

**A SUSTENTABILIDADE INTEGRADA DOS PROCESSOS DE
COPROCESSAMENTO, CERAMIZAÇÃO E INCINERAÇÃO
DE RESÍDUOS SÓLIDOS PERANTE A LEGISLAÇÃO.**

ABRAHAM ZAKON

Prof. Adjunto, Eng. Químico, Dr. Eng.

Escola de Química,

Centro de Tecnologia

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Setembro de 2001

**OBJETIVOS
DA
PRESENTE CONTRIBUIÇÃO TÉCNICA**

1º – CIRCUNSTANCIAR O TEMA DOS RESÍDUOS INSERVÍVEIS E PERIGOSOS

2º – AMPLIAR A BASE DE FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS DISPONÍVEIS

3º – DESTACAR A IMPORTÂNCIA E VANTAGENS DOS SISTEMAS DE :

A - COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS PERIGOSOS;

B - INCINERAÇÃO DE LIXOS; E

C - CERAMIZAÇÃO DAS CINZAS RESULTANTES.

ASPECTOS IMPORTANTES:

- * AMPLIAR A ATUAL CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS
- * DESTACAR A PERICULOSIDADE DOS ATERROS
- * O CO-PROCESSAMENTO É UMA SOLUÇÃO SEGURA PARA VÁRIOS RESÍDUOS PERIGOSOS

A DESTRUIÇÃO TÉRMICA DE RESÍDUOS

Os processos de destruição térmica dos resíduos indesejáveis tem sido empregados pelos povos desde a Antiguidade. O fogo tornou-se atraente e sua adoção foi inevitável em tentativas para debelar focos de epidemias, cremar restos animais e vegetais, e excitou a imaginação exotérica que influencia muitas pessoas pouco esclarecidas. A ação purificadora do fogo gerou um misticismo em torno da sua existência onde existisse a presença humana primitiva. O fogo, mesmo operado de forma empírica ou rústica, possibilitou o desenvolvimento e acúmulo de capacitações e conhecimentos tecnológicos notáveis que foram utilizados em indústrias cerâmicas, de vidros e metalúrgicas e de cimentos Portland.

A geração de fumaças ou fumos tóxicos decorrentes da queima indiscriminada de resíduos sólidos diversos e florestas, plantações, depósitos de carvão, turfas, petróleo e alcatrões, associada com os lançamentos das emanções vulcânicas no meio ambiente criou uma imagem secular de poluição. Os processos de calefação de edificações e a incineração de lixo em grandes cidades, sem tratamento dos gases emanados nas chaminés, resultaram em grandes desconfortos e doenças respiratórias. Esse quadro produziu o temor da adoção de processos de destruição térmica – mesmo controlada – em países com diferentes níveis de desenvolvimento cultural, econômico e tecnológico.

Paralelamente, ocorreu uma evolução apreciável de processos termoquímicos industriais e o desenvolvimento de sistemas de tratamento de gases de exaustão e efluentes diversos, inclusive para veículos automotores. Porém, certas ações e palavras ainda geram temores e resistências perante a opinião pública (é o caso da “incineração de lixo”) e informações distorcidas mesmo entre servidores públicos (- “A lei proíbe incinerar lixo”). Tornou-se necessário vencer o desafio de esclarecer os pontos obscuros e inverter expectativas negativas em positivas no trato das questões de gerenciamento e destinação final de resíduos sólidos e emanções fluidas.

O serviço de coleta e destinação do lixo urbano, efetuado pelo poder público e custeado por taxas e impostos, ainda é visto apenas como despesa, e não como uma atividade industrial química ou empresarial capaz de gerar receitas (ou lucros). A mudança desse modo de pensar permitiria enquadrar essa atividade como uma indústria de processos químicos, com diversas aplicações para os produtos do beneficiamento dos lixos coletados, o que atrairia interesses empresariais. Com isso, seriam agregados às receitas ou lucros os benefícios sociais decorrentes de qualquer empreendimento industrial.

É possível integrar e aplicar as metodologias de tratamento e reciclagem dos resíduos sólidos e dos efluentes líquidos e gasosos industriais sobre os seus similares municipais para evitar agressões ambientais e gerar novas atividades econômicas e fontes de recursos – em termos de sustentabilidade coletiva. É possível conceber processos associados de coleta seletiva e incineração de resíduos sólidos municipais com a ceramização das cinzas produzidas (para produzir artefatos ou insumos industriais) ou para destinar-se ao coprocessamento em fornos de cimento

Portland, solução esta adequada e segura para muitos resíduos sólidos industriais perigosos. Embora persista a existência de inúmeros resíduos sólidos na categoria de “perigosos”, é necessário abordá-los e tratá-los inicialmente como “indesejáveis”, partindo-se dos princípios de que “podem apresentar ainda algum potencial de aproveitamento econômico” e que “é necessário evitar qualquer forma de agressão ao ambiente” no caso de lançamento em aterros ou similares. Como consequência, é necessário implementar recursos legais que permitam a flexibilização da análise conceitual dos resíduos em função da disponibilidade de recursos técnicos para um tratamento sustentável e uma destinação final segura. O mesmo se aplica para “efluentes fluidos” e análogos.

Uma avaliação de maior confiabilidade e menor risco para as soluções dos problemas da destinação de resíduos sólidos e efluentes fluidos perigosos pode ser efetuada com a participação indispensável de profissionais da Química, Geociências, Biociências e Engenheiros.

A IMPORTÂNCIA DE UMA LEGISLAÇÃO AMPLA PARA RESÍDUOS SÓLIDOS E EFLUENTES FLUIDOS

- AS POPULAÇÕES DE MAIOR CRESCIMENTO DEMOGRÁFICO SOBREVIVEM EM LOCAIS ONDE NÃO HÁ COLETA E PROCESSAMENTO REGULAR DE LIXO.
- BUSCAM-SE ÁREAS PARA VAZADOUROS OU ATERROS SANITÁRIOS.
- COSTUMA-SE USAR RIOS, CANAIS E LAGOAS COMO ESCOADOUROS DE LIXO.
- FALTAM ESTRUTURAS MUNICIPAIS PARA PROVER A DESTINAÇÃO CORRETA.
- TORNA NECESSÁRIO BUSCAR SOLUÇÕES VIÁVEIS (TÉCNICAS E ECONOMICAS).

MÉTODOS DE PROCESSAMENTO CONTROLADO

PARA LIXOS E RESÍDUOS SÓLIDOS

USADOS NO BRASIL:

- A COLETA SELETIVA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS (NÃO-PERIGOSOS ?),
- COMPOSTAGEM,
- INCINERAÇÃO PARA LIXOS AEROPORTUÁRIOS E HOSPITALARES (PERIGOSOS),
- PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE GÁS DO LIXO E DE LODO DE ESGOTOS,
- ATERROS CONTROLADO E SANITÁRIO,
- COPROCESSAMENTO.

HÁBITOS E PRECONCEITOS

NA DESTINAÇÃO DE

RESÍDUOS INDESEJÁVEIS E PERIGOSOS

- “ JOGA O LIXO FORA DAQUI!... “
- “ (JOGA EM QUALQUER LUGAR QUE NINGUÉM VEJA OU RECLAME)”.
- “A LEI PROIBE INCINERAR LIXO”.
- “A COLETA E DESTINAÇÃO DO LIXO É SÓ DESPESA!”
- “QUALQUER PRODUTO QUÍMICO É PERIGOSO”.
- “A GENTE NÃO DEVE PERDER TEMPO COM LIXO”.
- “OS RESÍDUOS INDUSTRIAIS SÃO (TODOS) PERIGOSOS”.
- “QUEM É QUE VAI QUERER O NOSSO REJEITO ? JOGA FORA!”
- “QUEIMA TUDO!”

CLASSIFICAÇÃO INTEGRADA DE LIXOS, RESÍDUOS SÓLIDOS E EFLUENTES FLUIDOS

- 1. RESÍDUOS URBANOS**
- 2. REJEITOS INDUSTRIAIS**
- 3. MATERIAIS PATOLÓGICOS, DEGENERATIVOS OU SOB SUSPEITA**
- 4. REJEITOS RURAIS**
- 5. OBJETOS SIGILOSOS E SIMILARES**

1. RESÍDUOS URBANOS

- DOMICILIARES OU DOMÉSTICOS;
- COMERCIAIS
 - HOTÉIS, RESTAURANTES, ESCRITÓRIOS;
 - LOJAS E CENTROS COMERCIAIS (“SHOPPINGS”);
 - SUPERMERCADOS E ARMAZÉNS.
- PÚBLICOS – LIXOS, DETRITOS, ENTULHOS DE OBRAS E CATÁSTROFES.

***MUITOS RESÍDUOS SÃO COMBUSTÍVEIS OU PIROLISÁVEIS E
PODEM SER INCINERADOS, GERAR ENERGIA TÉRMICA E ELÉTRICA,
E AS CINZAS RESULTANTES PODEM SER APROVEITADAS.***

***OUTROS NÃO PODEM SER QUEIMADOS;
MAS PODEM SER RECICLADOS.***

2. REJEITOS INDUSTRIAIS

2.1 - ADMINISTRATIVOS

2.2 - REJEITOS FABRIS SÓLIDOS

- APARAS DE FABRICAÇÃO E EMBALAGENS INUTILIZADAS,
- REJEITOS E RESÍDUOS DE PROCESSAMENTO.

2.3 - EFLUENTES FLUIDOS E SIMILARES

- LODOS E LAMAS DE TRATAMENTOS QUÍMICOS;
- LÍXÍVIAS, SOLUÇÕES, ÁGUAS, ESGOTOS;
- GASES DE EXAUSTÃO.

2.4 - MINERAIS

- DA EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO,
- DA RECUPERAÇÃO DE SOLOS E ÁREAS CONTAMINADAS

A RECICLAGEM DE REJEITOS JÁ É PRATICADA.

MAS MUITOS REJEITOS E EFLUENTES FLUIDOS SÃO PERIGOSOS,

***ALGUNS PODEM SER COMBUSTÍVEIS OU PIROLISÁVEIS;
OU SERVIR DE INSUMO PARA INDÚSTRIAS QUÍMICAS.***

***VÁRIOS REJEITOS INSERVÍVEIS OU PERIGOSOS
PODEM SER COPROCESSADOS
EM INDÚSTRIAS DE CIMENTO.***

3. MATERIAIS PATOLÓGICOS, DEGENERATIVOS OU SOB SUSPEITA

3.1 - SERVIÇOS DE SAÚDE

- HOSPITALARES - - CURATIVOS, ROUPAS DESCARTÁVEIS,
RESTOS DE CIRURGIAS E AUTÓPSIAS,
SERINGAS, BANDAGENS,
RESTOS DE GESSO E OUTROS.

- FARMOQUÍMICOS: - DE BIOTÉRIOS E NECROTÉRIOS

3.2 – ALIMENTÍCIOS - DE CONSUMO LOCAL E EM TRÂNSITO

3.3 – EXPLOSIVOS (MAIS LÍQUIDOS E GASES COMBUSTÍVEIS)

3.4 – RADIOATIVOS - INSTRUMENTOS E APARELHOS,
- REATORES E USINAS NUCLEARES, E
- EQUIPAMENTOS MÉDICOS.

3.5 – CORROSIVOS E TÓXICOS - DE VARIEDADE INFINITA;

3.5 – SANEAMENTO

- DO TRATAMENTO DE ESGOTOS - LODOS E OBJETOS RECOLHIDOS

- GASES COMBUSTÍVEIS E/OU TÓXICOS

3.6 - SERVIÇOS DE TRANSPORTE E ESTAÇÕES

- VEÍCULOS: - RODOVIÁRIOS, FERROVIÁRIOS,
- FLUVIAIS, MARÍTIMOS
- AEROESPACIAIS;

- EDIFICAÇÕES: - PORTOS MARÍTIMOS E FLUVIAIS;
- AEROPORTOS E SIMILARES;
- TERMINAIS RODO/FERROVIÁRIOS;
- POSTOS DE FRONTEIRA .

OS REJEITOS RADIOATIVOS AINDA SÃO INDESTRUTÍVEIS.

OS MATERIAIS QUE EXIGEM DESTRUÇÃO

PODEM SER INCINERADOS OU COPROCESSADOS.

4. RURAIS

- DA ATIVIDADE AGROSILVOPASTORIL,
- RESÍDUOS DOS INSUMOS CONSUMIDOS.

5. SIGILOSOS E SIMILARES

- CONFIDENCIAIS - MILITARES, EMPRESARIAIS, GOVERNAMENTAIS.
- DE VALOR - PAPEL MOEDA, TALONÁRIOS, SELOS POSTAIS.
- TÓXICOS
- PROCEDÊNCIA DESCONHECIDA
- DIVULGAÇÃO DESCONCERTANTE.

***OS TRATAMENTOS OU DESTINAÇÕES
PARA OS RESÍDUOS ACIMA DESCRITOS
PODEM SER
OS MESMOS APLICADOS AOS
REJEITOS INDUSTRIAIS E
MATERIAIS PATOLÓGICOS, DEGENERATIVOS OU SOB SUSPEITA.***

**PRODUTOS TECNOLÓGICOS PREOCUPANTES
OU
GERADORES DE RESÍDUOS PERIGOSOS DE LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA**

(Ribeiro, 2000; Vasconcellos, 2000; Kapaz, 2001)

<i>PRODUTOS</i>	<i>VARIEDADES GERADORAS DE RESÍDUOS</i>
I - ACUMULADORES DE ENERGIA	PILHAS, BATERIAS E ASSEMELHADOS
II - LÂMPADAS	FLUORESCENTES, DE VAPOR DE MERCÚRIO OU SÓDIO E LUZ MISTA
III - PNEUMÁTICOS INSERVÍVEIS	SEM E COM TELA DE AÇO NA MATRIZ DE BORRACHA
IV - AEROSSÓIS	
V – À BASE DE BIFENILAS POLICLORADAS (PCB's)	
VI - EMBALAGENS	POLÍMEROS (PLÁSTICOS, BORRACHAS), FIBROSOS (NATURAIS E SINTÉTICOS), COMPÓSITOS (POLÍMEROS REVESTIDOS OU INCORPORADOS COM METAIS, TINTAS E CARGAS INORGÂNICOS
VII - ELETRO-ELETRÔNICOS,	ELETRODOMÉSTICOS, MOTORES, CIRCUITOS IMPRESSOS, COMPONENTES DIVERSOS
VIII – ENTULHOS DE OBRAS	DUTOS, TELHAS, DIVISÓRIAS METÁLICAS E POLIMÉRICOS
IX - MEDICAMENTOS IMPRÓPRIOS	

RESÍDUO INDUSTRIAL

é todo material

*resultante de um processo produtivo, cujo gerador rejeita,
pretende rejeitar ou é solicitado a rejeitar.*

Segundo a ABNT, os resíduos industriais são classificados em três categorias :

Classe I - Resíduos perigosos

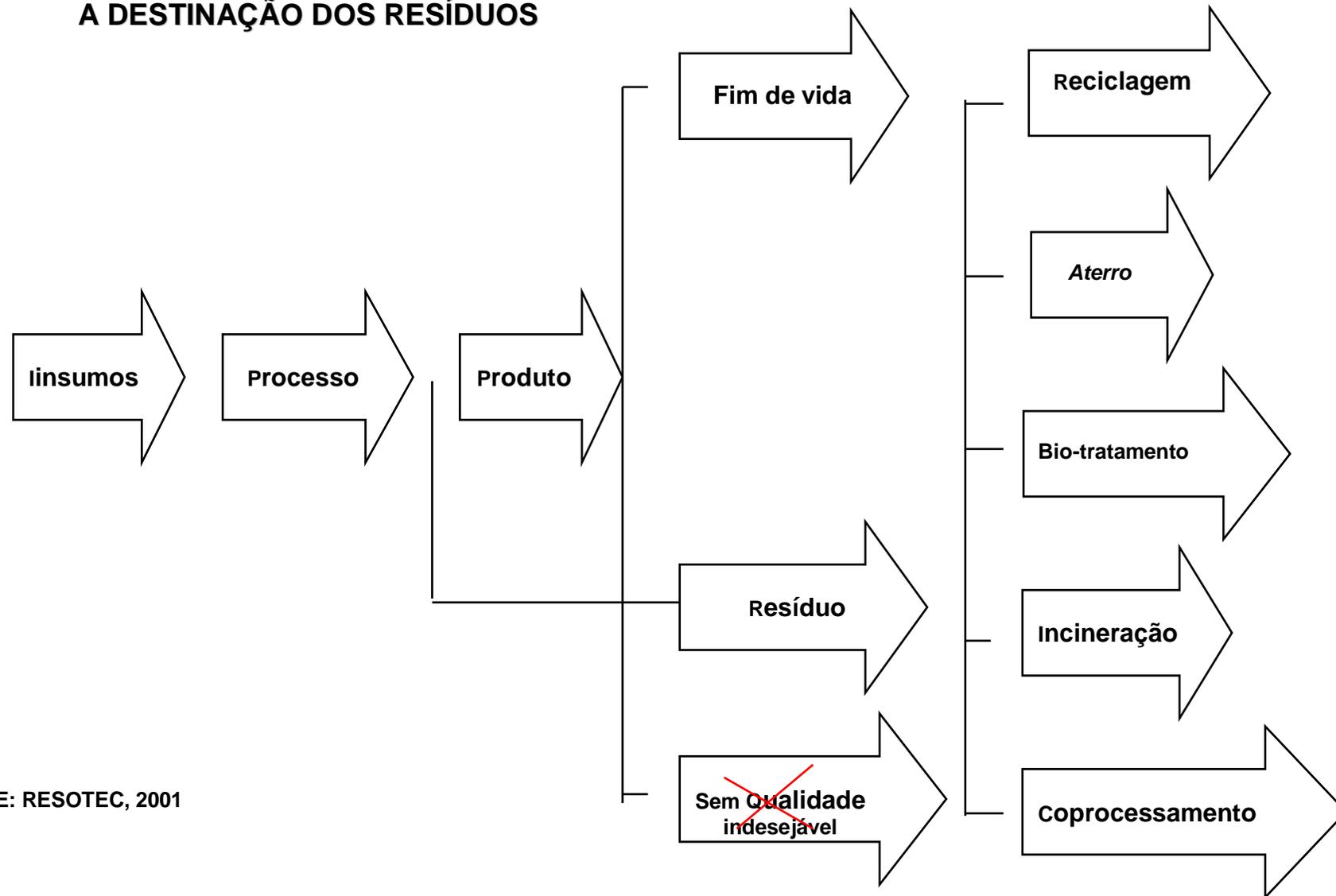
Classe II - Resíduos (não perigosos e) não inertes

Classe III - Resíduos inertes

Segundo Filho, Fernandes, Lima, Dutra, Ramos (1998), a Norma da ABNT para resíduos sólidos NBR 10.004 classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que esses resíduos possam ter manuseio e destinação adequados e eles advertem que os resíduos radioativos não são objeto dessa norma, pois são de competência exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear.

Entende-se aqui ser a palavra “inerte” inadequada para compor uma norma da importância em tela, pois, exceto os gases nobres ou raros – admitidos pelos químicos e físicos como “verdadeiramente inertes” – as demais substâncias podem ser denominadas de “estáveis” em determinadas condições, circunstâncias ou intervalos de existência (natural ou sintética, a saber, mineral, vegetal, animal ou composta). Caso essas condições sejam modificadas, a substância pode perder sua estabilidade química e tornar-se reativa. Assim, cabe a todos revisar os termos das normas existentes para torná-las melhores, apesar da sua importância reconhecida.

A DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS



FONTE: RESOTEC, 2001

Nota de A. Zakon: a técnica do “encapsulamento” também é empregada e constitui uma linha de pesquisas da UFRJ-USP com intercâmbio externo.

A PERICULOSIDADE DE RESÍDUOS

Segundo Filho, Fernandes, Lima, Dutra, Ramos (1998) – de um modo geral, “**resíduos sólidos são todo tipo de resto ou sobra de material sólido de qualquer espécie tornado descartável ou sem utilidade após sua utilização anterior, podendo, contudo, ser reciclado para posterior reutilização. De acordo com sua espécie ou origem, podem ser classificados como: residencial, doméstico, comercial, industrial, hospitalar, especial ou outros**”. Esses autores também admitem que “os **resíduos sólidos industriais são aqueles resultantes das atividades industriais diretas, constituindo os rejeitos dos processos de transformação**”.

Para aqueles autores, a Norma da ABNT para resíduos sólidos NBR 10.004 admite que estes sejam “**resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultaram de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviço e de varrição**” e ficam incluídos nesta definição “os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

A **periculosidade** tornou-se aceita como uma *característica apresentada por um resíduo, que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infecto-contagiosas, pode apresentar: (a) risco à saúde pública, provocando ou acentuando, de forma significativa um aumento de mortalidade ou incidência de doenças, e/ou; (b) riscos ao meio ambiente, quando o resíduo é manuseado ou destinado de forma inadequada* (Filho, Fernandes, Lima, Dutra, Ramos, 1998).

A periculosidade pode ser expressa através da toxicidade (pelas determinações de doses e concentrações letais das substâncias para alguns seres vivos), ou ainda, em função da inflamabilidade, corrosividade, patogenicidade e reatividade (anormal ou perigosa).

TOXIDEZ E PATOGENICIDADE

A toxidez é a capacidade que uma substância apresenta para matar um animal e uma substância tóxica é aquela que é nociva ao organismo e que produz alterações físicas e/ou psíquicas diversas, podendo causar sérias modificações de comportamento além de, comumente, gerar dependência (Ferreira, 1999). A toxidez ou toxicidade de um resíduo é caracterizada ou determinada em função dos parâmetros DL50 (oral, ratos) - que é a dose letal oral em ratos para 50% da população testada, quando administrados por via oral; CL50 – que é a concentração letal de uma substância que, quando administrada por via respiratória, acarreta a morte de 50% da população exposta; e DL50 (dérmica, coelhos) – que é a dose letal para 50% da população de coelhos testado, quando administrados em contato com a pele. A toxicidade também é caracterizada quando o extrato obtido pela lixiviação da amostra contiver qualquer um dos contaminantes em concentrações superiores aos valores constantes da listagem no 7 – Anexo G da norma NBR 10.004 ou possuir uma ou mais substâncias constantes da listagem no 4 – Anexo D, ou estiver constituída por restos de embalagens contaminadas com substâncias da listagem nº 5 – Anexo E, com códigos de identificação de P001 a P123, ou ainda apresentar resíduos de derramamento ou produtos fora de especificação de qualquer substância relacionadas na mesma norma em tela (Filho, Fernandes, Lima, Dutra, Ramos, 1998).

A patogenicidade (caráter patogênico) de um resíduo será caracterizada se uma amostra representativa dele – pela norma NBR 10.007 Amostragem de Resíduos – **contiver microorganismo ou suas toxinas forem capazes de produzir doenças**, excluídos daqui os resíduos sólidos domiciliares e aqueles gerados nas estações de tratamento de esgotos domésticos (Filho, Fernandes, Lima, Dutra, Ramos, 1998).

FOGO, QUEIMAS, INFLAMABILIDADE E EXPLOSIVIDADE

O fogo é um dos fenômenos da Natureza que impressiona a espécie humana e constitui uma das molas mestras dos avanços tecnológicos. Os termoprocessamentos e a geração de vapor d'água industrial dependem do domínio ou conhecimento prévio dos processos de combustão completa e incompleta dos combustíveis sólidos e fluidos, os quais podem gerar **produtos combustíveis inorgânicos** (monóxido de carbono, CO, e hidrogênio gasoso, H₂) ou **orgânicos** (metano, CH₄), **gases quentes para secar** sólidos naturais ou sintéticos e, ainda, **dióxido de carbono**, CO₂, **para extintores de incêndio**. **O fenômeno da combustão pode ser definido como sendo uma reação química violenta, com produção de luz e calor**. Não sendo uma reação química, não produzindo luz nem calor, não é combustão (Ferreira, 1982).

Uma queima pode se processar em presença ou ausência de fogo, podendo produzir efeitos químicos (reações de oxidação-redução, desprendimento de fases voláteis e efeitos de fusão parcial (sinterização) ou total (derretimento ou liquefação por aquecimento). Assim, **uma combustão é uma forma de queima de substâncias**, mas a recíproca não é verdadeira, pois é comum em indústrias cerâmicas se dizer que uma peça de argila seca "será queimada num forno... elétrico" (Zakon, 1990).

Uma combustão caracteriza-se, freqüentemente, pelo envolvimento ou surgimento dos componentes e dos fenômenos indicados nas tabelas seguintes:

COMPONENTES POSSÍVEIS DE UMA COMBUSTÃO VISÍVEL OU INFLAMAÇÃO

(Ferreira (1982); Griswold (1946); Pera (1966), Orel (1954))

Combustível	- substância que incandesce: gás, óleo, madeira.
Comburente	- substância que produz combustão, p. ex.: oxigênio.
Fumos	- são os gases da combustão completa ou incompleta em movimento, que podem conter partículas sólidas não-queimadas de combustível ou de reagente químico num forno.
Fuligem	- são partículas de dimensões microscópicas ou submicroscópicas resultantes da queima; de cor negra que geralmente se acumulam ou saem pela chaminé.
Cinzas	- são resíduos de queima que contém óxidos minerais e, às vezes, partículas de carvão, coque/ou substâncias diversas.
Chama	- é o volume espacial onde a oxidação se realiza. resulta do movimento da massa incandescente; pode ser luminosa ou não.

ESTÁGIOS E FENÔMENOS POSSÍVEIS NUM PROCESSO DE COMBUSTÃO

(Ferreira (1982); Griswold (1946); Pera (1966), Orel (1954))

A oxidação (ou queima Invisível) é uma reação exotérmica lenta, de temperaturas baixas, cujo calor, se não for removido, pode provocar inflamação (queima visível).

A ignição é o fenômeno que caracteriza o início de uma queima visível (inflamação) ou a detonação de uma explosão pode resultar de: aumento de temperatura no combustível, uma faísca ou uma chama.

A queima visível (inflamação) é a reação exotérmica de oxidação rápida, que atinge temperaturas elevadas, **associada com calor ao rubro e/ou chamas**, e que pode ser duradoura.

A chama corresponde a propagação da ignição, isto é, ao processo de transferência de calor de combustão da região inicialmente queimada para a vizinhança mais próxima do material não-queimado. A temperatura gerada na ignição (queima inicial) deve ser alta para manter a reação; caso contrário, a chama se extingue. Quanto mais rápida a combustão, então a ignição e a propagação ocorrem quase simultaneamente e inseparadamente.

A **chama** ocorre por: combustão completa de gases e vapores e sólidos volatilizados pelo calor ou por combustão incompleta de carbono para gerar monóxido de carbono. Pode ocorrer depois de iniciada a combustão, principalmente se esta for uma oxidação lenta. Pode ser de pré-mistura, com a aparição de um cone azul e de um formato visível. A chama visível se forma quando, devido a falta de ar na mistura, forma-se C (carbono) que incandesce. e a combustão se completa com o ar do ambiente; se a mistura for estequiométrica ou com excesso de ar, a chama deixa de ser visível.

Uma **explosão é uma reação exotérmica ultra-rápida, auto-propagante, que atinge temperaturas elevadas**; ocorre em misturas combustível-ar, onde moléculas próximas permitem propagação instantânea do calor. Os efeitos de uma explosão são: (a) expansão muito veloz de gases e fumos; (b) formação de ondas de choque e ruído peculiar; (c) fragmentação e projeção de pedaços do recipiente original da mistura combustível-ar.

LUMINOSIDADE DE CHAMAS

(Griswold, 1946; Pera, 1966; Orel 1954)

Combustíveis gasosos	- geram chamas não-luminosas.
Óleos combustíveis	- geram chamas luminosas, cuja intensidade depende do projeto do queimador, nível de pulverização (atomização) e do excesso de ar empregado.
Carvões Pulverizados	- geram chamas com partículas incandescentes, mais luminosas que as de óleos combustíveis.

INFLAMABILIDADE DE RESÍDUOS

Um resíduo será caracterizado como inflamável (código de identificação D001) (capaz de converter-se em chamas- Ferreira, 1999) se uma amostra representativa dele – obtida conforme a norma NBR 10.007 – apresentar uma das seguintes propriedades (Filho, Fernandes, Lima, Dutra, Ramos, 1998):

(a) ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60 °C., determinado conforme a norma (americana!) ASTM D93, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume;

(b) não ser líquida e ser capaz de, sob condições de temperatura e pressão de 25 °C e 0,1 MPa (atm), produzir fogo por fricção, absorção de umidade ou por alterações químicas espontâneas e, quando inflamada, queimar vigorosa e persistentemente, dificultando a extinção do fogo;

(c) ser um oxidante definido como substância que pode liberar oxigênio e, assim, estimular a combustão e aumentar a intensidade do fogo em outro material.

A explosividade é um estado de existência ou condição limite da combustão, sendo a propriedade que define a capacidade arrasadora ou demolidora de uma substância capaz de reagir quimicamente com outra e produzir a liberação de energia térmica ou a expansão de gases no local da reação e promover a fragmentação de corpos sólidos envolventes ou próximos dali.

CORROSIVIDADE EM BAIXAS TEMPERATURAS

Um resíduo é caracterizado como corrosivo (código de identificação D002) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a norma brasileira NBR 10.007-Amostragem de Resíduos apresentar as seguintes propriedades (Filho, Fernandes, Lima, Dutra, Ramos, 1998):

(a) ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou superior ou igual a 12,5;

(b) ser líquida e corroer o aço (SAE 1020) a uma razão maior que 6,35 mm ao ano, a uma temperatura de 55 °C de acordo com o método NACE (National Association Corrosion Engineers) TM-01-69 ou equivalente.

REATIVIDADE DE RESÍDUOS

Um resíduo é caracterizado reativo (código de identificação D002) se uma amostra representativa dele, obtida segundo a norma brasileira NBR 10.007-Amostragem de Resíduos apresentar as seguintes propriedades (Filho, Fernandes, Lima, Dutra, Ramos, 1998):

- (a) ser normalmente instável e reagir de forma violenta e imediata, sem detonar;
- (b) reagir violentamente (explodindo, ou entrando em ebulição forte) com a água;
- (c) formar misturas potencialmente explosivas com a água;
- (d) gerar gases, vapores e fumos tóxicos em quantidades suficientes para provocar danos à saúde ou ao meio ambiente, quando misturado com a água;
- (e) possuir em sua constituição ânions, cianeto ou sulfeto, que possam, por reação, liberar gases, vapores ou fumos tóxicos em quantidades suficientes para pôr em risco a saúde ou o meio ambiente;
- (f) ser capaz de produzir reação explosiva ou detonante sob a ação de forte estímulo, ação catalítica ou da temperatura em ambientes confinados;
- (g) ser capaz de produzir, prontamente, reação ou decomposição detonante ou explosiva a 25 °C e 0,1 Mpa (ou seja 1atm);
- (h) ser explosivo, definido como uma substância fabricada para produzir um resultado prático, através de explosão ou de efeito pirotécnico, esteja ou não esta substância contida em dispositivo preparado para este fim.

RESÍDUOS NÃO INERTES

Os resíduos “não-inertes” são aqueles que não se enquadram na classificação de resíduos “Classe I – Perigosos” ou de resíduos “Classe III – Inertes”, nos termos da Norma Brasileira NBR 10.004. Os resíduos “não-inertes” podem possuir propriedades tais como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água (Filho, Fernandes, Lima, Dutra, Ramos, 1998) e outras deletérias que só se manifestam em condições favoráveis ou de risco, o que as torna potencialmente perigosas!

RESÍDUOS INERTES E SEU QUESTIONAMENTO

Para Filho, Fernandes, Lima, Dutra, Ramos (1998), incluem-se na categoria de resíduos inertes quaisquer resíduos que, amostrados de forma representativa, segundo a Norma Brasileira NBR 10.007 – Amostragem de Resíduos, e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, segundo a NBR 10.006 – Solubilização de Resíduos, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, conforme listagem Número B – Anexo H, da NBR 10.004, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor. Como exemplo desses materiais, aqueles especialistas mencionam rochas, tijolos, vidros e certos plásticos, que não são decompostos prontamente.

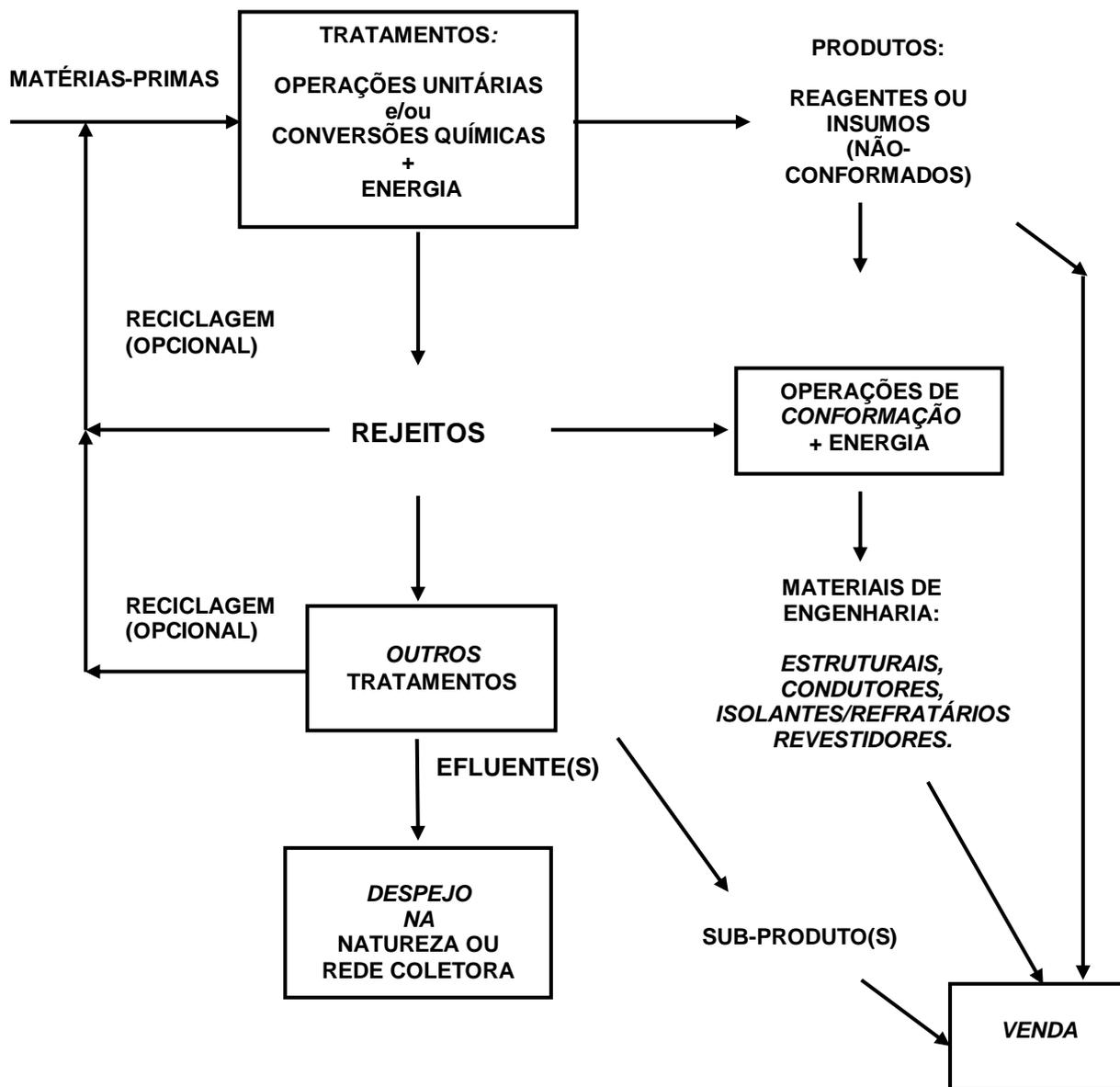
As substâncias ou materiais ou artefatos mencionados por Filho, Fernandes, Lima, Dutra e Ramos (1998) são estáveis dentro de alguns intervalos temperatura e pressão, e são deletérios se ocorrerem situações favoráveis ou de risco, como, por exemplo, reações de oxidação espontânea em materiais orgânicos e biológicos e outras de degradação quando lançadas em ambientes sem controle direto das suas condições de permanência. A velocidade de degradação de uns a céu aberto pode ser muito lenta ou rápida, porém em ambientes soterrados podem modificar-se, alguns mantendo-se inertes e outros reagindo.

As rochas podem ser ácidas, neutras e básicas, o que significa que podem reagir quimicamente entre si e por ação direta ou catalítica de substâncias manipuladas pela espécie humana e outros seres vivos. Os tijolos podem ser de cerâmica vermelha e refratários (sendo que neste caso os seus fabricantes produzem tais materiais para resistir a processos de queima em temperaturas elevadas, para suportar ataques químicos e esforços mecânicos superiores – que caracterizam sua “nobreza tecnológica” e sua importância industrial). Os refratários também podem ser ácidos, neutros, básicos (também existe a classe de especiais) e os engenheiros construtores de fornos industriais evitam montar revestimentos refratários ácidos e básicos lado a lado, preferindo intercalar tijolos neutros para evitar a corrosão sob temperaturas elevadas.

CORROSÃO E FUSÃO EM TEMPERATURAS ELEVADAS

Sob condições favoráveis tais como temperaturas elevadas ou presença de fundentes, qualquer material pode ser fundido e produzir o fenômeno de “ataque de escória” (Zakon, 1991) o que serve para trazer um elemento de cautela para se atribuir uma classificação de inertes a certos resíduos. Nada impede que um aterro sofra ações espontâneas ou naturais que elevem a temperatura da crosta terrestre em alguns locais, que somados a fatores de (bio)degradação e permeação de líquidos resultem na formação de situações de risco ou agressivas ao meio ambiente. Um aterro ou vazadouro é um local vulnerável.

PROCESSO QUÍMICO INDUSTRIAL E TIPOS GENÉRICOS DE PRODUTOS QUÍMICOS



SEGMENTOS INDUSTRIAIS INORGÂNICOS,

(Shreve e Brink, Jr., 1980)

- ÁGUAS
- SAL
- AGLOMERANTES MINERAIS E PEDRAS NATURAIS
- ÁLCALIS E CLORO
- GASES INDUSTRIAIS
- MATERIAIS CERÂMICOS TRADICIONAIS
- CERÂMICA DE ALTA TECNOLOGIA OU AVANÇADA
- VIDROS
- CARVÃO E DERIVADOS
- PRODUTOS METALÚRGICOS E SIDERÚRGICOS
- FERTILIZANTES, SEUS SUB-PRODUTOS E INSUMOS
- ELETROLÍTICAS
- ELETROTÉRMICAS
- PIGMENTOS
- FÍLERES OU CARGAS INORGÂNICOS
- RETARDANTES DE FOGO PARA MADEIRAS E SIMILARES

SEGMENTOS INDUSTRIAIS ORGÂNICOS

(Shreve e Brink, Jr., 1980)

- **PRODUTOS CARBOQUÍMICOS**
- **EXPLORAÇÃO E REFINO DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E SIMILARES**
- **INDÚSTRIAS PETROQUÍMICAS**
- **FÍLERES E CARGAS ORGÂNICOS**
- **INTERMEDIÁRIOS DAS INDÚSTRIAS DE PROCESSOS ORGÂNICOS E CORANTES**
- **BORRACHAS**
- **RESINAS E PLÁSTICOS (CONFORMADOS E NÃO-CONFORMADOS)**
- **FIBRAS E DE PELÍCULAS SINTÉTICAS**
- **PRODUTOS DE ACABAMENTO E TINGIMENTO DE TEXTEIS**
- **DERIVADOS QUÍMICOS DA MADEIRA**
- **CELULOSE E PAPEL**
- **COUROS SINTÉTICOS**
- **PERFUMES**
- **AROMATIZANTES**
- **ADITIVOS ALIMENTARES**
- **INSUMOS AGROPECUÁRIOS**
- **ÁLCOOIS GRAXOS E ÁCIDOS GRAXOS PARA DETERGENTES, SABÕES E OUTROS FINS**
- **ARTIGOS DE LAVANDERIA (TENSIOATIVOS): DETERGENTES OU EMULSIFICADORES**
- **SABÕES E SUB-PRODUTOS**
- **CARBOIDRATOS: AÇÚCAR**
- **AMIDO E CORRELATOS**

**SEGMENTOS INDUSTRIAIS DE ALIMENTOS,
PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO E FÁRMACOS**

(Shreve e Brink, Jr., 1980)

- ALIMENTOS
- COUROS, PELES E OSSOS; GELATINAS, ADESIVOS E SUBPRODUTOS ANIMAIS
- PRODUTOS DA AÇÃO FERMENTATIVA DE LEVEDURAS, BACTÉRIAS E FUNGOS

ALIMENTARES

PRODUTOS INDUSTRIAIS: INSUMOS

ENZIMAS

PRODUTOS FARMACÊUTICOS (ANTIBIÓTICOS)

- FÁRMACOS

ANALGÉSICOS E ANTIPIRÉTICOS (

ANTIBACTERIANOS (ANTISSÉPTICOS)

ANTIBIÓTICOS (ANTIMICROBICIDAS)

ANTIHISTAMÍNICOS

DROGAS CARDIOVASCULARES

ESTIMULANTES DO SISTEMA NERVOSO CENTRAL

DROGAS DERMATOLÓGICAS

DIURÉTICOS

**SEGMENTOS INDUSTRIAIS QUÍMICOS MISTOS,
HETEROGÊNEOS OU COMPÓSITOS**

(Shreve e Brink, Jr., 1980)

- ARMAS DE GUERRA QUÍMICA OU AGENTES QUÍMICOS TÓXICOS)
- PIROTÉCNICOS. FÓSFOROS
- PROPELENTES LÍQUIDOS E SÓLIDOS
- EXPLOSIVOS MILITARES
- EXPLOSIVOS INDUSTRIAIS
- INSUMOS E PRODUTOS FOTOGRÁFICOS:
- INSUMOS E PRODUTOS DE (FOTO)COPIAGEM
- TINTAS E CORRELATOS
- AGROQUÍMICOS
- GELATINAS E ADESIVOS VEGETAIS

MÉTODOS DE DESPEJO DE LIXOS E REJEITOS USADOS NO BRASIL (Nascimento, Almeida, Zakon, 2000)

- LIXÃO

- RESULTA DA DESCARGA DESCONTROLADA NO SOLO, A CÉU ABERTO
- DISSEMINA DOENÇAS ATRAVÉS DE INSETOS E RATOS,
- CONTAMINA O SOLO E AS ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS
- DECOMPÕE A MATÉRIA ORGÂNICA DO LIXO E PRODUZ O *CHORUME* (LÍQUIDO ESCURO, MAU CHEIROSO, *POLUIDOR DO SOLO, ÁGUAS E AR*),
- FAVORECE O DESCONTROLE DOS TIPOS DE MATERIAIS DESPEJADOS
- INCORPORA RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE E INDUSTRIAIS,
- PESSOAS RESIDEM NO LOCAL, CATAM MATERIAIS E CRIAM PORCOS

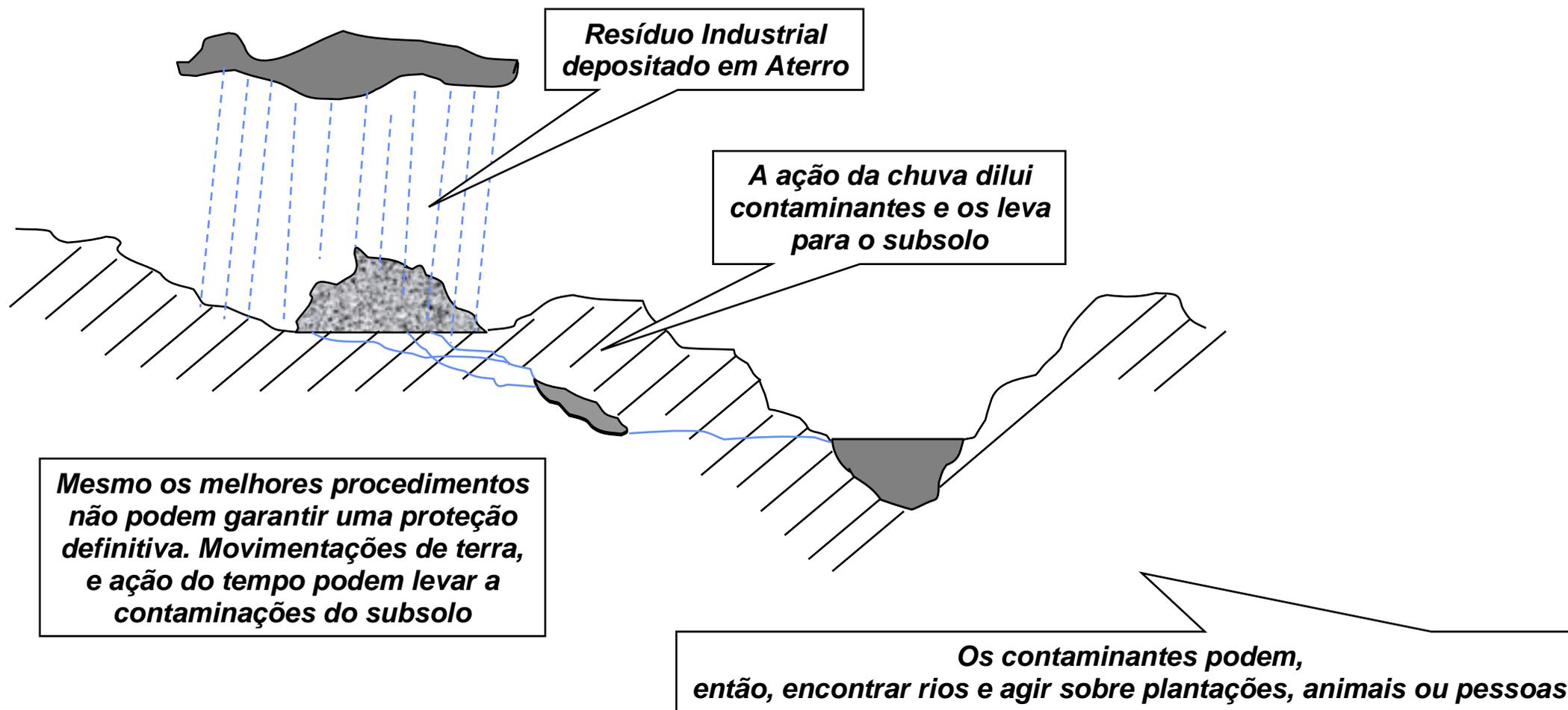
- ATERRO CONTROLADO

- USA RECURSOS E TÉCNICAS DE ENGENHARIA CIVIL
- CONFINA OS RESÍDUOS SÓLIDOS NUMA ÁREA PRÉ-SELECIONADA, COBERTOS DIARIAMENTE COM MATERIAL *INERTE (?)*.
- A BASE DA ÁREA OCUPADA NÃO É IMPERMEABILIZADA
- NÃO HÁ TRATAMENTO DO CHORUME NEM PROCESSAMENTO DE GASES GERADOS.

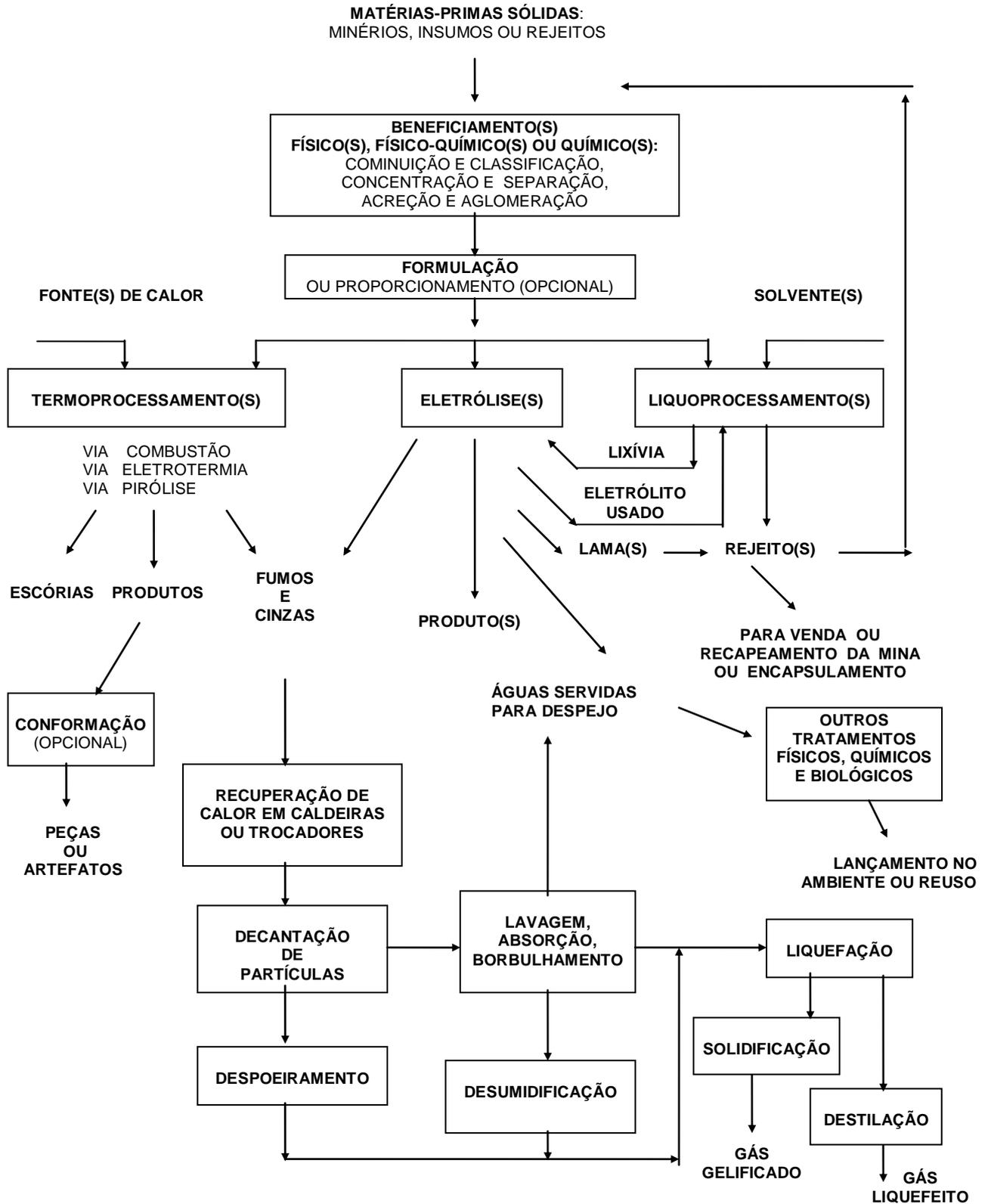
ATERRO SANITÁRIO

- CONTÉM VÁRIAS CAMADAS IMPERMEABILIZADAS SUPERPOSTAS
- PROMOVEM A DIGESTÃO ANAERÓBICA NAS CAMADAS DEPOSITADAS
- POSSUEM DRENOS DE COLETA DO CHORUME, ÁGUAS SUPERFICIAIS E GASES
- NÃO EVITA TOTALMENTE A LIBERAÇÃO DE FLUIDOS PARA O AMBIENTE
- NÃO ACELERA A INERTIZAÇÃO DO MATERIAL – A DECOMPOSIÇÃO É PROLONGADA.

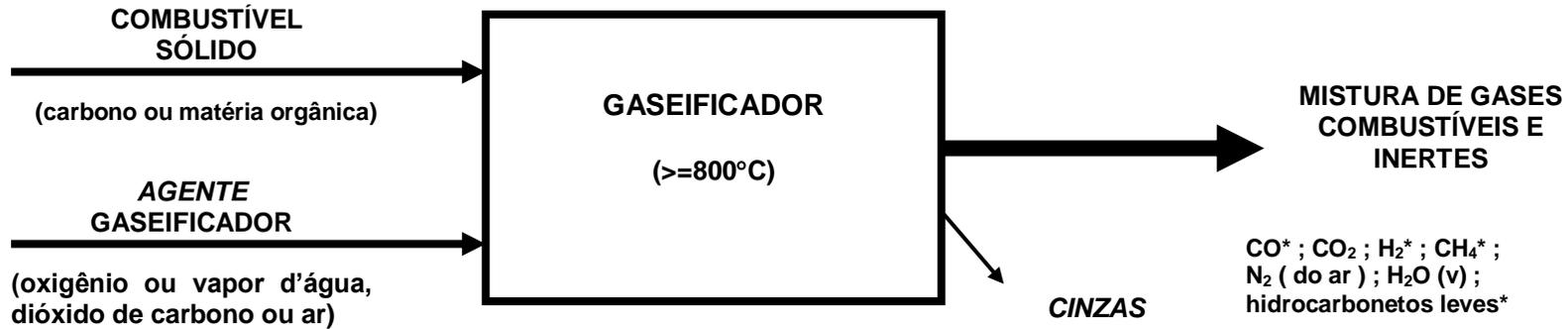
ATERRO



**TRATAMENTOS GERAIS DE SÓLIDOS
INTEGRADOS AOS DE LÍQUIDOS, LIXÍVIAS, FUMOS E GASES
PARA FINS INDUSTRIAIS E AMBIENTAIS
(Zakon, 2000)**

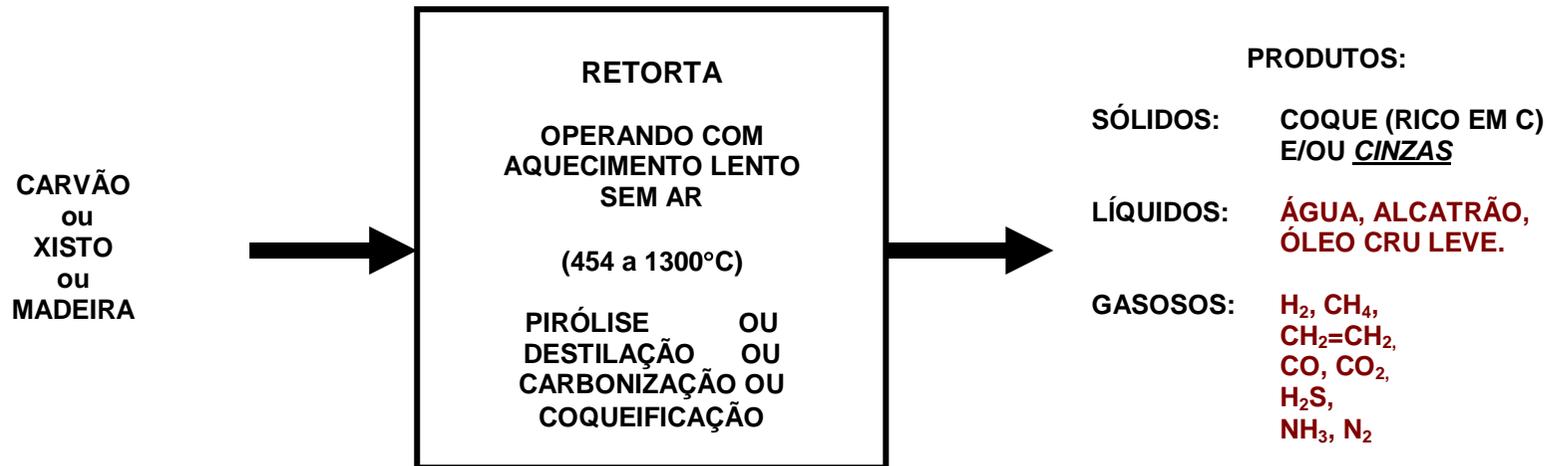


PROCESSOS TÉRMOQUÍMICOS DE DESTRUIÇÃO OU MODIFICAÇÃO DE COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E MATERIAIS SINTÉTICOS



Notas: O calor necessário à gaseificação provém da combustão de parte do gás combustível gerado
 * Cada composto assinalado é uma fração combustível gerada ou liberada

(A) GASEIFICAÇÃO DE MATERIAIS NÃO-COQUEIFICÁVEIS



(B) PIRÓLISE OU DESTILAÇÃO DESTRUTIVA DE CARVÃO E SIMILARES (INCLUSIVE INCINERAÇÃO DE LIXOS)

VANTAGENS DA INCINERAÇÃO INDUSTRIALIZADA

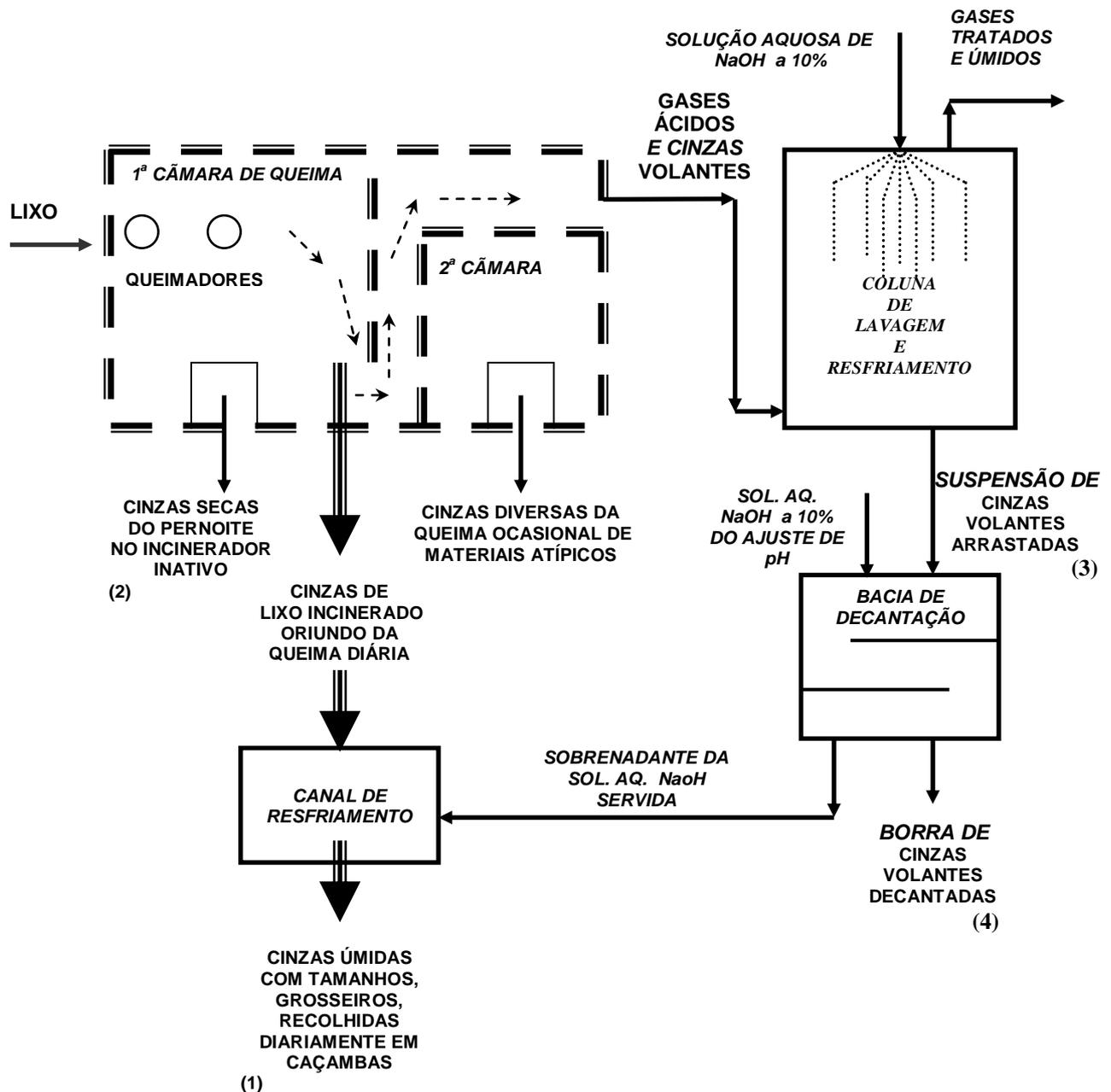
- **É UM PROCESSO CONTROLADO;**
- **ELIMINA PATOGENICIDADE E MATÉRIA ORGÂNICA;**
- **REDUZ VOLUME EM ~ 90%;**
- **REDUZ PESO EM 75% OU MAIS;**
- **PRODUZ CINZAS QUE PODEM SER RECICLADAS.**

POTENCIAL POLUIDOR DO AR ATMOSFÉRICO

(Assunção, 2000).

- **A INCINERAÇÃO É POTENCIALMENTE A MAIS POLUIDORA DO AR.**
- **O LIXÃO E OS ATERROS CONTROLADO E SANITÁRIO TAMBÉM PODEM POLUIR O AR .**
- **AS USINAS DE COMPOSTAGEM PODEM LIBERAR ODOR DESAGRADÁVEL SE NÃO OCORRER O REVOLVIMENTO DAS LEIRAS.**

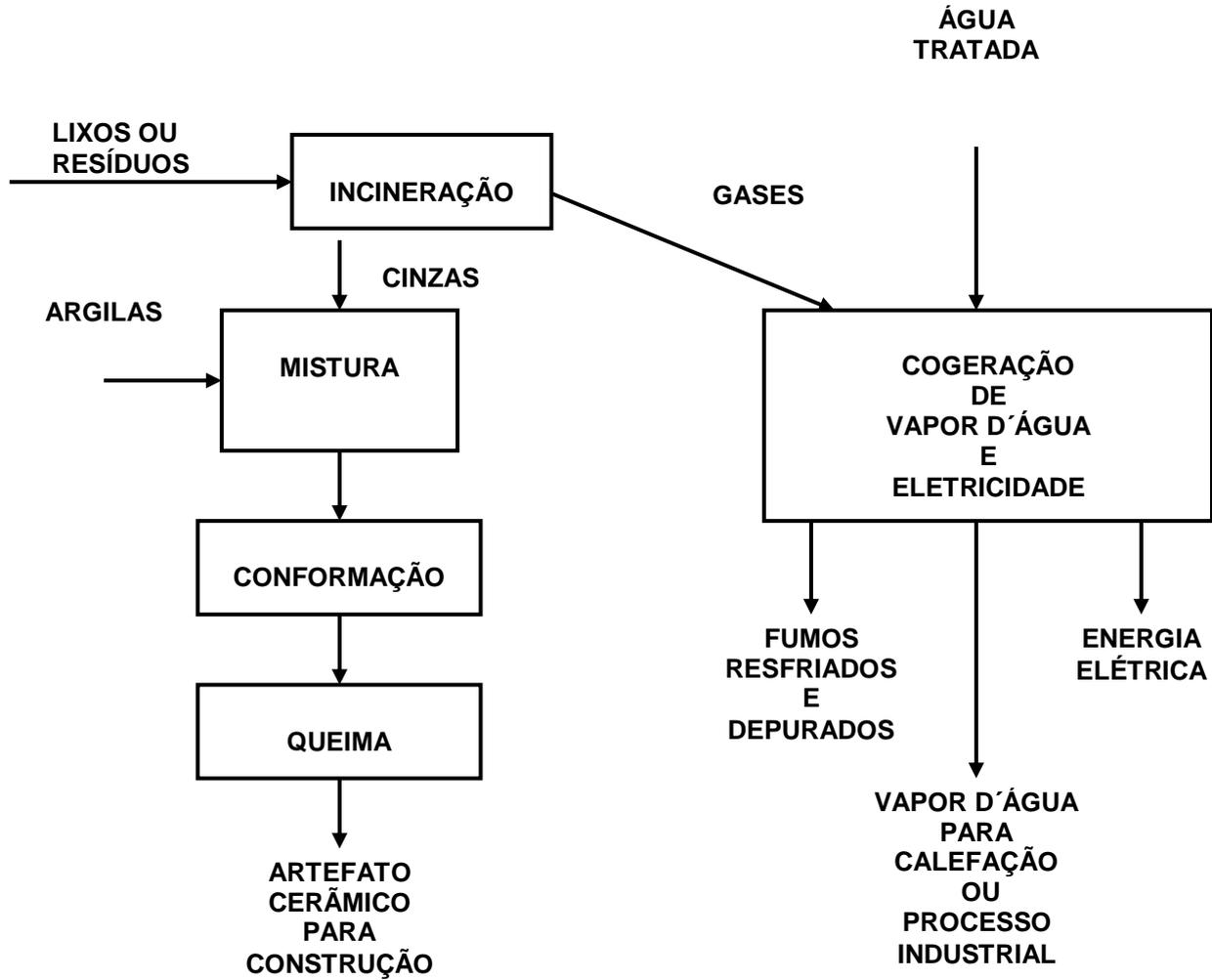
A OBTENÇÃO DE CINZAS DA INCINERAÇÃO DE LIXO AEROPORTUÁRIO



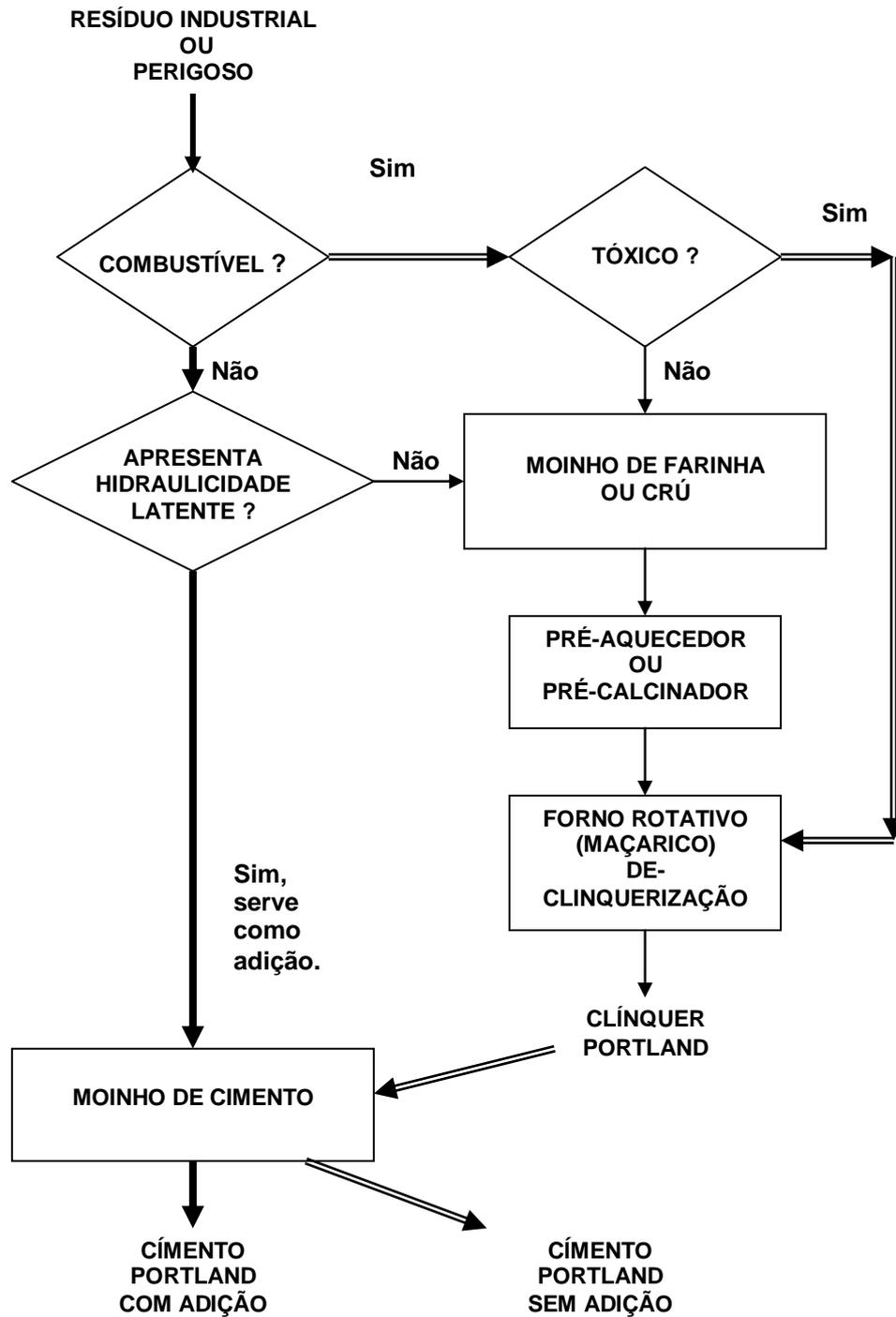
FREQUÊNCIA DE COLETA DE CINZAS:

- (1) - DIARIAMENTE;
- (2) - MATINAL, ANTES DA OPERAÇÃO DIÁRIA DO FORNO;
- (3) - DIARIAMENTE, APÓS ARRASTE NA COLUNA (opcional).
- (4) - SEMANALMENTE, APÓS LIXIVIAÇÃO PROLONGADA;

CERAMIZAÇÃO:
APROVEITAMENTO DAS CINZAS DE INCINERAÇÃO DE LIXO
EM
PROCESSOS CERÂMICOS



**ALTERNATIVA DE UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS
NUMA FÁBRICA DE CIMENTO PORTLAND**
(adaptada de Kihara, 1999)



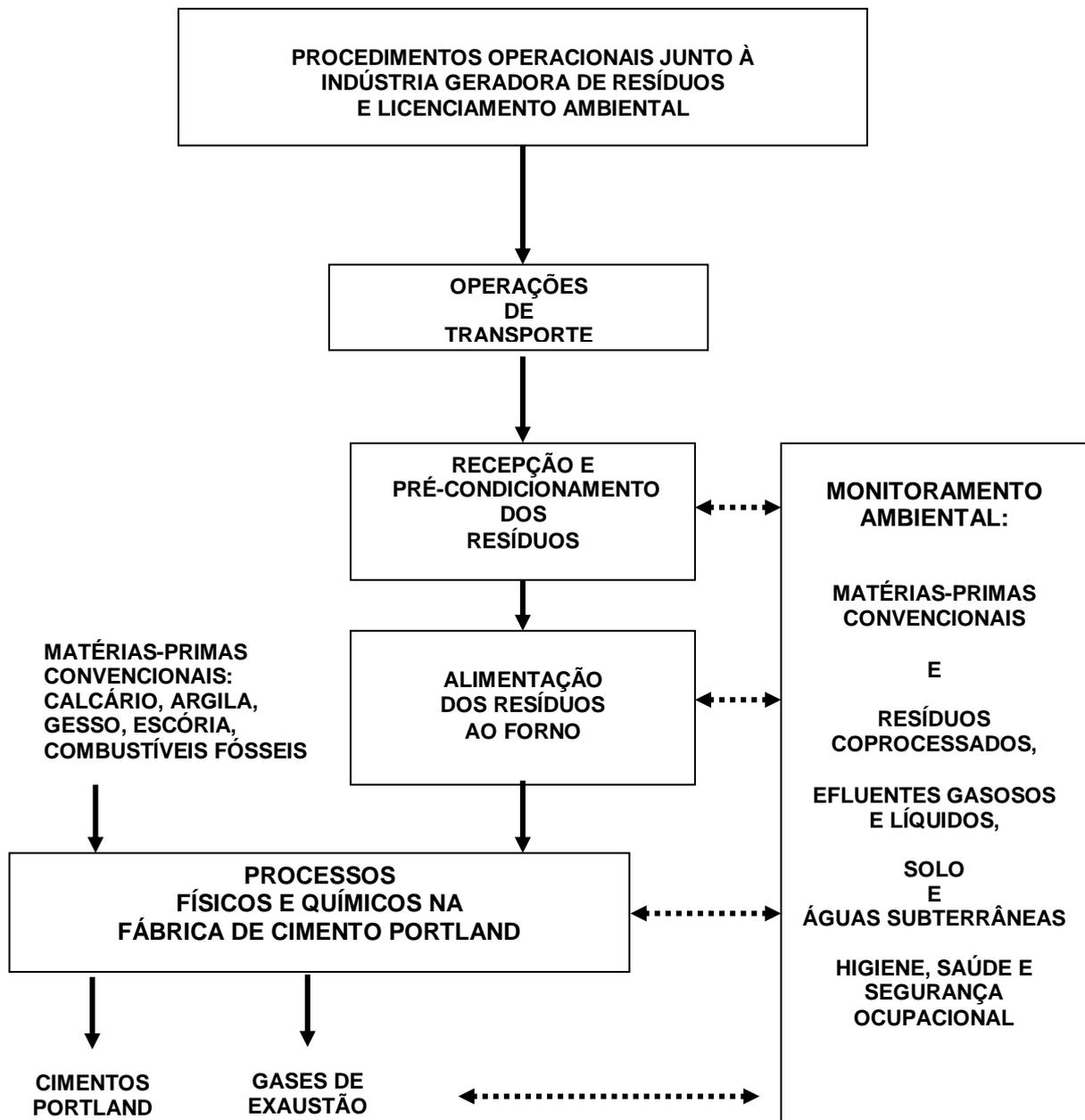
OS PROCEDIMENTOS E DOCUMENTAÇÃO PARA O COPROCESSAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS

(adaptado de Ferrari, 2000)

1 - DOCUMENTAÇÃO BÁSICA GERADA

- A - LICENÇA AMBIENTAL ESPECÍFICA EXPEDIDA NO ESTADO DA FÁBRICA DE CIMENTO;
- B - LICENÇA AMBIENTAL ESPECÍFICA EXPEDIDA NO ESTADO ONDE FOI GERADO O RESÍDUO;
- C - PLANO PARA O COPROCESSAMENTO DO(S) RESÍDUO(S) INDUSTRIAL (IS);
- D - INSTRUÇÕES PARA REMESSA DO(S) RESÍDUO(S);
- E - RELATÓRIO OPERACIONAL DE SITUAÇÃO DE QUEIMA;
- F - CERTIFICADO DE DESTRUIÇÃO FINAL DO(S) RESÍDUO(S) VIA CO-PROCESSAMENTO;
- G - RELATÓRIOS DE MONITORAMENTO AMBIENTAL.

2 - PROCEDIMENTOS GERENCIAIS E OPERACIONAIS



CUSTOS DE INCINERAÇÃO, DISPOSIÇÃO EM ATERRO E COPROCESSAMENTO

(Maringolo (2001))

1^o - Incinerar resíduos industriais perigosos custa entre US\$ 1000 e US\$ 3000 por tonelada, dependendo do tipo de resíduo.

2^o - A disposição em aterro pode custar US\$ 150 por tonelada.

3^o - O co-processamento em fornos de cimento Portland custa US\$ 100 a us\$ 700.

CONCLUSÕES:

1^a - Uma avaliação de maior confiabilidade e menor risco para as soluções dos problemas da destinação de resíduos sólidos e efluentes fluidos perigosos pode ser efetuada através da participação indispensável de profissionais da química, geociências, biociências e engenheiros no seu desenrolar.

2^a - Qualquer tipo de vazadouro (lixão, aterro controlado ou sanitário) de resíduos sólidos é vulnerável às ações climáticas e geológicas, revestindo-se portanto, de periculosidade ao meio ambiente que pode se manifestar a curto, médio ou longo prazo, devido a inexistência de minerais verdadeiramente inertes em grande escala para o emprego mencionado.

3^a - A destruição térmica da periculosidade de resíduos sólidos pode ser executada através de processos de esterilização (para microorganismos) e incineração para várias substâncias orgânicas, inorgânicas e compósitas, bem como através de sistemas de co-processamento.

3^A - Os processos de incineração de resíduos sólidos podem produzir cinzas recicláveis ou capazes de serem aproveitadas como cargas ou elementos cerâmicos diversos, tornando possível transformar parte da despesa envolvida em fonte de receita, caso sejam implementados para resíduos municipais.

4^a - Os processos de co-processamento de resíduos industriais perigosos em fornos de clínquer para cimento Portland propiciam uma destruição definitiva, conduzida de forma segura, monitorada constantemente - e ambientalmente correta - na medida em que contribui para poupar recursos naturais não renováveis, além de também gerar empregos e impostos.

5^a - O co-processamento é uma forma de reciclagem devido ao aproveitamento dos resíduos co-processados, sendo uma das mais vantajosas, pois aproveita instalações produtivas já existentes num ramo industrial confiável.

REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, J. V. - **Controle da Poluição do Ar em Locais de Tratamento e Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos** - in: Anais do VII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública, ABLP - Associação Brasileira de Limpeza Pública, Curitiba, abril de 2000.

FERRARI, R. - **Co-processamento de resíduos industriais em fornos de clínquer** - in: Anais do VII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública, ABLP - Associação Brasileira de Limpeza Pública, Curitiba, abril de 2000.

FERREIRA, C.M. - Combustão - in: Curso de Informação sobre Combustíveis e Combustão - Instituto Brasileiro de Petróleo, Rio de Janeiro, 1975.

FERREIRA, A.B.H. - **Dicionário Eletrônico Aurélio** - Século XXI - Lexikon Informática e Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, Novembro de 1999.

FILHO, A. C. O.; FERNANDES, F. M.; LIMA, N.R.; DUTRA, N.; RAMOS, W. - **Resíduos sólidos gerados diretamente dos processos industriais** - *O Papel*, **LIX** (12): 56-70, Dezembro 1998.

GRISWOLD, J. - **Fuels, Combustion and Furnaces**, 1st Ed. - McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1946.

KAPAZ, Emerson, Dep. - **Relatório Preliminar - Política Nacional de Resíduos Sólidos** - Versão 0 - 08/08/2001, Câmara dos Deputados, Brasília, DF.

KIHARA, Y. – **Impacto da normalização do Co-processamento de resíduos em fornos de clínquer** - Anais do 5º Congresso Brasileiro de Cimento, São Paulo, SP, 8 a 12 de novembro de 1999.

MARINGOLO, V. – **Clinquer coprocessado: produto de tecnologia integrada para sustentabilidade e competitividade da indústria de cimento** – Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, Orientador: Prof. Dr. Yushiro Kihara, São Paulo, agosto 2001.

NASCIMENTO, L. C. A.; ALMEIDA FILHO, N.B.; ZAKON, A. – **Cinzas da incineração de lixo: matéria-prima para cerâmicas** - *Ciência Hoje*, 27 (160):63-67, maio (2000)

PERA, H. - **Geradores de Vapor de Água (Caldeiras)** - Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Grêmio Politécnico - DLP, São Paulo, 1966

PRETZ, R. O. - **Manual de procedimentos de segurança no sistema de moagem de carvão** - Companhia Cimento Portland Itaú, setembro, 1983.

RIBEIRO, M. A. – **Diretrizes Técnicas para a Gestão de Resíduos Sólidos** - in: Anais do VII Seminário Nacional de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública, ABLP – Associação Brasileira de Limpeza Pública, Curitiba, abril de 2000.

SHREVE, R.N. e BRINK Jr., J.A. - **Indústrias de Processos Químicos** - 4ª Edição, p. 1 até 5, Tradução de Horácio Macedo, Guanabara Dois, Rio de Janeiro, 1980.

VASCONCELLOS, Ronaldo, Dep. (PL/MG) - **Projeto de Lei Ordinária " Formula a Política Nacional de Resíduos Sólidos"**- N.Câmara: PL 03606/2000 Data de Apresentação: 04/10/2000 N.Senado: Origem: Câmara dos Deputados N.Congresso: Regime: Normal N. Mensagem: Poder Terminativo: Não Espécie:APENSADO AO PL 203/91 – *Tramitação* Data: 04/10/2000 - Câmara dos Deputados, Brasília, DF.

ZAKON, A. - **Introdução às Tecnologias Inorgânicas**, Departamento de Processos Inorgânicos - DPI, E.Q.- U.F.R.J., 1990

ZAKON, A. - **Reciclagem de Rejeitos Sólidos Industriais: Desenvolvimento de Clínquer para Cimento - Portland em Escala de Laboratório, a partir de Xisto Retortado do Processo Petrosix (Petrobrás)** - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Química, Tese de Doutorado, Orientador: Prof. Dr. Pérsio de Souza Santos, São Paulo, 1991.

ZAKON, A. - **Analogias em tratamentos gerais de minérios para a produção de materiais cerâmicos e metalúrgicos: Parte I - Panorama das Tecnologias Inorgânicas** - *Revista de Química Industrial*, 60 (687): 17-20, Jan./Mar. 1992.

ZAKON, A. - **Analogias em tratamentos gerais de minérios para a produção de materiais cerâmicos e metalúrgicos: Parte II - Analogias em Processos e Equipamentos** - *Revista de Química Industrial*, 60 (688): 15-20, Abr./Junho. 1992

ZAKON, A. - **As bases da Engenharia de Processos Inorgânicos no Curso de Engenharia Química** - VI Encontro de Educação em Engenharia, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Itaipava, RJ, 27 de novembro 01 de dezembro de 2000.

RESOTEC - **Alternativas de Destinação Final para Resíduos Industriais** – Comunicado por Carlos de Oliveira Ávila, Belo Horizonte, Agosto de 2001.