

Indústria Metalomecânica e Metalúrgica

**Impactos ambientais e medidas de
prevenção da poluição**

**Alda Gama
Luís Costa
Luis Nuno Quental**

Dezembro de 1999

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS	3
2. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR	4
3. PROCESSO PRODUTIVO E FONTES POLUIDORAS	7
3.1 Descrição do processo	7
3.2 Fontes poluidoras	10
3.3 Fabricação de produtos metálicos – processo produtivo e fontes poluidoras	14
3.4 Efeitos na saúde	17
3.4 Efeitos na saúde	19
4. IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS E TECNOLOGIAS	21
4.1 Produção mais limpa	21
4.2 Medidas de prevenção e tecnologias mais limpas na indústria metalomecânica e metalúrgica em geral	22
4.3 Medidas de prevenção e tecnologias mais no sub-sector da fabricação de produtos metálicos	23
4.4 Projectos em curso e legislação	25
5. BIBLIOGRAFIA	29
6. AGRADECIMENTOS	29

1. INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

A implementação de Sistemas de Gestão Ambiental constitui um passo fundamental para a minimização do impacto ambiental da actividade industrial. O estado de degradação ambiental a que chegámos e para o qual a indústria tanto contribuiu, obriga à adopção tão célere quanto possível destas medidas – se bem que de forma competente e cuidada. Tal atitude mais não é do que o levar à prática todos os princípios e deveres que o Estado Português vêm reiterando ao ratificar praticamente toda a legislação internacional de ambiente e transpor as directivas da União Europeia, apesar dos atrasos que já se tornam rotina.

Pretende-se com este trabalho abordar, ainda que apenas superficialmente, as tendências actuais de produção mais limpa no sector da indústria metalomecânica e metalúrgica, com particular ênfase no sub-sector da fabricação de produtos metálicos.

Não podemos evidentemente deixar de notar a complexidade deste tipo de trabalho, devido à enorme variedade de indústrias da área e de processos produtivos, aliados à nossa falta de conhecimento detalhado sobre tecnologias mais limpas e seu funcionamento. Estas dificuldades tornaram a tarefa mais complicada, porém, igualmente, num desafio.

2. CARACTERIZAÇÃO DO SECTOR

Impacte ambiental e prevenção

Os processos utilizados no sector metalúrgico e metalomecânico originam impactes ambientais altamente gravosos, sendo um dos sectores industriais mais poluentes. Isto acontece principalmente devido à complexidade das operações desenvolvidas, mas também devido à grande variedade de matérias primas e auxiliares usadas: químicos para banhos de tratamentos e acabamentos de peças, tintas (em pó e líquidas), vernizes e materiais abrasivos (lixas, escovas e pastas de polir, granalha) utilizadas nas etapas de preparação (entre corte e maquinação) e nas etapas finais (tratamento e acabamento de superfícies).

O impacte ambiental deste sector, embora preocupante, tem tendência a ser minimizado, pois cerca 90% (em média) do volume de resíduos gerados por este sector pode ser reduzido. Esta redução é drástica e terá um forte impacto positivo tanto no ambiente como na a economia.

Economia

O sector é constituído por um universo de 15554 empresas que empregam cerca de 171101 trabalhadores o que corresponde a cerca de 5% do emprego e do Valor Acrescentado Bruto na economia portuguesa. As empresas encontram-se concentradas fundamentalmente nas zonas industrializadas do litoral do país, designadamente nos distritos do Porto, Braga, Aveiro, Leiria, Lisboa, e Setúbal. É no Norte que estão localizadas a grande maioria das empresas (cerca de 36,1%, seguindo-se o Centro (24,1%) e Lisboa e Vale do Tejo (31,6%) (ver gráfico 1). Mas, por outro lado, é na região de Lisboa e Vale do Tejo que é produzido o maior volume de negócios (54%) (ver gráfico 2). (1) *

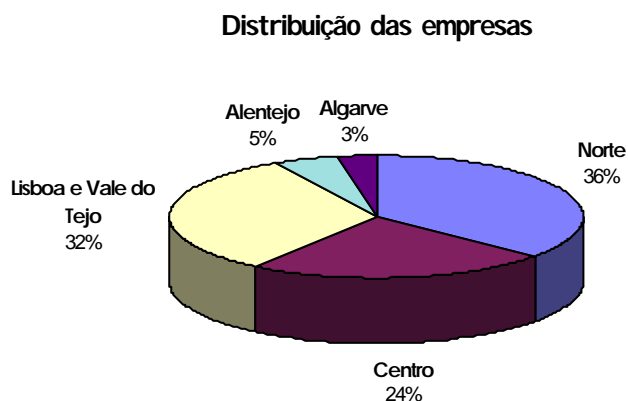


Gráfico1 - Localização nacional das empresas do sector metalúrgico e metalomecânico (1)

* Os números entre parênteses reportam-se às referências bibliográficas indicadas no fim do trabalho

Distribuição do volume de negócios

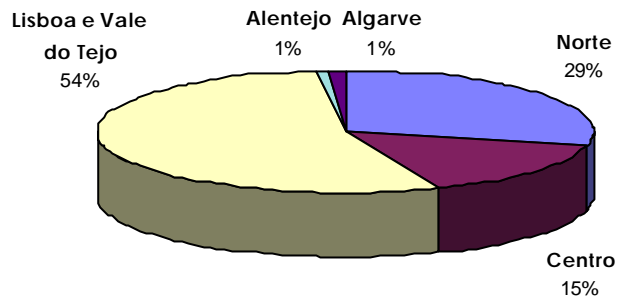


Gráfico 2 - Volume nacional de negócios no sector metalúrgico e metalomecânico (1)

A nível de dimensão, o sector caracteriza-se por ser constituído por empresas pequenas, existindo cerca de 97% com menos de 100 trabalhadores, e cerca de 53% das empresas emprega menos de 10 trabalhadores. Empresas com mais de 500 trabalhadores são apenas 0,4 % (ver gráfico 3).

Dimensões das empresas do sector

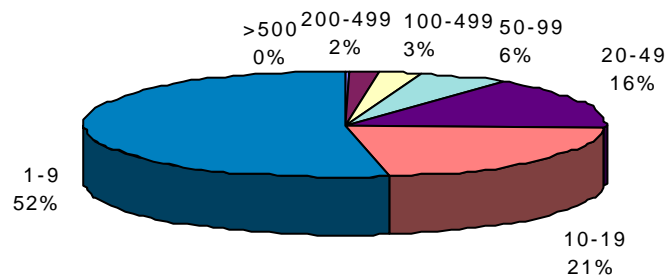


Gráfico 3 - Dimensionamento das empresas do sector metalúrgico e metalomecânico (1)

Sub-sectoros

Como sub-sectoros da actividade, este pode ser caracterizado de uma forma resumida por (ver gráfico 4):

- Fabricação de produtos metálicos (72,5%)
- Fabricação de máquinas e equipamentos não eléctricos (18,1%)
- Construção de material de transporte (5,5%)
- Indústrias básicas de metais não ferrosos (2,1%)
- Indústrias básicas do ferro e do aço (1,8%)

Sub-Sectores de actividade-Representatividade

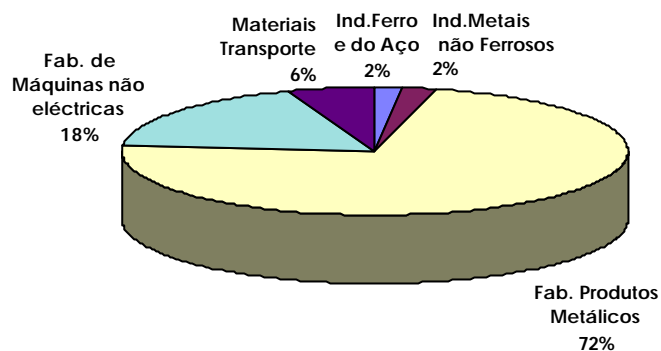


Gráfico 4 - Sub-sectores de actividade e sua representatividade no sector metalúrgico e metalomecânico (1)

O sector metalúrgico e metalomecânico é um dos sectores mais representativos a nível nacional, representando cerca de 24% das empresas da indústria transformadora nacional. A nível mundial, os principais parceiros comerciais deste sector são os países pertencentes à União Europeia, destacando-se a Espanha, a Alemanha, a França, o Reino Unido e a Itália.

3. PROCESSO PRODUTIVO E FONTES POLUIDORAS

Abordaremos seguidamente o processo produtivo generalizado para o sector da metalurgia e metalomecânica, tentando evidenciar o que de comum existe entre a enorme variedade existente (1, 2) (ver também esquema). As operações descritas são, pois, aquelas mais comuns, não tendo necessariamente de ocorrer na sequência indicada.

3.1 Descrição do processo

Fundição: são frequentemente utilizados três diferentes procedimentos para realizar esta etapa: a moldação em areia, injeção, ou fundição com coquilha. Vamos dar mais destaque à moldação em areia, pois é o processo usado na empresa que visitámos.

Moldação em areia: o processo começa pela própria moldação da areia. Esta areia pode ser verde ou auto-secativa:

- as areias verdes são constituídas por areias silicatadas (elevado teor em sílica), que são misturadas com bentonite (espécie de barro) para agregar a areia e a tornar mais moldável. Chama-se verde pois fica sempre húmida ao contrário da areia auto-secativa. A areia sofre depois uma compressão com ar, para se adaptar ao formato do molde.

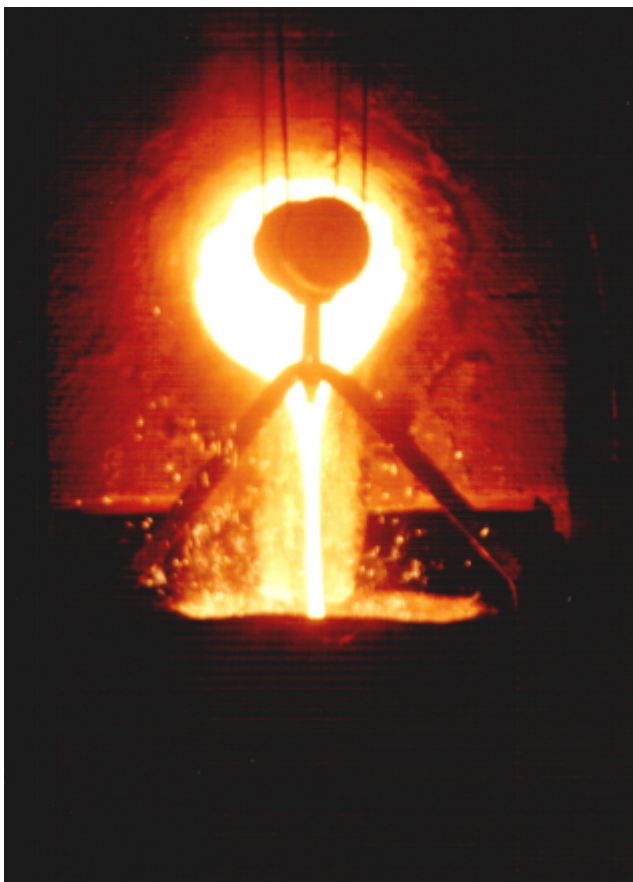


Figura 1 – Vazamento do metal fundido para a colher de vazamento

- nas areias auto-secativas, a sílica é misturada a resinas e catalisadores. Após um determinado período de tempo, a areia endurece e adquire o formato pretendido. É também deste modo que são fabricados os machos, que serão colocados no molde, com o formato final pretendido para a peça.

Após a moldação da areia, procede-se ao vazamento do metal, que já foi fundido a cerca de 1600-1700°C (ver figura 1), nos moldes fabricados. Após arrefecimento a peça obtém então o seu formato final.

Fundição por injeção: inicialmente procede-se à fusão do metal. Após esta etapa segue-se o acondicionamento num forno, com a finalidade deste se manter na temperatura adequada, até à sua utilização por injeção uniforme no molde com o formato da peça.

Corte de gito / rebarbagem: as peças provenientes da fundição são sujeitas a esta etapa que tem por objectivo remover o material exterior excedente das peças.

Granalhagem: esta etapa existe apenas quando a fundição é realizada através da moldação em areia. A granalhagem realiza-se através da projecção de partículas a alta velocidade, de forma a remover resíduos de areias que ainda acompanhem a peça.

Rectificação: as operações de rectificação surgem da necessidade de um aperfeiçoamento da peça, que deste modo é libertada de pequenas imperfeições.

Maquinação: esta é uma etapa complexa, visto poder incluir várias operações, tais como corte, estampagem, rebarbagem, embutidura, cunhagem, prensagem, dobragem e quinhagem. Esta é a operação em que mais se verificam variações de empresa para empresa, podendo existir também diferentes sequências.

Desengorduramento / lavagem: esta etapa é muitas vezes necessária após a fase de maquinação, pois esta envolve óleos inteiros. Os óleos inteiros provenientes das máquinas, impregnam as peças, que têm então que ser desengorduradas. Para esta operação existe um tanque com água e químicos de lavagem.

Tratamento térmico: esta é uma etapa que pode ser encontrada noutras fases do processo. Isto acontece, porque algumas peças são fabricadas com uma finalidade mais específica e para a qual é necessário maior rigor e precisão. Estes requisitos fazem com que a peça tenha que ser sujeita a tratamento térmico para reajustamento de tensões internas na peça.

Preparação de superfícies: o objectivo desta operação é eliminar impurezas adjacentes às superfícies das peças. Esta preparação pode ser concretizada de dois modos:

- Operações em meio seco: lixagem, polimento e decapagem mecânicos.
- Operações em meio aquoso: polimento por vibração e decapagem química.

Desengorduramento / lavagem: nesta fase do processo esta operação serve principalmente para remover resíduos de materiais abrasivos e adjuvantes (sabões e pastas de polir). No caso de anterior decapagem química, a aplicação de desengordurantes alcalinos tem ainda a vantagem de neutralizar o efeito do ácido.

Neutralização e lavagem: tal como o nome indica, esta operação consiste em ajustar o pH, sendo necessário na maior parte das vezes uma lavagem posterior.

Soldadura / montagem: os tipos de soldadura mais usado são a soldadura oxiacetilénica, a soldadura por pontos, a soldadura por eléctrodo MIG-MAG. É nesta operação que é feita a montagem de acessórios, que pode consistir na cravação destes.

Tratamento / acabamento de superfícies: para esta etapa do processo existem várias confecções possíveis, dependendo do acabamento final pretendido para as peças, tendo em conta o material base destas. Se se estiver a trabalhar com aço inoxidável, o único tratamento necessário é o polimento. Vamos dar ênfase a apenas duas operações de acabamento, visto estas serem as mais utilizadas neste processo:

Banhos de galvanoplastia: as peças são emersas em soluções que contêm eléctrodos do material a ser depositado na peça. Normalmente são usados banhos tão diferentes como os de cromagem, zincagem, niquelagem, latonagem, cobreagem e anodização (ex: peças de alumínio). Em casos mais particulares, poderão ser usados banhos de tratamento (ex: passivação).

Pintura: aplicação de tipos de aplicação de tintas, nomeadamente, sprays, electrostática, lacagem, entre outras.

Secagem: é usualmente efectuada em estufas, apropriadamente aquecidas por combustão de propano, gasóleo ou energia eléctrica. Neste aquecimento deveria ser usado o gás natural para diminuir o impacte ambiental.

Recozimento: se o acabamento efectuado nas peças tiver sido uma lacagem ou esmaltagem, então estas são enviadas para uma estufa de polimerização. Nesta etapa é providenciada uma correcta aderência da tinta à superfície tratada.

3.2 Fontes poluidoras

Tal como foi supramencionado, o sector em causa é considerado dos mais problemáticos a nível de ambiente. Isto deve-se à enorme diversidade de actividades e processos industriais, mas, apesar disto, é também um sector onde ainda se podem fazer muitas alterações para se atingirem os padrões de qualidade ambiental exigidos (legalmente e conscientemente).

As actividades desenvolvidas cobrem todas as áreas de actuação ambiental, nomeadamente as águas residuais, resíduos sólidos perigosos, emissões gasosas e níveis de ruído consideráveis. Todos os processos implicam, em maior ou menor grau, problemas ambientais. São de salientar os que utilizam produtos tóxicos, cancerígenos, ou seja, de risco considerável para a saúde humana e do ambiente. Entre estes encontram-se os banhos de cádmio, compostos de cianeto, zinco, cobre, crómio hexavalente, chumbo. Os impactes estão referenciados na tabela 1. No anexo I reproduz-se uma tabela que correlaciona as várias operações, resíduos produzidos em cada e a sua classificação segundo o Catálogo Europeu de Resíduos (CER).

Da consciencialização crescente dos problemas ambientais resultaram um série de projectos e acordos a implementar como é o caso do Metalamb ou Recycle. Estes projectos prevêm a implementação de medidas de prevenção e tratamento por forma a diminuir os impactes ambientais (o objectivo último é o da "descarga zero").

As fontes poluidoras podem ser subdivididas em quatro grupos: resíduos, emissões gasosas, águas residuais e ruído (1, 3, 5).

Tabela 1 - Principais impactes ambientais dos processos utilizados na indústria metalomecânica

Unidade	Impactes ambientais		
Processo	Resíduos	Ar	Água
Armazenagem	√		
Deformação de metais	√		
Corte d Metais	√	√	√
Desengorduramento			
Com solventes	√	√	
Com sol. Aquosas	√	√	√
Ataque químico	√	√	√
Decapagem química	√	√	√
Limpeza por jacto abrasivo	√	√	√
Endurecimento	√	√	√
Galvanização	√	√	√
Envernizamento	√		
Fosfatação e cromagem	√	√	√
Envernizamento	√	√	√
Remoção de vernizes	√	√	√
Soldadura	√	√	
Brasagem		√	
Colagem	√	√	

RESÍDUOS

Os resíduos podem ser líquidos, sólidos ou semi-sólidos. Têm origem nas operações de corte, maquinação e tratamento de superfícies (lixagem, polimento e granalhagem), embora existam também em outras etapas, como é o caso das lamas provenientes das ETARs, que para eles contribuem.

Resíduos de embalagem: cartão, plástico, metal, madeira, ...

- Origem: armazenamento de matérias primas e auxiliares embalagem dos produtos finais
- Destino: recolha selectiva

Sucatas, aparas e limalhas de metais

- Origem: operação de corte e maquinação (maior quantidade), lixagem e polimento (limalhas)
- Destino: vendidas para valorização, reaproveitamento para fundição

Machos , moldes , areias e escórias da fundição

- Origem: fundição
- Destino: armazenamento na própria empresa

Óleos e emulsões: actuam como lubrificantes e como meio de evacuação do calor produzido pelo contacto entre a peça e a ferramenta

- Origem: maquinação e corte
- Destino: reciclagem

Material abrasivo: lixas, escovas, granalha e pastas de polir

- Origem: limpeza e preparação de superfícies
- Destino: armazenagem e reaproveitamento noutras indústrias

Lamas

- Origem: operações de rectificação, polimento, lixagem, desgorduramento e renovação de banhos de tratamento / acabamento de superfícies e se existente pintura por cortina; ETA´s de águas industriais (grandes quantidades)
- Destino: tratamento cuidado, devido à sua perigosidade (contêm normalmente metais pesados e compostos tóxicos)

Resíduos de tintas

- Origem: pintura
- Destino: em pintura electrostática, o pó é recolhido por ciclones, sendo posteriormente reutilizada

Resíduos de solda

- Origem: processos de soldadura

Resíduos plásticos de injeção: matérias plásticas

- Origem: transformação das matérias primas nas máquinas de injeção
- Destino: reciclagem

Absorventes: serrim, tecido, ...

- Origem: limpeza de peças, limpeza de derrames (acidentais)
- Destino: devem ter tratamento especial devido à sua **perigosidade** - óleos (principalmente se tiverem aditivos clorados que aumentam a sua performance) e tintas

Solventes

- Origem: desgorduramento por solventes
- Destino: destilação e posterior reutilização

Outros: madeira, papel, plástico, espumas, ...

- Origem: montagem final das peças - simulações de controlo de quantidade
- Destino: a quantidade é tão pequena, ou a sua produção tão rara, ou improvável, que não existe um plano para o seu destino final

EMISSIONES GASOSAS

Têm origem nas combustões, operações com desgaste de avara, soldaduras, oxicortes, processos de fundição e tratamento de superfície, que são recolhidas junto à fonte e conduzidas ao exterior através de conduta fixa. Nestas emissões destacam-se: gases (CO₂, NO_x, SO₂, ...), partículas (inertes e metálicas), vapores (COVs, vapor de água, ...).

Partículas

- Origem: preparação de superfícies, polimento mecânico, lixagem, granalhagem e maquinação
- Destino: tratamento prioritário, pois traz graves consequências para a saúde (ver anexo)

Compostos orgânicos voláteis (COVs)

- Origem: processos de desgorduramento / lavagem, pintura
- Destino: compostos bastante tóxicos, sendo necessária a instalação de sistemas de exaustão e tratamento

Gases de combustão: propano, gásóleo, butano e nafta

- Origem: aquecimento de banhos de desengorduramento, lavagem, tratamento de superfícies, estufas de secagem e recozimento
- Destino: como o impacto da maioria dos combustíveis é negativo (principalmente nafta), estes devem ser substituídos por gás natural

Vapores

- Origem: decapagem, desengorduramento, lavagem, secagem lacagem (produção em grandes quantidades)
- Destino: instalação de sistemas de exaustão e tratamento

Fumos provenientes da soldadura

- Origem: soldadura e fundição
- Destino: como pode conter metais pesados, deverá ser conduzida ao exterior da área fabril, através de instalação de sistemas de aspiração capazes

Metais: em emissões gasosas e partículas

- Origem: fundição, corte e rebarbagem
- Destino: devido ao seu alto teor em metais pesados apresenta grande perigosidade, devendo ser tratado adequadamente

Estas emissões são na sua maioria prejudiciais à saúde, sendo por isso necessária a instalação de sistemas de exaustão e tratamento apropriados. A maior parte destes sistemas já instalados, é ineficaz, levando a problemas de saúde ocupacional e ambiental. O combate a estes poluentes, é prioritário, uma vez que as poeiras podem infiltrar-se no sistema respiratório e sanguíneo, provocando problemas graves de saúde.

ÁGUAS RESIDUAIS

As águas residuais originadas, constituem uma vertente ambiental relevante, visto que muitas das vezes se encontram contaminadas com compostos tóxicos e corrosivos, tais como ácidos fortes, soluções alcalinas, cianetos, ou metais, não sofrendo regra geral de tratamento adequado antes da sua descarga. As águas residuais têm origem em diferentes banhos:

Banhos de desengorduramento: produtos alcalinos, solventes orgânicos

- Origem: após etapas de maquinação e nas linhas galvânicas
- Problema: grande carga poluente (muitas vezes cianetos)

Banhos de tratamentos galvânicos: crómio, zinco, níquel, ouro, bronze, ...

- Origem: revestimentos metálicos
- Problema: a esta etapa estão associadas lavagens, que usam grandes volumes de água com alto teor em metais perigosos

Polimento por vibração

- Origem: polimento
- Problema: descarga de águas contaminadas por químicos e sólidos suspensos - desgaste dos abrasivos e das peças

Cabines de pintura / esmaltagem: Restos de tinta e compostos solúveis

- Origem: pintura por cortinas de água
- Problema: a descarga destas águas é periódica, contribuindo para um acréscimo do volume de águas residuais a tratar

Decapagem húmida: produtos ácidos

- Problema: originam iões metálicos que são incorporados na água, e com carácter poluente elevado

Existem outros processos que, através de pequenos acréscimos, aumentam o volume global de águas residuais a submeter a tratamento. Isto acontece, por exemplo, nos ensaios hidráulicos aos equipamentos, ou mesmo nas águas de refrigeração, na soldadura no momento da sua renovação periódica.

RUÍDO

Neste sector industrial o ruído é um problema bastante acentuado, pois atinge níveis muito elevados. A maior parte dos equipamentos usados contribuem para tal, como é o caso das prensas mecânica, das máquinas de corte, compressores, sistemas de despoejamento,...

A falta de informação por parte das empresas tem conduzido a um descuido efectivo sobre este componente ambiental, muitas vezes solucionado por simples alteração do layout e / ou encapsulamento de algumas máquinas.

3.3 Fabricação de produtos metálicos – processo produtivo e fontes poluidoras

Procuraremos neste capítulo abordar de forma integrada o processo produtivo aplicado no sub-sector da fabricação de produtos metálicos, mais concretamente o usado na empresa Cruz Martins & Wahl, Lda., e as fontes de poluição inerentes (1, 2, 3, 5). Assim tornar-se-á mais clara a relação entre produção e poluição, facilitando a visualização das possibilidades de prevenção e controlo da mesma, a mencionar no capítulo 4. Ver tabela 2 e o esquema de produção, gentilmente cedido pela empresa.

Inputs: apenas foi possível quantificar o consumo de areias por mês, que é da ordem das 200 toneladas.

Tabela 2 – Processo produtivo e impactos ambientais associados

Processo	Descrição	Impactos ambientais	Observações
Preparação das areias auto-secativas	a areia é adicionada à resina e catalizador previamente misturados	areias e forte componente química resultante da reacção entre a resina e o catalizador que acelera o seu endurecimento, partículas, gases de NO _x e SO ₂	sem classificação directa CER
Moldação em areia autosecativa	o molde em areia é conseguido com a dureza e demais características necessárias por efeito de uma reacção química que resulta da resina e de um	idênticos aos do processo anterior	

	catalizador		
--	-------------	--	--

Pintura e secagem	é aplicada uma camada de tinta refractária na parte interior dos moldes, de modo a aumentar o tempo de vida das areias sujeitas ao contacto com o metal líquido. Os moldes ficam a secar obtendo a dureza necessária ao processo de injeção	emissões gasosas nocivas vindas do processo de secagem e da pintura. São constituídas por COV e NO _x	
Preparação das areias verdes	as areias são preparadas e acondicionadas no sistema integrado de moldação em areia verde	compostos fundamentalmente por areias rejeitadas e partículas	as areias verdes sem resina são um resíduo não perigoso CER
Moldação das areias verdes	as areias são moldadas por efeito de uma bomba de vácuo	ruído	
Produção de machos	à areia é adicionado um aglomerante, e após breve aquecimento estão prontos para a pintura	areias virgens e restos de aglomerante	
Pintura dos machos	os machos são pintados por imersão manual numa tinta refratária	emissões gasosas nocivas vindas do processo de pintura	
Colocação de machos e fecho das moldações	os machos são colocados num dos moldes, enquanto os moldes correspondentes são virados. Os moldes virados são colocados sobre os outros, procedendo-se assim ao fecho	areias que se soltam aquando do fecho	
Fusão	a sucata de aço, as ferroligas, as gusas, e os aditivos são colocados no forno na proporção necessária, fundindo a temperaturas de cerca de 1400 °C	escórias resultantes da fusão, emissões gasosas constituídas por SST, metais (Al, As, Cd, Ni, Pb, Cr, Cu, Zn), NO _x , SO ₂ e efluentes líquidos resultantes da purga do sistema de refrigeração (ver figura 2)	produz também calor radiante. As escórias são um resíduo não perigoso CER
Vazamento	o metal líquido é vazado para uma colher de vazamento, e desta para os moldes fechados	as mesmas emissões gasosas do processo anterior	
Desmoldação	os moldes são partidos por efeito de um tapete vibrante, onde se separam as peças em arrefecimento das areias	partículas e emissões gasosas compostas por NO _x e COV, resíduos compostos por areias que não são reinseridas no sistema integrado por estarem cansadas ou por percas do sistema, e refractários dos machos	os refractários são um resíduo não perigoso CER
Decapagem	as peças são limpas de restos de areia que ficam coladas à superfície	pó de decapagem	resíduo não perigoso CER
Corte de gitos	são cortadas das peças pedaços de metal excedente, que por existirem tornam as peças defeituosas	limalhas resultantes do corte. Os gitos são reutilizados na fundição	resíduo não perigoso CER
Quebra de gitos	operação semelhante	os mesmos impactos	
Tratamento térmico	as peças são sujeitas a banhos de natureza diversa, a variadas temperaturas. Este processo visa conferir às peças as diversas características como resistência e inoxidabilidade	efluentes líquidos variados, aquando da muda de banhos, partículas e gases de NO _x e COV	

Rebarbagem	as peças são aperfeiçoadas	partículas concentradas não reutilizadas	resíduo não perigoso CER
Recuperação por soldadura	peças que sofreram danos menores podem ser soldadas e assim recuperadas. Este processo só é aplicado dependendo do fim que a peça tem	emissões gasosas extremamente nocivas	produz também calor radiante
Acabamentos	as peças são lavadas dos restos de partículas aderentes, e dos banhos que se processaram. Algumas peças levam banho de óleos inteiros para prolongar a sua vida em stock	efluentes líquidos compostos por águas de lavagem, e óleos	os óleos são um resíduo perigoso CER
Embalagem	as peças são embaladas para serem expedidas	restos de embalagens	



Figura 2 – Exaustão dos gases emitidos durante a fundição do metal

3.4 Efeitos na saúde

Os poluentes produzidos pela indústria metalomecânica provocam graves danos à saúde humana (e dos seres vivos também), que vão desde problemas do foro neurológico até complicações respiratórias, passando por problemas gastrointestinais e dos órgãos sensitivos (ver tabela 3) (3).

Sistema respiratório: podem conduzir a doenças pulmonares agudas e crónicas como, por exemplo, irritação, bronquite, edema, efisema e cancro pulmonar.

Pele e órgãos sensitivos: o olfacto é afectado por exposição ao cádmio e ao zinco e os solventes podem causar, por exemplo, conjuntivite e irritações nos olhos. Em contacto com compostos irritantes a pele fica inflamada, com rubor, queimadura e prurido.

Gastrointestinal: é de referir a afecção do funcionamento do tracto intestinal e da vesícula biliar.

Músculos e ossos: é de realçar a acção do cádmio que pode actuar como causador de fragilidade do sistema e da estrutura óssea.

Neurológico: alterações do sistema nervoso central e / ou periférico.

Tabela 3 - Efeitos na saúde de alguns dos poluentes emitidos pela indústria metalomecânica (3)

Composto	Efeito na saúde
Ác. Sulfúrico	- Problemas respiratórios - Irritação nos olhos e pele
Ác. Clorídrico	- Problemas respiratórios - Irritação nos olhos e pele
Ác. Nítrico	- Problemas respiratórios - Irritação nos olhos e pele
Ác. Fosfórico	- Problemas respiratórios - Irritação nos olhos e pele
Níquel e compt. de Níquel	- Cancerígeno - Alergias cutâneas - Problemas pulmonares
Zinco e compt. de Zinco	- Problemas respiratórios - Ulceração da pele - Anemia - "Febre de fumos metálicos"
Crómio e compt. de Crómio	- Cancerígeno - Problemas renais - problemas gastrointestinais - irritação de pele
Cobre e compt. de Cobre	- Tonturas - Náuseas - Dores de cabeça - Diarreia
1,1,1 - Tricloroetano	- Tonturas - Perda de equilíbrio - Irritação cutânea
Diclorometano	- Cancerígeno - Problemas respiratórios - Problemas cardiovasculares

<i>Tetracloroetileno</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Cancerígeno - irritação de pele - Afecta o sistema nervoso central
<i>Metil-etil-cetona (MEK)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas cardiovasculares - Problemas neurológicos (sistema nervoso central) - Irritação dos olhos, nariz e garganta
<i>Tolueno</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Problemas cardíacos - Afecta o sistema nervoso central - Problemas de desenvolvimento - Problemas renais
<i>Xileno</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Irritação dos olhos - Tonturas - Perda de equilíbrio - Problemas de coordenação motora - Confusão mental - Dificuldades respiratórias
<i>Compostos de Cianeto</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Afecta o sistema nervoso central - Dificuldades respiratórias - Dores de cabeça
<i>Freon 113</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Depressivo - Palpitações - Náuseas - Cefaleias

4. IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS E TECNOLOGIAS

4.1 Produção mais limpa

A evolução histórica da percepção humana dos problemas ambientais têm-se alterado profundamente, como ilustrado na figura 3 (6).

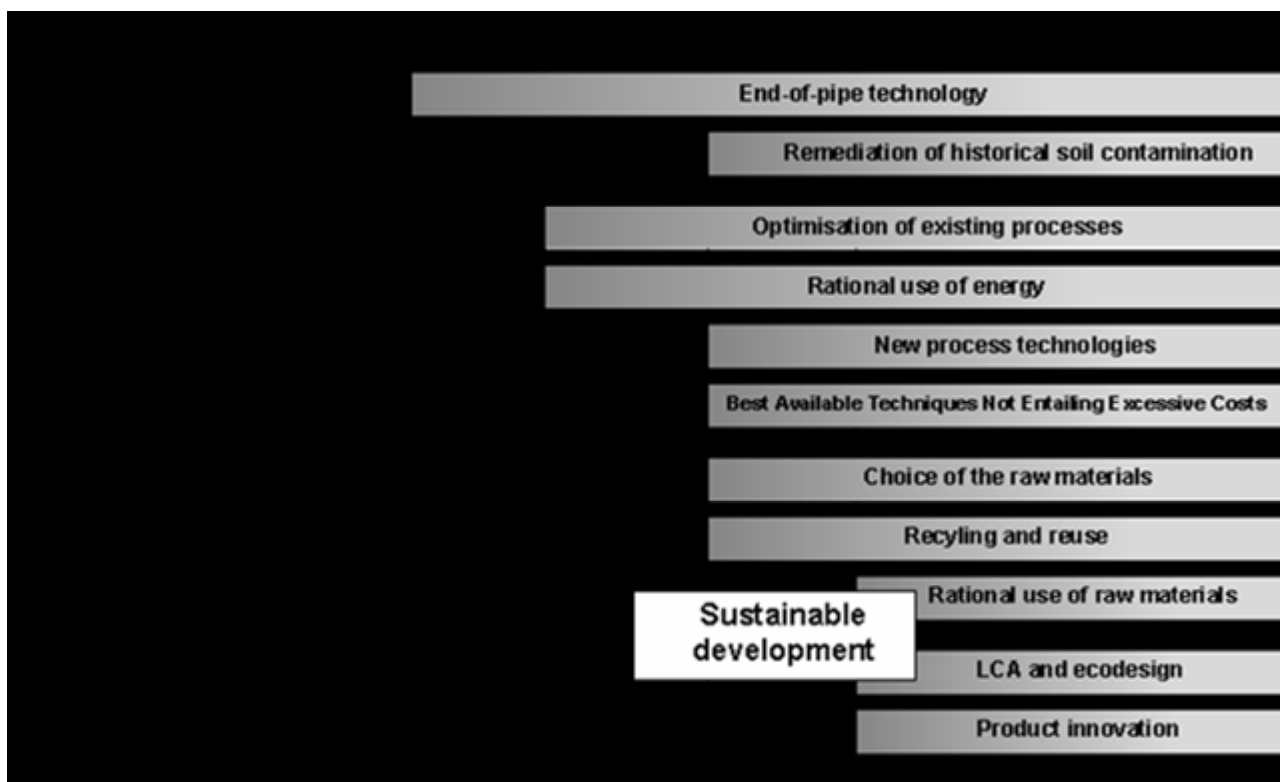


Figura 3 – Evolução histórica da intervenção humana face aos problemas ambientais na indústria (6)

Hoje em dia procura-se atingir um desenvolvimento sustentado, aquele que “responde às necessidades do presente sem comprometer a as necessidades das gerações futuras”, segundo o conceituado relatório da Comissão Brundtland apresentado em 1987.

Logo, era necessário um conceito dinâmico e sustentável como o de “produção mais limpa” (PML) para atingir aquele objectivo: uma estratégia integrada e contínua de modificação dos produtos, processos ou serviços para melhorar a eficiência que, por sua vez, melhora a performance ambiental e reduz os custos. A PML diz respeito a todas as fases do ciclo de vida de um produto:

- minimizando a quantidade de resíduos produzida
- aumentando a eficiência do uso da energia
- fabricando produtos mais “amigos do ambiente”
- reduzindo os custos e aumentando os lucros

A PML opõe-se à tradicional visão fim-de-linha (end of pipe, em inglês) (ver figura 4).

Environmental efficiency	
End-of-pipe technology	Integrated environmental technology
shift of environmental problems from one environmental medium to another	Lower input of energy and materials associated also with lower environmental pollution on proceeding stages of pollution processes
increased input of energy and materials to operate the additional end-of-pipe installations	raw emissions are reduced
no or low potentials for mitigating some urgent environmental problems (greenhouse effect, depletion of ozone layer)	potentials to mitigate environmental problems which cannot be tackled with end-of-pipe technologies (greenhouse effect, depletion of ozone layer)
Economic efficiency	
End-of-pipe technology	Integrated environmental technology
additional capital and operating costs for the end-of-pipe installations without increasing the production output	reduced costs for energy or materials because of higher energy and material efficiency
reduction of total productivity	increase in total productivity

Figura 4 – Eficiência ambiental segundo uma visão fim-de-linha e outra ambientalmente integrada (6)

De notar ainda a existência de modelos, ou sistemas de gestão ambiental, cuja necessidade foi reconhecida em 1992, na conferência do Rio (UNCED), por mais de 100 países. Hoje em dia existem dois importantes: a certificação da série ISO 14000 e a directiva europeia 1836/93 (European Management Auditing Scheme, ou EMAS), adoptada pelo Parlamento Europeu. Enquanto as normas ISO se podem aplicar a todo o tipo de organizações e certificam as estruturas organizativas, o EMAS só se aplica a indústrias e casos pontuais.

4.2 Medidas de prevenção e tecnologias mais limpas na indústria metalomecânica e metalúrgica em geral

Actualmente existem pressões ambientais que sugerem às pequenas e médias empresas (PMEs) deste sector a integração dos problemas ambientais na sua estratégia de desenvolvimento e competitividade. Um exemplo da preocupação com as tecnologias mais limpas nesta área é o projecto Recycle, do qual iremos falar mais adiante.

Foram compiladas 10 medidas de prevenção e 34 tecnologias de prevenção, as quais estão identificadas no anexo II. Recentemente foram identificadas quais destas medidas já se encontram implementadas em Portugal (ver anexo III).

Produção mais limpa no tratamento de superfícies

A estratégia da PML não consiste apenas nas mudanças de tecnologias, mas principalmente numa mudança de atitudes e comportamentos, proporcionando uma nova cultura empresarial.

Face às preocupações actuais da classe política, dos media e mesmo dos consumidores, torna-se essencial esta nova abordagem, que poderá passar pelas tecnologias mais limpas e mesmo processos de produção ecológicos.

Problemas ambientais: as fontes poluidoras deste sub-sector são os banhos de desgorduramento, linhas de decapagem química, cromagem e galvanização (responsáveis pela produção de grandes quantidades de águas residuais).

Medidas para uma boa gestão ambiental: utilizar uma abordagem preventiva em detrimento de uma abordagem de fim-de-linha. Esta abordagem permite reduzir a poluição, os custos de manutenção e o consumo de energia.

Medidas para a implementação de PML no recurso água:

- diminuição do consumo de água de lavagens, por recurso a lavagens em contra-corrente;
- utilização de caudalímetros para controlo dos consumos de água;
- instalação de válvulas de fecho automático nas tubagens;
- inspecções periódicas às tinas e tubagens, com vista a eliminar possíveis fugas e derrames.
- reutilização dos banhos para redução dos volumes de águas utilizadas e diminuição da quantidade de lamas perigosas
- aplicação de tecnologias de membrana e electrólise para reciclagem das águas de lavagem, permitindo poupar também sais de metais e outras substâncias presentes nos banhos.

Medidas para reduzir a contaminação das águas residuais e diminuir as emissões gasosas:

- substituição dos banhos de Crómio (VI), à base de ácidos crómicos e sulfúrico, por banhos de crómio (III), à base de um sal crómico;
- substituição dos solventes por soluções aquosas nos banhos de desgorduramento para eliminação dos vapores clorados libertados;
- substituição da decapagem em meio aquoso pela decapagem mecânica, desta forma deixam de existir águas residuais, existindo apenas resíduos sólidos.

4.3 Medidas de prevenção e tecnologias mais no sub-sector da fabricação de produtos metálicos

Tabela 2 – Processo produtivo e impactos ambientais associados

<i>Operação</i>	<i>Resíduos</i>	<i>Tecnologias / Medidas de prevenção</i>	<i>Resíduos que se previnem</i>	<i>Instalada em Portugal?</i>
Fundição com moldação em areia	Gitos, óxidos, areias de fundição, escórias da fundição	Reutilização dos gitos para fundição	Gitos	✓
		Tratamento térmico das areias auto-secativas	Areias de fundição	✓
		Molde em poliestireno recoberto com tinta refractária para gerar moldação em areia (esta pode ser reutilizada sem tratamento uma vez que não tem aditivos)	Areias de fundição	

		Moldação em vácuo	Areias de fundição	
		Fusão de metais por aquecimento em forno de indução	Perdas de energia	✓
		Separação magnética	Areias de fundição ferrosas contaminadas	✓
		Calcinação oxidante: eliminação das resinas (fenólicas ou de poliuretano) por oxidação com conversão em CO ₂ e água. Pode ser realizada em forno rotativos ou leitos fluidizados	Areias de fundição ferrosas contaminadas	
Desengorduramento	Solventes (halogenados ou não) contaminados, detergentes, soluções alcalinas contaminadas	Utilização de soluções aquosas com tensoactivos em vez de solventes orgânicos	Solventes orgânicos	✓
		Desengorduramento composto inicialmente por duas câmaras, uma contendo uma solução aquosa a alta pressão (5 bar) e outra com uma solução aquosa com ultra-sons. Ambos os banhos a 70 °C	Banho de desengorduramento	
		Durante o desengorduramento aumentar o tempo de escorrimento das peças entre o tanque da solução alcalina e o tanque da solução electrolítica	Banho de desengorduramento	
		Recuperação do banho de desengorduramento por microfiltração ou ultrafiltração	Reduz a quantidade de solução contaminada	✓
		Recuperação do banho de desengorduramento por decantação (separação dos sólidos em suspensão)	Reduz a quantidade de solução contaminada	✓
		Recuperação do banho de desengorduramento por centrifugação	Reduz a quantidade de solução contaminada	✓
Tratamento térmico em banho de sais	Águas, óleos de têmpera ou banhos de sais, lamas metálicas e revestimentos de enforagem	Endurecimento superficial por cementação em atmosfera gasosa (gás natural) em substituição de banhos com sais fundidos	Sais cianurados	✓
		Endurecimento superficial por nitruração iónica	Sais cianurados	✓
		Endurecimento superficial por nitruração em atmosfera gasosa (NH ₃) em substituição de banhos com sais fundidos	Sais cianurados	✓

		Endurecimento superficial por carbonitruração em atmosfera gasosa (mistura de gás natural e NH ₃) em substituição de banhos com sais fundidos	Sais cianurados	✓
		Tratamento térmico por corrente de indução de alta frequência	Sais cianurados	
		Nitrução com plasma	Sais cianurados	
Rectificação	Lamas de rectificação oleosas (óleos de corte e lubrificação das máquinas)	Sistema de exaustão de limalha seca nas máquinas, permitindo a protecção do indivíduo e posterior reciclagem das mesmas	Limalhas	✓
		Maquinagem a seco com arrefecimento por ar comprimido e ferramentas adequadas	Emulsões de corte	
		Nas máquinas, substituir os filtros de emulsão de fibra sintética por tela de longa duração	Emulsões de corte	✓
		Separação de limalhas por introdução de um magnete e um filtro antes da ultrafiltração das emulsões	Emulsões de corte	✓
		Centrifugação para regeneração de emulsões	Emulsões de corte	✓
		Decantação para regeneração de emulsões	Emulsões de corte	✓
		Micropulverização	Emulsões de corte	
		Ultrafiltração e microfiltração de emulsões	Emulsões de corte	
		Tratamento antibacteriano	Emulsões de corte	

4.4 Projectos em curso e legislação

Para além das normas ISO e do certificado europeu EMAS, há outros projectos importantes que convém referir:

Directiva IPPC

Ao nível da legislação europeia, o sector de tratamento de superfícies (tal como o da metalomecânica e metalurgia) está abrangido pela directiva "Integrated Pollution Prevention and Control" (IPPC). Esta directiva impõe um procedimento de autorização das instalações, para aquelas que o volume das cubas de tratamento seja superior a 30 m³. Estas autorizações são obrigadas a especificar os valores limites de emissão em função das performances possíveis de atingir baseadas nas melhores técnicas disponíveis.

Devido aos benefícios financeiros advindos da aplicação desta directiva (menos carga poluente a tratar e maior aproveitamento da matéria prima), torna-se mais urgente a adopção de tecnologias mais limpas, em detrimento das actuais tecnologias de fim de linha.

Começam agora então a ser usadas unidades de permuta iónica, acopladas às lavagens após banhos de desengorduramento, conduzindo a **reduções de 80% do volume de água residual** a tratar.

Projecto RECYCLE (7)

Objectivos

Este projecto tem como objectivo principais:

- a criação de uma rede inter-regional de empresas, centros tecnológicos, entidades de investigação e de formação e organizações públicas de Portugal, de França e de Espanha, de forma a estabelecer uma cooperação na transferência de conhecimento e de tecnologias mais "amigas" do ambiente
- aplicação do princípio da prevenção da poluição, através das melhores tecnologias disponíveis e de tecnologias complementares
- definição de políticas ambientais e industriais em cada região e em colaboração com as autoridades locais
- minimização ou redução da poluição na fonte, uma produção mais limpa, a incorporação de técnicas de reciclagem e a adaptação de tecnologias de tratamento final dos efluentes
- incorporação dos resultados obtidos como orientações, como orientações pré-normativas dos regulamentos e directivas

O projecto na prática

Na prática isto vai-se aplicar na adaptação das tecnologias nos centros tecnológicos (ex: Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica - CATIM), sendo aqui testados para posterior implementação nas empresas seleccionadas do sector. É necessária também a formação e assistência técnica nos centros tecnológicos e nas empresas, passando pela difusão realizada através de acções.

Resultados previstos

A grande conquista deste projecto será a demonstração da viabilidade técnica e económica das tecnologias seleccionadas e da sua adaptação às especificidades das regiões receptoras com o apoio da implementação dos pilotos. Outra meta que será atingida será a redução dos custos não produtivos (volume de resíduos) em cerca de 90%.

A segunda etapa será a difusão dos resultados às PME's (edição de livros técnicos e de bases de dados, por ex.), formando simultaneamente equipas de peritos nas regiões receptoras para responder aos problemas específicos de cada uma delas. Por fim, serão criadas redes de colaboração e de trocas de experiência entre as regiões participantes no projecto (detentores de tecnologias e empresas utilizadoras).

Projecto METALAMB

O METALAMB é um projecto que visa ajudar as empresas que aderiram ao referido acordo voluntário na introdução de medidas que permitam o cumprimento da legislação ambiental sem pôr em risco a viabilidade económica para o seu funcionamento. Foi assinado pelas PME's do sector da metalomecânica, a Direcção Geral da Indústria e o Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e ao Investimento (IAPMEI).

O projecto envolve cerca de 400 empresas no Norte, sendo estas previamente distribuídas em 14 sub-sectoros. A categorização em sub-sectoros teve, como base, o agrupamento de empresas que, pela sua actividade, tivessem operações semelhantes no seu processo produtivo e que por sua vez produzissem cargas poluentes da mesma índole.

Ao introduzirem as adaptações ambientais, as empresas incorporam também melhorias significativas no processo produtivo.

Este projecto envolve três fases:

Fase 1 - Levantamento e análise da situação ambiental (6 meses)

Fase 2 - Elaboração do plano de adaptação (3 meses)

Fase 3 - Acompanhamento e monitorização da execução do plano (11 meses)

A coordenação do projecto está a cargo da Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins (AIMMAP) e da Associação Nacional dos Empresários Metalúrgicos e Metalomecânicos (ANEMM). O CATIM é a entidade com competências técnicas que está a colaborar com a AIMMAP na sua concretização. Neste momento o METALAMB deveria estar no início da terceira fase, tendo sido concluída a segunda no fim de Setembro de 1999.

Acordo voluntário de adaptação à legislação ambiental

Este acordo surgiu da constatação de que as empresas não se encontravam em condições de suportar as exigências da legislação ambiental. Foi assim que em 31 de Julho de 1995 foi assinado um protocolo com o objectivo de criar mecanismos que permitirão uma adaptação gradual das empresas à legislação (exigente, comparativamente à situação actual das empresas). Teve como parceiros de negociação o Ministério do Ambiente (Direcção Geral do Ambiente, Instituto da Água e Instituto de Meteorologia), o Ministério da Indústria e Energia (Direcção Geral da Indústria) e as associações sectoriais (AIMMAP e Associação dos Industriais Metalúrgicos e Metalomecânicos do Sul - AIMMS).

A AIMMAP e a AIMMS comprometeram-se a elaborar um relatório sobre a situação do sector, identificando o estado de adequação à legislação ambiental, e a realizar um plano de adaptação das empresas às exigências da lei, o qual deverá ser executado até 31 de Dezembro de 1999.

As empresas associadas da AIMMAP que tenham assinado este acordo beneficiam das vantagens proporcionadas pelo protocolo, enquanto que as que não aderiram são já obrigadas a cumprir a legislação em vigor.

Declaração internacional sobre produção mais limpa

A declaração foi o resultado do Programa das Nações Unidas para o Ambiente. O principal objectivo é atingir o desenvolvimento sustentável industrial através de uma produção mais limpa, estratégias preventivas como a eco-eficiência, produtividade dos recursos e prevenção da poluição.

Produção mais limpa

Aplicação continuada de uma estratégia preventiva integrada e aplicada a processos, produtos e serviços com vista a reduzir riscos para a saúde humana e ambiente e conseguir benefícios

económicas para as empresas. Para se atingir este grade objectivo, cumprem-se as seguintes etapas:

- **Transparência:** partilhar as experiências em Produção mais Limpa
- **Integração:** encorajando a integração das estratégias preventivas através de sistemas de gestão ambiental e de instrumentos tais como a avaliação de desempenho ambiental e produção mais limpa, avaliação de impactes ambientais e avaliação do ciclo de vida dos produtos
- **Consciencialização, educação e treino** - construindo a capacidade básica em produção mais limpa
- **Investigação e desenvolvimento:** criando soluções inovadoras:
 - promovendo uma mudança de prioridade das abordagens de fim-de-linha para estratégias preventivas
 - desenvolvendo produtos e serviços que sejam ambientalmente eficientes e satisfaçam as necessidades dos consumidores

Implementação

Actuando para adoptar uma produção mais limpa:

- fixando objectivos ambiciosos e reportando regularmente os progressos através de sistemas de gestão ambiental
- encorajando investimentos e financiamentos novos e adicionais em opções de tecnologias preventivas
- promovendo a cooperação e transferência de tecnologias mais limpas entre países

5. BIBLIOGRAFIA

- (1) Ribeiro, Cláudia – Diagnóstico ambiental da indústria metalúrgica e metalomecânica. In AEP Ambiente, nº 27. Porto: Associação Empresarial de Portugal, 1999.
- (2) Avaliação ambiental e plano de acção ISO 14000: Cruz Martins & Wahl, Lda. Guimarães: Instituto de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica do Minho, 1999.
- (3) Costa, F.P.; Cardoso, J. B. – Problemas ambientais da indústria metalomecânica. In Tecnometal, nº 122. Porto: Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins, 1999, pp. 25-28.
- (4) Silva, Eduarda – Tendências ambientais na EMO Paris'99. In Tecnometal, nº 122. Porto: Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins, 1999, pp. 29-31.
- (5) Sousa, Sérgio – Sector metalúrgico e metalomecânico e implicações ambientais. In Tecnometal, nº 124. Porto: Associação dos Industriais Metalúrgicos, Metalomecânicos e Afins, 1999, pp. 11-14
- (6) Muys, Bert; Wouters, Guido; Spirinckx Carolin. Cleaner production: a guide to information sources. European Environmental Agency, 1997.
<http://service.eea.eu.int/envirowindows/manconc.shtml>.
- (7) Recycle: reciclagem e tecnologias limpas para o sector da metalomecânica (folheto de divulgação)

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CATIM, em especial ao Eng. Sérgio Sousa e à Eng. Eduarda Silva, pelo apoio dado. Um agradecimento muito especial para a Cruz Martins & Wahl, Lda., pela atenção tão grande que nos dispensou. Agradecemos também ao nosso professor, José Figueiredo, que nos forneceu a principal informação sobre tecnologias de prevenção (e que não vem referenciada por não estar publicada nem termos conhecimento do autor).