emissões, você deve conhecer os fluxos de massa mais importantes em sua empresa, identificar e quantificar os resíduos gerados nas etapas do fluxo. Além disso, você deve, principalmente, conhecer as características e a importância em termos de toxicidade e efeitos ecológicos dos resíduos. Dessa forma, neste capítulo você vai obter informações sobre os vários tipos de técnicas e medidas aplicáveis em programas de Prevenção da Poluição, visando minimizar resíduos.

3.1 OS PROCESSOS INDUSTRIAIS E SEUS RESÍDUOS

Os processos industriais transformam insumos em produtos finais e resíduos, conforme representado de forma simplificada na Figura 3.1. Contudo, enquanto os insumos e produtos são considerados nas suas devidas especificidades, os resíduos são tradicionalmente agrupados de acordo com os corpos receptores: água, ar e solo. Usa-se a lógica, um tanto perversa, de que os resíduos são parte inerente ao processo e que, conseqüentemente, só nos resta pensar em como e onde dispô-los.



Fonte: Construção própria

FIGURA 3.1 – PROCESSO INDUSTRIAL

Consideremos o exemplo de uma refinaria. Um complexo arranjo de processos transforma o óleo cru em combustíveis, insumos petroquímicos, lubrificantes e asfalto. Parte do óleo é consumido como fonte energética para o processo de refino.

Um dos problemas que mais preocupa os operadores e autoridades ambientais é o dos efluentes líquidos. Estes são considerados inerentes e indesejáveis a cada uma das etapas do processo. Portanto, são afastados e concentrados num ponto único (às

vezes dois), para se dar a eles um tratamento que os torne menos impactantes ao corpo receptor. A questão ambiental passa a ser considerada neste momento. O que fazer com esta água contaminada? Como destruir os compostos indesejáveis para poder descartá-la cumprindo a legislação, ou, pelo menos, tentando cumpri-la.

Raciocínio semelhante é praticado com as emissões oriundas da queima de combustíveis nas caldeiras. Estas são vistas como inerentes a estes equipamentos e ao tipo de combustível utilizado.

Mas, na realidade, tanto os efluentes líquidos quanto as emissões atmosféricas (o mesmo se aplica para outros resíduos) têm sua origem num determinado ponto do processo. Suas causas podem ser várias e relacionadas a outros pontos que não apenas aqueles onde eles são visualizados. O vapor inserido numa coluna de destilação, por exemplo, sai no seu topo, é condensado e se transforma num efluente que é lançado numa canaleta.

Esta situação, no entanto, poderia ser diferente. Uma otimização do processo, por exemplo, reduziria a quantidade utilizada e outras medidas poderiam reduzir o conteúdo de hidrocarbonetos, que são nada menos que o produto principal da refinaria. Por outro lado, será que esta corrente não tem utilidade para outro processo? Se ela é tachada de “efluente”, provavelmente não. Mas, se ela for vista como um possível insumo, a questão será outra. Que processo ou processos precisam dela? O que tem que ser feito para que ela possa ser considerada insumo para outros processos?

O pensamento corriqueiro tem sido tratar dos resíduos a partir da sua segregação como matéria indesejável. Com base neste raciocínio, só resta sua coleta, tratamento e disposição no ambiente. É a lógica da rede de coleta de resíduos, também chamada de FIM-DE-TUBO.

No caso das emissões geradas pelos processos de combustão, a sua minimização não depende apenas da eficiência das caldeiras e fornalhas, ou do combustível utilizado. A eficiência energética da planta toda é que tem que ser analisada. Nesse caso, a “rede de efluentes” é menos perceptível, pois se trata de uma rede invisível de incompetências ou perdas energéticas que inclui, desde a eficiência energética de cada processo e equipamento, até a qualidade da integração energética de toda a planta.

Consideremos, a seguir, algumas das principais fontes de emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos geradas nos processos industriais.

RESÍDUOS GASOSOS

Emissões de resíduos gasosos são freqüentemente maiores em quantidade do que emissões de resíduos sólidos e líquidos, no ar e nas águas. As fontes principais de resíduos gasosos são:

- lançamento de vapores e gases da queima de combustíveis fósseis, seja de fontes fixas ou móveis;
- perdas de produtos voláteis em tanques de armazenamento, pontos de carga e descarga, pontos de alívio de pressão, vazamentos de equipamentos e outras denominadas emissões fugitivas;
- perda de solventes de tintas e processos de limpeza de superfícies e equipamentos;
- perdas de gases refrigerantes;
- uso de gases propelentes de produtos aplicados na forma de aerossóis.

Diversos compostos são emitidos das fontes citadas. A seguir revisaremos alguns deles:

- Gás carbônico – Esta emissão ocorre principalmente devido a processos de transformação de energia. É um produto da queima de combustíveis fósseis. Não obstante, emissões de CO₂ podem ser reduzidas, aumentando-se a qualidade dos sistemas de combustão intensiva, aumentando-se a eficiência de equipamentos, processos e sistemas, usando formas de energia não baseadas no carbono (isto será discutido mais extensivamente no Capítulo 7).
- Metano – As fontes de emissão de metano incluem vazamentos de gás natural (já que o metano é seu componente principal) e redução anaeróbia, que ocorre naturalmente, e também devido à atividade humana (por exemplo, agricultura, carvão, minas e refinamento de petróleo).

- Óxidos de nitrogênio – Incluindo dióxido de nitrogênio (NO_2) e óxido de nitrogênio (NO), a combinação que normalmente é chamada de NO_x é gerada durante uma combustão de alta temperatura no ar, e de alguns outros processos. Estas emissões podem ser reduzidas a partir de um controle mais cuidadoso do processo de combustão e utilizando-se queimadores especiais.
- Dióxido de enxofre (SO_2) – Suas fontes incluem combustíveis fósseis, fabricação de substâncias que contenha enxofre, metalurgia de cobre e processos de papel e celulose. A presença de compostos de enxofre no petróleo torna necessária sua remoção nos processos de refino. Isso é feito em diversos estágios, tanto em fase líquida como gasosa. O uso de petróleos de baixo teor de enxofre simplifica e até elimina a necessidade destes processos de remoção. As emissões de SO_2 podem também ser reduzidas com medidas fim-de-tubo, como lavadores de SO_2 . As medidas preventivas indicadas para reduzir emissões de CO_2 também se aplicam aqui.
- Compostos orgânicos voláteis (VOCs) – Fontes de VOCs incluem uma série de processos industriais. O lançamento de VOCs no meio ambiente pode ser reduzido projetando-se mecanismos para sua reutilização, minimizando seus usos e as emissões dos processos, e através de sua substituição por outras substâncias que sejam o menos prejudicial possível. Uma das principais fontes de VOCs em plantas químicas e petroquímicas é o próprio sistema de afastamento e tratamento de efluentes líquidos. Compostos orgânicos voláteis, presentes em altas concentrações nesses efluentes, se desprendem para a atmosfera, gerando problemas de salubridade para o pessoal da fábrica e vizinhanças.
- Clorofluorcarbonos (CFC) e Hidroclorofluorcarbonos (HCFC) – Estas substâncias são usadas em refrigeração e ar condicionado, limpadores de metais e, às vezes, como agentes propulsores e espumantes. O uso de CFC e HCFC foi bastante restringido em muitos países. Sistemas que usam esses materiais estão sendo modificados para usarem materiais alternativos menos agressivos à camada de ozônio. A longo prazo, prevê-se o redesenho completo desses processos.

- Halons – Usados em extintores de incêndio. Emissões de halon contêm bromo, o que pode conduzir à diminuição de ozônio. Esforços para reduzir emissões de halon estão focados na minimização ou eliminação de seus usos, na preferência de materiais alternativos.
- Traços de metais – Por exemplo, alumínio, arsênico, cádmio, cromo, cobre, mercúrio, níquel, chumbo, antimônio, selênio, prata, incluindo metais pesados. Emissões gasosas contendo metais, mesmo que em pequena concentração, são associadas principalmente com as atividades de mineração, indústrias de produção de metais, tintas, pesticidas, eletrônica, cimento, tratamento de superfícies, química, de baterias e couro, entre as principais.
- Compostos odoríficos – Por exemplo: aminas, sulfetos e mercaptanas. As fontes desses resíduos incluem indústrias que usam essas substâncias em processamento de alimentos, tratamento de couro, celulose e papel. Às vezes compostos odoríficos são intencionalmente adicionados a gases tóxicos para permitir a identificação de vazamentos (por exemplo, gás natural), enquanto que em outras situações eles não são desejáveis. Em último caso, seu uso deve ser minimizado ou cuidadosamente controlado através da sua captura e neutralização.

EFLUENTES LÍQUIDOS

Entre as principais fontes de efluentes líquidos na indústria, incluem-se:

- Processos industriais – Alguns processos usam água como diluente, como meio de transferir energia (na forma de vapor) ou para absorver outros compostos. Nesses casos a água entra em contato com correntes de outras matérias-primas e, quando descarregadas, arrastam compostos indesejáveis, tornando-se efluentes residuais.
- Efluentes de processo também utilizados para carregar outras perdas, como, por exemplo, descartes de amostragens, perdas em válvulas, conexões e gaxetas.
- Águas de lavagem e águas de chuva contaminadas de áreas de processo, pátios de carga e descarga, tancagem.

- Drenagem de águas ácidas de minas (normalmente atribuível aos enxofres metálicos presentes em minérios que podem reagir para formar ácido sulfúrico).
- Atividade agrícola envolve grandes quantidades de terra e o escoamento é de difícil controle. Além disso, o processo de irrigação arrasta muitos resíduos de animais, fertilizantes, pesticidas e herbicidas.

Os contaminantes presentes nos efluentes líquidos geram grande preocupação pela facilidade de atingir cursos d'água, sejam superficiais ou subterrâneos, e desta forma atingir a cadeia alimentar, cujo elo final é o próprio homem. A depender das suas características, os impactos podem ser muito variados. Podemos citar alguns dos principais contaminantes:

Compostos Orgânicos Biodegradáveis

Alteram as condições ambientais por consumir o oxigênio dissolvido na água dos corpos receptores. A matéria orgânica é atacada por microorganismos que utilizam o oxigênio da água no processo de digestão, reduzindo sua concentração a níveis que podem afetar a vida de outras espécies. Caso sejam atingidas condições anaeróbias, com concentrações muito baixas de O_2 , a decomposição da matéria orgânica gera problemas adicionais de mau cheiro, provocados, entre outros, pelo desprendimento de compostos reduzidos de enxofre. Entre outras fontes de compostos orgânicos biodegradáveis, podem ser considerados os esgotos sanitários e os efluentes das indústrias de alimentos, bebidas, papel e celulose.

A depender do corpo receptor, a disposição de efluentes com as características acima, pode ser feita apenas se administrando a relação entre a carga orgânica a ser disposta e a capacidade do meio de degradá-la em condições controladas e adequadas. Se o corpo receptor não comporta a carga de um determinado efluente, este pode ser tratado biologicamente. O lodo digerido resultante destes processos pode ser usado como condicionador de solos para uso agrícola.

Um aspecto fundamental para a adequada disposição desses resíduos é estes não estarem contaminados por compostos biorresistentes e tóxicos.

No caso de efluentes sanitários, as medidas de prevenção apontam para a minimização do uso de água, seja a partir da redução do seu consumo nos aparelhos hidrossanitários, seja pelo reuso de águas servidas para alimentar as descargas dos vasos sanitários. Além de reduzir a demanda de recursos hídricos, estas medidas diminuem significativamente os custos de tratamento, reciclagem e disposição final dos efluentes líquidos.

No caso de efluentes de indústrias de alimentos e bebidas, inicialmente convém verificar a origem da matéria orgânica, de forma a se reduzir as perdas de matéria-prima. A indústria de papel e celulose tem otimizado gradativamente o uso de água, em razão do enorme consumo envolvido. O uso de cloro e seus derivados, como agentes oxidantes para o branqueamento da celulose, tem sido motivo permanente de preocupação pela possibilidade da geração de compostos orgânicos clorados. Os processos mais modernos, porém, são totalmente livres de cloro, usando ozônio como oxidante. Isso abre novas oportunidades de reciclo.

Nutrientes

Efluentes ricos em compostos de fósforo e nitrogênio, tais como os produzidos pelo uso excessivo de fertilizantes sintéticos e os provenientes de detergentes, provocam a eutrofização de corpos líquidos. A concentração de nutrientes em resíduos líquidos pode ser reduzida, otimizando-se ou evitando-se seu uso, e recuperando os materiais descarregados.

Ácidos

Provenientes de uma série de processos industriais, estes resíduos líquidos podem ser tratados minimizando seu uso e, às vezes, combinando-os com resíduos básicos. A drenagem ácida na mineração é uma preocupação de alta prioridade, e pode ser contida se for isolada da água e do ar, para então ser tratada.

Sólidos em Suspensão

Podem diminuir a claridade de água, degradar habitats aquáticos e afetar a composição da água, absorvendo substâncias químicas. Medidas como redução da entrada de sólidos inertes nos efluentes industriais e remoção de sólidos de resíduos líquidos industriais (por exemplo, por filtração, sedimentação, precipitação) podem ser utilizadas para evitar os problemas associados à presença de sólidos suspensos na água.

Substâncias Tóxicas Persistentes (PTS)

São elementos ou compostos que pelas suas características se degradam muito lentamente no meio ambiente. Fenômenos físicos e biológicos contribuem para sua dispersão no meio físico e sua concentração no meio biótico. Neste grupo incluem-se os metais pesados e os compostos orgânicos tóxicos.

Nos seres vivos, provocam mutações genéticas (mutagenicidade), câncer (carcinogenicidade) e alterações fetais (teratogenicidade). A presença dessas substâncias no meio ambiente é mais difícil de ser monitorada em razão das baixas concentrações em que podem se apresentar, diferentemente do que ocorre com os chamados poluentes convencionais, anteriormente citados (material biodegradável, por exemplo). No entanto, a presença dos compostos tóxicos persistentes é de extrema relevância, mesmo em concentrações não detectáveis, pela sua persistência e capacidade de se concentrar na cadeia alimentar.

Para esses compostos aplica-se o Princípio da Precaução, popularizado na conferência de Maastrich. Este princípio propõe que seja dado o devido espaço à ignorância científica com relação às substâncias cujo comportamento nos ecossistemas não é, ainda, devidamente compreendido. Nestes casos caberia ao poluidor provar que estes são inócuos antes de serem despejados no meio ambiente.

**“Se vivemos como se importasse e não importa, então não importa.
Se vivemos como se não importasse e importa, então importa.”**
*Conferência Internacional sobre a Agenda da Ciência para o Meio
Ambiente e o Desenvolvimento para o Século 21, Viena, 1991*

Observe na Tabela 3.1 os compostos considerados no programa voluntário de redução de tóxicos dos Estados Unidos (USEPA TRI 33/50).

TABELA 3.1 – COMPOSTOS CONSIDERADOS NO PROGRAMA

Benzeno	Metil etil cetona
Cádmio e compostos	Metil isobutil cetona
Tetracloreto de carbono	Níquel e compostos
Clorofórmio	Tetracloroetileno
Cromo e compostos	Tolueno
Cianeto e compostos	1,1,1-Tricloroetano
Diclorometano	Tricloroetileno
Chumbo e compostos	Xylenos
Mercúrio e compostos	

Fonte: USEPA TRI 33/50.

Metais Pesados

Diferentemente das substâncias tóxicas orgânicas, criadas pelo homem, os metais possuem concentrações de fundo, *background*, na natureza, provenientes da dissolução de rochas e minerais (Schnoor, 1996). As quantidades totais de metais na natureza mantêm-se constantes. Porém, a forma como eles se apresentam muda. Metais originalmente confinados nas suas jazidas naturais são extraídos e inseridos no processo produtivo. Eles acabam sendo colocados à disposição da cadeia alimentar, onde se bioconcentram, acumulam e magnificam, ultrapassando as concentrações naturais e colocando em risco as espécies vivas e o homem. O reconfinamento, após passar pelo processo produtivo, tem sido uma das formas de reduzir o impacto desses elementos.

Os metais formam complexos com outros compostos, modificando sua toxicidade e comportamento no meio ambiente. Geralmente, mas nem sempre, o metal livre é mais tóxico que os complexos que ele forma (Sawyer et al., 1994).

Muitos metais são micronutrientes indispensáveis à vida aquática, mas tornam-se tóxicos quando em concentrações que excedem os níveis necessários à alimentação. É o caso do zinco, cobre, ferro, manganês, cobalto e selênio. Outros metais como mercúrio, chumbo e cádmio não são importantes à manutenção da biota, mas provocam efeitos adversos em concentrações tóxicas (LaGrega, 1994).

É interessante observar que a evolução dos métodos de detecção tem permitido correlacionar efeitos adversos decorrentes da presença de metais em concentrações cada vez menores. Dos anos 60 até o momento, os níveis de detecção de chumbo evoluíram de dezenas de miligramas por litro (10^{-2} g/l), para nanogramas por litro (10^{-9} g/l) isto é, sete ordens de grandeza em 35 anos! Os limites aceitáveis pela legislação atual variam ao redor de 10^{-5} g/l em água salobras (CONAMA 20/86) e $0,3 \times 10^{-3}$ g/l para os efluentes lançados no sistema inorgânico do Complexo Petroquímico de Camaçari-BA (Ceptram 300/90).

Metais são emitidos, por exemplo, de processos de eletrodeposição para proteção de superfícies contra corrosão (cromagem, galvanoplastia), mineração, fundição, fabricação de substâncias químicas, tingimento de couro e produção de baterias. Emissões atmosféricas de traços de metais são, em muitos casos, uma rota importante de contaminação de águas superficiais.

Orgânicos Tóxicos

A nomenclatura da União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC) inclui mais de quatro milhões de produtos químicos orgânicos. A cada ano esta lista cresce com aproximadamente mil novos produtos químicos orgânicos sintetizados e produzidos comercialmente. Somente pequena parte desses são tóxicos ou carcinogênicos, sendo que a maior parte deles é destruída no meio ambiente.

Os que, além de tóxicos, são persistentes, representam sérios riscos para os seres vivos, por se bioconcentrarem e biomagnificarem na cadeia alimentar, conforme discutido no capítulo anterior.

As principais atitudes perante esses compostos são: evitar ou minimizar sua manipulação. Podemos ainda destruí-los criteriosamente, reduzir sua toxicidade e persistência ou confiná-los (retirá-los da biota de forma a impedir sua inserção na cadeia alimentar).

RESÍDUOS SÓLIDOS

Existem várias fontes de resíduos sólidos. Algumas delas são discutidas abaixo, ao lado de métodos de como minimizá-los:

- resíduos de processo como, por exemplo, cinzas de combustão, resíduos sólidos extraídos de soluções líquidas;
- resíduos de produto como, por exemplo, excesso de material, produtos fora de especificação;
- resíduos de embalagens como, por exemplo, o empacotamento e a cobertura protetora de materiais que geram uma quantidade muito grande de resíduos;
- resíduos de escritório;
- outros resíduos sólidos misturados.

Os produtos normalmente encontrados como resíduos sólidos são:

- Traços de metais – Algumas das formas principais de assentamento de metais são cinzas de processos de combustão, processos siderúrgicos, metalúrgicos e metal-mecânicos. Escórias e resíduos de catalizadores normalmente apresentam concentrações altas de diversos metais, incluindo alguns preciosos. Peças metálicas de grande porte, incluindo latas de bebidas, são cada vez menos considerados resíduos, devido a seu alto valor e conseqüente aproveitamento como matéria-prima na siderurgia;
- Plásticos;
- Papel;
- Biológicos – Por exemplo, organismos fabricados, vacinas, remédios. Este tipo de resíduo normalmente requer um cuidado especial no seu manuseio.
- Radioativos – Por exemplo, radionuclídeos para equipamento médico e detetores de fumaça. Estes resíduos normalmente requerem cuidado especial na sua disposição. Pode-se evitar ou minimizar seu uso, particularmente quando existem outros materiais não-radioativos que os substituem.
- Borras – Pode-se tratar este resíduo minimizando sua quantidade ou encontrando um outro uso para ele (mesmo que para isso seja necessário um tratamento adicional).

- Resíduos heterogêneos – Como é muito mais difícil a reciclagem ou reuso de resíduos heterogêneos do que dos homogêneos, sua mistura deve ser evitada. Resíduos heterogêneos são particularmente problemáticos quando um deles é tóxico, pois desta forma todo fluxo tem que ser tratado cuidadosamente.

3.2 COMO ABORDAR O PROBLEMA DOS RESÍDUOS, EMISSÕES E EFLUENTES NA INDÚSTRIA

Você já deve ter notado que para revisar os tipos de resíduos gerados na indústria optamos por classificá-los pela forma como eles são produzidos e o corpo receptor onde serão lançados. Esta é a forma tradicional de abordar o assunto. É parte da visão fim-de-tubo que discutimos no primeiro capítulo deste módulo. Provavelmente, se seguirmos esta lógica, no passo seguinte nos veríamos procurando tecnologias para abater, destruir, tratar ou dar uma destinação adequada a esses resíduos. Isto é, estaríamos, desde já, assumindo que os resíduos são inevitáveis, inerentes aos processos produtivos. Nessa altura da discussão estaríamos identificando novos apetrechos para colocar no nosso amigo retirante citado no Capítulo 1.

Vamos inverter o enfoque e questionar: Por que geramos esses resíduos? Onde erramos? O que fizemos para transformar matéria-prima em produto sem valor ou com valor negativo porque, além do mais, ainda vai provocar um efeito nefasto nas nossas vidas?

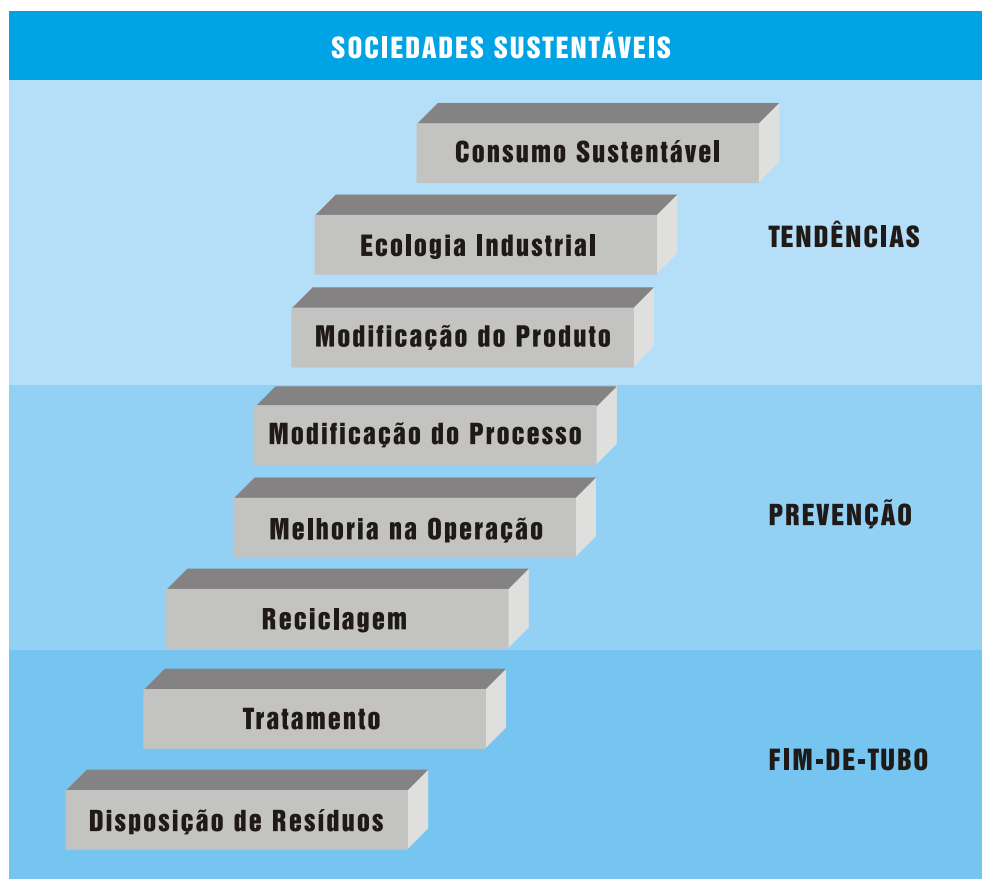
A Figura 3.2 mostra que o problema pode ser enfocado de várias maneiras, sugerindo uma evolução destas, de forma a se procurar maior ecoeficiência. Na medida em que se sobe a escada, aumenta-se a racionalidade e a produtividade no uso dos recursos naturais, aliando-se ganhos ambientais e econômicos.

Nos degraus mais baixos da escada encontram-se as denominadas medidas fim-de-tubo (end of pipe). Neles assume-se que os resíduos são inevitáveis e procura-se apenas reduzir o impacto do seu lançamento no meio ambiente. Para isso gasta-se energia e outros insumos.

Nos degraus intermediários estão representadas medidas que procuram modificar o próprio processo produtivo dentro de uma fábrica ou cadeia produtiva. Procura-se aqui identificar perdas e ineficiências que acabam se transformando em impactos ambientais, de forma a corrigi-las na fonte. Isto é, corrigir o próprio processo que as originou, para lhe agregar valor. Esse tipo de enfoque visa prevenir a geração de resíduos aproveitando melhor as matérias-primas e a energia. Além de reduzir o impacto nos pontos de lançamento, reduz-se o impacto causado na extração das matérias-primas. Se o nosso objetivo, porém, é atingir níveis de ecoeficiência que impliquem melhorias da ordem de grandeza de 10 vezes em 50 anos (o Fator 10 discutido no capítulo inicial), focar apenas melhorias de processos internos à unidade produtiva ou sua cadeia imediata não será suficiente.

Nos degraus mais altos incluem-se medidas para as quais há necessidade de maior articulação, tanto com o mercado consumidor como com outros setores produtivos. Procura-se otimizar todo o mecanismo econômico-social para que este funcione articulado, respeitando a capacidade de suporte do nosso planeta.

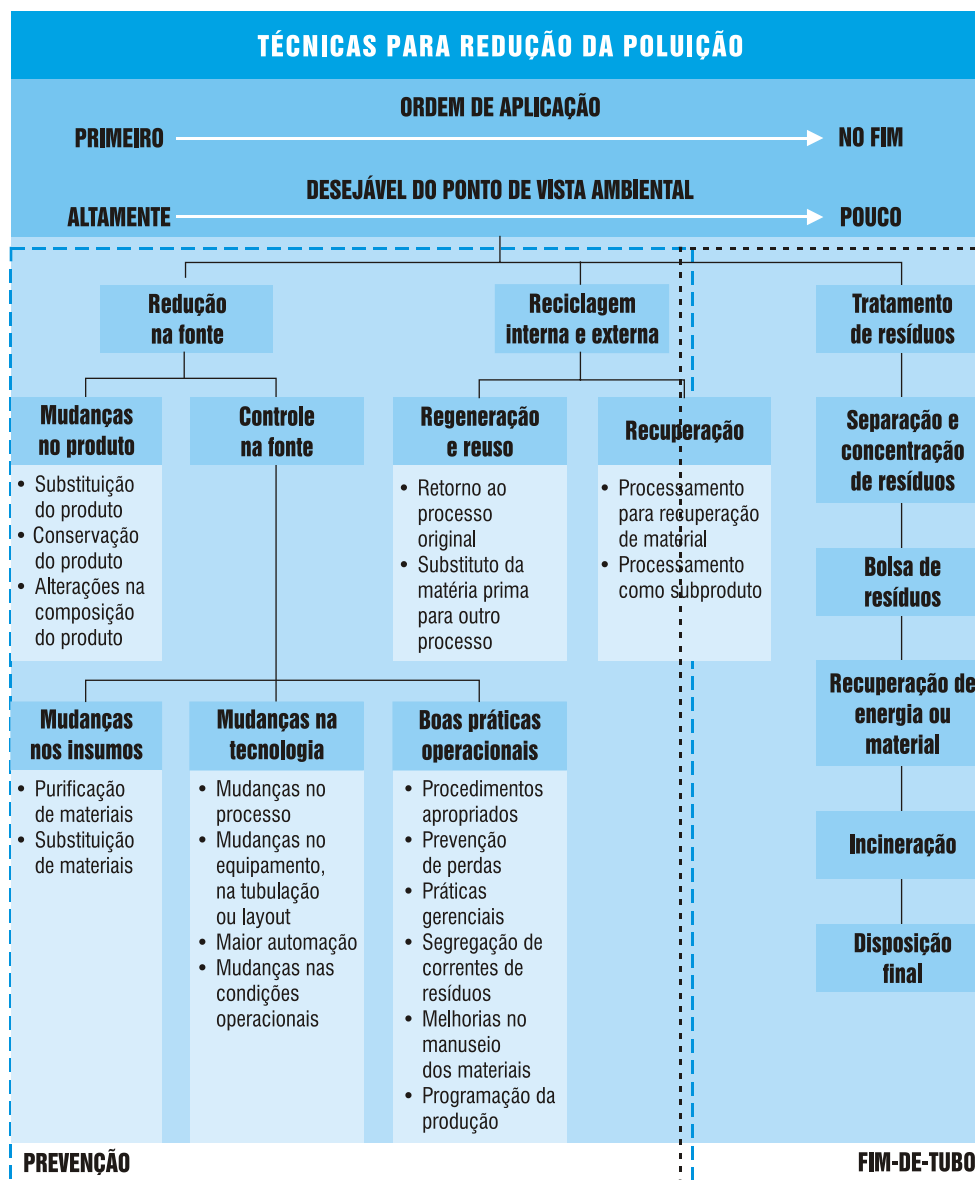
Neste capítulo e no seguinte discutiremos aspectos relativos ao estágio intermediário. Nos Capítulos 6 e 8 a abordagem se dará nos degraus seguintes:



Fonte: Construção própria.

FIGURA 3.2 – DO FIM-DE-TUBO À SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Para orientar este novo enfoque, consideremos o organograma a seguir que detalha alguns aspectos da Figura 3.3. Ele é muito utilizado por diversos autores, com algumas variações.



baseado em LaGrega (1994)

FIGURA 3.3 – ORGANOGRAMA MESTRE DAS AÇÕES PARA PREVENÇÃO E CONTROLE DA POLUIÇÃO,

Não interessa pensar agora se a perda vai ser para o ar, o solo ou um rio. Vamos focar nossa atenção em como não gerar resíduos.

Na Figura 3.3, as possíveis tecnologias e/ou atitudes, gerenciais e técnicas, organizam-se, da esquerda para a direita, e de cima para baixo, segundo sua importância ou prioridade de aplicação. Em outras palavras, quanto mais à esquerda, ou mais no alto, mais desejável é a atitude, ou a tecnologia. Esta ordem representa um indicativo para o levantamento de alternativas de intervenção. Na prática, ao se definir uma intervenção, deve-se procurar conciliar outros aspectos, tais como as características da planta considerada, custos de implementação das propostas, o retorno financeiro e o impacto ambiental. Mais adiante vamos aplicar este organograma a processos do nosso conhecimento para procurar identificar ações que nos levem, cada vez mais, para os estágios mais desejáveis. Primeiro convém revisar, e ilustrar com exemplos, cada uma das caixas do organograma.

REDUÇÃO NA FONTE, PENSANDO A MUDANÇA DO PRODUTO

É a primeira consideração a se fazer. Aqui, antes de tudo, convém se pensar se, afinal de contas, precisamos de um determinado produto ou o compramos e usamos “porque sempre foi assim” (ver o texto ao lado).

Uma empresa pode se antecipar à sua época mudando o produto que produz para eliminar seu impacto no meio ambiente e com isso reforçar sua posição no mercado. Pode-se citar o caso da empresa Interface, maior fabricante mundial de carpetes, que optou por substituir a venda de carpetes pelo fornecimento de serviços de cobertura de piso, retornando para a empresa o material após o uso. Com isso, eliminou um resíduo pós-uso, reincorporando o carpete usado a seu ciclo produtivo, como insumo.

PORQUE SEMPRE FOI ASSIM

O argumento “sempre foi assim” se repete em todos os ambientes e se faz presente nos diversos momentos de um projeto de Produção mais Limpa. Representa a dificuldade de pessoas e grupos de ousarem tentar novos paradigmas. Trata-se de assunto de tamanha importância que merece ser abordado aqui, em destaque, com uma piada. Caso já a conheça, não conte à turma...

Um grupo de pesquisa desenvolvia um estudo sobre o comportamento de pequenas comunidades de macacos. Sete símios conviviam numa confortável gaiola. O alimento, na forma de um cacho de bananas, era colocado pendurado com uma corda no meio da gaiola, a uma altura ao alcance da turma. Ao longo de um extenso período, a altura do cacho foi sendo aumentada, até exigir, primeiro, saltos acrobáticos individuais, e acrobacias coletivas, depois. Quando o esforço para se alcançar as bananas começou a ser tal que provocava um alto nível de estresse, introduziu-se na gaiola, num cantinho, uma escada...

Óbvio, todos já perceberam que os macacos logo entenderam a utilidade deste feliz instrumento. A vida voltou à normalidade e a felicidade voltou a reinar entre a macacada.

Mas como cientista que se preza não pode deixar os outros em paz por muito tempo, logo começaram a jogar um jato de água gelada nas costas dos macacos que ficavam no chão, olhando para o colega que subia na escada para pegar as bananas.

Incomodados com este tratamento, os macacos passaram a bater no infeliz que ousasse usar a escada para pegar o cacho, e voltaram à prática milenar de pegar o alimento com estressantes acrobacias.

Aos poucos os macacos condicionados com jato de água gelada foram sendo substituídos por outros que não tinham passado por esta experiência. Após sete semanas, não restava um único macaco que tivesse passado pelo desprazer de levar um jato de água gelada nas costas cada vez que um colega usava a escada para alcançar as bananas. Mas, mesmo assim, cada vez que um novo macaco era introduzido e ousava usar o maldito instrumento, apanhava horrores...

O grupo de cientistas continuou seus afazeres em outras experiências, deixando em paz os macacos por um bom tempo. Meses depois um inquieto estudante, na hora do almoço, ficou observando nossos amigos e achou muito estranho eles ficarem se matando de esforço para alcançar o cacho ao invés de usar a escada. Armou-se de coragem para fazer a pergunta, mesmo correndo o risco de fazer um papelão.

– Professor, mas por que os macacos não usam a escada????

Ao que o professor respondeu:

– Sei lá, sempre foi assim...

Questão para reflexão:

- Pesquise outros exemplos e avalie criticamente esta opção de substituir produtos por serviços.

A modificação de um produto para evitar a geração de resíduos depende de uma avaliação de mercado e requer uma visão de longo prazo por parte do produtor. Contudo, oportunidades de menor complexidade podem surgir se esta opção for considerada.

Shen (1995) sugere os seguintes critérios para o projeto de novos produtos:

- usar recursos naturais renováveis;
- usar material reciclado;
- usar menos solventes tóxicos ou substituí-los por produtos menos tóxicos;
- reutilizar sucatas e materiais em excesso;
- usar tintas com base de água em vez de solventes orgânicos;
- reduzir o uso de embalagem;
- produzir produtos com mais partes substituíveis ou que possam ser consertadas;

- produzir bens mais duráveis;
- produzir bens e embalagens que possam ser reutilizados pelos consumidores;
- fabricar produtos recicláveis.

Esta é uma tendência futura, considerada pelos ecologistas industriais, que exige uma mudança profunda na forma como se produz atualmente. Esta tendência será analisada com mais detalhe num momento posterior, quando discutiremos a Ecologia Industrial e o Projeto para o Meio Ambiente.

Questão para reflexão:

- Apresente um exemplo que ilustre a mudança de produto com sensíveis ganhos ambientais.

Se uma mudança no produto não pode ser implementada de imediato, pode-se, pelo menos, voltar a atenção para o processo produtivo existente e considerar alterações nos insumos, nas tecnologias de produção ou práticas de gestão que minimizem a geração de perdas para o meio ambiente. É o denominado Controle na Fonte.

MUDANÇA DE INSUMOS

O lançamento de óxidos de enxofre na atmosfera, oriundos de processos de combustão, pode ser reduzido ou minimizado pelo uso de óleos combustíveis com baixo teor de enxofre (BTE). O Programa e Plano Nacional do Reino Unido para a Redução de Emissões de SO_x e NO_x de Plantas de Combustão de Grande Porte, lançado em 1990 (DOE, 1990), para atender à Diretiva Européia 88/609/EEC, favoreceu uma migração para o uso, quase que exclusivo, de petróleo e gás natural do Mar do Norte, com baixo teor de enxofre, no lugar do carvão na alimentação do sistema termoeletrico. É um exemplo, em nível nacional, de controle da poluição na fonte através da mudança no uso de insumos.

Questão para reflexão:

- Apresente um exemplo que ilustre a mudança de insumos.

A substituição de insumos e produtos em geral, mas não sempre, envolve processos de decisão que podem ser complexos e extremamente dependentes de cada processo e das condições externas. A utilização de Análise de Ciclo de Vida auxilia na identificação de oportunidades e na escolha das alternativas de menor impacto. Este instrumento será visto com mais detalhe no capítulo seguinte.

Outros exemplos:

- Substituição do DDT e outros pesticidas organoclorados por produtos menos tóxicos e persistentes, tais como os organofosforados e piretróides no controle de pragas na lavoura;
- Utilização de produtos químicos em pellets em vez de pó, para reduzir emissões e perdas na embalagem e transporte;
- Uso de papel não branqueado no lugar de papel branqueado na indústria gráfica;
- Um exemplo no sentido inverso é o crescimento, na matriz energética brasileira, do uso de combustíveis fósseis a partir do programa de incentivo à implantação de usinas termoeletricas.

O setor de revestimentos e tintas, por exemplo, vem reduzindo o uso de compostos orgânicos voláteis a partir da substituição de tintas à base de óleo por tintas à base de água.

Um exemplo, quase pitoresco, citado por Graedel e Allenby (1995): substituição de munição de caça feita de chumbo por munição feita de bismuto, para reduzir a inserção de chumbo, metal muito tóxico, na cadeia alimentar.

MUDANÇAS NA TECNOLOGIA

Uma série de medidas consideradas de cunho tecnológico podem ser aplicadas visando evitar perdas, reduzir consumo de energia e quantidade de resíduos gerados num processo de produção. Estas medidas podem consistir em alterações do próprio processo, reconstruções relativamente simples ou instalação de equipamentos mais sofisticados que podem até mesmo mudar as condições operacionais. Vale salientar que freqüentemente estas medidas precisam ser combinadas com Boas Práticas Operacionais,

também conhecidas como “housekeeping “ – melhoria na manutenção da casa – e/ou com o uso de matérias-primas/insumos modificadas. (CNTL, 2000)

A seguir alguns exemplos:

- **Redução de consumo de energia**

Exemplo: instalação de detectores de movimento para ligar/desligar sistema de iluminação e aquecimento no local de trabalho.

- **Uso eficiente da energia**

Exemplo: uso de maquinário com controle de velocidade: bombas alimentadoras, ventilação, exaustores de gás combustível, etc.

- **Aumento da vida útil dos produtos químicos/materiais**

Exemplo: tratamento de emulsões lubrificantes refrigerantes através de ultrafiltração.

- **Redução da entrada de impurezas**

Exemplo: mudança de teto fixo de tanques de gasolina para teto flutuante.

MUDANÇAS NO PROCESSO

Na indústria de processos é comum se usar vapor de água para controlar reações químicas. A água é posteriormente retirada do produto, através de diferentes processos de separação, como a destilação, por exemplo. Em muitos casos esta água, contaminada com hidrocarbonetos e outros compostos do produto, é descartada como efluente de processo, indo para posterior tratamento. As empresas investem em caros sistemas de tratamento para remover esses compostos.

Esses tratamentos não fazem senão retirar os contaminantes da fase líquida para convertê-los em borras, ou lodos, sem valor econômico e que ainda deverão ter um tratamento posterior e/ou uma disposição adequada dispendiosa. Modificações no próprio processo podem permitir não apenas que a água contaminada retorne para o processo, como, ainda, que se aproveite esses contaminantes como matérias-primas, transformando perdas em ganhos econômicos e ambientais.

Na modificação dos processos de produção incluem-se desde aprimoramentos localizados em algumas etapas/equipamentos até a otimização da configuração de parte ou de todo o processo. Recentemente, pesquisadores dedicados ao desenvolvimento de metodologias para a síntese de processos começaram a introduzir a variável ambiental no âmago de suas propostas. Até o fim dos anos 80, no desenvolvimento desses métodos, as questões ambientais eram tratadas no final da elaboração do projeto conceitual.

O projeto preocupava-se apenas com a viabilidade econômica do processo, e as correntes residuais eram encaminhadas para tratamento e descarte, agregando custos ao projeto como um todo. O crescimento dos custos industriais relacionados a impactos sobre o meio ambiente e a consolidação do Princípio da Prevenção pressionaram por mudanças neste campo.

Nos métodos mais recentes, a geração de emissões, e o seu possível impacto ambiental, passa a fazer parte interna do processo de síntese. Os métodos hierárquicos propostos com este objetivo consistem no estabelecimento de prioridades para fazer uma síntese de processos e assim identificar fontes geradoras de resíduos. A síntese de processos é dividida em uma seqüência de etapas. Cada etapa corresponde a um nível de detalhamento do processo, e para que a etapa seguinte seja avaliada, o processo tem que se mostrar econômica e ambientalmente viável.

A evolução do método de decisões hierárquicas (Douglas, 1988 e 1992) ilustra esta tendência. As principais etapas deste método encontram-se na Tabela 3.2.

TABELA 3.2 – PROCEDIMENTO DE DECISÕES HIERÁRQUICAS PARA MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS

NÍVEL 1	Informações de entrada, tipo de problema
NÍVEL 2	Estrutura de entrada e saída do fluxograma
NÍVEL 3	Estrutura de reciclagem do fluxograma
NÍVEL 4	Especificações do sistema de separações
NÍVEL 4A	Estrutura geral: separação de fases
NÍVEL 4B	Sistemas de recuperação de vapores
NÍVEL 4C	Sistemas de recuperação de líquidos
NÍVEL 4D	Sistemas de recuperação de sólidos
NÍVEL 5	Integração energética
NÍVEL 6	Avaliação de alternativas
NÍVEL 7	Flexibilidade e controle
NÍVEL 8	Segurança

Fonte: Douglas, JM, 1992.

As questões ambientais devem ser consideradas desde o nível inicial, porém são mais freqüentemente consideradas em etapas, como na definição de reciclagens de correntes, eficiência de separação, recuperação de materiais e, evidentemente, integração energética.

Outros autores, como Linnhoff, Smith e Petela (1992), também pensaram na inserção de aspectos ambientais no processo de síntese, propondo, para tal, o método da “cebola”, que consiste numa análise de resíduos gerados através de uma auditoria nas etapas de síntese de processo, de acordo com a seguinte ordem de prioridades: reator, sistemas de separação, redes de transferência de calor e sistemas de utilidades.

A hierarquização por eles proposta se dá a partir das partes componentes do processo em si e não da organização do próprio trabalho de síntese, como no enfoque de Douglas (Figura 3.4).

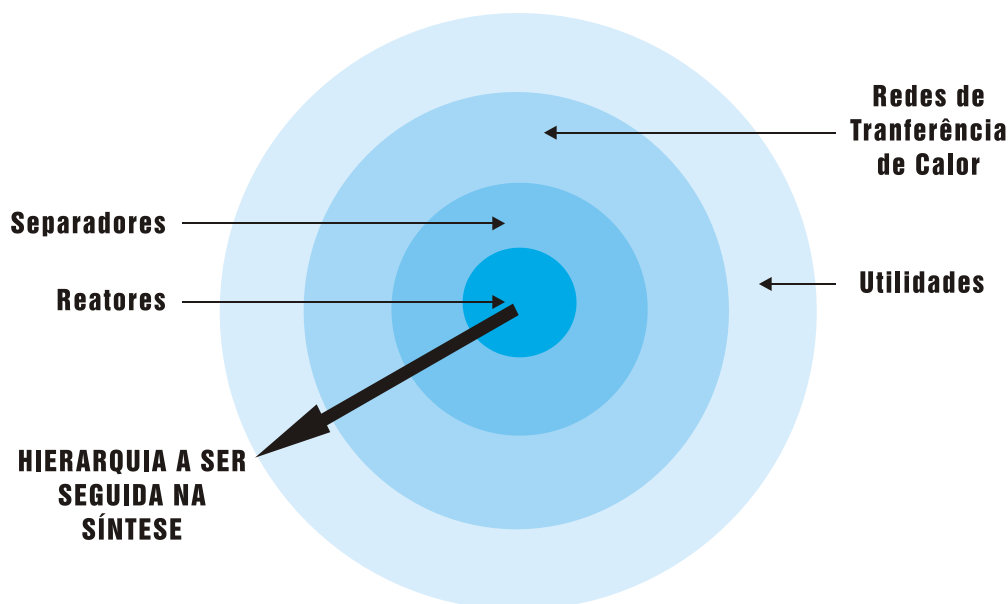


FIGURA 3.4 – DIAGRAMA DA CEBOLA PARA SÍNTESE DE PROCESSOS, SEGUNDO LINNHOF (SMITH E PETELA, 1992)

O trabalho de Smith e Petela (1992) atesta que a minimização de resíduos começa a ser pensada ao se projetar as reações químicas. Nesse momento, procuram-se maiores taxas de conversão das matérias-primas no produto final assim como na especificação de subprodutos de forma a poder ser, na seqüência, transformados em produtos de maior valor. Deve-se, também, discutir a eficiência energética do processo e as alternativas para um melhor desempenho.

Depois de ocorrida a reação que gera os novos produtos e subprodutos, estes devem ser separados de outros compostos indesejáveis. É comum se pensar apenas na especificação dos produtos principais, assumindo-se como inerente ao processo a geração de correntes residuais a serem tratadas ou descartadas. Cabe se verificar processos de separação mais eficientes que permitam maiores níveis de reuso e reciclo, transformando possíveis resíduos em insumos do próprio processo ou de outros.

A crise do petróleo dos anos 70 obrigou a indústria e os centros de pesquisa a desenvolver metodologias de otimização energética. Entre os métodos que mais se destacaram estão a Tecnologia Pinch e os métodos baseados em programação matemática.

Esses métodos, inicialmente, procuraram resolver o problema da otimização de redes de transferência de calor (HEN). Isto é, como se conseguir o melhor aproveitamento do calor contido em correntes (quentes) que requereriam resfriamento, para aquecer outras que requereriam aquecimento (frias). Esta otimização leva a reduções substanciais nos custos de capital, operacionais e ambientais relacionados com os sistemas de aquecimento e águas de refrigeração.

Os avanços conseguidos na otimização de redes de transferência de calor foram aproveitados para a síntese de redes de transferência de massa (MEN). Em 1989, El-Halwagi e Manousiouthakis definiram a síntese de redes de transferência de massa como um processo em que, dado um conjunto de correntes ricas e um conjunto de correntes pobres, sintetiza-se uma rede de trocadores de massa que possa transferir algumas substâncias das correntes ricas para as pobres com o mínimo custo.

Como trocadores de massa os autores consideraram qualquer operação de transferência de massa contracorrente, tais como extração líquido-líquido, adsorção, absorção, desorção, etc.

O conceito de otimização de redes de transferência de massa tem permitido, entre outras coisas, encontrar formas mais econômicas de reduzir os custos e os impactos relacionados ao uso da água, tratamento e disposição de efluentes.

Akehata (1991), citando o livro *O sistema de processos químicos fechados* (ainda não traduzido para o português), de Yasuharu Saeki, 1979, discute a idéia de fechamento dos processos químicos de forma a se reutilizar ao máximo os resíduos através da sua reincorporação no próprio processo. Para tanto, propõe-se a seqüência apresentada na Figura 3.5.



FIGURA 3.5 – FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DE PROCEDIMENTOS PARA FECHAR UM PROCESSO QUÍMICO (AKEHATA, 1991)

O autor ilustra a idéia de fechamento do processo com o sistema de efluentes de uma indústria, como pode ser observado na Figura 3.6.

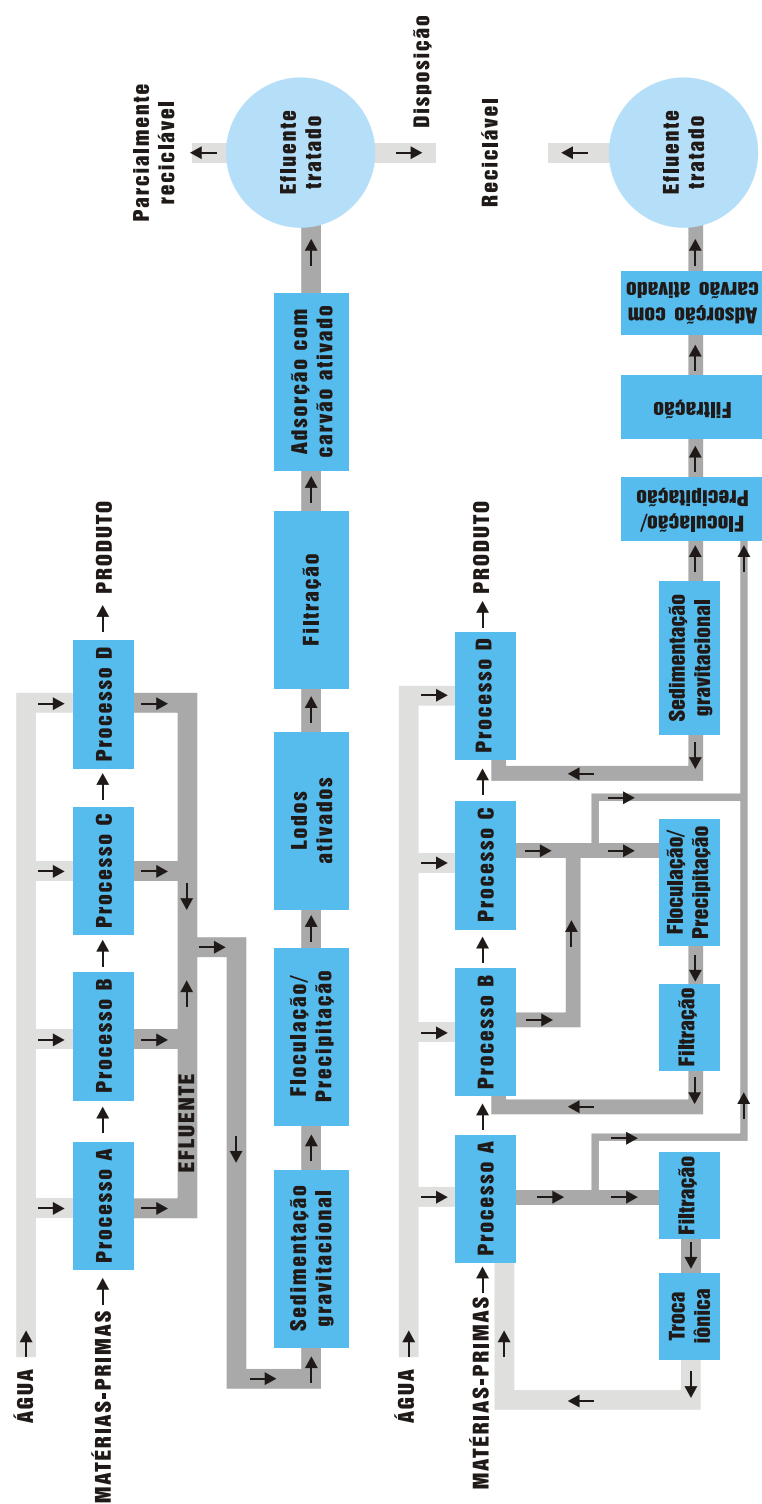


FIGURA 3.6 – DOIS MODELOS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE PROCESSO (AKEHATA, 1991)

Observe que no exemplo de Akehata os tratamentos descentralizados são inseridos de forma a permitir o reciclo da água para o mesmo processo que gerou o efluente. Mas será que esta é a única alternativa? Por que não pensar em encaminhar o efluente de um processo diretamente a outro se este não exigir uma melhoria da sua qualidade? Bagajewicz (2000) apresenta uma interessante revisão de metodologias utilizadas para o projeto de redes de água e efluentes industriais, visando a soluções de máximo reuso e mínimo custo. Métodos de otimização, usando programação matemática, também já foram pesquisados para se sintetizar sistemas de reuso, tratamento final e descarte de efluentes líquidos de forma integrada, levando em consideração até mesmo a capacidade dos corpos receptores (Kiperstok & Sharratt, 1997; 1997a; 1997b).

Outros aspectos a serem considerados no que se refere à modificação de processo ou da sua tecnologia, para prevenir a geração de poluição:

- Melhoria dos sistemas de controle e melhoria do processo de produção:
 - melhor especificação final dos produtos;
 - redução na produção de produtos secundários de menor valor e resíduos;
- Desenvolvimento/substituição de catalisadores visando a:
 - maior recuperação, maior tempo de vida;
 - reciclabilidade;
 - menor impacto no seu descarte;
- Utilização de novas técnicas de extração e separação, visando à eliminação do uso de solventes orgânicos e maior eficiência no retorno de subprodutos a processo;
- Extração supercrítica;
- Membranas, osmose reversa, ultrafiltração, eletrodiálise.

Mas, ATENÇÃO, muitas modificações de processo podem ser introduzidas de forma simples e com base no bom senso, quando se observa o processo no qual temos trabalhado durante anos, com novos olhos.

É o caso de efluentes que sempre foram descartados para a canaleta e que podem ser aproveitados para *make-up* de uma torre de refrigeração. É o caso de retornar condensados para uso como água desmineralizada em outros processos, é o caso de checar se os equipamentos estão sendo utilizados conforme recomendado pelo fabricante!

Um exemplo divulgado por consultores do CNTL (Centro Nacional de Tecnologias Limpas), do SENAI/RS, é bastante ilustrativo de mudanças de processo na indústria metal-mecânica.

O setor de pintura de uma fábrica de implementos agrícolas gastava muita tinta pintando com pistola sobre pressão. Verificou-se que a substituição do processo de pintura pelo método eletrostático não seria viável economicamente a curto prazo e se decidiu investir um pouco de esforço para reduzir as perdas no processo vigente. Num primeiro momento, ao se checar a pistola utilizada, verificou-se que o orifício ejetor não correspondia ao especificado pelo fabricante. Sugeriu-se então o uso de um orifício menor. Ao se colocar esta alternativa para os operadores, a resposta foi rápida:

– Não vai dar certo, o bico entope!

Dito e feito, o bico entupiu.

– Tá veeendo?

Ao invés de desistir ante a resistência ao processo de mudança, o consultor de P+L foi a montante do processo e verificou o grau de diluição utilizado para a tinta. Não era o especificado pelos fabricantes da pistola.

Moral da história: especificou-se a tinta, reduziu-se o bico ejetor e, conseqüentemente, reduziram-se as perdas de tinta para a cortina de água e o sistema de tratamento.

BOAS PRÁTICAS OPERACIONAIS (GOOD HOUSEKEEPING PRACTICES)

A implementação de pequenas melhorias pode levar a grandes reduções na geração de resíduos e à descontaminação de um número significativo desses. A literatura apresenta uma extensa lista de experiências nesse sentido. Vale destacar o programa 33/50 da EPA, agência ambiental dos EUA.

A implementação de boas práticas operacionais depende, por um lado, de uma gestão que priorize a minimização de resíduos e, por outro, do desenvolvimento de um olhar crítico perante o próprio processo produtivo, no âmbito da organização. O exemplo do concurso de projetos para conservação de energia da Dow Química, Louisiana, EUA (em Graedel e Allenby, 1995) ilustra o potencial de desenvolvimento de um programa de minimização de resíduos (Tabela 3.3 e Figura 3.7).

TABELA 3.3 – RESULTADO DO CONCURSO DE IDÉIAS PARA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NA DOW/LOUISIANA						
	1982	1984	1986	1988	1990	1992
Projetos ganhadores	27	38	60	94	115	109
Retorno médio do investimento (%)	173	208	106	182	122	305

(em Graedel e Allenby, 1995)

Entre as ganhadoras incluem-se idéias aplicáveis a qualquer indústria, tais como: isolamentos de tubulações condutoras de fluidos quentes, limpeza e manutenção de trocadores de calor, uso de pontos de aquecimentos ao longo de tubulações longas e áreas de estocagem.

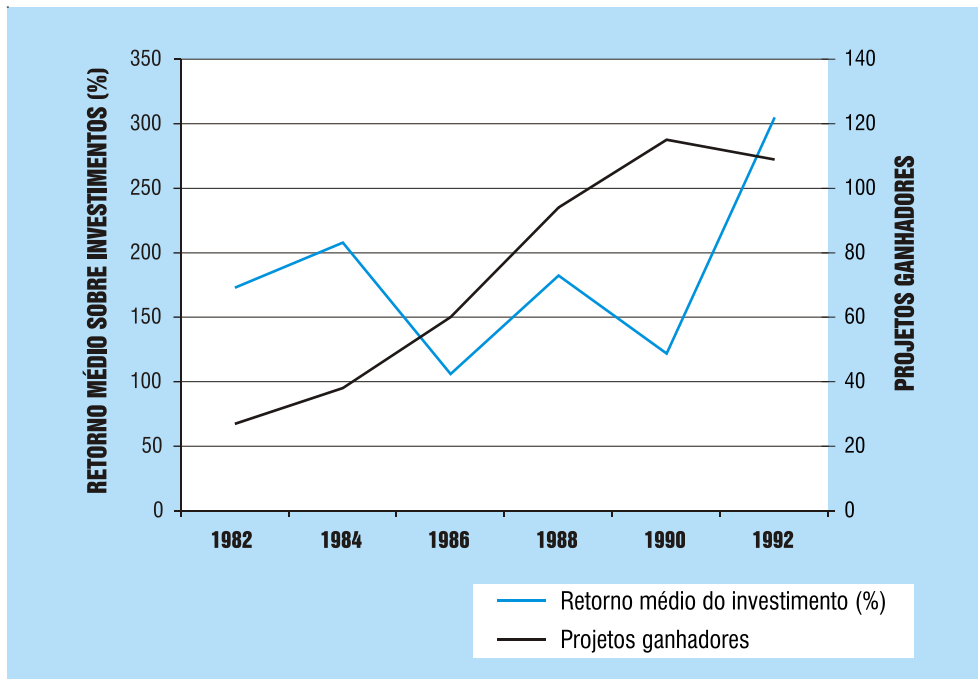


FIGURA 3.7 – CONCURSO DE IDÉIAS, DOW (GRAEDEL E ALLENBY, 1995)

Interessante notar no exemplo que o número de projetos contemplados teve uma clara tendência ascendente com o tempo. Os ganhos financeiros também mostraram uma evolução positiva. Fazemos esta observação porque é comum ouvir que num programa de minimização de perdas apenas nos momentos iniciais existem ganhos financeiros substanciais. Na realidade isso depende da forma como se implementa o programa. Quando o programa é interiorizado na empresa ou instituição, o surgimento de uma nova mentalidade entre os funcionários pode levar a ganhos adicionais ano a ano. A tendência ascendente das curvas também poderia ser explicada pela incorporação de novas tecnologias.

Nelson K. E. (1990), da Dow Química, Louisiana, apresenta algumas sugestivas idéias para se evitar resíduos: uso de esguichos para se reduzir as perdas de água na lavagem de equipamentos; verificação da própria necessidade de lavagem, e sua freqüência; aumento da pressão e redução da vazão; varrição de material inerte depositado em pátios de estacionamento, para se reduzir a geração de lodos contaminados em

estações de separação de óleo; varrição antes da lavagem de pisos. Estas são algumas considerações que podem ser feitas com relação ao gasto de água com lavagem de áreas e equipamentos.

Na indústria metal-mecânica, o tratamento das superfícies antes da pintura é um dos pontos mais importantes da geração de efluentes líquidos. Uma das fontes identificadas é a perda de compostos na sequência de banhos (ver Figura 3.8).

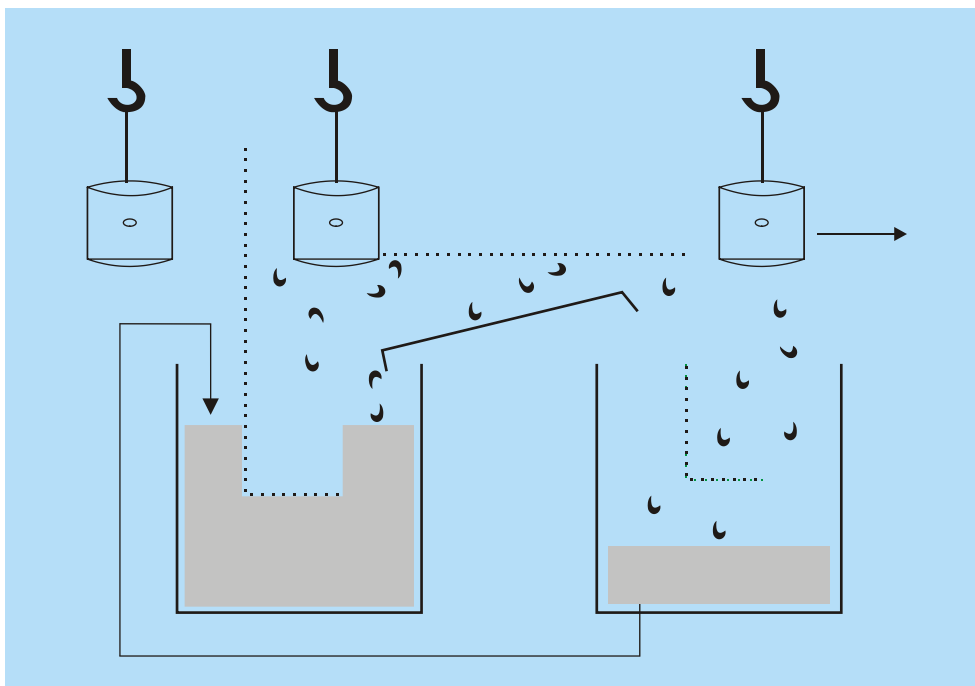
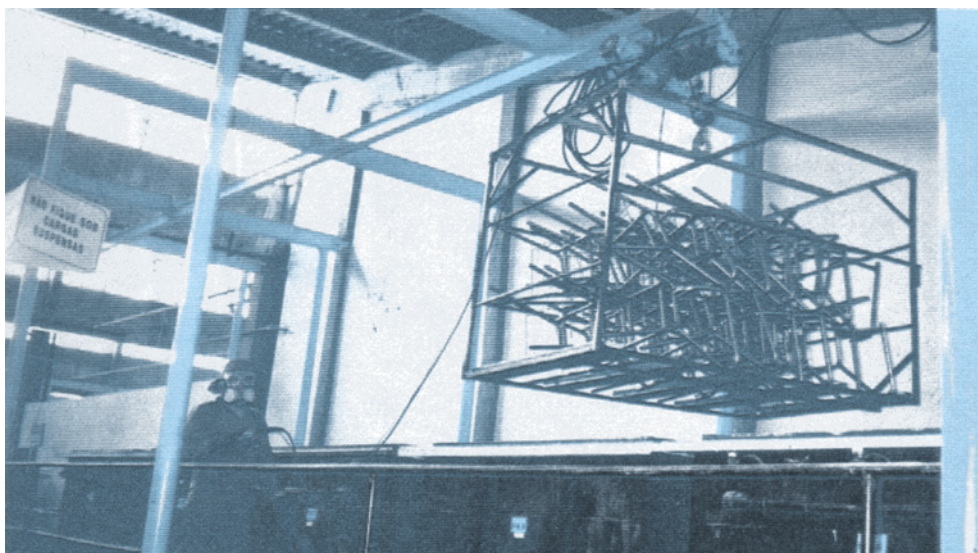


FIGURA 3.8 – MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS NA INDÚSTRIA DE TRATAMENTO DE METAIS (LAGREGA, 1994)

Observe a imagem seguinte. Temos aqui um exemplo de processo ineficiente, em que uma solução simples como a apresentada anteriormente evitaria perdas.



Fonte: UFBA/TECLIM.

FIGURA 3.9 – GAIOLA TRANSPORTANDO PEÇAS METÁLICAS PARA O TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES

Em vez de, apenas, se tratar o efluente gerado, a colocação de canaletas invertidas entre os tanques de produtos evita perdas dos compostos de tratamento e reduz a carga para o tratamento.

No controle na fonte deve se dar principal atenção à redução de toxicidade dos resíduos. O Instituto para a Redução do Uso de Compostos Tóxicos (TURI), da Universidade de Massachusetts, em Lowell (<http://turi.uml.edu>), vem desenvolvendo estudos nas áreas de solventes alternativos, novos métodos para limpeza de superfícies e métodos alternativos para tratamento de metais, entre outras atividades. Esse estado americano instituiu umas das mais avançadas legislações de combate ao uso de substâncias tóxicas, incluindo a criação do próprio TURI. A minimização do uso dessas substâncias é um conceito considerado sinônimo de Prevenção da Poluição.

Questão para reflexão:

- Visite a página do TURI e identifique idéias interessantes para seu negócio.

Convém também conhecer o inventário de lançamentos tóxicos, TRI (Toxic Release Inventory), do governo federal americano. Trata-se de um extenso banco de dados, regularmente atualizado, sobre o uso e emissão de substâncias tóxicas nos EUA. As informações estão à disposição do público em geral através da Internet e de bibliotecas públicas (<http://www.epa.gov/opptintr/tri/index.html>). Criado com base no Ato sobre Planejamento de Emergências e o Direito a Saber da Comunidade, de 1986, o TRI concentra as informações sobre substâncias tóxicas manipuladas por todas as empresas e organizações do país, com mais de 10 empregados, que produzem mais de 11 toneladas dos aproximadamente 600 produtos químicos designados, ou usam mais de 4,5 toneladas desses produtos.

O mapeamento da toxicidade dos efluentes líquidos de uma indústria permite a identificação de prioridades para a minimização desta na fonte. Técnicas de biomonitoramento das correntes de efluentes podem ser utilizadas para tanto. A idéia consiste em se identificar em que pontos do processo são liberadas substâncias que conferem toxicidade significativa ao efluente da indústria, para que essas fontes sejam atacadas prioritariamente.

RECICLAGEM INTERNA E EXTERNA

Esgotadas as idéias para redução na fonte, passa-se a pensar no reuso e reciclagem de resíduos gerados. Normalmente, se define reuso como sendo o aproveitamento de um resíduo ou efluente diretamente em um outro processo, sem que para isso haja necessidade de promover qualquer adequação das suas características. Já reciclagem seria o aproveitamento do resíduo a partir de uma modificação das suas características para atender aos requisitos de um outro processo.

A ênfase aqui é para o reuso e reciclagem de forma a se aproveitar o maior valor agregado a uma corrente residual. Normalmente é mais proveitoso se esgotar as alternativas de reuso-reciclagem internas ao processo antes de se pensar em alternativas externas.

Ao se abordar a questão da reciclagem externa cria-se uma ponte com os conceitos de projeto para o meio ambiente e projeto para reciclagem, que serão abordados posteriormente neste módulo. Discute-se aqui a questão do aproveitamento de parte ou

a totalidade dos componentes de um produto final após sua utilização pelo consumidor. Graedel e Allenby (1995) apresentam, na Figura 3.10, uma forma interessante de hierarquizar alternativas de reciclagem.

Observe que se propõe o aproveitamento de conjuntos de partes agregadas de forma a se recuperar o maior valor possível. Quanto maior o valor do conjunto reaproveitado, maior a recuperação de recursos naturais. Na reinserção, por exemplo, da estrutura de um banco de automóvel completo, num automóvel novo, está implícita uma recuperação de energia e materiais muito maior do que a simples reciclagem dos metais e plásticos que compõem esta peça.

No topo desse esforço situa-se a própria extensão do tempo de vida do produto em si. A simples consideração dessa possibilidade provoca no leitor uma reação:

Mas isto não é contrário aos próprios interesses do fabricante???

Alguns indícios, que podem apontar para a quebra desta lógica, começam a surgir. A Resolução CONAMA 258, de 1999, regulamenta a reciclagem de pneus e coloca sob responsabilidade dos fabricantes, a partir de 2005, a retirada do mercado de cinco pneus usados para cada quatro produzidos.

Esse tipo de legislação, enquadrada entre as denominadas de “Responsabilidade Estendida aos Produtos”, poderá tornar interessante o aumento da vida útil dos pneus, como medida de economia para o setor como um todo. Claro que para se obter esses resultados, é preciso um esforço muito maior do que apenas o realizado na fabricação dos pneus, na pesquisa e desenvolvimento do produto. Isso também implica num processo de educação do consumidor para o uso do produto (não rodar com pneus fora da pressão ideal...), e no compromisso do estado em manter as vias em boas condições de trânsito. Longe da realidade atual, sem dúvida, mas vale a pena começar a se “antenas” com a proposta de um futuro melhor.

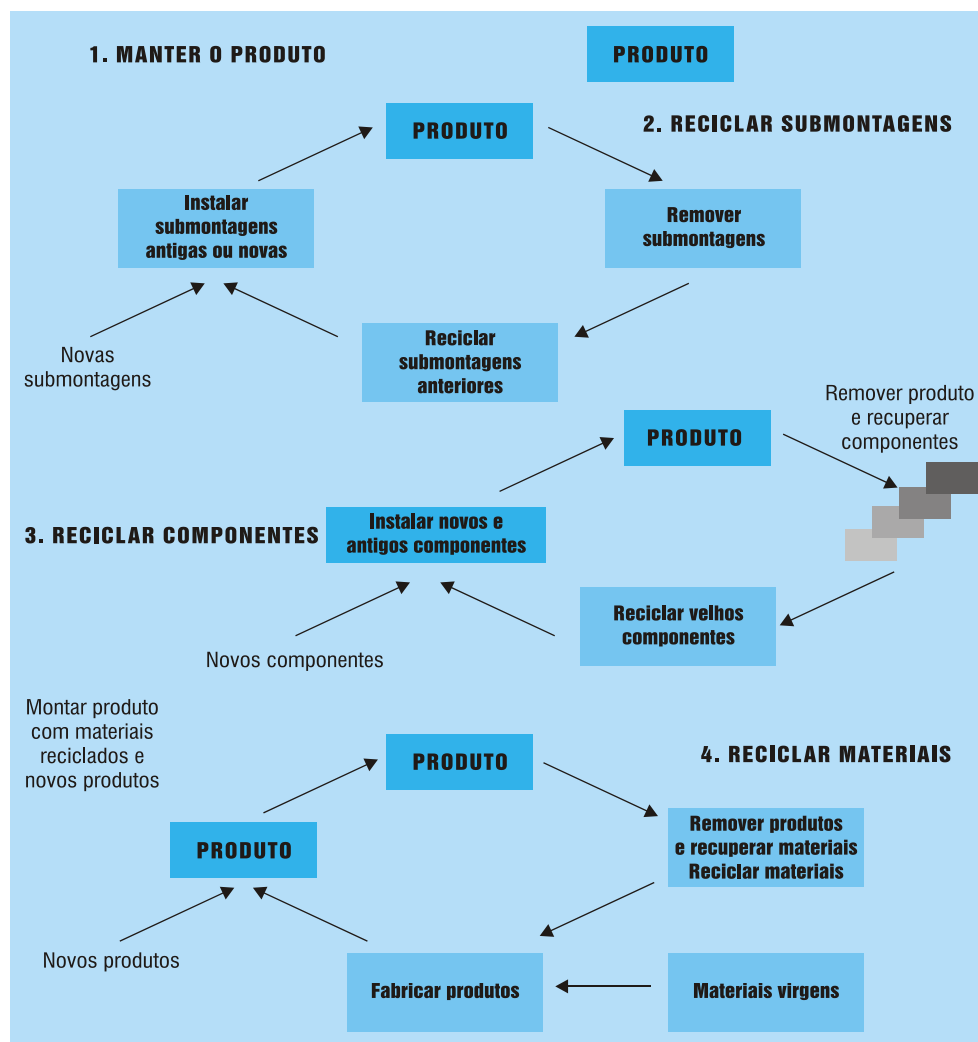


FIGURA 3.10 – HIERARQUIA DE PREFERÊNCIAS PARA RECICLAGEM (GRAEDEL E ALLENBY, 1995)

É bom salientar que vários autores apresentam de maneiras diferentes os assuntos discutidos neste capítulo.

Shen (1995) sugere algumas medidas práticas para a minimização dos resíduos nos processos produtivos:

- identificar melhorias nos sistemas de limpeza, considerando:
- uso de água em vez de solventes orgânicos;
- utilização de revestimentos mais resistentes que permitam o uso de maior pressão de lavagem e conseqüentemente menores vazões de água;
- uso de revestimentos não aderentes;
- separação e recirculação d'água;
- reuso d'água;
- segregar correntes de emissões.

Lembre-se que:

Uma gota de poluente numa solução pura cria um recipiente inteiro de poluição.

A separação de resíduos de não-resíduos reduz a quantidade de resíduos a ser manipulada. Ao se misturar emissões de processos diferentes reduz-se a possibilidade para o seu reaproveitamento, pela geração de novas misturas e até pela criação de novos compostos, diferentes das matérias-primas utilizadas e produtos gerados.

As diferenças entre as propriedades físicas e químicas dos diversos materiais originais devem ser aproveitadas para facilitar os processos de separação e retorno à produção. Essas diferenças se perdem ao misturá-los nas correntes de resíduos.

É muito comum, na indústria, a existência de redes de drenagem únicas e sem cadastro ou cadastros inexatos. É comum, ainda mesmo que após o cadastramento, que as informações estejam incorretas. Isso dificulta a segregação das correntes de efluentes.

Cabe também se considerar a segregação de poeiras provenientes dos filtros de sistemas de remoção de material particulado instalados para reduzir a poluição atmosférica.

Um exemplo clássico de efeitos negativos, ambientais e econômicos, da não segregação de resíduos é a do lixo dos serviços de saúde. A não-segregação dos resíduos

infecciosos e perfurocortantes dos resíduos convencionais (administrativo, refeitórios, etc.) obriga a manipulação de todos os resíduos, na coleta e transporte, com medidas e custos relacionados aos de resíduos perigosos para preservar a saúde dos trabalhadores envolvidos nessas atividades.

Graedel e Allenby (1995) apontam para algumas práticas interessantes para minimizar perdas materiais e energéticas e facilitar a reciclagem de materiais. Este assunto é também lembrado no Capítulo 6 – Ecologia Industrial e Projeto para o Meio Ambiente:

- minimizar o número de componentes e materiais diferentes nos produtos a serem reciclados;
- evitar usar compostos tóxicos e, quando isso não é possível, facilitar sua identificação e remoção;
- evitar montar peças de materiais diferentes de forma que sua separação seja difícil.

Outras práticas a serem consideradas:

- para a reciclagem de alguns materiais: quando não é possível reduzir o volume ou a toxicidade de um resíduo pode-se procurar seu reaproveitamento. Em geral, quanto mais próximo do processo que o gerou, maior o valor do resíduo. No caso de resíduos perigosos, esta regra também reduz riscos de acidentes;
- para o reuso d'água: a água, saindo como efluente de um determinado processo pode ser diretamente usada em outros processos que requeiram menor nível de qualidade da água, desde que os contaminantes não interfiram no processo ou, até mesmo, possam se incorporar ao produto. Isso reduz tanto a quantidade de água utilizada como a vazão de efluentes líquidos, podendo ou não alterar a carga final do poluente na saída para tratamento final;
- para regeneração e reuso: o efluente de um processo pode ser tratado parcialmente para atender às exigências de um outro processo. Esta regeneração pode ser específica para a remoção daqueles poluentes que impedem seu reuso. Nesse caso, pode-se conseguir melhores relações custo-benefício do que se tratando todos os efluentes ou removendo todos

os contaminantes neles inseridos. Em alguns casos, efluentes podem ser tratados de forma que possam ser reaproveitados no mesmo processo (regeneração e reciclagem).

A recuperação de solventes para reuso é uma prática comum na indústria que deve ser estendida. O uso de solventes em cascata reduz a quantidade de solvente utilizada.

Óleos contaminados podem ser usados em funções menos exigentes ou ser regenerados e reusados, ou reciclados. Em determinadas circunstâncias, óleos contaminados podem ser misturados com óleo combustível para queima em caldeiras. Isso requer um cuidado especial, para evitar o lançamento de compostos tóxicos na atmosfera. A depender da técnica utilizada para a remoção de óleo de efluentes aquosos pode-se conseguir maiores reaproveitamentos. LaGrega et al., 1995, cita um caso em que o uso de ultrafiltração levou a um acréscimo de 40% na recuperação de óleo com relação à remoção por flotação com ar dissolvido, anteriormente utilizada.

As bolsas de resíduos também promovem grandes oportunidades. Elas visam colocar à disposição de terceiros resíduos da indústria. Entre as informações necessárias para a comercialização de resíduos deve-se incluir: identificação da companhia (nome ou código), tipo de resíduo (ácido inorgânico, solvente orgânico, etc.), compostos principais, contaminantes, estado físico, quantidade, área geográfica, embalagem, etc.

O site do CEMPRE (Compromisso Empresarial para Reciclagem) merece uma consulta: (<http://www.cempre.org.br/index2.htm>). Nele se encontram casos interessantes, como o do papel de escritório e o óleo lubrificante usado, entre outros.

EMBALAGENS E TRANSPORTE

Um outro aspecto que podemos chamar atenção para a necessidade de considerar de maneira transversal, na aplicação de técnicas de redução da poluição num processo produtivo, é o relacionado com embalagens e transporte. Avaliações recentes mostram que atualmente mais de 30% do material coletado pelos serviços de limpeza nos países desenvolvidos são resíduos de embalagens (Graedel e Allenby, 1995).

Quarenta por cento das embalagens utilizadas nos EUA são utilizadas para transferir produtos entre corporações. Este dado permite racionalizar as negociações, visando à redução do impacto das embalagens.

O programa “Anjo Azul” da Alemanha requer que as embalagens sejam totalmente recicláveis, tenham o máximo de componentes reciclados, não contenham compostos tóxicos (ex.: metais nas tintas) e não sejam branqueadas, no caso do papel.

Algumas sugestões de prioridades no que se refere às embalagens (Graedel e Allenby, 1995):

1. Não usar embalagens;
2. Usar o mínimo de embalagens;
3. Usar embalagens consumíveis, retornáveis, que possam ser reenchidas ou reutilizadas;
4. Usar embalagens recicláveis.

FECHAMENTO

As técnicas propostas neste capítulo de redução da poluição são utilizadas nos diversos programas, cujo princípio é o de prevenir.

É bom lembrar, nesse momento, o que não é Prevenção da Poluição:

- tratamento de resíduos;
- concentração de componentes nocivos ou tóxicos para diminuir volume;
- diluição de componentes para reduzir nocividade ou toxicidade;
- transferência de componentes nocivos ou tóxicos de um ambiente para outro.

Discutimos com você diversas técnicas e apresentamos exemplos de cada uma delas, com a finalidade de fazer com que você perceba a necessidade de parar para repensar produtos e processos, enxergando oportunidades de melhoria. Tente priorizar as medidas que visem à redução na fonte geradora de problema, pois estas, com certeza, vão contribuir de maneira mais eficaz para uma produção mais limpa.

Temos a certeza de que com o seu conhecimento do processo produtivo, e das técnicas de Prevenção da Poluição que você deve ter absorvido neste capítulo, aliado aos de seus colegas de trabalho, você terá condições de assumir o papel de agente de transformação, propondo e implementando muitas ações que irão se constituir em experiências bem-sucedidas de Prevenção da Poluição e que poderão ser compartilhadas com outras empresas. Sua motivação e seu comprometimento com a melhoria da qualidade ambiental vão fazer diferença onde quer que você esteja!

No próximo capítulo, apresentaremos uma metodologia de gestão ambiental amplamente usada e de eficácia comprovada para implantar um programa de Prevenção da Poluição num processo produtivo.