

*GUIA DE
BOAS PRÁTICAS
DO SETOR
FUNDIÇÃO*



Realização

FIEMG



GUIA DE
BOAS PRÁTICAS
DO SETOR
FUNDIÇÃO



MENSAGEM DO **PRESIDENTE**

Diversificada, moderna, tecnologicamente desenvolvida, inserida nos grandes mercados mundiais e efetivamente comprometida com os princípios e valores sobre os quais se fundamenta a responsabilidade social empresarial. São estes os atributos que definem a indústria mineira do século 21 e que, em seu conjunto, explicitam claro compromisso com o desenvolvimento sustentável.

Com a publicação desse Guia de Boas Práticas Ambientais do Setor de Fundição reafirmamos este compromisso e também a crença de que a construção do desenvolvimento sustentável é missão coletiva e participativa, que pressupõe o debate amplo e o efetivo respeito aos interesses maiores da sociedade.

Nesta caminhada, quatro são os pilares que se completam e se complementam para sustentar e fomentar a promoção do verdadeiro desenvolvimento - social, cultural, ambiental e econômico. Estão, todos, presentes ao longo do texto deste Guia, com destaque para as questões ambientais e econômicas. Sua leitura atenta vai mostrar a importância da indústria da fundição para Minas Gerais como instrumento de geração de riqueza, de inclusão e transformação social, sobretudo pela via da geração de empregos.

Mostrará, igualmente, a preocupação e os cuidados dos empresários que atuam no setor diante da questão ambiental por meio da adoção de boas práticas capazes de harmonizar produção e preservação. Ao idealizar e produzir este Guia, o Sindicato da Indústria de Fundição do Estado de Minas Gerais cumpre a missão de consolidar estas práticas e divulgá-las. É uma iniciativa que a FIEMG através da sua Gerência de Meio Ambiente apoia e aplaude com a convicção de que representa importante contribuição ao desenvolvimento sustentável em nosso estado.

Boa leitura,

ROBSON BRAGA DE ANDRADE

Presidente da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG

FIEMG



APRESENTAÇÃO

BOAS PRÁTICAS NA FUNDIÇÃO

O Manual de Boas Práticas do setor de fundição vem a contribuir enormemente para a divulgação do setor e, conseqüentemente, mostrar à sociedade sua importância no cenário econômico nacional. Trata-se de uma publicação em que o setor mostra, à sociedade, seu *modus operandi*, realizado com estrita observação acerca das questões ambientais, de sustentabilidade e de compromisso com o ser humano.

A indústria de fundição vem buscando se adequar ao novo modelo de desenvolvimento, onde a premissa mais notória diz respeito ao meio ambiente. A tônica de que o mercado vem buscando, a partir de exigências, sejam elas através de barreiras mercadológicas ou de proteção ambiental faz-se real e aplicável ao setor de fundição em Minas Gerais. Neste sentido, a valorização e o desenvolvimento de metodologias de gerenciamento ambiental baseado em boas práticas ambientais é uma importante ferramenta a ser incorporada à rotina produtiva do setor de fundidos.

Aproximar o empresariado das boas práticas ambientais, demonstrando a simplicidade de aplicação no dia a dia da cadeia de fundidos, torna a leitura deste Guia obrigatória para aqueles que almejam estar alinhados com as novas exigências de mercado. Temos o prazer de participar da construção desta importante empreitada demonstrando o nosso compromisso inequívoco com a responsabilidade socioempresarial.

A todos, boa leitura!

AFONSO GONZAGA

Vice-presidente da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG

Presidente do Sindicato da Indústria de Fundição no Estado de Minas Gerais - SIFUMG

OBJETIVOS

O presente Guia de Boas Práticas Ambientais do Setor de Fundição é um compromisso fundamental para somar bases sólidas ao setor frente aos novos desafios mercadológicos impostos pela variável sustentabilidade. O campo empresarial não pode se furtar a esta corrente que busca essencialmente a construção de um mundo saudável para as atuais e futuras gerações, integrando com a competitividade.

O setor de fundidos é um dos segmentos mais representativos em Minas Geras, fazendo parte da cultura histórica do Estado, sendo assim, é um importante ator neste processo de desenvolvimento que se redesenha. A indústria da fundição vem impondo sua potência na pauta de exportação, mostrando sua vitalidade para a economia mineira e o enorme potencial de crescimento, mesmo diante das dificuldades identificadas, principalmente na área ambiental. É com tal intenção que a Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais – Fiemg, por meio da sua Gerência de Meio Ambiente, Senai Centro Tecnológico de Fundição Marcelino Corradi (localizado em Itaúna e reconhecido como o maior e mais moderno de toda a América Latina) e Sindicato da Indústria de Fundição no Estado de Minas Geras – SIFUMG, elabora esta importante publicação em parceria com a Fiemg Regional Centro Oeste Mineiro, importante polo da indústria metalúrgica mineira.



SUSTENTABILIDADE *E FUNDIÇÃO*

Desde o limiar da percepção mundial dos problemas ambientais na década de 60, a inserção da variável ambiental no setor produtivo continua figurando entre os maiores desafios relacionados à sustentabilidade. Conceito este que surge na década de 80 com o lançamento do relatório “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como Relatório Brundtland, liderado pela Comissão Mundial das Nações Unidas para o Ambiente e o Desenvolvimento. Desde então, sustentabilidade se tornou uma expressão corriqueira no cenário internacional e motivação para a crescente preocupação com as questões ambientais. Mas afinal, o que significa sustentabilidade? Existem várias linhas conceituais envolvendo premissas, pilares, relações, modelos e controvérsias, mas todas denotam a mesma essência: Um mundo mais saudável e justo para todos, que não se limita apenas em preservação ambiental, relacionando-se também às questões sociais, econômicas e culturais.

A percepção de sustentabilidade vai além das definições, não obedecendo padrões lineares e velhos chavões. O mundo vive em estado constante de transformações, forçando revisões contínuas em nossos conceitos e abordagens. O cenário atual é uma prova para a tônica: Estamos à beira de uma virada no cenário econômico, mudanças de valores, dos desejos coletivos e individuais, derrubando a velha ideia que desenvolvimento econômico significa a simples geração de riquezas. Em suma, a sustentabilidade está se tornando uma lei em linguagem universal para o desenvolvimento humano. Para o setor empresarial isso significa aperfeiçoar seus processos atingindo eficiência produtiva aliada à ótica da sustentabilidade. Traduz-se em lançar mão de uma gestão responsável, integrando produção, colaboradores, clientes, fornecedores, meio ambiente, sociedade e poder público. Se posicionar a favor da sustentabilidade não significa desviar investimentos e onerar custos à empresa. É simplesmente um convite para o exercício de um futuro comum e desejável, tornando-se competitivo.

Já há evidências claras que o desenvolvimento sustentável já atua no meio corporativo, norteando planejamentos estratégicos e tornando um importante requisito de negócio. Como evidência há o International Business Report 2009 (IBR), um relatório lançado anualmente sobre as opiniões dos executivos de todo o mundo, que conta com mais de 7.200 empresas de 36 países incluindo o Brasil. Na pesquisa, 51% das empresas concordam em abrir mão de parte da sua lucratividade para investir estrategicamente em proteção ambiental. O mesmo documento demonstra que a média da comunidade empresarial brasileira disposta a agir à luz da sustentabilidade chega a 43%. Um outro relevante

resultado é que o setor empresarial reconhece a necessidade de agir em prol do meio ambiente para assegurar no futuro itens como matéria-prima e água.

Para a dimensão social um bom indicador é o número das certificações SA 8.000. Trata-se de uma norma internacional para atestar a responsabilidade social das empresas, baseada em convenções da Organização Internacional do Trabalho (OIT) e em outras convenções das Nações Unidas (ONU). Essa diretiva inclui erradicação do trabalho infantil, trabalhos forçados, discriminação, promovendo a saúde e segurança, liberdade de associação, práticas disciplinares, benefícios e as responsabilidades da organização em manter e melhorar as condições do trabalho. O número de certificações nos últimos anos vem crescendo significativamente no Brasil, revelando uma classe empresarial preocupada em integrar elementos sociais com o desenvolvimento corporativo. A responsabilidade social terá mais um impulso em 2010 com a publicação da ISO 26.000, com o mesmo propósito de promover a integração voluntária da responsabilidade social nos princípios de gestão. As empresas não são mais vistas como simples supridoras de demandas, mas também pelas facetas que desenvolvem com a sociedade e meio ambiente. O respeito aos princípios éticos, culturais e morais desempenhados por uma empresa alinham-se com indicadores financeiros e são incorporados na temática da sustentabilidade.

Nos mesmos passos, caminha a sociedade civil. O Instituto Akatu, uma das mais importantes organizações quando o assunto é consumo consciente no Brasil, publica regularmente pesquisas relacionadas com o tema. Em um resultado recente, revelou-se que 37% dos consumidores participantes da pesquisa estão dispostos a pagar mais por um produto ecologicamente correto. O consumidor brasileiro destaca-se na América Latina como o mais interessado no que tange as relações corporativas. Tal posicionamento potencializa a necessidade empresarial de integrar o comprometimento do negócio com ações ambientais e filantropia.

É neste sentido, baseando no pilar ambiental que envolve a temática ambiental, que colocamos à disposição das empresas do setor de fundição uma publicação que norteie as linhas de ações no campo de processos. A imposição de uma nova postura, com novos padrões de conduta ambiental, econômica e social, é o principal desafio para assimilação do setor de fundição. Mais uma vez elucidamos a importante contribuição para o desenvolvimento ambiental no setor de fundidos em Minas Gerais, através de um processo educativo sistemático, prático e contínuo.

ENG. BRENO AGUIAR DE PAULA

Analista Ambiental – Gerência de Meio Ambiente FIEMG



SUMÁRIO

1. Metodologia	10
2. Características do setor de Fundição	12
2.1 Histórico da Fabricação Mecânica	12
2.2. O Processo de Fundição - Pequeno histórico	15
2.2.1. A Fundição no Brasil	17
2.3 Perfil Econômico do Setor	17
3. O Processo de Fundição	23
3.1 Produção de uma peça fundida	26
3.2 Etapas do Processo de Moldagem de uma Peça	28
4. Setores de uma Fundição	34
4.1 Preparação de areias	34
4.2 Moldagem	37
4.3 Macharia	37
4.4 Fusão	38
4.4.1 Recomendações para utilização de fornos de fusão	39
4.5 Acabamento, Usinagem e Expedição	42
5. Fundição e Meio Ambiente	44
5.1 Introdução	44
5.2 Aspectos e Impactos Ambientais nas Indústrias de Fundição	46
5.2.1 Resíduos Sólidos	47
5.2.2 Efluentes Líquidos	47
5.2.3 Emissões Atmosféricas	47
5.3 Diagramas dos Processos de Fundição	48
5.4 A Produção Mais Limpa como Diferencial Competitivo	52
6. Legislação Ambiental	56
6.1 Legislação Ambiental aplicável à indústria de Fundição	58
6.2 Licenciamento Ambiental e Autorização Ambiental de Funcionamento	63
7. Produção mais limpa	66
7.1 Oportunidades Resíduos Sólidos/Materiais	68
7.2 Oportunidades Efluentes	70
7.3 Oportunidades Emissões	70
8. Considerações Finais	72
Referências Bibliográficas	75



1. **METODOLOGIA**

Para o desenvolvimento do presente trabalho, a elaboração de um extenso grupo de discussão para as possíveis abordagens e as complexas tipologias e portes que compreendem o setor de fundidos em Minas Gerais foi um dos elementos fundamentais para a empreitada. Entre as ações propostas para afinarmos a assunto e nos embasar em praticas de qualidade foram:

- Desenvolvimento de pesquisas bibliográficas sobre o tema;
- aplicação de questionários voltados para empresas do setor para refinamento e clareza de determinadas premissas;
- formação de equipe para análise crítica para apuração e interpretação dos resultados dos questionários anteriormente aplicados;
- identificação de levantamento de aspectos e impactos no que concerne às atividades do setor de fundição envolvendo também prestadores e fornecedores envolvidos na cadeia produtiva;
- coleta de informações e dados junto às associações produtivas e sindicatos, bem como especialistas do setor de fundidos;
- seleção e convite de um conjunto de empresas para visitas técnicas de parte da equipe envolvida;
- condução de uma análise crítica do conjunto de informações coletadas.



2. **CARACTERÍSTICAS DO SETOR**

2.1 Histórico da Fabricação Mecânica

No início o homem utilizava-se da pedra lascada, desenvolvendo as operações de desbastar, cortar e furar; e posteriormente, diante das novas necessidades desenvolveu as ferramentas e armas em madeira, pedra e ossos para facilitarem o processo de fabricação, sendo este intimamente ligado à sua sobrevivência.

O desenvolvimento da cerâmica abriu ao homem as portas para o definitivo salto tecnológico, ou seja, o processamento dos metais, que se iniciou por volta de 4000 a.C.

Antes de 4000 a.C. os homens das cavernas empregavam ouro, cobre nativos e meteoritos ricos em ferro, sem fundi-los, para a confecção de pequenos artefatos metálicos. Estes metais eram martelados e aquecidos ande adquiriram à forma desejada para tais ferramentas. Começando pelo cobre, depois o bronze e finalmente o ferro, o homem foi vagarosamente dominando a tecnologia de utilização dos metais (forjamento, soldagem, afiação, etc.)

Por volta de 500 a.C. os artesãos já eram capazes de elaborar uma grande variedade de ferramentais de ferro para seu próprio uso: tenazes, punções e martelos.

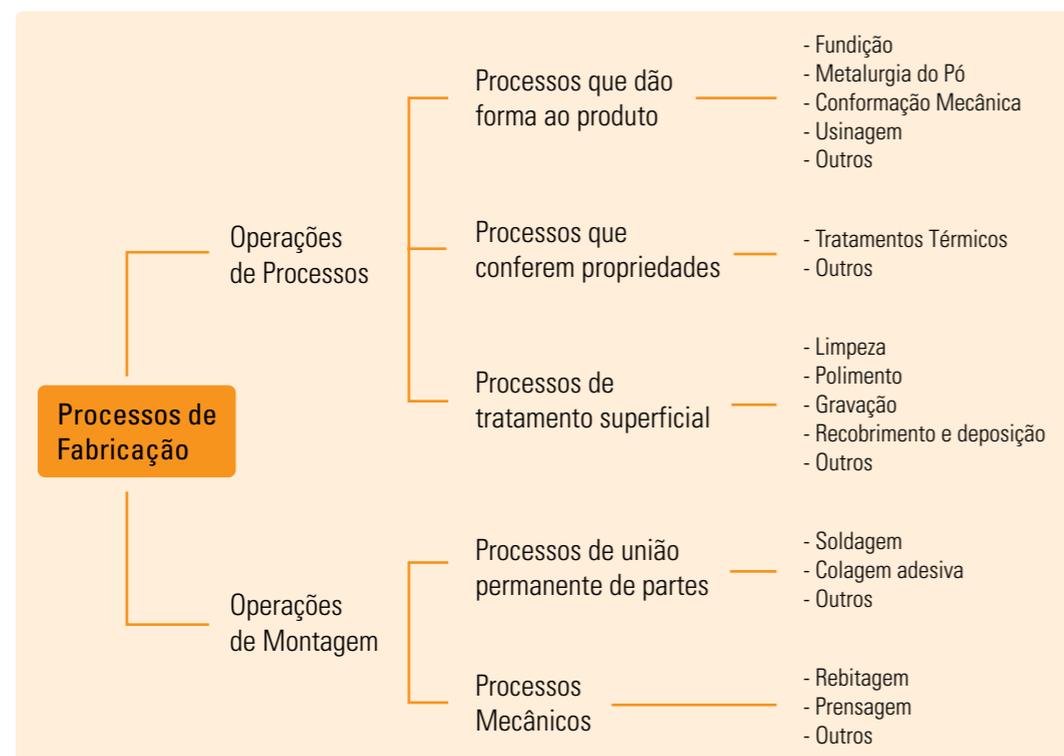
As técnicas continuaram a se aprimorar e então surgiram as máquinas, que no início eram rudimentares, mas cujos princípios são os mesmos empregados em nossas modernas máquinas.

Deste tempo até a atualidade, os processos da utilização da conformação mecânica evoluíram significativamente e estão presentes em praticamente tudo que utilizamos.



Conforme relatório produzido pela entidade Internacional Iron Ore (2004), China vem se tornando a principal fonte de demanda de ferro no mundo. Para efeito de exemplo, a média de demanda de 1992 a 2003 cresceu incrivelmente 9% ao ano, revelando um espantoso crescimento afetando todos os grandes produtores mundiais de ferro. Frente a esta questão, as três maiores reservas de ferro localizadas no Brasil e na Austrália investiram significativamente em produção, pesquisa e tecnologia para satisfazer a necessidade chinesa.

Atualmente, são fabricados desde pequenas peças como agulhas e pregos até os majestosos navios, utilizando processos de fundição, conformação, mecânica, soldagem, usinagem, dentre outros. Na Figura 1 a seguir são colocados os principais processos de fabricação mecânica:



Fonte: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Figura 1 - Classificação dos principais processos de Fabricação Mecânica

2.2. O Processo de fundição - Pequeno histórico

Admite-se que o ferro tenha sido descoberto quando, no período neolítico, fragmentos desse minério, que circundavam as fogueiras feitas para aquecer os homens nas cavernas, foram reduzidos a metal sólido pelo calor e o contato com a madeira carbonizada.

Encontraram-se contas de ferro nas tumbas de Al-Gezirat, Egito, datadas de 4000 a.C. Os portões da Babilônia de Nabucodonosor, no século VI a.C., foram reforçados com ferro. Com o passar do tempo, o homem foi utilizando crescentemente os materiais para melhorar o seu padrão de vida.

A grande barreira para a utilização dos metais e ligas é que quase todos os metais ocorrem na natureza combinados com outros elementos químicos, isto é, na forma termodinamicamente mais estável. No século XVIII, a química experimentou grandes progressos e os químicos conseguiram isolar (extrair), purificar e identificar inúmeros novos elementos químicos. A revolução industrial, iniciada na Grã-Bretanha no fim do século XVIII, representou a transição da sociedade agrária e têxtil para a sociedade industrial, que se baseava em combustíveis fósseis, e no ferro, como matéria-prima fundamental para a fabricação das máquinas.

No último século, crescentemente estudos refinados sobre a estrutura dos metais e ligas, associados aos estudos sobre a relação entre as estruturas das ligas e suas propriedades, levaram ao nascimento da ciência metalúrgica.

Acredita-se que o ferro, a princípio, tenha sido obtido por um processo que não chegava a extraí-lo do minério, nem a liquefazê-lo, mas tornava-o maleável. Assim foram fabricados os primitivos instrumentos de trabalho, como machados, martelos e pontas-de-lança.

A produção de peças acabadas para serem utilizadas na indústria seja para compor novas máquinas e equipamentos, seja para repor peças avariadas tem hoje uma grande gama de processos através dos quais estas peças e componentes são produzidos. O avanço tecnológico e a necessidade de equipamentos e máquinas de menores pesos e que possam consumir menos combustível para sua utilização leva a cada dia que antigos e novos processos se adequem cada vez mais a peças de precisão e qualidade que possam equipar as indústrias.

A qualidade e a precisão de processos posteriores à fabricação destes componentes exige que o acabamento superficial resultante do processo de fabricação utilizado seja melhorado para que possam ser usinados nos modernos processos de usinagem hoje disponíveis.



Poucos são os setores industriais de manufatura cujos produtos cobrem faixas tão amplas de tamanhos, pesos e complexidade como o setor industrial de fundição. As menores peças fundidas podem ser tão diminutas pesando algumas frações de grama, enquanto as maiores podem atingir dezenas de toneladas e serem tão altas quanto uma casa. Peças fundidas são frequentemente utilizadas em automóveis, instalações hidráulicas, locomotivas, aviões e em outros tipos de equipamentos.

O que distingue a fundição de outros processos de manufatura para a produção de componentes metálicos é a sua capacidade de gerar formas muito complexas, tanto externas quanto internas, e dimensões muito próximas daquilo que se deseja no produto acabado, resultando em economia de tempo, trabalho e materiais.

As aplicações de peças fundidas podem ser tão triviais quanto um contrapeso para um trator agrícola ou tão críticas quanto uma palheta de turbina de motor a jato.

O ramo industrial que mais demanda peças fundidas, consumindo cerca de metade da produção das fundições em termos de valor, é a indústria automotiva, para a qual a flexibilidade oferecida pelo processo de fundição é particularmente importante. Exemplos de componentes automotivos produzidos a partir de peças fundidas são: blocos de motor, cabeçotes, tuchos de válvulas, balancins, eixos comando de válvulas, pistões e seus anéis, camisas de pistão, coletores de admissão e de escape, girabrequins, cárteres, caixas de engrenagens e esboços de engrenagens usados nos sistemas de transmissão, burrinhos, pinças, discos e sapatas de freio, elementos da suspensão etc.

Embora seja uma grande consumidora de rejeitos metálicos, tanto os próprios como os gerados por outros setores industriais metalúrgicos (a maior parte da carga metálica dos fornos de fusão das fundições é constituída de sucatas provenientes de estamparias, cutelarias, forjarias e mesmo de sucatas geradas por obsolescência de equipamentos), a indústria de fundição ainda é tida como altamente poluidora do ar. Essa colocação tem fundamentos históricos, sendo devida, em parte, ao fato de o leigo frequentemente confundir a atividade de fundição com a de siderurgia e, em parte, pela efetiva carga poluente que era despejada na atmosfera pelos fornos de fusão do tipo cubilô. Entretanto, os cubilôs ou foram equipados com filtros adequados, ou foram substituídos por fornos elétricos não poluentes.

Hoje, os grandes problemas das fundições em termos ambientais são os resíduos sólidos, a maior parte destes constituídos de excedentes de areias usados na confecção dos moldes e machos.

2.2.1. A Fundição no Brasil

No Brasil, o primeiro registro de forno de ferro da América aponta sua instalação em São Paulo, no fim do século XVI. O mineral havia sido descoberto no Brasil no início do século XVI, pelos jesuítas, que logo passaram a fabricar, com o metal obtido na forma primária da redução do minério, anzóis, facas e outros tipos de ferramenta.

Disseminou-se em Minas Gerais e São Paulo o processo de fabricação de ferro em forjas e cadinhos. O metal era utilizado para ferrar cascos de animais de tração e em aros de carros de bois.

Foi a partir de 1921 que realmente se iniciou o desenvolvimento da produção brasileira de ferro-gusa, com a instalação de diversos altos-fornos. Já em 1936 fabricavam-se no país cerca de oitenta mil toneladas. Na década de 30, o país lançou um modelo econômico audacioso e decisivo para o setor industrial, creditando importância à industrialização, investindo fortemente na criação da infraestrutura para este setor. Parte do desenvolvimento foi focado nas regiões do Rio de Janeiro, Minas Gerais e São Paulo, despriorizando os interesses agrários-comerciais. Período este também conhecido como limiar da Revolução Industrial Brasileira. Com a instalação, em 1941, da Companhia Siderúrgica Nacional, em Volta Redonda RJ, a produção de ferro iniciou uma nova época de desenvolvimento com incentivo estatal, a estratégia foi liderada por Getúlio Vargas e teve como principal objetivo uma respeitosa base de infraestrutura industrial: indústria de base e energia.

No fim do século XX, o Brasil figurava entre os três países possuidores das maiores reservas conhecidas de minério de ferro em todo o mundo. Passou de terceiro a segundo lugar após a descoberta de riquíssimas reservas no norte de Minas Gerais e na serra de Carajás, no Pará.

2.3 Perfil Econômico do Setor

Minas Gerais foi o berço da siderurgia nacional, abrigando as primeiras casas de fundição do território brasileiro que foram criadas pelo Império Português em meados do século XVII, por ordem de El-Rei D. Sebastião.

Honrando seu pioneirismo, no ramo siderúrgico, Minas responde hoje por 28,5% da produção nacional de fundidos, ocupando o segundo lugar. As indústrias mineiras têm produtividade de 49 toneladas/homem/ano. A capacidade instalada é de 2.000.000 toneladas/ano, considerando a produção de aço, ferro, alumínio, bronze e latão.



Minas conta hoje com 398 empresas, sendo 32% das empresas do setor do Brasil, que são responsáveis por empregos diretos e indiretos de 76 mil trabalhadores. Destas empresas 28% são de microempresas, 56% de pequenas empresas, 14% de empresas de médio porte e 2% de empresas de grande porte.

Tais dados denotam os grandes desafios superados por Minas Gerais ao longo de sua história para fazer jus aos relevantes indicadores da sua indústria da fundição. O setor vem buscando manter sua competitividade em meio às dificuldades inerentes ao mercado e às crises que afetam a sobrevivência de tantas indústrias. Porém, muitas iniciativas ainda são isoladas e de difíceis implementações devido a várias questões tais como investimento em inovação e desenvolvimento tecnológico.

A realização da IV Feira da Indústria da Fundição no Estado de Minas Gerais demonstrou uma destas iniciativas possibilitando ao setor discutir e alavancar importantes ações de melhorias imediatas e em médio prazo para o setor

Com o objetivo de consolidar o apoio ao setor, o Sindicato da Indústria da Fundição no Estado de Minas Gerais - SIFUMG, em parceria com importantes instituições como o Instituto de Desenvolvimento Industrial de Minas Gerais - INDI, do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE-MG e da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG, lança a MINASFUND'2010 - Feira da Indústria da Fundição de Minas Gerais, colocando Minas Gerais mais uma vez no merecido circuito oficial de feiras do setor de fundidos.

O Instituto Euvaldo Lodi - IEL, em parceria com o SENAI-MG e SEBRAE-MG, realizou importante pesquisa para o setor de fundição, dando origem ao Diagnóstico das Indústrias da Fundição do Estado de Minas Gerais. Este diagnóstico retrata questões da indústria de fundidos no Brasil e em Minas, sua distribuída no estado, principais evoluções, ações e estratégias de investimentos nos últimos 5 anos e ações e estratégias de investimentos para os próximos 5 anos, a questão tecnológica, principais produtos e mercados e o processo produtivo.

Pontos-chave importantes observados pelos empresários como inovação tecnológica, gestão para a competitividade e abertura de novos mercados são alvos de iniciativas promovidas pelo SEBRAE e o Sistema FIEMG - MG.

Reconhecida como estratégica por quase a totalidade das empresas pesquisadas, a inovação tecnológica foi considerada necessária por 99% das empresas, sendo que 40% das empresas já investem em tecnologia, adaptando-se a um ambiente em constante transformação. Entretanto é

significativo o fato de que 58% das empresas pesquisadas reconheceram a necessidade de realizar investimentos em inovação e admitiram não terem condições para fazê-los.

Como estratégias a serem adotadas para os próximos cinco anos têm-se a diversificação das estratégias de negócios, busca de novos mercados, novos produtos, novos processos de produção, novas estratégias de marketing e expansão da capacidade produtiva, atuações compatíveis com o novo ambiente de competição da economia brasileira.

As ações em benefício dos investimentos em logística e em design serão mais relevantes do que no período passado, apesar de não terem sido percebidas como essenciais pelas empresas.

O principal objetivo das estratégias de investimento em tecnologia no setor de fundição, em 80% das empresas é melhorar a qualidade de produtos, seguido da ampliação da produção, reduzindo custos com mão de obra e adequando-se a normas, padrões e regulamentações técnicas.

Esses objetivos referem-se à qualidade, produtividade, custos e adequação, que são requisitos básicos para a ampliação da competitividade da indústria, tanto no mercado interno quanto no externo. Tal fato reflete a preocupação das indústrias com a obtenção de pré-requisitos para adquirir novos mercados no ambiente competitivo.

As empresas sentem as dificuldades em implementar muitas destas ações fundamentado principalmente na excessiva carga tributária, flutuação cambial e dificuldade na obtenção de recursos financeiros. Tais obstáculos podem ser amenizados com maior organização e cooperação entre as indústrias do setor. Como principais fontes de informação para realizar estratégias de desenvolvimento, destacaram-se os clientes, as fontes da própria empresa, os fornecedores, os Sindicatos, o IEL, o SENAI e o SEBRAE.

Inserido neste contexto tecnológico, o setor de fundição mineiro caracteriza-se por um número expressivo de empresas de pequeno porte, que requerem programas de aperfeiçoamento e de qualificação. A produção deste setor destina-se principalmente para o Estado de Minas Gerais, São Paulo e comércio exterior.

Pressionadas por melhores performances e aberturas de novos mercados, as empresas do setor de fundição vêm inserido nos planos estratégicos valores e ações mercadológicas, o que às vezes podem representar barreiras para as pequenas empresas que precisam aprimorar níveis mais complexos de integração. Diante da problemática o SIFUMG vem buscando promover a cooperação entre os pares de negócios no ambiente empresarial, fortalecendo a competitividade e contribuindo para os resultados

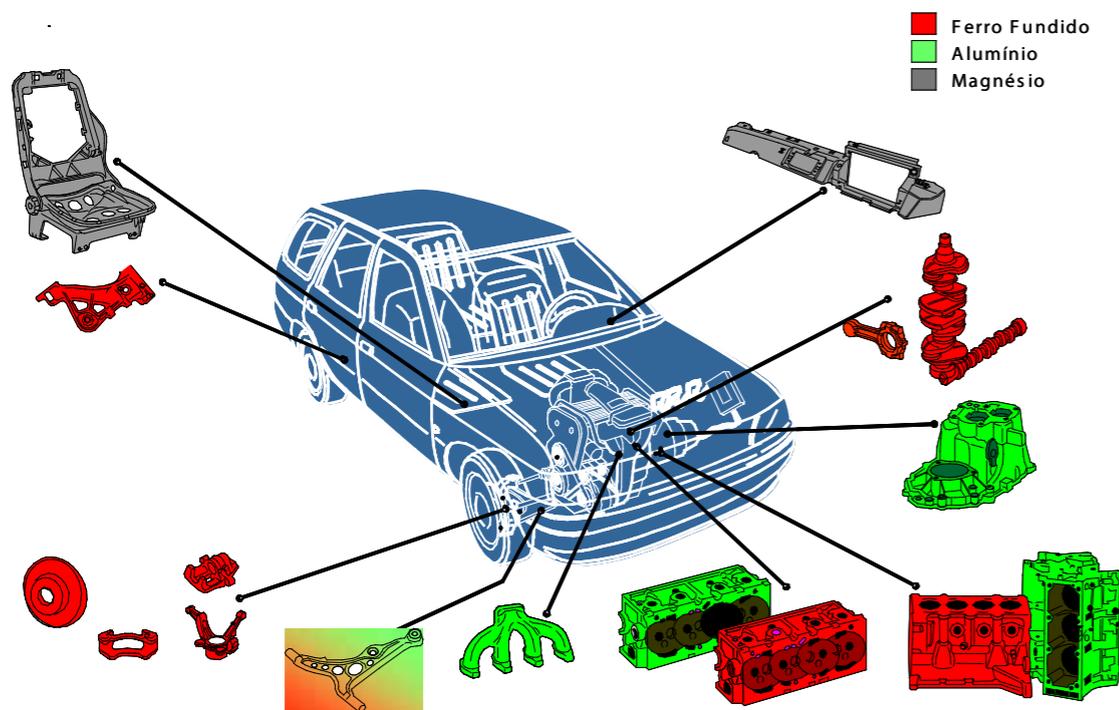


positivos. Promover o associativismo é um valor exercitado na família sindical, nas ações em equipe e com as empresas integradas à FIEMG. O tema faz jus à velha tônica promovida pela Federação: Juntos somos mais.

Os segmentos de utilidades domésticas, saneamento e construção civil destacam-se por serem atendidos pelo maior número de empresas. As indústrias de fundição fornecedoras para o setor automobilístico (Figura 2) respondem pela maior produtividade e faturamento.

Para atender a tais segmentos, as indústrias mineiras de fundidos utilizam principalmente o forno cubilô, com moldação manual em areia sintética. As questões ambientais, de logística e processos, são necessidades que as indústrias do setor de fundição se mostram interessadas em se adequarem aos padrões exigidos pelo ambiente competitivo no qual estão inseridas.

A partir deste contexto, Minas Gerais conta hoje com o apoio do Governo do Estado, através da Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia - SECT e da Secretaria de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais - SEDE, do SEBRAE-MG e da FIEMG, sendo considerado o setor como Arranjo Produtivo Prioritário.



Fonte: Autores

Figura 2 - Algumas partes componentes de um automóvel produzidos em fundição



3. *O PROCESSO DE FUNDIÇÃO*

A Fundição é um processo de fabricação de peças que representa o caminho mais curto entre a matéria-prima metálica e as peças acabadas, em condições de uso.

O processo de fundição para fabricação de peças consiste, essencialmente, em encher com metal líquido a cavidade de um molde cujas dimensões e formas correspondem às das peças a serem obtidas. Após a solidificação e resfriamento obtêm-se as peças com formas e dimensões, geralmente, quase definitivas, pois, em muitos casos, as peças são usinadas antes de estarem em condições de utilização.

Peças com variações quase ilimitadas de forma e projeto são produzidas em fundição que, por sua vez, são normalmente descritas em termos de alguma das características dos processos empregados – fundição em areia, por gravidade, fundição de precisão e outros tipos. Os produtos dessas fundições são designados como peças fundidas conformadas, ficando implícito que a forma básica inicialmente produzida é mantida na aplicação subsequente da peça. Pequenas modificações na forma podem ser inevitáveis (por exemplo, rebarbação, esmerilhamento e usinagem) e, em alguns casos, várias peças fundidas podem ser soldadas numa só para produzir a forma final desejada. A característica fundamental das peças fundidas baseia-se, entretanto, no fato de que nenhum processo de deformação ou trabalho plástico é usado para alterar sua forma básica bruta-de-fusão.

As peças fundidas podem também ser definidas de forma satisfatória pela característica de possuírem um determinado caráter estrutural bruto-de-fusão, que, por sua vez controla muitas das importantes propriedades dos meios fundidos.



Figura 3 - Moldes de peças confeccionados com areia aglomerada com argila

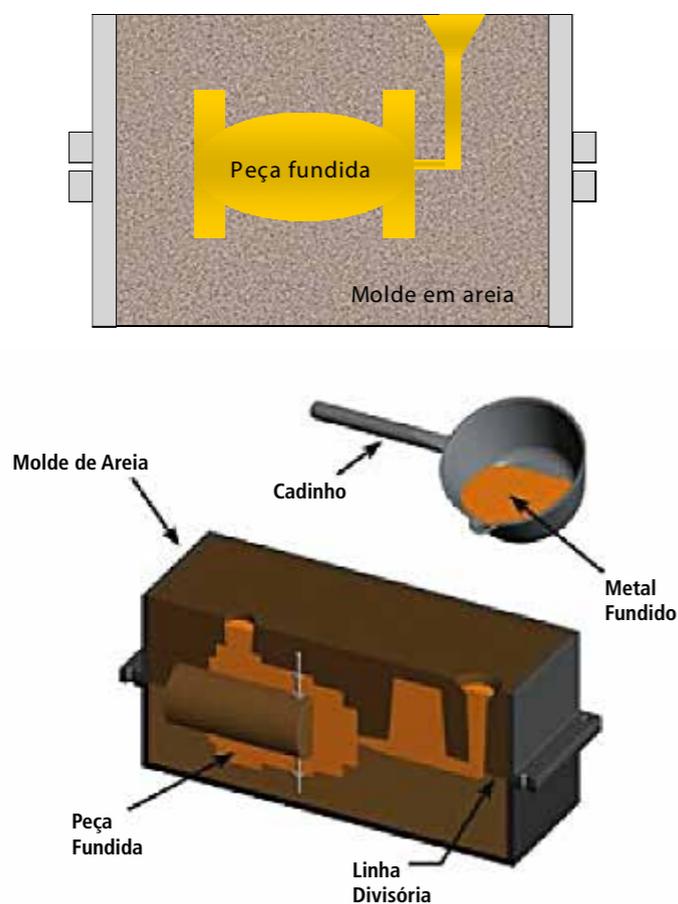


Figura 4 - Esquema de uma peça fundida em um molde de areia

http://media.photobucket.com/image/pe%2525C3%2525A7as%20fundidas/Marcos_Borges/fundicao_01.jpg

Pode-se dizer que no processo de fundição tem-se, quanto ao metal, apenas as etapas de fusão e solidificação entre a matéria-prima sólida e o produto semiacabado, enquanto que nos demais processos clássicos de fabricação de peças metálicas citados anteriormente tem-se, entre a matéria-prima sólida e o produto semiacabado, além das etapas de fusão e solidificação, uma deformação plástica por tratamento mecânico.

A obtenção de uma peça fundida segue o seguinte fluxograma:

FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO

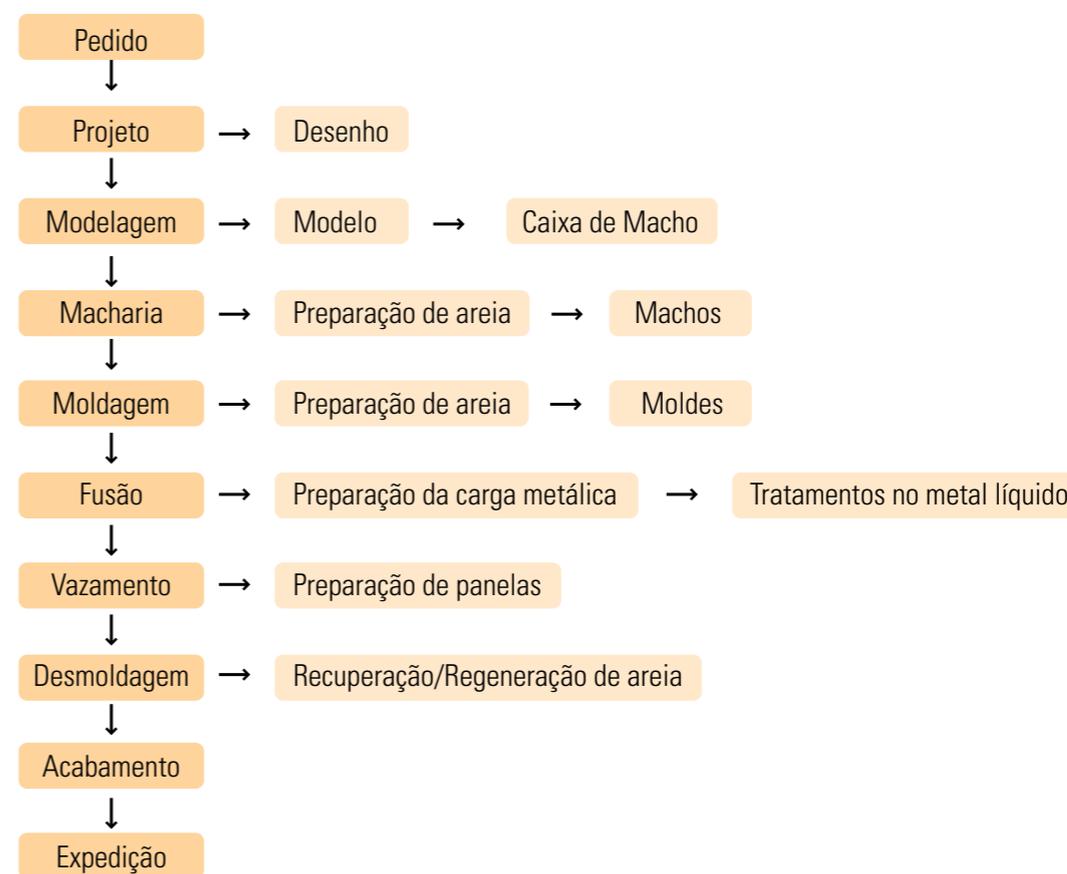


Figura 5 – fluxograma geral do processo de fundição



3.1 Produção de uma peça fundida

Logo após o recebimento do pedido de produção de determinada peça, o desenho técnico bem como as informações para a produção da mesma são encaminhados ao setor de projeto para estudo. Nesta etapa levantam-se todas as necessidades para que a peça possa ser fabricada com qualidade, dentro do prazo determinado e com preço compatível e competitivo. Na etapa de realização do projeto de construção da peça são calculados e definidos o sistema de alimentação e enchimento, o modelo, o(s) macho(s), tipo de moldagem e macharia, recomendações para elaboração da liga metálica, recomendações de vazamento, tempo de resfriamento, desmoldagem, acabamento e controles laboratoriais que se fizerem necessários até o envio da peça acabada para o cliente.

Definidas as características do modelo, o mesmo é confeccionado na oficina de modelagem da empresa ou através de terceirização deste serviço. A forma do modelo aproxima-se da forma da peça, diferenciando nas medidas, pois as contrações do material do modelo e da liga metálica devem ser acrescentadas às medidas da peça original, bem como as marcações do(s) macho(s) caso a peça tenha e as inclinações de saída para possibilitar a extração do modelo da areia. O material para a confecção do modelo depende da série de peças que deverão ser produzidas com o mesmo, podendo ser desde materiais menos resistentes como isopor e plástico, passando por madeira, resinas sintéticas até modelos metálicos para grandes séries de produção (milhares de peças).

Junto à confecção do modelo deve ser também confeccionada a(s) caixa(s) de macho para as peças que possuam cavidades internas e/ou externas. As especificações de dimensão e forma das caixas de macho bem como dos modelos são orientadas pelo projeto. As caixas de macho também são confeccionadas em uma modelagem sendo o seu material também decidido observando os mesmos critérios da confecção dos modelos.

Após a confecção do modelo e da caixa de macho passamos à etapa da produção dos moldes e dos machos. Ambos são confeccionados utilizando areia de fundição. Como as solicitações dos moldes e machos podem ser diferentes, a areia utilizada na confecção de cada um pode ser diferente.

A figura 6 descreve as etapas necessárias para a confecção de um molde e de um macho a partir do desenho técnico da peça.

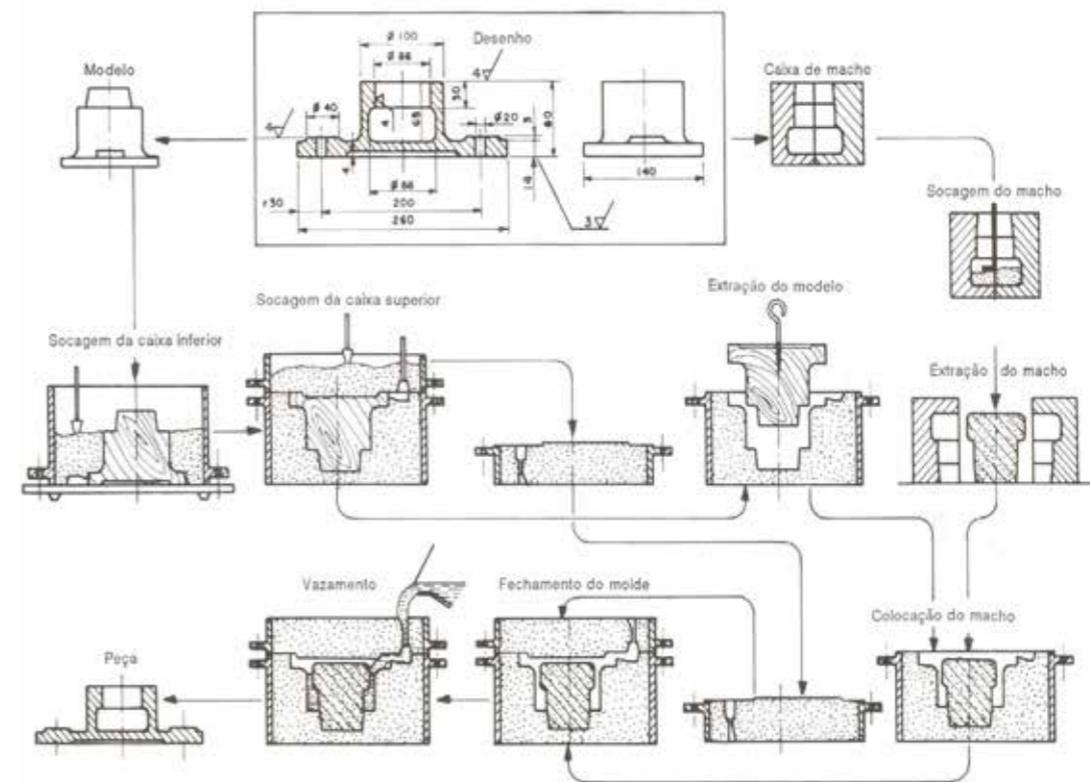


Figura 6 – produção de um molde e um macho

As etapas para produção de um molde serão explicadas no item 2.2 - Etapas do processo de moldação de uma peça.

Ao mesmo tempo em que são confeccionados os moldes no setor de moldagem e os machos no setor de macharia a etapa de fusão acontece. São realizados os cálculos de carga para que seja obtida a classe necessária do material para a peça. Estes cálculos levam em consideração o referencial da composição química de cada classe. O material é colocado no interior do forno de fusão (cadinho) para aquecimento e fusão da carga sólida. São realizados os controles necessários para o acerto da composição química e de temperatura do metal para realizar a próxima etapa, do vazamento.

Painéis de vazamento já preparadas e pré-aquecidas recebem o metal líquido em seu interior para o transporte do mesmo até a área de vazamento, onde os moldes serão vazados. O controle da escória é de grande importância nesta etapa. O vazamento deve acontecer rapidamente para que não aconteça



perda de temperatura acima do esperado do metal, que poderá ocasionar defeitos nas peças.

A figura 7 mostra uma panela com refratário para vazamento manual de moldes.



Figura 7 – Panela de vazamento manual

Espera-se o tempo necessário para que a peça no interior do molde solidifique para que seja realizada a desmoldagem, ou seja, a separação da peça fundida e sólida do molde.

As peças seguem para o setor de acabamento para limpeza e preparação para envio ao cliente. Os controles necessários são realizados para que se comprove a obtenção da qualidade necessária da peça.

A peça é então enviada ao cliente embalada da maneira própria de cada peça.

A seguir são colocadas as etapas para produção de uma peça de maneira mais detalhada.

3.2 Etapas do Processo de Moldação de uma Peça

As etapas de moldação de uma peça em areia com bentonita – areia sintética, podem ser descritas como se segue:

Controle do modelo a ser utilizado, atentando para possíveis defeitos que o mesmo possa apresentar como amassamento, quebras, empenamento, etc. que podem levar a produção de peças com defeitos. Com este modelo conseguiremos uma cavidade no molde que será preenchido de metal líquido no

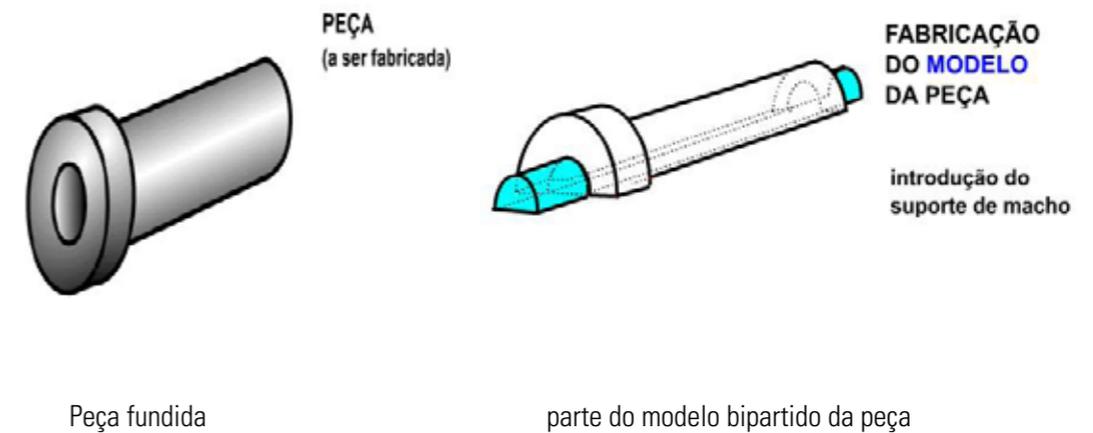


Figura 8 - A peça fundida final e seu modelo correspondente

Realizada a mistura da areia, o modelo (ou parte dele) é posicionado dentro da caixa de moldar bem como os canais de alimentação que se fizerem necessários para a confecção da caixa inferior.



Figura 9 - Posicionamento do modelo no interior da caixa de moldar

Preenche-se a caixa de moldar com areia de moldação, realizando o adensamento da mesma (socagem), para que o molde possa adquirir resistência mecânica.

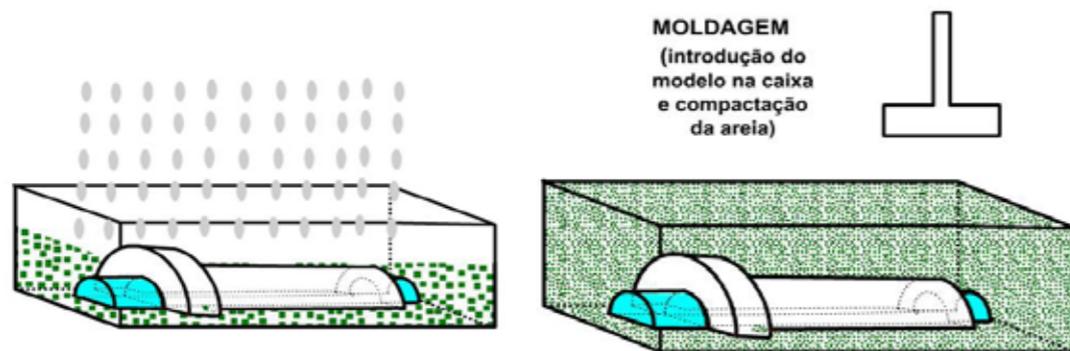


Figura 10 - Preenchimento e socagem da caixa de moldar com areia e compactação

Após a socagem da caixa inferior e a raspagem do excesso de areia, esta caixa é então virada. Posiciona-se outra caixa de moldar por sobre a caixa inferior colocando em seu interior a segunda parte do modelo da peça e dos canais de alimentação e enchimento que se fizerem necessários. Preenche-se a caixa de moldar com areia de moldação, realizando a socagem da mesma. Esta outra parte do molde confeccionada chama-se caixa superior.

Ao término da socagem o excesso de areia é retirado sendo então separadas as duas metades do molde confeccionadas, a caixa inferior e a caixa superior, formando o molde da peça.

Faz-se a abertura do molde, separando a caixa superior da inferior e realizando a extração (retirada) das partes do modelo e dos canais. Com isso uma cavidade com a forma do modelo ficará impressa no molde.

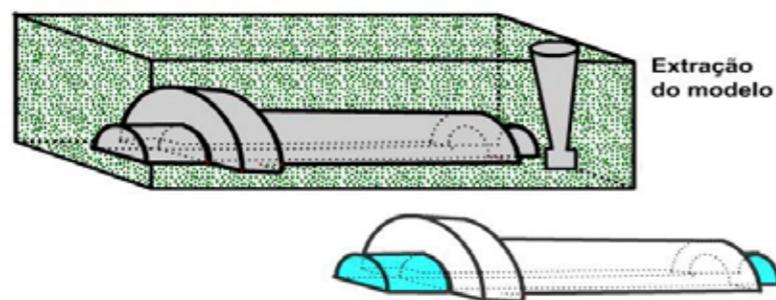


Figura 11 - Retirada do modelo e posicionamento do macho no interior do molde

Fazem-se os reparos necessários no molde e coloca-se o macho, caso seja necessário, na cavidade do molde.

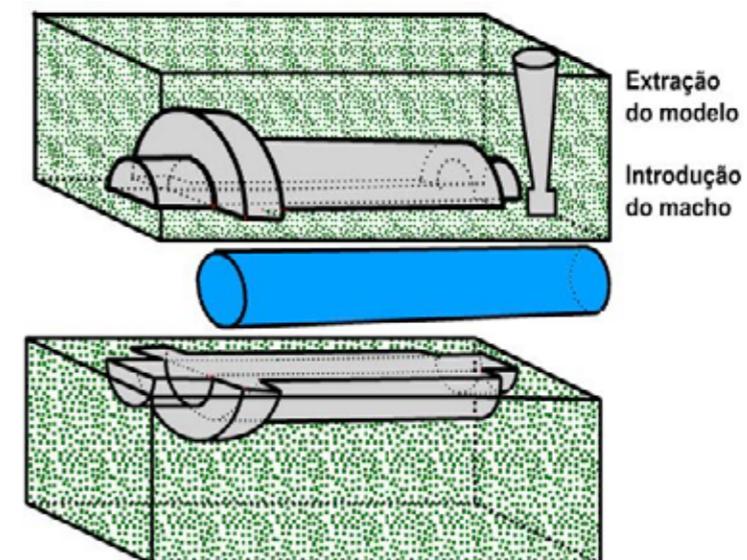


Figura 12 - Posicionamento do macho no interior do molde

É realizado o fechamento do molde, fazendo o acoplamento da caixa inferior com a caixa superior através das guias e dos grampos. O molde pronto é encaminhado para a área de vazamento onde será vazado.

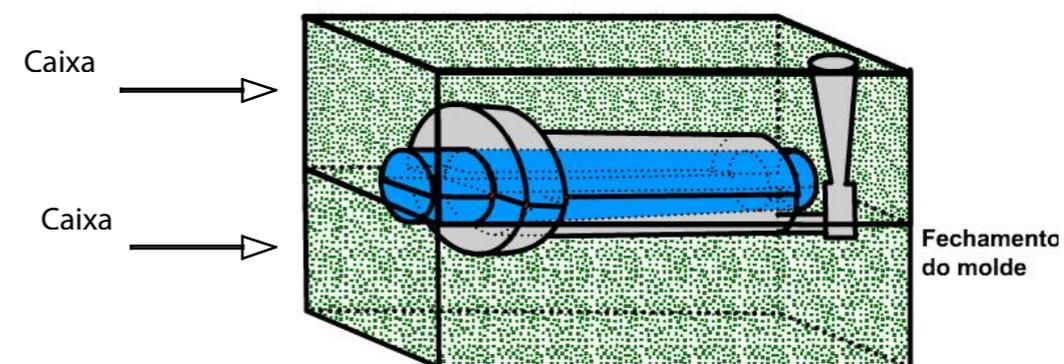
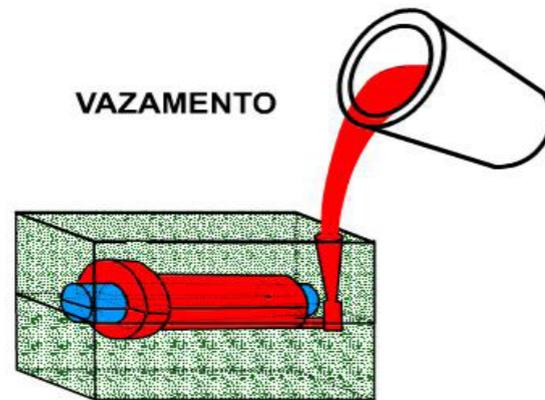


Figura 13 – Molde pronto para receber o metal líquido



O metal fundido em um forno de fusão apropriado e na temperatura adequada é transferido para uma panela de vazamento, de onde é vazado na cavidade do molde, preenchendo o interior do mesmo com a liga metálica.



Vazamento no molde panela de vazamento

Figura 14 - Vazamento da liga líquida

Espera-se o tempo necessário para que a liga líquida se solidifique (resfriamento) sendo então realizada a desmoldagem (quebra do molde) onde a peça agora sólida é separada da areia do molde. A areia é levada a um sistema para ser recuperada e reutilizada; as caixas de moldar são encaminhadas para uma nova moldação e a peça com os canais aderidos à mesma é encaminhada para sofrer jateamento, acabamento e se necessário usinagem.



Figura 15 – peça fundida depois de retirada do molde

A peça fundida depois de ser limpa e sofrer as operações de acabamento necessárias deve ser submetida a controles segundo as necessidades requeridas da utilização da mesma. Estes controles são realizados nos laboratórios de metalografia, químico, mecânico e ensaios não destrutivos. Depois da aprovação final a peça é então enviada ao cliente.



4. **SETORES DE UMA FUNDIÇÃO**

4.1 Preparação de areias

O coração de uma fundição que utilize moldes em areia é o setor de preparação de areias.

Diferentes tipos de areias de fundição podem ser utilizadas na confecção dos moldes e machos, sendo que cada processo de areia tem características próprias. Uma grande divisão poderia ser das areias com aglomerantes argilosos e das areias com ligantes químicos. As areias são divididas em processos de cura a frio, de cura por gasagem e de cura térmica. Podemos citar como exemplos de processos de cura a frio areias com ligantes fenólicos, furânicos e fenólico uretânicos; processos de cura por gasagem areias com ligantes fenólico uretânicos e silicato de sódio e processos de cura térmico areias com ligantes fenólico furânicos e fenólico (Shell). Cada processo tem suas características e limitações próprias de utilização que diferem quanto à liga da peça, forma e tamanho das peças e moldes, produtividade, colapsibilidade, utilização em moldes ou machos, entre outros.

Após a escolha do processo de areia que atende às características das peças a serem produzidas, atenção deve ser dada à etapa de preparação da areia, que é realizada em um equipamento chamado misturador que tem a função de homogeneizar os constituintes da mistura em um tempo predeterminado, fazendo com que cada grão de areia seja recoberto por uma camada (filme) de aglomerante, agente de cura e aditivos.

No caso específico das areias com bentonita, as mesmas recebem as denominações de areia Sílico Argilosa Sintética, ou areia sintética, ou areia verde ou ainda mesmo areia preta.





Figura 16 – Misturadores empregados na preparação de areia de fundição

Uma areia de qualidade pode representar a obtenção de uma peça de qualidade com bom acabamento superficial, ausência de defeitos internos e dimensões dentro do especificado pelo desenho da peça. Importante observar que as características da areia devem ser apropriadas à peça que será produzida e não ao moldador. Pontos importantes a serem observados para a obtenção de uma areia de qualidade:

- Controlar a matéria-prima utilizada. Na areia base deve-se optar por um tipo que seja compatível com a liga da peça, bem como o peso da mesma. Deve-se controlar a forma e estrutura dos grãos, módulo, distribuição granulométrica, teor em finos; na bentonita a adsorção de azul de metileno; a qualidade da água utilizada; na resina e catalisador os controles específicos de cada processo resinoso. Toda a matéria-prima deve ser estocada em locais apropriados sem contato com sol, umidade e solo;
- Escolher o misturador recomendado para o processo de areia, fazer as aferições necessárias e limpeza sistemática por turno de trabalho, manutenções das partes de desgaste;

- Tempo de mistura necessário a cada processo de areia, controlando a rotação do misturador;
- Ordem de adição dos constituintes no misturador, evitando a mistura de material seco para evitar a produção de poeira, adicionando sempre no caso de areias com resina o catalisador primeiro a mistura e em seguida a resina, obedecendo aos teores sugeridos para cada processo;
- Controlar a areia preparada em laboratório para saber as propriedades e estimar o comportamento desta areia no molde e durante o vazamento. Os ensaios comuns para a areia com bentonita são de resistência mecânica, permeabilidade, umidade, compactabilidade, argila ativa, perda ao fogo, módulo, teor em finos, dureza; para areias com resina resistência mecânica, vida de banca, teor em finos, demanda ácida entre outros;
- Estocar a areia corretamente evitando o contato da areia com o ar e o chão da fundição. O uso de silos para armazenamento da areia preparada, bem como de correias transportadoras são importantes.

4.2 Moldagem

A confecção de um molde/macho de qualidade é primordial para a sanidade das peças produzidas. Na moldagem manual com areia sintética todo o trabalho é realizado pelo moldador, necessitando de mão de obra qualificada e treinada. Uma compactação exagerada não quer dizer necessariamente que favorecerá a qualidade da peça, podendo em alguns casos criar condições para aparecimento de defeitos nas peças.

Na compactação à máquina o contato do operador com o molde deve ser o menor possível, evitando queda de produtividade. A areia para moldagem manual difere da areia para moldagem mecanizada, principalmente no teor em umidade, sendo que na manual a areia necessita de maior teor em umidade, o que na mecanizada deve ser evitado, sempre procurando uma elevada fluidez da areia para melhor preenchimento das caixas de moldar.

4.3 Macharia

A confecção dos machos é realizada com areias com ligantes químicos, na sua maioria resinas. O tipo de resina a ser utilizada deve ser compatível com a liga da peça, bem como a forma e peso da mesma. Na confecção manual dos machos, não é necessário grande adensamento, apenas uma acomodação



da areia no interior da caixa de macho, mais que não deixe o macho pouco adensado, o que levaria a quebras dos machos, inclusões de areia, penetração metálica.

O processo caixa fria (Cold Box) tem hoje uma grande utilização nas empresas através do uso das sopradoras cold box. A produção de um macho neste processo deve obedecer as etapas próprias do mesmo que são sopro (adensamento), gasagem (utilizando catalisador na forma de gás ou vapor) e retirada do excesso de gás (lavagem). Várias máquinas para confecção de moldes em Cold Box são encontradas no mercado, necessitando do fundidor atenção na escolha de máquinas que observem as características de produção do processo, evitando problemas futuros de baixa produtividade e qualidade insuficiente dos machos e moldes produzidos

4.4 Fusão

Seguindo as orientações do pedido da peça e do projeto elaborado, é realizado o cálculo de carga, ou seja, a verificação da quantidade de cada matéria-prima que será utilizada para fabricar o ferro fundido na classe requerida. Os materiais utilizados são retorno (peças quebradas ou refugadas e canais), gusa, sucata de aço e elementos de liga. Para a realização do cálculo de carga é necessário saber a composição química de cada componente da carga (carbono, silício, manganês, fósforo e enxofre entre outros), a composição química desejada para a peça que será fabricada, as perdas e ganhos de elementos por fusão (normalmente nos fornos a indução os elementos carbono, silício e manganês sofrem perdas, sem ganhos, e no forno a cubilô os elementos silício e manganês sofrem perda e o enxofre sofre ganho quando utilizado o carvão coque como combustível).

Este material depois de pesado é colocado no interior do forno para ser realizada a fusão do mesmo. Os tipos de fornos utilizados para as ligas ferrosas são os fornos elétricos a indução e cubilo.

Atenções no momento da fusão devem ser obedecidas como acondicionamento da matéria-prima cuidadosamente no cadinho do forno, não utilizar materiais oxidados, com umidade, não utilizar material de origem desconhecida. Este setor deve ter atenção especial por ser um grande consumidor de energia elétrica e gerador de grande quantidade de fumos, gerando grande poluição. Os órgãos ambientais exigem sistemas para que a poluição seja controlada.

4.4.1 Recomendações para utilização de fornos de fusão

A utilização dos equipamentos de fusão deve ser otimizada para que a qualidade das peças seja alcançada, bem como a preservação dos equipamentos, evitando manutenções desnecessárias, consumo excessivo de energia, emissão de particulados e resíduos ao meio ambiente e resguardando a integridade física dos operadores do mesmo. A seguir são colocadas algumas recomendações importantes para o dia a dia de uma empresa de fundição que utilize fornos à indução e forno cubilo.

Forno a Indução

A operação do forno requer preparação do funcionário com os EPIs específicos para o setor de fusão, principalmente pela possibilidade de projeção de metal líquido, fagulhas, emissão de calor e luminosidade do banho de metal líquido.

Antes de seu carregamento, é necessário avaliar as condições do refratário. Trincas de grandes dimensões, assim como desgaste excessivo do mesmo, podem provocar fuga de metal líquido para a bobina, gerando curto circuito e até explosão pelo contato do metal com a água de refrigeração da bobina.

Antes de ligar o forno deve-se realizar algumas checagens de segurança. O controle de potência deve estar na posição zero e caso o forno tenha capacitores, devem estar desligados para evitar sobrecarga no forno danificando o painel ou mesmo impedindo o acionamento.

Caso aconteça durante a fusão a formação de ponte, a primeira ação a ser tomada é a retirada da potência a fim de reduzir a temperatura do metal. A ponte pode ser revertida ao bascular o forno para que o banho líquido entre em contato com o material sólido fundindo-o. Cuidados podem ser tomados como colocar uma panela próxima ao forno para coletar o metal líquido caso aconteça derramamento de metal além de evitar concentração de pessoas próximas ao forno. Importante verificar se o revestimento não foi afetado durante a formação da ponte.

Os fornos a indução devem possuir sistema de proteção contra o contato entre a bobina e o metal líquido. Se o revestimento falhar e o metal entrar em contato com a bobina e receber a corrente alternada. Existe o risco de descarga elétrica se ocorrer contato com a carga (limpeza do banho, retirada de amostras etc).



Para que o sensor de detecção de fuga a terra funcione adequadamente o dispositivo “aranha” deve estar em contato permanente com o banho líquido. Assim, não pode estar isolada por escória ou reparos no revestimento, com suas partes intactas. Um instrumento portátil registrador de fuga de corrente verifica a integridade do sensor, isto é, verifica se o banho está aterrado corretamente.

O sensor e o módulo de detecção de fuga à terra devem ser testados ao menos uma vez por dia.

O controle da temperatura é importante, pois elevadas temperaturas são prejudiciais ao processo e promovem desgaste prematuro do refratário.

A medição de temperatura deve ser realizada após a limpeza da superfície do banho da escória formada e do inversor desligado para evitar falhas na medição e danos no aparelho de medição.

Antes do vazamento é necessário organizar a área de vazamento, identificar e ordenar dos moldes, sendo necessário queimar os gases liberados no momento do vazamento.

O desempenho do material refratário depende diretamente das operações de substituição (socagem) e sinterização. Os fabricantes de refratário orientam sobre a correta utilização do mesmo. Não utilizar materiais com o prazo de validade vencido, pois diminuirá sua resistência e vida útil.



Forno cubilô

Utilizar granulometria correta do carvão coque, pois grãos muito grandes aumentam as perdas de C, Si e Mn e grãos muito pequenos aumentam o consumo de coque. Elevado teor em cinzas no carvão coque propicia rápido consumo do mesmo no forno.

Iniciar a fusão com a cama de coque próxima a 1,5 m de altura a partir do plano médio das ventaneiras. A cama de coque deve estar bem acesa desde o início da fusão, a fim de que a temperatura no início esteja próxima à temperatura de pico de funcionamento do forno.

Vazão de ar excessiva provoca a diminuição da altura do pé de coque e posterior oxidação e baixa temperatura do metal. Vazão de ar insuficiente aumenta o consumo de coque.

O peso da carga de coque é definido de acordo com o diâmetro interno do forno. Com coque de qualidade normal, admite-se que a sua camada deva ter espessura média de 15 cm para um bom funcionamento. Espessuras maiores provocariam elevada redução na cama de coque antes da reposição.

Para evitar engaiolamentos (carga presa no interior do forno), o dimensionamento da carga deve estar dentro da faixa de 1/10 a 1/3 do diâmetro interno do cubilô.

A porcentagem de coque depende das temperaturas que se deseja obter para o metal líquido. Normalmente as porcentagens de coque utilizadas nas empresas variam entre 9 a 16%. Quanto maior a porcentagem maior a temperatura alcançada.

A produção horária nominal do forno cubilô pode ser obtida através da fórmula:

$P = K.D^2$, onde:

P = vazão de ferro fundido líquido em toneladas/hora;

D = diâmetro interno do forno em metros;

K = coeficiente de correção que varia entre 5 a 7, influenciado pelas características das cargas a serem fundidas, da potência do ventilador e do próprio desejo do fundidor em operar o forno com maior ou menor taxa de fusão.



A introdução de oxigênio puro, enriquecendo o ar que entra pelas ventaneiras leva a redução do consumo de coque e ou aumento da temperatura do metal, podendo ser injetado no forno diretamente pelas ventaneiras ou misturado ao ar na tubulação principal, preferencialmente logo após a saída do ventilador.

A dimensão do diâmetro das ventaneiras é de grande importância para o bom funcionamento do forno cubilô, visto que determina a velocidade do ar na entrada do forno. Velocidades de entrada superiores a 28 m/s aumentam o volume da zona de oxigênio livre, provocando a oxidação do metal líquido; velocidades inferiores a 12 m/s não injetam ar suficiente no centro do forno. Ocorre que o ar sobe junto à parede do forno, fazendo com que a combustão ocorra nesta região, provocando o desgaste prematuro do refratário. A melhor velocidade para a entrada do ar no forno situa-se em torno de 20 m/s.

O calcário adicionado às cargas diminui o ponto de fusão da escória tornando-a fluida a ponto de sair do forno junto com o metal líquido. O aumento da quantidade de calcário torna a escória formada durante a fusão menos ácida. Porém quanto menos ácida a escória, maior será o desgaste do refratário que geralmente é ácido. O teor em enxofre no metal depende do índice de basicidade da escória. Quanto menor a acidez, menor será o teor de enxofre no metal. O índice de basicidade deve atender à necessidade metalúrgica.

No descarregamento do forno (abrir a soleira) é importante não haver umidade em baixo do forno evitando risco de projeção de metal.

É necessário reparar o revestimento do cubilô a cada fusão. O objetivo é fazer com que o cubilô recupere seu diâmetro interno original. Assentam-se os tijolos com as juntas intercaladas, que por sua vez devem ter a menor espessura possível. Para que a parede da coluna fique bem alinhada deve-se utilizar régua, gabarito de diâmetro e prumos.

4.5 Acabamento, Usinagem e Expedição

Com a desmoldagem ocorre a “quebra” dos moldes, que consiste na separação das caixas de moldar da areia de fundição e das peças fundidas em bruto. As caixas de moldar são encaminhadas para estocagem até serem novamente utilizadas para confecção de outros moldes. Caso a peça produzida tenha algum macho, esta areia dos machos, se possuir boa colapsibilidade, com o calor recebido durante o vazamento, as ligações de resina são quebradas, fazendo com que esta areia perca a

resistência após o resfriamento da peça no molde. Com isso, no momento da desmoldagem, esta areia desagregada se mistura à areia de moldagem sintética (com bentonita), não sendo possível separá-las. Esta areia de macho é então considerada como sendo areia base nova adicionada ao sistema, devendo ser levada em consideração nos cálculos de correção de bentonita e pó de carvão mineral. Esta areia chamada de areia de circuito deve ser encaminhada para um silo para ser estocada até a próxima preparação. Caso a quantidade de areia do sistema seja insuficiente para a produção diária da empresa, a mesma poderá retornar várias vezes ao sistema no mesmo dia, fazendo com que a mesma fique quente. Utilizar areia quente na moldagem, acima de 500°C pode provocar defeitos nas peças fundidas. Para evitar este aquecimento da areia de moldagem as fundições poderiam atentar para:

- Aumentar a quantidade de areia do sistema;
- Utilizar nos moldes uma maior relação areia metal (mais areia nos moldes em relação ao peso das peças);
- Aumentar o tempo de resfriamento das peças nos moldes, maior tempo até a desmoldagem;
- Instalar na fundição um sistema de resfriamento da areia.

As peças retiradas dos moldes são encaminhadas para o setor de acabamento onde serão jateadas, limpas e separadas dos canais e massalotes. Caso as peças necessitem, serão encaminhadas para o setor de usinagem para obterem a sua forma final antes de serem enviadas aos clientes. Em alguns casos as peças ainda podem receber algum tipo final de tratamento, como pintura por exemplo.

Após os controles finais em laboratório, com a verificação da qualidade dimensional, mecânica, metalográfica e química das peças, as mesmas serão enviadas ao cliente final, encerrando o ciclo de produção destas peças na fundição.



5. **FUNDIÇÃO E MEIO AMBIENTE**

5.1 Introdução

Desde o limiar da percepção mundial dos problemas ambientais na década de 60, a inserção da variável ambiental no setor produtivo continua figurando entre os maiores desafios relacionados à sustentabilidade. Conceito este que surge na década de 80, com o lançamento do relatório “Nosso Futuro Comum”, também conhecido como Relatório Brundtland, liderado pela Comissão Mundial das Nações Unidas para o Ambiente e o Desenvolvimento. Desde então, o desenvolvimento econômico aliado à estratégia ambiental se tornou uma expressão corriqueira no cenário internacional e motivação para a crescente preocupação com este assunto no meio corporativo.

O mundo vive em estado constante de transformações, forçando revisões contínuas em nossos conceitos e abordagens. O cenário atual é uma prova para a tônica: Estamos à beira de uma virada no cenário econômico, mudanças de valores, dos desejos coletivos e individuais, derrubando a velha ideia que desenvolvimento econômico significa a simples geração de riquezas. Em suma, a sustentabilidade está se tornando uma lei em linguagem universal para o desenvolvimento empresarial. Para o setor de fundição isso significa aperfeiçoar seus processos atingindo eficiência produtiva aliada à ótica da sustentabilidade. Traduz-se em lançar mão de uma gestão responsável, integrando produção, colaboradores, clientes, fornecedores, meio ambiente, sociedade e poder público.

A demanda por recursos e infraestrutura associadas ao nosso atual estilo de vida são um dos grandes pilares para os problemas ambientais mais graves e de difíceis soluções por parte do Estado. Porém hoje, a intensidade e a problemática dos impactos decorrentes da industrialização e da crescente urbanização demandam de uma ação muito mais complexa que não só cabe ao poder público, mas também ao setor empresarial e a sociedade. Já é perceptível uma proliferação de ONGs, grupos comunitários, discussões internacionais e indivíduos comuns envolvidos com a temática ambiental.



Conforme Furtado (2003) o desenvolvimento sustentável para o meio ambiente empresarial se traduz no estabelecimento de estratégias que permitam às empresas desenvolverem suas atividades, integrando às demandas das organizações e de seus interessados – o que significa respeitar a comunidade local, valorizando a cultura incluindo em seus valores empresariais a erradicação do trabalho infantil, dos trabalhos forçados, discriminação, promovendo a saúde e segurança, liberdade de associação, práticas disciplinares, bons benefícios e o compromisso da organização em manter e melhorar as condições do trabalho.

A cultura industrial de fundição sustentável precisa atender a esse requisito principalmente em relação ao consumo de materiais e do impacto ambiental que podem causar. O aumento da produção deverá estar aliado a menores gastos de insumos e gerações de poluentes.

As fundições mesmo contribuindo para a reciclagem de sucatas metálicas, possuem alto potencial poluidor gerando toneladas de resíduos mensalmente. O aproveitamento de resíduos, principalmente oriundos de fontes não renováveis, torna-se elemento estratégico para a competitividade e a permanência das empresas no mercado.

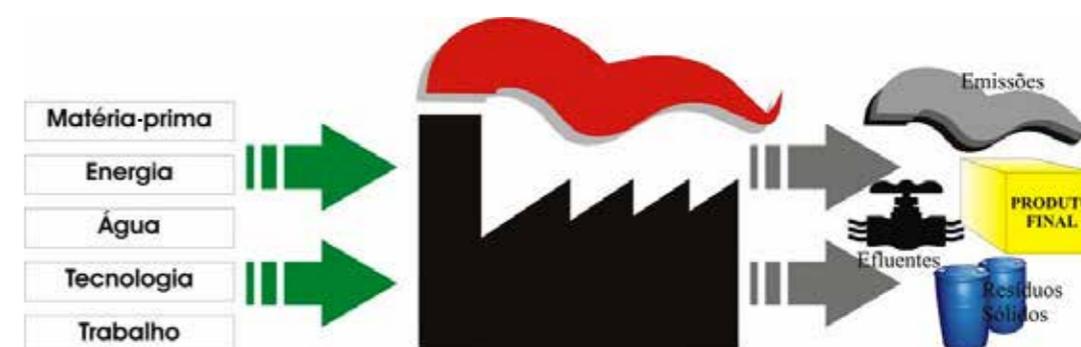
5.2 Aspectos e Impactos Ambientais nas Indústrias de Fundição

Entende-se como Impacto Ambiental “quaisquer alterações das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente, afetam-se: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais” (art. 1º da res. 1, de 23.1.86 do CONAMA). O principal desafio inerente a este tema é inserir soluções racionais e sustentáveis para o desenvolvimento da produção, ou seja, integrar alternativas que visam à prevenção de impactos, a economia de recursos, matéria-prima e de energia, buscando também a reutilização e recuperação de resíduos.

Para simplificar a identificação dos principais Aspectos Ambientais das fundições, foi utilizado o sistema de análise de fluxo de processos sobre a lógica de entradas e saídas de elementos no processo produtivo de fundição. Também foi utilizado levantamentos de aspectos e impactos bases de empresas que participaram na elaboração do trabalho que já dispunham de um sistema de gestão ambiental mais avançado para fins de certificações (ISO 14.001).

Os encontram-se dispostos na forma de diagramas, onde foram identificadas as entradas (matérias-

primas, insumos e trabalho), o processo e saídas (produto final, sub-produto, resíduos, emissões, efluentes) conforme Figura a seguir:



5.2.1 Resíduos Sólidos

Em pesquisas técnicas conclui-se que os poluentes gerados no processo de fundição são em sua grande parte sólidos, destacando-se dentre estes o resíduo de areia de moldagem. Mas vale destacar também as consideráveis quantidades de efluentes líquidos e gasosos. Os resíduos de areia de fundição são decorrentes da areia descartada após a perda de sua condição de trabalhabilidade. Para cada tonelada de areia que entra no processo, uma quantidade equivalente de resíduo é gerada variando também com a conformidade e qualidade do produto.

5.2.2 Efluentes Líquidos

No que diz respeito aos efluentes líquidos, os mesmos apresentam características predominantemente inorgânicas (metais pesados, substâncias químicas, etc), com exceção dos efluentes provenientes da água utilizada em sistemas de resfriamento ou aquecimento em algumas etapas do processo e do sistema de lavagem de particulados do sistema de exaustão.

5.2.3 Emissões Atmosféricas

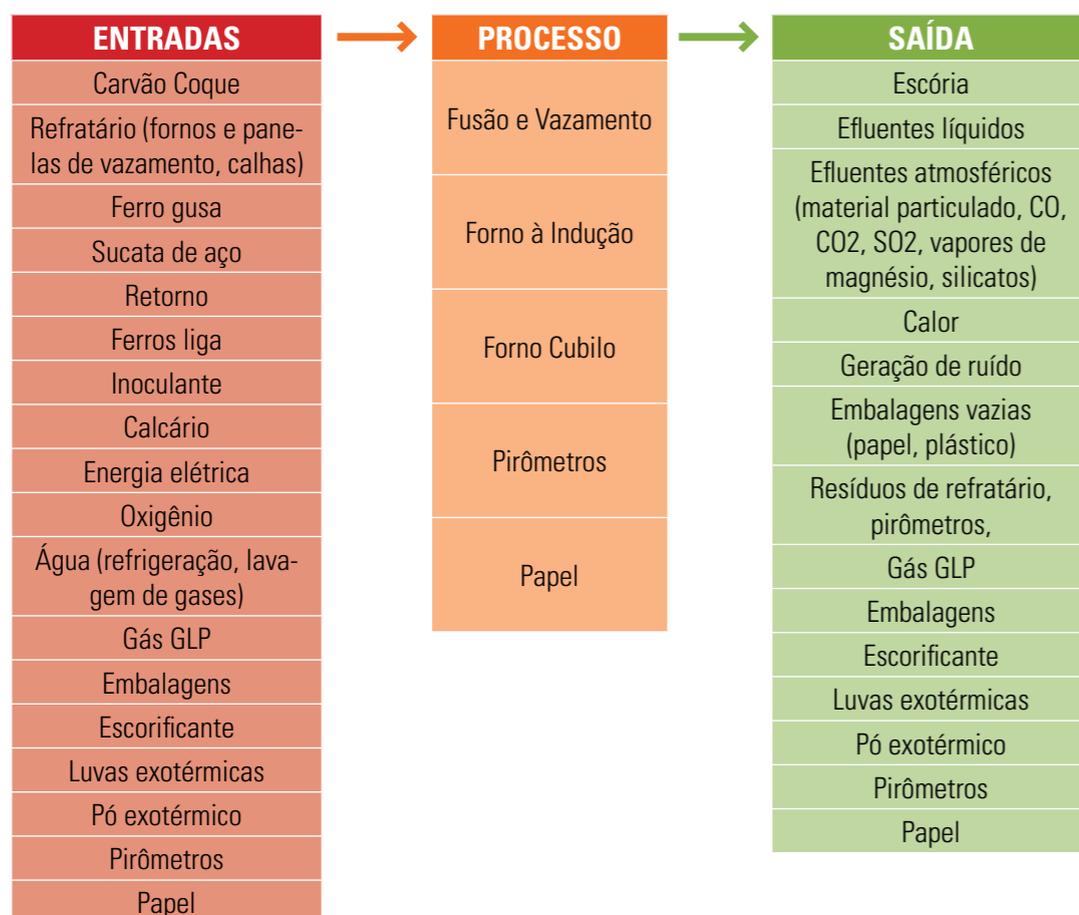
Já os poluentes gasosos são decorrentes do vapor da fusão e vazamento dos metais e do material particulado, disperso na atmosfera, proveniente das partículas muito pequenas presentes na areia



utilizada no processo. Como subproduto do processo de fusão, o forno cubilô gera uma gama de contaminantes e particulados atmosféricos que incluem cinzas (provenientes da queima), metais (fumos metálicos e óxidos), dióxido de enxofre, monóxido de carbono, compostos fenólicos e outros orgânicos. Quando há processo de refugo o processo resulta em uma quantidade de substâncias indesejáveis, compostos orgânicos e inorgânicos, que poderão entrar em processo de fusão, mesmo com um criterioso controle de quantidade das saídas destes refugos.

5.3 Diagramas dos processos de Fundição

Fusão

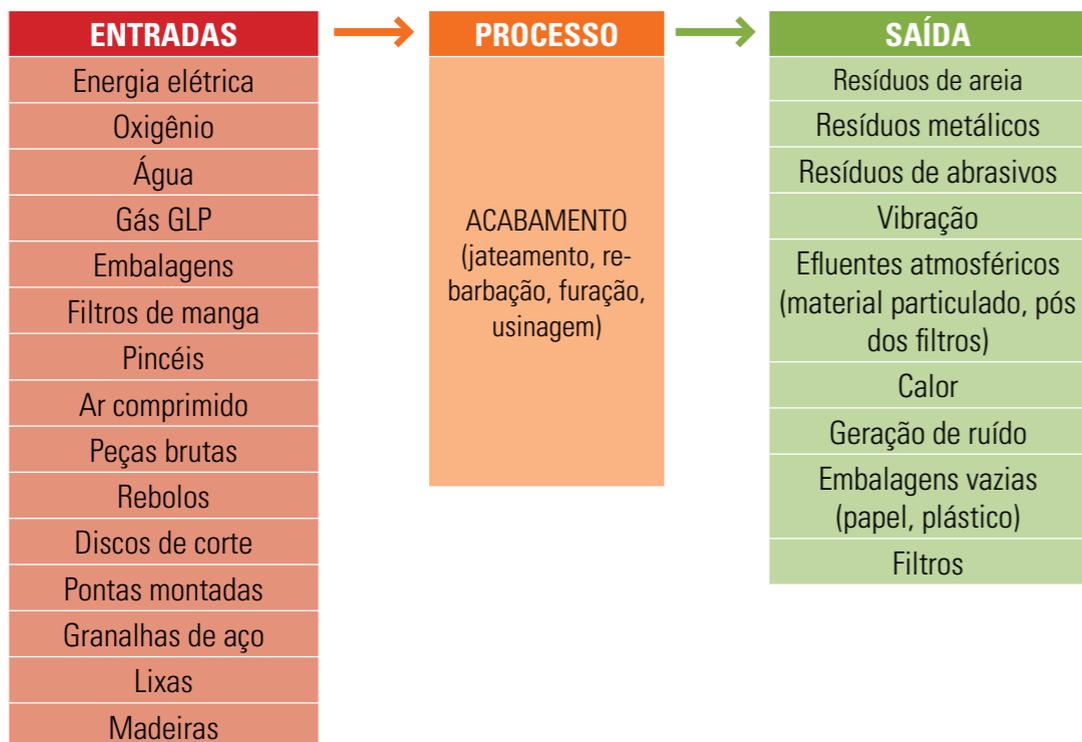


Moldação e Macharia

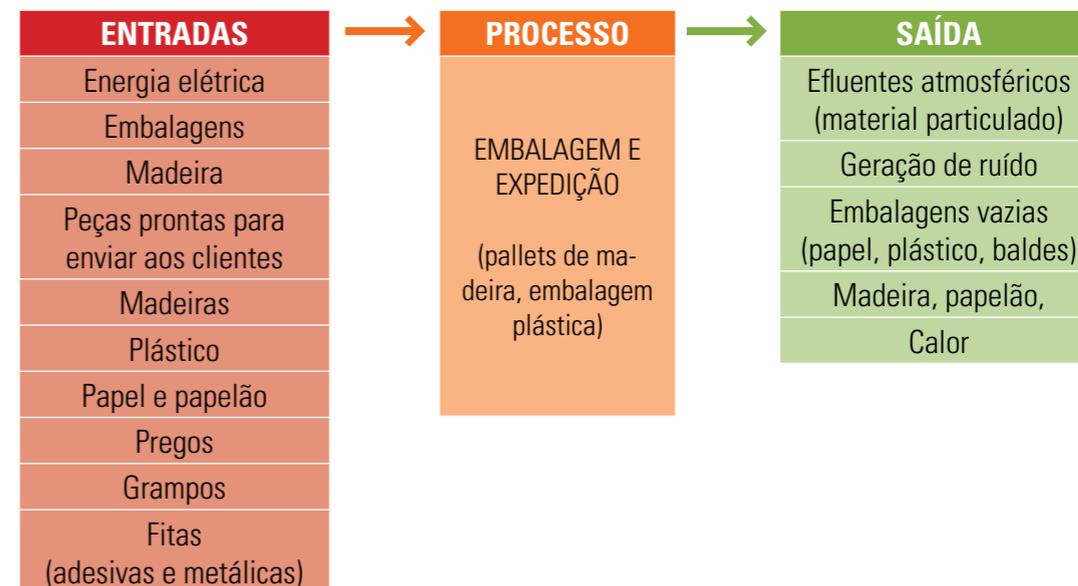




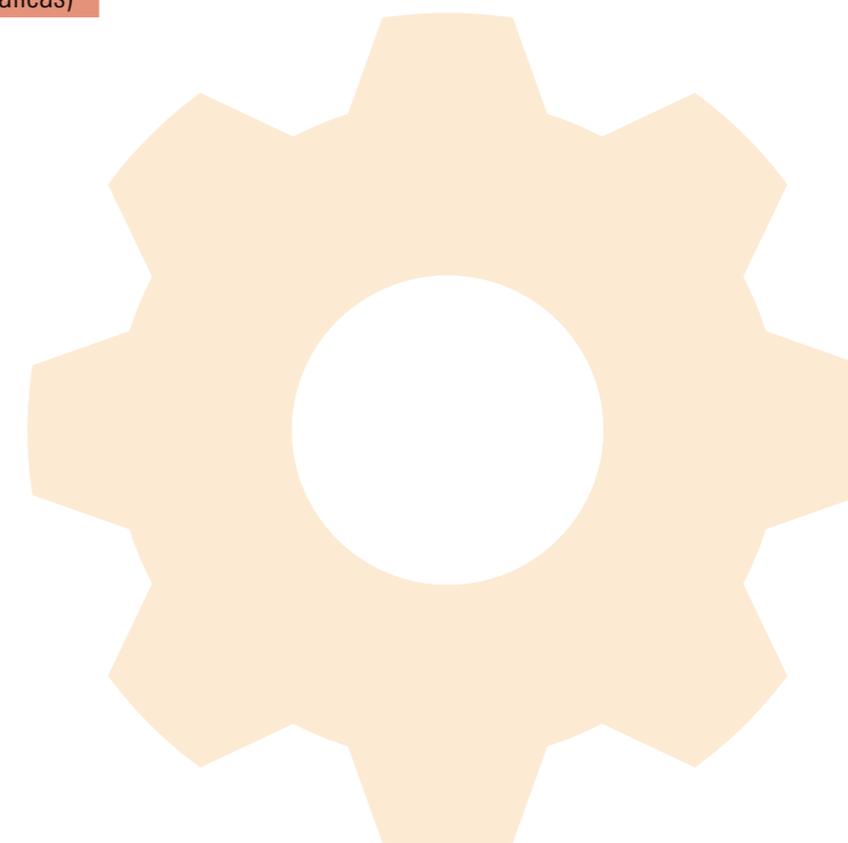
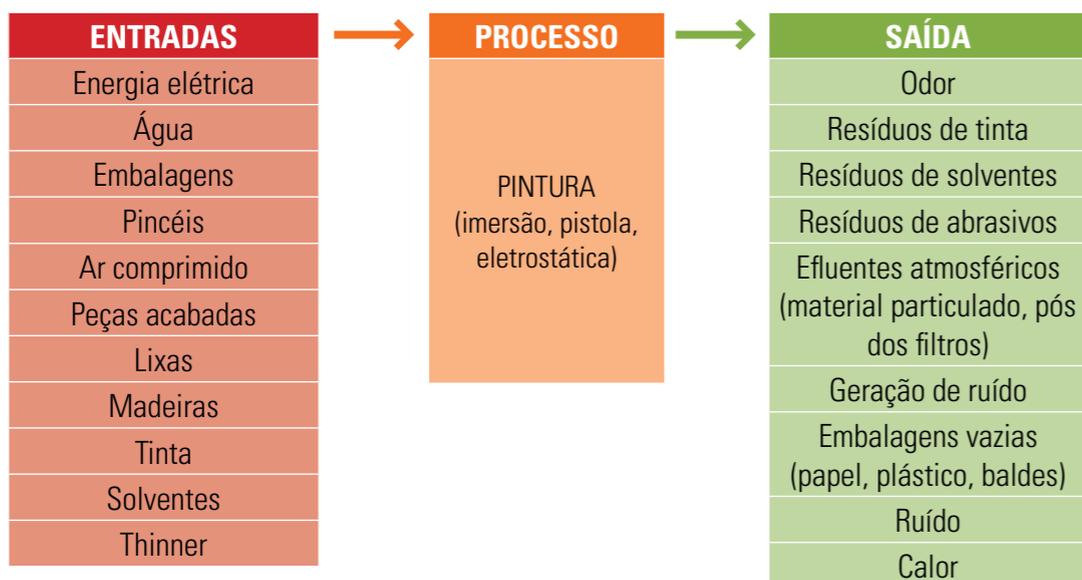
Acabamento



Embalagem e Expedição



Pintura





Analisando os diagramas de entradas e saídas dos processos de fundição, podem-se propor métodos de gerenciamento do processo produtivo tendo como objetivo o desenvolvimento sustentável. A abordagem fim de linha (end of pipe), na qual se procura diminuir os efeitos da poluição através de processo de tratamentos que minimizam impactos ao ambiente externo à empresa, é substituída por abordagens preventivas de modo a reduzir a quantidade ou a toxicidade dos resíduos gerados.

5.4 A Produção mais Limpa como diferencial competitivo

Produção mais Limpa é uma importante ferramenta para a melhoria da gestão ambiental da empresa. A metodologia busca o aperfeiçoamento contínuo dos processos através da eficiência na utilização da água, energia e matérias-primas.

A metodologia permite à empresa identificar as fontes de resíduos e emissões, e definir planos de ação para que sua geração seja minimizada.

Produção Mais Limpa significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos. Um conceito que se tornou uma ferramenta de gestão, quando bem aplicado resulta na otimização dos processos de produção, mas, sobretudo, em diversos benefícios ambientais, econômicos, o que, conseqüentemente, torna-se uma vantagem competitiva.

Para processos produtivos, esta ferramenta resulta em medidas de conservação de matérias-primas, água e energia; eliminação de substâncias tóxicas e matérias-primas perigosas; redução da quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos na fonte geradora durante o processo produtivo, de modo isolado ou combinado. Já em produtos visa a reduzir os impactos ambientais, saúde e segurança ocupacional, além de oferecer segurança dos produtos em todo o seu ciclo de vida.

As tecnologias ambientais convencionais trabalham, principalmente, no tratamento de resíduos e emissões gerados no fim do processo produtivo, trabalhando sobre o contexto de correção do dano ambiental já ocorrido. São os mecanismos popularmente conhecidos como tecnologias de fim de tubo ou end of pipe. No esquema a seguir, observa-se o quadro comparativo com as vantagens de se trabalhar com Produção mais Limpa em contrassenso às tecnologias tradicionais:



SEM PRODUÇÃO MAIS LIMPA	PRODUÇÃO MAIS LIMPA
Gastos com sistemas de tratamento de resíduos e emissões	Prevenção de resíduos e emissões na fonte e gastos reduzidos
A prevenção e a proteção ambiental é negócio de especialistas e é trazida de fora da empresa	Todos os assuntos são abordados dentro da empresa e envolvem a participação de todos
As questões ambientais são vistas como problemas	As questões ambientais são vistas com mais abrangência e compreensão
Trabalha com re-ação	Trabalha com pró-ação
Utiliza-se de maior quantidade de materiais e energia	Utiliza-se de menor quantidade de materiais e energia
Pretende atender à legislação ambiental	Pretende tratar as questões como desafios permanentes



Além destas vantagens, há a possibilidade da redução de custos de seguros; facilitação do acesso ao crédito e financiamentos específicos; e por fim evitam-se custos do não cumprimento da legislação como:

- Autuações
- Aplicação de multas
- Enquadramento na Lei de Crimes Ambientais
- Cancelamento da AAF ou da licença ambiental
- Suspensão das atividades
- Ações do Ministério Público
- Ações judiciais
- Danos à imagem da empresa

A Produção mais Limpa é uma ferramenta de competitividade que traz ganhos econômicos para empresa, além de ganhos ambientais e sociais. É um instrumento de sustentabilidade.

Retorno do investimento

Os resultados da Produção mais Limpa surgem, em média, em um tempo menor do que o de outros investimentos feitos na empresa, e são constatados através de ganhos de produtividade, qualidade, tempo de produção e redução do uso de insumos, e outros.

Os especialistas explicam que é possível mensurar o retorno das ações implementadas a partir dos indicadores de produção, como, por exemplo: consumo de água/tonelada por produto produzido, consumo de energia/tonelada de produto produzido, etc. A economia alcançada pagará o investimento feito, seja em curto, médio ou longo prazo, bem como a melhoria destes indicadores, por sua vez, irá refletir diretamente no custo do produto.

A filosofia da Produção mais Limpa admite diversos níveis de aplicação junto às empresas, desde o simples ato de refletir criticamente sobre as possibilidades de melhoria de seus processos, e assim reduzir desperdícios, até a efetiva implementação de um programa.

Os especialistas observam que nos últimos anos o conceito de Produção mais Limpa vem sendo internalizado no empresariado nacional, que demonstra um interesse em investir em processos de produção mais limpos, visando ganhos de produção e benefícios ambientais, antenados com as tendências de mercado.



6. **LEGISLAÇÃO AMBIENTAL**

O meio ambiente é um bem coletivo e perpassa os interesses de cada um. Portanto, a responsabilidade de prezar por este bem não se limita somente ao cidadão, sendo também obrigação do Estado. A matéria é tão importante que ganhou um capítulo específico na Constituição Federal de 1988, tratada pelo art. 225, que em versa em caput:

“Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.”

Tradicionalmente, no Brasil, no que se refere ao suporte legal a este verso, a abordagem priorizada é essencialmente as políticas de comando e controle, as quais visam fundamentalmente o controle da poluição. Em suma, grande parte da legislação ambiental rege assuntos tais como poluição atmosférica, controle de rejeitos, saúde e segurança ocupacional, eficiência de produtos e processos no tocante ao uso de energia e recursos, bem como manufatura, comercialização, utilização, transporte e deposição de substâncias provenientes do processo. A estratégia revela um incentivo a uma postura reativa por parte de qualquer setor produtivo.

Nas três esferas de poder é possível verificar timidamente a publicação de novas normas visando a proteção e conservação dos recursos naturais, assim como o controle de impactos ambientais que venham a comprometer a qualidade de vida dos cidadãos.



O automonitoramento dos resíduos sólidos, efluentes industriais e emissões atmosféricas, a necessidade de se obter documento autorizativo para intervenção ambiental e outorga para captação de recursos hídricos e lançamento de efluentes são apenas algumas das inúmeras exigências rotineiras legais, que vêm se multiplicando de acordo com a demanda do meio ambiente.

O processo de conscientização das indústrias para as adequações ambientais aumentou com o surgimento de benefícios oferecidos a quem implementa estratégias de melhorias nesta área. Essa adequação faz com que as empresas alcancem vantagens competitivas no mercado interno e externo, quando não, redução de custos e incremento nos lucros. Vale ressaltar que lideranças como o Estado possuem papéis fundamentais para imporem regulamentações acerca de padrões de desempenhos, sendo estes essenciais para que empresas aloquem investimentos necessários para reduzirem a poluição e os rejeitos. A utilização de instrumentos legais que estimulem investimentos em medidas preventivas, através de subsídios, é um meio essencial para busca da sustentabilidade.

6.1 Legislação Ambiental aplicável à indústria de fundição

A lista de normas aplicáveis a cada indústria varia de acordo com as especificidades de cada empreendimento, com as características do seu potencial poluidor e, na esfera estadual, a relação que a atividade desempenha do cenário econômico. A legislação ambiental aplicável à fundição é extensa e complexa. A seguir será apresentada uma lista com as principais normas aplicáveis à indústria de fundição:

Legislação Federal

- CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL - Estabelece a forma do Estado, do governo, o modo de aquisição e o exercício do poder, seus órgãos e os limites de sua ação. Contém disposições sobre o meio ambiente; direitos sociais; responsabilidade social e qualidade.
- DECRETO Nº 4.281, DE 25-06-2002 - Institui a política nacional de educação ambiental. Determina que deverão ser criados, mantidos e implementados programas de educação ambiental integrados aos processos de capacitação de profissionais promovidos por empresas, entidades de classe, instituições públicas e privadas.
- DECRETO Nº 99.274, DE 06-06-1990 - Regulamenta a Lei nº 6.938, de 31-08-1981, que dispõe sobre a

Política Nacional do Meio Ambiente. Obriga o licenciamento e proíbe a poluição.

- DECRETO Nº 99.280, DE 06-06-1990 - Promulga a Convenção de Viena sobre a proteção da camada de ozônio e o Protocolo de Montreal sobre substâncias que destroem a camada de ozônio.
- DECRETO-LEI Nº 1.413, DE 14-08-1975 - Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais.
- INSTRUÇÃO NORMATIVA IBAMA Nº 14, DE 15-05-2009 - Regula os procedimentos para apuração de infrações administrativas por condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, a imposição das sanções, a defesa ou impugnação, o sistema recursal e a cobrança de multa e sua conversão em prestação de serviços de recuperação, preservação e melhoria da qualidade ambiental no âmbito do IBAMA.
- INSTRUÇÃO NORMATIVA IBAMA Nº 31, DE 03-12-2009 - Obriga as pessoas físicas e jurídicas ao registro no Cadastro Técnico Federal.
- LEI Nº 6.938, DE 31-08-1981 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Proíbe a poluição e obriga ao licenciamento. Determina a utilização adequada dos recursos ambientais.
- LEI Nº 9.433, DE 08-01-1997 - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Institui a cobrança pelo uso da água. Sujeita a captação de águas públicas à outorga do órgão competente.
- LEI Nº 9.605, DE 12-02-1998 - Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.
- LEI Nº 9.795, DE 27-04-1999 - Dispõe sobre educação ambiental. Atribui às instituições o dever de promover programas destinados à capacitação dos trabalhadores.
- NR - 14 - Fornos - Dispõe sobre as diretrizes para construção, operação e manutenção dos fornos.
- NR 20 - LÍQUIDOS COMBUSTÍVEIS E INFLAMÁVEIS - Dispõe sobre as condições de armazenagem dos líquidos combustíveis e inflamáveis.
- NR 25 - RESÍDUOS INDUSTRIAIS - Dispõe sobre a eliminação de resíduos nos locais de trabalho.
- NR 26 - SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA - Fixa as cores que devem ser usadas nos locais de trabalho para a prevenção de acidentes.
- PORTARIA CONJUNTA MMA - IBAMA Nº 259, DE 07-08-2009 - Obriga o empreendedor a incluir no estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - EIA / RIMA, capítulo



específico sobre as alternativas de tecnologias mais limpas para reduzir os impactos na saúde do trabalhador e no meio ambiente, incluindo poluição térmica, sonora e emissões nocivas ao sistema respiratório.

- PORTARIA INMETRO Nº 101, DE 09-04-2009 - Aprova a nova “lista de grupos de produtos perigosos”.
- RESOLUÇÃO CNRH Nº 16, DE 08-05-2001 - Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 01, DE 08-03-1990 - Estabelece normas referentes à poluição sonora e à emissão de ruídos. Dispõe sobre a emissão de ruídos, em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, determinando padrões, critérios e diretrizes. Considera prejudiciais à saúde e ao sossego público, os ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela Norma NBR 10151 - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade, da ABNT.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 01, DE 23-01-1986 - Dispõe sobre o estudo e o relatório de impacto ambiental - EIA/RIMA.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 05, DE 15-06-1989 - Dispõe sobre o programa nacional da qualidade do ar - PRONAR .
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 8, DE 06-12-1990 - Estabelece limites máximos de emissão de poluentes do ar (padrões de emissão) em fontes novas fixas de poluição.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 237, DE 19-12-1997 - Dispõe sobre licenciamento ambiental. Estabelece prazo para concessão e validade das licenças ambientais.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 275, DE 25-04-2001- Estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 362, DE 23-06-2005 - Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de todo óleo lubrificante usado ou contaminado, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos, na forma prevista nesta Resolução.

Legislação Estadual (Minas Gerais)

- DECRETO Nº 41.184, DE 19-07-2000 - Regulamenta a Lei nº 13.393/00, que torna obrigatória a publicação da relação dos estabelecimentos multados por poluição e degradação ambiental.
- DECRETO Nº 44.844, DE 25-06-2008 - Estabelece normas para licenciamento ambiental e autorização ambiental de funcionamento, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades.
- DECRETO Nº 45.175, DE 17-09-2009 - Estabelece metodologia de gradação de impactos ambientais e procedimentos para fixação e aplicação da compensação ambiental.
- DECRETO Nº 45.181, DE 25-09-2009 - Regulamenta a Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA CONJUNTA CERH/COPAM Nº 1, DE 05-05-2008: Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 01, DE 26-06-1981 - Estabelece para todo o território do Estado de Minas Gerais padrões de qualidade do ar.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 07, DE 29-09-1981- Fixa normas para disposição de resíduos no solo. Estabelece a obrigatoriedade da elaboração de projetos específicos de transporte e destino final de resíduos, a serem aprovados pela COPAM, antes de os lançar no solo.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 11, DE 16-12-1986- Estabelece normas e padrões para emissões de poluentes na atmosfera. Proíbe o lançamento de efluentes fora dos padrões estabelecidos.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 13, DE 24-10-1995 - Dispõe sobre a publicação do pedido, da concessão e da renovação de licenças ambientais.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 17, DE 17-12-1996 - Dispõe sobre o prazo de validade das licenças ambientais e sua revalidação. Prazo de validade: 4, 6 ou 8 anos, de acordo com o porte e o potencial poluidor da atividade.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 49, DE 28-09-2001 - Dispõe sobre o controle ambiental das indústrias não integradas de produção de ferro gusa no Estado de Minas Gerais.



- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 74, DE 09-09-2004 - Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização e de licenciamento ambiental, e dá outras providências.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 90, DE 15-09-2005 - Dispõe sobre a declaração de informações relativas às diversas fases de gerenciamento dos resíduos sólidos industriais no Estado de Minas Gerais. Obriga a entrega do inventário estadual de resíduos sólidos industriais, nos termos do art. 4º.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 121, DE 08-08-2008 - Estabelece condições aos empreendimentos e atividades para fazerem jus ao acréscimo de um ano no prazo de validade da licença de operação - LO ou de autorização ambiental de funcionamento - AAF estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM nº 17 e Deliberação Normativa COPAM nº 77.
- LEI Nº 10.627, DE 16-01-1992 - Dispõe sobre a realização de auditorias ambientais, e dá outras providências.
- LEI Nº 13.199, DE 29-01-1999 - Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos. Condiciona o uso dos recursos hídricos à autorização do órgão competente.
- LEI Nº 13.766, DE 30-11-2000 - Dispõe sobre a Política Estadual de Apoio e Incentivo à Coleta Seletiva de Lixo e dá outras providências.
- LEI Nº 14.309 DE 19-06-2002 - Dispõe sobre a política florestal e a de proteção à biodiversidade no estado.
- LEI Nº 14.940, DE 29-12-2003 - Institui o Cadastro Técnico Estadual de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais e a Taxa de Controle e Fiscalização Ambiental do Estado de Minas Gerais - TFAMG e dá outras providências. Determina a obrigatoriedade das empresas que exercem esses tipos de atividade de entregar, até o dia 31 de março de cada ano, o relatório de atividades exercidas no ano anterior.
- LEI Nº 18.031, DE 12-01-2009 - Dispõe sobre a política estadual de resíduos sólidos.
- LEI Nº 2.126, DE 20-01-1960 - Estabelece normas para o lançamento de esgotos e resíduos industriais nos cursos de águas.
- LEI Nº 7.302, DE 21-07-1978 - Dispõe sobre a poluição sonora.

- LEI Nº 7.772, DE 08-09-1980 - Dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente. Proíbe a poluição e obriga ao licenciamento.
- PORTARIA DRH Nº 30, DE 07-06-1993 - Regulamenta o processo de outorga de águas públicas estaduais.
- RESOLUÇÃO SEMAD Nº 892, DE 13-02-2009 - Regulamenta o § 2º do artigo 5º do Decreto nº 44.844, de 25-06-2008 que estabelece normas para licenciamento ambiental e autorização ambiental de funcionamento, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos, e estabelece procedimentos sobre certidão de dispensa e dá outras providências.

NBRs

- NBR 10004 - Resíduos Sólidos - Classificação: Classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente.
- NBR 10151 - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independente da existência de reclamações.
- NBR 12235 - Armazenamento de resíduos perigosos. Fixa as condições exigíveis para o armazenamento de resíduos sólidos perigosos de forma a proteger a saúde pública e o meio ambiente.
- NBR 15515-1 - Estabelece os procedimentos mínimos para avaliação preliminar de passivo ambiental visando à identificação de indícios de contaminação de solo e água subterrânea. Sem revisão até o momento .
- NBR 15702 - Areia descartada de fundição - Diretrizes para aplicação em asfalto e em aterro sanitário.
- NBR 7195 - Fixa cores que devem ser usadas para prevenção de acidentes, empregadas para identificar e advertir contra riscos.

6.2 Licenciamento Ambiental e Autorização Ambiental de Funcionamento

O licenciamento ambiental é um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, que tem como objetivo a regularização das atividades perante as normas ambientais. É um processo que pode



ser percorrido por pessoas físicas e/ou jurídicas sempre que pretenderem iniciar ou já tiverem em fase de desenvolvimento de um empreendimento que, sob de qualquer forma utilize recursos naturais.

O licenciamento “é um procedimento pelo qual o órgão ambiental competente permite a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, e que possam ser consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental” (Resolução CONAMA, nº. 237/1997).

Em Minas Gerais, o licenciamento ambiental é regulamentado pelas Deliberações Normativas do Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM, que estabelecem critérios para classificação de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de regularização ambiental no âmbito estadual.

A regularização ambiental inclui tanto a concessão de licenças (licença prévia - LP, licença de instalação – LI, e licença de operação - LO) quanto a emissão de autorização ambiental de funcionamento – AAF. A LP atesta a viabilidade ambiental do empreendimento, a LI autoriza a sua instalação, e a LO autoriza o funcionamento do empreendimento.

O início do processo de regularização dá-se com o recebimento da solicitação do empreendedor, mediante o preenchimento de um Formulário de Caracterização do Empreendimento – FCE pelo órgão ambiental e a consequente emissão do Formulário de Orientação Básica – FOB. O FOB lista a documentação necessária para a formalização do processo de regularização ambiental, que compreende documentos de natureza jurídica e técnica.

De acordo com a Deliberação Normativa COPAM nº 74/04, os empreendimentos ou atividades enquadradas nas classes 1 e 2, são considerados de impacto ambiental não significativo, e por esta razão são passíveis de AAF.

A Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) é um ato administrativo que autoriza o funcionamento de atividades que, em função de suas características, geram impactos ambientais não significativos. É um procedimento simplificado e mais expedito, que em função do baixo impacto dos empreendimentos, não necessitam apresentar estudos ambientais a serem analisados pelo órgão ambiental. Para a obtenção da AAF, entre outros documentos, é necessária a apresentação de: Termo de Responsabilidade assinado pelo titular do empreendimento, declarando que o empreendimento opera de acordo com as normas ambientais vigentes; e Anotação de Responsabilidade Técnica – ART de profissional legalmente habilitado, responsável pelo gerenciamento ambiental da atividade.

O licenciamento ambiental propriamente dito é exigido para empreendimentos que se enquadram nas classes 3 a 6 (Conforme Deliberação Normativa COPAM nº 74/04). Para estes empreendimentos, é exigida numa primeira fase (LP) a apresentação de estudos ambientais a serem determinados pelo órgão ambiental, quais sejam: Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) ou Relatório de Controle Ambiental (RCA), que apresentam um diagnóstico do empreendimento e de sua área de implantação, a análise de impactos causados pelo mesmo e propõe medidas de controle, mitigação e compensação destes impactos. Numa segunda etapa (LI) deve ser apresentado o Plano de Controle Ambiental (PCA), que apresenta de forma detalhada as formas de controle e mitigação dos impactos identificados nos estudos ambientais apresentados anteriormente. Na etapa de LO é verificada a implantação das medidas de controle definidas anteriormente.

Em Minas Gerais, a análise dos processos de licenciamento ambiental é feita pelas Superintendências Regionais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, que emite um parecer único, tratando dos aspectos técnicos e jurídicos do empreendimento. Este parecer é julgado pelo COPAM, por meio da Unidade Regional Colegiada (URC), que decide sobre a aprovação ou não da licença do empreendimento.



7. **PRODUÇÃO MAIS LIMPA**

Produzir uma peça fundida pode ser uma atividade aparentemente repetitiva, encaixa a processos e procedimentos podendo não ser passíveis de variações e anormalidades de ordem ocupacionais e ambientais. Porém, o aferido na prática, como em qualquer atividade, há uma série de fatores que podem influenciar nas operações destas mesmas empresas gerando adversidades não planejadas.

No desenvolvimento dos trabalhos e nas pesquisas com as empresas colaboradoras, identificamos algumas práticas simples que revelam ganhos positivos. A simplicidade como são implementadas as tornam medidas interessantes e asseguram premissas fundamentais para a busca que visem à expansão econômica com melhorias nos indicadores sociais e de qualidade ambiental

Implementar tecnologias e processos produtivos cada vez menos poluentes, embasando estratégias que aliem as tradicionais ações e itens como economia de recursos naturais e de energia, redução e eliminação da poluição na fonte, reciclagem e reaproveitamento são pontos importantes a serem considerados como instrumentos de gestão.

A utilização de tecnologias, estabelecimentos de processos e até mesmo a simples capacitação dos colaboradores são fundamentais para uma boa performance ambiental. Para ilustrar a questão, seguemos o exemplo dos refugos. Os mesmos se caracterizam como inevitáveis problemas e defeitos no produto final da peça fundida, causado por uma possível falha na linha de fabricação. Vale lembrar que a precisão das peças é essencial em determinados projetos, não cabendo no produto nenhuma unidade de medida de imprecisão. Essas falhas podem apresentar porosidade, bolhas de gases, superfícies irregulares e até mesmo sistemas de encaixes sem conformidades. Os problemas serão incorporados nos custos do processo, desta forma remanejando o tempo de fabricação, o fluxo de processo, a



perda parcial da qualidade do material, aumento no consumo energético para o reprocessamento ou reparo da peça. A fim de que se evite esta possibilidade aconselha-se a periodicamente manter procedimentos para calibração da linha de montagem, bem como testes de qualidade na matéria base para fabricação do produto.

O estabelecimento de critérios de qualidade para a matéria-prima utilizada envolvendo os fornecedores e prestadores de serviços podem também desempenhar importante função na eficiência do material utilizado e a possibilidade de reuso e reaproveitamento do material. Outro item importante é a verificação (se aplicável) de selos de qualidade da classe que atestem a segurança e qualidade do produto. Um bom indicador de tais fatores ambientais é sempre alinhar-se com os relatórios de sustentabilidade corporativos, instrumento este, cada vez mais popular no meio empresarial.

7.1 Oportunidades Resíduos Sólidos / Materiais

As fundições mesmo contribuindo para a reciclagem de sucatas metálicas, possuem alto potencial poluidor gerando toneladas de resíduos mensalmente. O aproveitamento de resíduos, principalmente oriundos de fontes não renováveis, torna-se elemento estratégico para a competitividade e a permanência das empresas no mercado. O processo de fundição gera uma variada gama de aspectos ambientais sendo a areia de fundição o item que apresenta o maior nível de criticidade.

No geral, redução ou a minimização dos aspectos ambientais de fundição, assim como as práticas gerenciais relativas à sustentabilidade corporativa, enfrentam uma mudança de concepção, substituindo medidas baseadas unicamente no tratamento por atividades corretivas e preventivas.

Para trabalhar sobre a óptica da minimização de resíduos de areia, no que se refere aos resíduos sólidos, onde se destaca o resíduo de areia de moldagem, as alternativas de reuso externo constituem-se na utilização da areia na fabricação dos seguintes materiais:

- Asfalto;
- Cimento Portland;
- Artefatos de Concreto;
- Agregados de Construção.

A vantagem das atividades de reutilização do material como insumo é, sem dúvida, o fato de incorporar valor econômico a um recurso que não apresenta utilidade para o processo de fundição, gerando também ganhos econômicos com fluxo de produção do reutilizador. O resíduo pode agregar o apelo de ser reprocessado e/ou reutilizado por outras empresas, que estaria contribuindo para questões relacionadas à sustentabilidade já que é empregado como substitutivo de materiais alternativos.

Outro ponto importante a considerar é o aspecto regulatório de adequação/permissão ambiental tanto da fundição (agente fornecedora de um poluente) como da fábrica beneficiadora (empresa que recebe o material poluente) pelo órgão ambiental competente.

As técnicas de regeneração também revelam-se como mecanismos e oportunidade de Produção mais Limpa. O processo consiste em reprocessar a areia usada, permitindo sua reinserção no processo produtivo. Porém segundo estudos recentes, o reprocessamento apresenta algumas vantagens técnicas, a geração de aspectos negativos mostra desvantagens desta alternativa a longo prazo. As técnicas de regeneração possuem custos elevados e são mais utilizados em países desenvolvidos.

DICAS

Diminuição da quantidade de areia agregada às peças

Melhoria (supervisão e controle) do procedimento de carregamento, descarregamento e transporte da areia de moldagem e seus componentes

Uso do resíduo em outro processo (pesquisa e desenvolvimento da viabilidade técnica e ambiental do uso da areia de fundição em processos de fabricação de outros produtos.

Eliminação de vazamentos de equipamentos

Melhoria da operacionalização das baias de peças para retorno ao processo.

Desenvolvimento de plano de prevenção de vazamentos

Reaproveitamento da lama dos lavadores de pó no sistema de preparação da areia de moldagem



7.2 Oportunidade Efluentes

Na matéria hídrica, a qualidade do efluente está intimidante ligada ao grau inorgânico intrínseco do material utilizado, conseqüentemente necessitando de pré-tratamento para que possam ser vazados em acordo com a legislação supracitada. Para esta problemática, vale buscar a incorporação de processos produtivos que empreguem menos tóxicos como metais pesados e solventes orgânicos e até mesmo radioativos, evitando-se riscos à várias fases de um processo ou produto: transporte, manuseio, armazenamento e disposição.

Já o efluente reutilizado em sistemas de refrigeração ou aquecimento em determinadas etapas conforme discriminado anteriormente, pode ser tecnicamente recirculada seguindo alguns critérios técnicos e em determinados usos, necessitando de processos pré-utilização. Tais medidas apresentam viabilidade ambiental e técnica, não refletindo alto custo de implementação se comparado a outras alternativas.

DICAS

Sistemas de água de resfriamento ou aquecimento em circuitos fechados.

Reaproveitamento da água dos sistemas de lavagem do pó de exaustão para adição de água no próprio processo.

7.3 Oportunidades Emissões

Quanto aos resíduos gasosos, existem várias tipologias de emissões e podem variar conforme a tecnologia empregada na planta industrial. Conforme pesquisa em literatura os gases provenientes do forno tipo cubilô podem variar não só de fundição para fundição como variam também dentro da própria fundição. Essa variabilidade dificulta o surgimento e a implementação de técnicas de tratamento dos efluentes emitidos no processo produtivo de fundição.

DICAS

Substituição de materiais responsáveis pela geração de gases tóxicos por materiais menos poluentes - pesquisa e desenvolvimento

Melhoria no sistema de captação dos finos da central de areia.

Implantação de sistema de exaustão de particulados dos fornos de fusão.

Em suma, um sistema de minimização ou redução de emissões discorre sobre a mesma máxima aplicável aos outros itens apresentados, onde os fundamentos da prevenção de poluentes deve englobar todo o sistema operacional da organização, perpassando no controle de processos de compras, treinamento dos colaboradores, tecnologia, manutenção e principalmente em pesquisa e desenvolvimento de novas soluções.



8. **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente Guia apresenta resultados obtidos através do desenvolvimento de pesquisas técnicas e da necessidade de fornecer suporte ao setor de fundição na busca do desenvolvimento econômico, pautado em boas práticas ambientais. O exitoso trabalho responde ao tradicionalismo e o potencial que o setor representa para Minas Gerais e os novos desafios ligados à sustentabilidade. A popularização das iniciativas descritas permitirá o desenvolvimento de uma cultura para o setor de fundição focada na Ecoeficiência, Prevenção da Poluição e Produção mais Limpa, transformando a gestão ambiental em um valor para os empresários do segmento de fundidos.

Impor eficiência de processo é uma resposta negativa aos problemas ambientais decorrentes da produção industrial. Ademais, nos conceitos de gestão estratégica de negócios, não considerar as relações das atividades decorrentes do processo de fundição com o meio ambiente, não apenas apresenta um risco de ordem legal, mas representa desperdício de recursos financeiros, além de ignorar o papel social de uma empresa.

Frente aos desafios encontrados no desenvolvimento dos trabalhos na área ambiental a Gerência de Meio Ambiente da FIEMG, através do seu Núcleo Mineiro de Produção mais Limpa, estabelece estratégias que integrem ações no sentido do desenvolvimento competitivo do setor industrial, aliando Produção mais Limpa com a efetiva inovação tecnológica, disseminação de boas práticas operacionais integradas à conformidade ambiental no aspecto legal. Eliminar a poluição durante o processo de produção visando à melhor utilização de



matéria-prima e insumos para minimizar todos os resíduos que a empresa gera, trazendo benefícios econômicos. Este é o princípio básico da metodologia de Produção mais Limpa oferecido pela Gerência de Meio Ambiente da FIEMG aos empresários mineiros.

Neste âmbito de desenvolvimento técnico, o Centro Tecnológico de Fundição Marcelino Corradi em Itaúna (SENAI/CETEF) desempenha papel fundamental para o estímulo às indústrias de base instaladas em Minas Gerais, principalmente a metalúrgica. O Centro Tecnológico promove a geração de inovações tecnológicas e suas aplicações no setor de fundidos, através de laboratórios (credenciados pelo INMETRO) especializados onde desenvolve Pesquisa Aplicada para a indústria de Fundição, o que levou o Centro a receber o título de Centro Nacional de Tecnologia, título concedido pelo SENAI/DN. Atualmente a unidade é reconhecida também como instituição de pesquisa cadastrada no CNPq com o código 4472.00.000.00-6 e trabalha com projetos de pesquisa em parceria com empresas, ou financiados por órgão de fomento como FAPEMIG e a FINEP. Neste contexto, mais do que nunca o SENAI/CETEF Itaúna promove a gestão do conhecimento, colocando a competitividade e desenvolvendo práticas sustentáveis, sendo estas valores permanentes no Sistema FIEMG.

As áreas citadas respondem pela responsabilidade de promoverem conjuntamente os valores acerca do desenvolvimento sustentável. As parcerias e alianças estratégicas entre as partes supracitadas são elementos para a evolução do propósito do presente guia. Através desta iniciativa, apostamos na cooperação entre pares, fortalecendo a competitividade e contribuindo para a cultura de boas práticas ambientais no setor de fundição.

Por fim, a ideia se resume em concentrar iniciativas baseadas nos preceitos apresentados para um mundo melhor. Cabe a cada um reinterpretar o velho e explorar os novos caminhos para avançarmos na nova tendência: Desenvolvimento econômico e meio ambiente.

REFERÊNCIAS **BIBLIOGRÁFICAS**

- COMBE, C. Mc. *Conheça os principais sistemas de recuperação de areia*. Fundição e Serviços, v.8, n.62, p.18-35, fev. 1998.
- FERNANDES, Deilon Lopes. *Areias de fundição aglomeradas com ligantes furânicos*. Itaúna: SENAI/DR.MG, 2001. 121p.il.
- FONSECA, Marco Túlio da. *Teoria fundamental do processo de fundição sob pressão*. Itaúna: SENAI/DR.MG, 2001. 91p. il.
- FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO. *Processo de fabricação; mecânica*. São Paulo, 1996. v.1
- GUIMARÃES, A.K. *Processos de fabricação mecânica*. Belo Horizonte: CFP/EL, 1998. 85p. il.
- MACHADO, Ioná Macedo Leonardo, FREITAS, Alênio Wagner. *Tecnologia básica do processo de fundição por cera perdida*. Itaúna: SENAI/DR-MG, 2001. 44p. il.
- CASPER, Tiil. *Regeneração de areia na indústria de fundição*. São Paulo: Workshop ABIFA, 2000.17p.
- PABLOS, Javier Mazariegos. *Utilização de resíduo de areias de fundição aglomeradas com argila no setor da construção civil*. São Carlos. 2000, 8p.
- MARIOTTO, Cláudio Luiz. *Regeneração de areias de fundição*. São Paulo: IPT, 2000, 18p.
- Fundição no Brasil. Fundição e Serviços, p.26-38, abril 2002.
- TYBULCZUK, Jerzy. *Tendências Mundiais nos Mercados e na Produção de Fundição*. Fundição e Serviços, p.52-57, ago. 2002.
- BRASIL, Resolução CONAMA nº. 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os procedimentos e critérios para licenciamento ambiental.
- VIANA, M.B. *Licenciamento Ambiental de Minerações em Minas Gerais: Novas Abordagens de Gestão*. Universidade de Brasília – UnB. Centro de Desenvolvimento Sustentável – CDS. Brasília, 2007. 305p. Disponível em: <http://btd.bce.unb.br/tesesimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo =2846> Acesso em: 03 de set.2009.

FICHA **TÉCNICA**

Realização

Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais - FIEMG

Robson Braga de Andrade
Presidente Fiemg

Afonso Gonzaga
Vice-presidente – FIEMG
Presidente Sindicato das Indústrias de Fundição de Minas Gerais - SIFUMG

Coordenação

Gerência de Meio Ambiente - FIEMG

Breno Aguiar de Paula
Wagner Soares Costa

Elaboração Técnica

Senai - Centro Tecnológico de Fundição Marcelino Corradi

Deilon Lopes Fernandes
Selene Maria Sousa

Equipe Técnica e Apoio

Deivid Oliveira
Sílvia de Freitas Xavier

Projeto Gráfico

New360

Consultor Técnico

Angelo Braz de Matos
Fábio Dimas



www.fiemg.com.br