
Challenges for the steel industry in terms of environmental control in the production of pig iron in the state of Minas Gerais - Brazil

Desafios da indústria siderúrgica para o controle ambiental na produção de ferro-gusa no estado de Minas Gerais - Brasil

Received: 15-06-2024 | Accepted: 19-07-2024 | Published: 23-07-2024

Juliano Avelar Moura

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4681-315x>

Universidade Federal de Goiás, Brasil

E-mail: jam.loboguara@gmail.com

ABSTRACT

This text highlights the importance of implementing an Environmental Management System (EMS) in the steel industry sector focused on pig iron production in the state of Minas Gerais, Brazil. The text refers to the general scenario of pig iron production in Minas Gerais, addresses the main environmental impacts observed in the area of influence of the enterprises and the legislation directed at the sector. It discusses the behavior of the steel industry in the face of the need for environmental management plans and programs, and points out the possible competitive advantages of industrial companies that meet acceptable environmental and production control standards.

Keywords: Pig iron; EMS; Production; Steelmaking; Environmental

RESUMO

Este texto resalta a importância da implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) no setor de siderurgia voltado à produção de ferro-gusa no estado de Minas Gerais, Brasil. O texto faz referência ao cenário geral da produção do Gusa em Minas Gerais, aborda os principais impactos ambientais observados na área de influência dos empreendimentos e a legislação direcionada ao setor. Expõe o comportamento das indústrias siderúrgicas frente a necessidade dos planos e programas para a gestão ambiental, aponta possíveis vantagens competitivas do industrial que atende os padrões aceitáveis de controle ambiental e da produção.

Palavras-chave: Gusa; SGA; Produção; Siderurgia; Ambiental

INTRODUÇÃO

O conceito de proteção à natureza vem se firmando como dever de todos, mas ainda é necessária uma evolução nesse sentido. Dentro do conceito de responsabilidade social das empresas, está embutida a prevenção de danos à natureza, desta forma, muitas empresas já vêm se empenhando em fazê-lo. O setor siderúrgico é um gerador de resíduos ambientais de grande intensidade, e é sabido que as questões ambientais têm importância para o sucesso dos negócios. As exigências crescentes da sociedade e do mercado, refletidas em padrões ambientais cada vez mais restritos e o aumento das ferramentas de comando e controle dos órgãos ambientais, demonstram claramente esta tendência. As grandes companhias já fazem investimentos contínuos e crescentes no controle da poluição, pois sabem que a falta de controle da poluição ambiental põe risco a viabilidade de um negócio, o que as tem forçado a adotar a prevenção da degradação ambiental e instrumentos de gestão ambiental cada vez mais eficientes para novas operações e produtos. Assim, quando uma empresa gera emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos sólidos, está perdendo matéria prima, pela qual pagou, e esses resíduos poderiam ser minimizados, em vez de causar poluição, reduzindo custos do processo produtivo e tornando a empresa mais competitiva. Além disso, podem surgir novas oportunidades de negócio ligados à logística reversa dos materiais. Essa competitividade está relacionada com a melhoria da imagem para fornecedores e clientes, e principalmente para o comércio internacional. A redução da degradação ambiental também resulta em ganhos para as empresas, porque envolve a preservação do patrimônio e dos recursos naturais e da biodiversidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PRODUÇÃO DE FERRO GUSA EM MINAS GERAIS

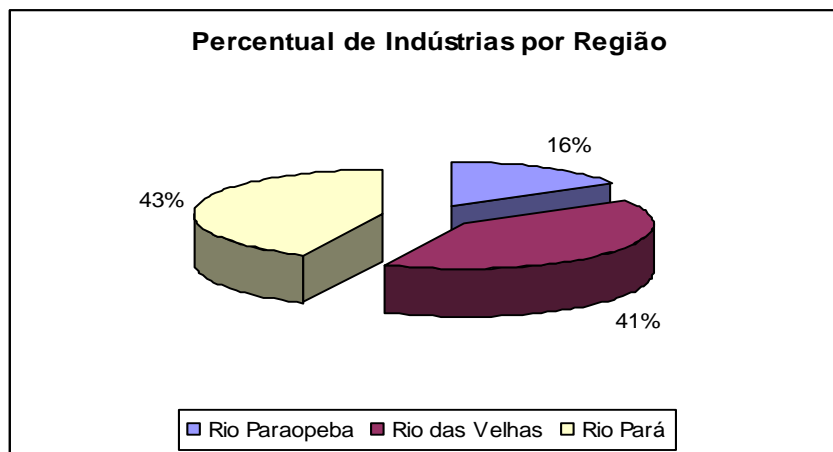
De acordo com o Sindifer, Sindicato da Indústria do Ferro no Estado de Minas Gerais, o polo de produção de gusa em Minas Gerais apresenta um posicionamento estratégico, na medida em que está próximo aos dois mais importantes centros de produção e consumo do país: São Paulo e Rio de Janeiro. O estado ainda é servido por um competente sistema de modal de transporte rodoviar e ferroviário.

Tradicionalmente, as indústrias de ferro-gusa são instaladas próximas às regiões com relativa facilidade de obtenção do minério de ferro e carvão vegetal, e aos locais com infraestrutura para o escoamento da produção industrial. Assim, as 45 indústrias de

ferro-gusa de Minas Gerais estão distribuídas no quadrilátero ferrífero, dentro de um raio de aproximadamente 150 km da capital Belo Horizonte.

A bacia do Rio São Francisco congrega todas as indústrias mineiras de gusa, que se distribuem nas sub-bacias dos Rios das velhas (41%), Pará (43%) e Paraopeba (16%) (figura 1). Os rios das Velhas e Paraopeba são importantes tributários, pois são fonte de abastecimento urbano e industrial da região metropolitana de Belo Horizonte (SEMAD, 2002).

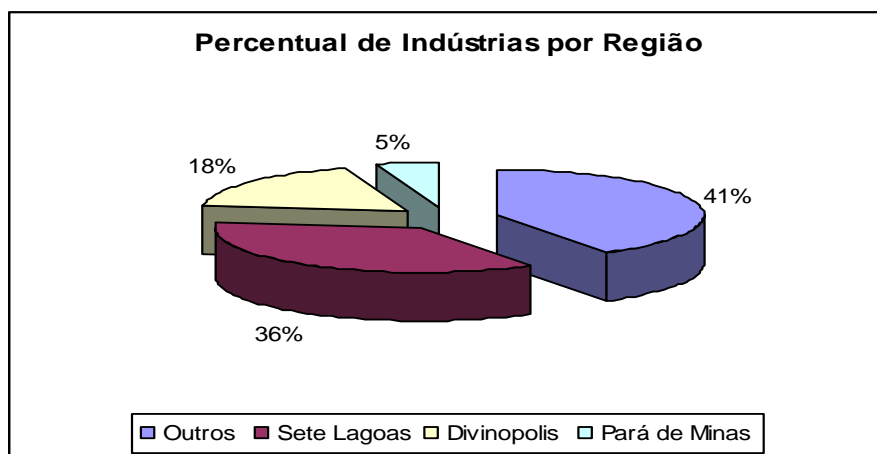
Figura 1: Percentual de indústrias por sub-bacia hidrográfica



Fonte: SEMAD - MG, 2002.

A exemplo, o município de Sete Lagoas, localizado na região noroeste de Minas Gerais, pertencente às sub-bacias dos rios das Velhas e Paraopeba, é o grande destaque na produção de ferro-gusa, concentrando 36% dos 45 produtores independentes do estado (figura 2).

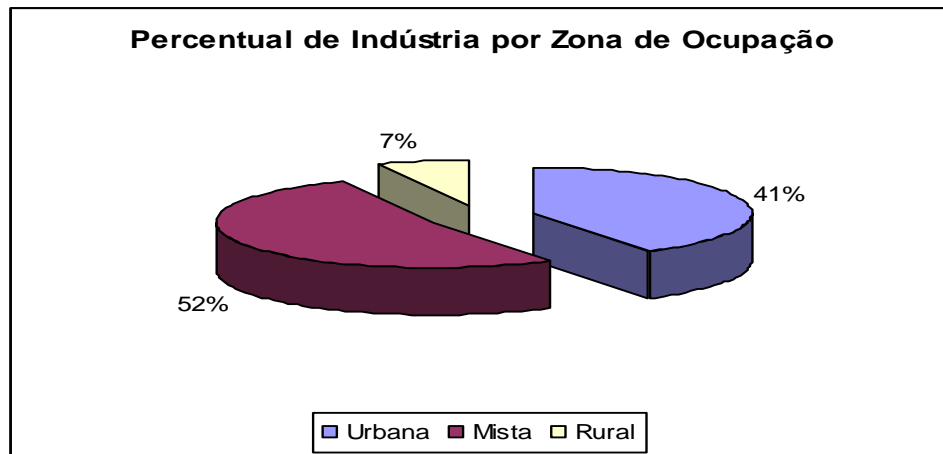
Figura 2: Percentual de indústrias por município



Fonte: SEMAD - MG, 2002.

Quanto à zona de ocupação, cerca de 41% das indústrias localizam-se na malha urbana, enquanto apenas 7% pertence à zona rural. Do montante, 52% das indústrias siderúrgicas pertencem à zona mista, ou seja, em área compreendida entre zona urbana e rural, ou às margens de rodovias (figura 3).

Figura 3: Percentual de indústrias por zona de ocupação



Fonte: SEMAD – MG, 2002.

Capacidade de Produção

Ao todo são 83 altos-fornos operando nas 45 indústrias mineiras, com uma capacidade instalada total de cerca de 15000 t/dia de ferro-gusa. O município de Sete lagoas foi responsável em 2000 por uma produção superior a 2 milhões de toneladas.

O ferro-gusa pode ser destinado às aciarias ou às fundições, cerca de 69% de um total de aproximadamente 4 milhões de toneladas de gusa produzidas em 2001 foram destinadas à produção do aço, enquanto que 31% restantes alimentaram as fundições de ferro. (SEMAD, 2002)

Matéria Prima

As matérias primas básicas utilizadas pelos produtores independentes na fabricação do ferro-gusa são o minério de ferro e o carvão vegetal.

O minério de ferro utilizado pelos produtores independentes procede inteiramente do estado de Minas Gerais, basicamente das jazidas distribuídas nos municípios de Brumadinho, Congonhas, Ibirité, Igarapé, Itabira, Itabirito, Itatiaiuçu, Itaúna, Moeda, Nova Lima, Olhos d'água e Sarzedo.

Determinantes para o Investimento Ambiental

Segundo Peter (2003), existe basicamente quatro fatores que induzem as empresas a adotarem práticas ambientais sustentáveis: as pressões das regulamentações ambientais, as pressões dos consumidores finais e intermediários, a pressão dos stakeholders e a pressão dos investidores.

A regulamentação ambiental é um dos principais fatores que induzem as empresas a adotar uma postura menos agressiva ao meio ambiente. O comportamento predominante é que, a conservação do meio ambiente não é o objetivo principal da empresa, sendo necessária uma pressão legal para que mude seu comportamento em relação ao meio ambiente.

O Licenciamento

Conforme a Lei Estadual 7.772/80, o licenciamento ambiental é o procedimento administrativo por meio do qual o poder público autoriza a instalação, ampliação, modificação e operação de atividades ou empreendimentos utilizadores de recursos ambientais considerados efetiva ou potencialmente poluidores.

Segundo art. 2 da Deliberação Normativa nº. 49, as indústrias de ferro-gusa que possuem Licença de Operação concedida pelo COPAM, ou com processo em tramitação, terão suas atividades acompanhadas através dos processos de licenciamento.

O processo de licenciamento ambiental é dividido em três etapas, dispostas pela Resolução CONAMA 237/1997:

- **Licença Prévia (LP):** é concedida na fase preliminar de planejamento do empreendimento, mediante fiscalização prévia obrigatória ao local, a localização e a concepção do empreendimento, bem como atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidas nas próximas fases de sua implementação. Tem validade de até quatro anos.
- **Licença de Instalação (LI):** autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e as condicionantes. Tem validade de até seis anos.
- **Licença de Operação (LO):** autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após fiscalização prévia obrigatória para verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, tal como as medidas de controle

ambiental e as condicionantes porventura determinadas para a operação. É concedida com prazos de validade de quatro ou de seis anos estando, portanto, sujeita à revalidação periódica. A LO é passível de cancelamento, desde que configurada a situação prevista na norma legal.

Para a regularização ambiental os empreendimentos são enquadrados segundo porte e potencial poluidor, de acordo com a Deliberação Normativa COPAM 74/04, as indústrias siderúrgicas podem ser enquadradas nas classes de 3 a 6:

- Classe 3 - pequeno porte e grande potencial poluidor ou médio porte médio potencial poluidor.
- Classe 4 - grande porte e pequeno potencial poluidor.
- Classe 5 - grande porte e médio potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor.
- Classe 6 - grande porte e grande potencial poluidor.

Monitoramento e Controle Ambiental Efluentes atmosféricos

As fontes de efluentes atmosféricos estão presentes em todas as etapas da produção de ferro-gusa, desde o recebimento e preparo das matérias-primas, a estocagem e expedição dos produtos, subprodutos e resíduos.

O impacto ambiental das emissões das usinas independentes de produção de ferro-gusa se faz sentir, predominantemente, nas cidades e às margens de rodovias, já que a maioria do universo destas indústrias pertence à malha urbana.

Segundo a Deliberação Normativa nº. 49, para os fornos existentes em zona urbana o limite de emissão partículas totais será de $100\text{mg}/\text{Nm}^3$, para os fornos instalados em zona rural ou mista o limite de emissão será de $200\text{mg}/\text{Nm}^3$.

O monitoramento das chaminés é trimestral, para cada forno é monitorado apenas uma chaminé podendo ocorrer o rodízio em caso de mais de uma.

Equipamentos de Controle da Poluição Atmosférica

- Absorção: o gás entra em contato com um líquido, no qual o poluente seja solúvel;

- Adsorção: o gás é retido devido à capacidade de alguns materiais de alta porosidade em reter os poluentes em sua superfície por meio do processo de atração molecular superficial (carvão ativado, sílica gel e alumina ativada);
- Incineração de resíduos gasosos: usados para casos onde o produto final não seja também poluidor, tem-se os flares, queimadores de chama direta, e os pós queimadores catalíticos;
- Condensadores de vapores: os gases condensam depois de submetidos ao resfriamento.

Os gases e vapores devem ser coletados e devidamente tratados. Para isso, é necessária a escolha do equipamento de controle a ser utilizado. Esse problema pode ser facilmente resolvido, em função do número de fatores, já que alguns deles são determinantes na escolha do equipamento. Deve-se levar em consideração os seguintes fatores, entre outros: estado físico do poluente, grau de limpeza desejado, propriedades do gás carreado e do poluente e custo do sistema entre outros. Principais equipamentos para coleta de material particulado: filtro mangas; coletores gravitacionais; ciclones; lavadores tipo venturi; sistema multiwir; lavador de gases; câmara de borrião; coletores úmidos de impactação (EPA, 1992).

Qualidade do Ar

Conforme Resolução do CONAMA 03/90, Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade, características e concentração em desacordo com os níveis estabelecidos e que podem tornar o ar:

- Impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- Inconveniente ao bem estar público;
- Danoso aos materiais, flora e fauna;
- Prejudicial à segurança ao uso e gozo da propriedade e as atividades normais da comunidade.

O monitoramento da qualidade do ar é realizado para determinar o nível de concentração de um grupo de poluentes, selecionados devido à sua maior frequência de ocorrência na atmosfera e aos efeitos adversos que causam ao meio ambiente. São eles: material particulado (poeira), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), hidrocarbonetos (HC) e ozônio (O₃).

Para cada uma dessas substâncias, foram definidos, limites máximos de concentração que, quando ultrapassados, podem afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos ao meio ambiente. No Brasil, os padrões de qualidade do ar foram fixados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, por meio da Resolução CONAMA 03/90, sendo esta, a referência legal adotada no estado de Minas Gerais.

A divulgação dos dados do monitoramento é realizada por meio do cálculo dos Índices de Qualidade do Ar (IQAr), uma verificação matemática utilizada para converter as concentrações dos poluentes encontrados em escalas: boa, regular, inadequada, má, péssima e crítica.

Efluentes Líquidos

As águas utilizadas pelos produtores independentes de ferro-gusa em altos-fornos a carvão vegetal têm seu uso caracterizado basicamente como água de processo, sendo quatro os principais usos destas águas (SEMAD, 2002): Refrigeração da carcaça do alto-forno; lavagem dos gases do alto-forno; granulação da escória; lavagem e/ou umidificação de pátios.

Para Leme (1979), a sedimentação é a remoção de partículas sólidas de uma fase líquida através da ação da gravidade. Pode ser dividida em duas operações básicas, dependendo do produto final que se deseja. Se o produto final desejado é a lama, a operação é denominada sedimentação ou espessamento; se, por outro lado, o produto final é o líquido “límpido”, a operação é denominada clarificação. A Resolução CONAMA 357, Considera que a água integra as preocupações do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, da prevenção, da precaução e considera também que a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes. A Resolução determina que o enquadramento dos corpos de água devem estar baseados não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender às necessidades da comunidade; a saúde e o bem-estar humano, bem como os equilíbrios ecológicos aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas; integração, bem como no reconhecimento de valor intrínseco à natureza; Considera que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio

ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água.

Para a Deliberação Normativa nº. 49, as indústrias siderúrgicas deverão cumprir as determinações obedecendo aos prazos de limites máximos sob pena de suspensão das atividades. As indústrias siderúrgicas devem implantar o sistema de tratamento de esgotos sanitários (só será permitido o lançamento nas redes públicas de esgotos sanitários, se o sistema público dispuser de sistema de tratamento licenciado pelo COPAM), implantação de sistema de drenagem e tratamento das águas pluviais e apresentação de outorga de uso da água.

Resíduos Sólidos

Segundo Jacomino *et al* (2009), os resíduos sólidos resultantes do processo de produção de ferro-gusa, são: Escória do alto-forno; finos de minério de ferro; finos de carvão vegetal (moinha); pó do sistema de limpeza a seco dos gases (pó de coletor ou pó de balão); lama do sistema de limpeza a úmido dos gases (lama de alto-forno).

Resíduos industriais representam, na maioria das vezes, perda de matérias-primas e insumos. O reaproveitamento de resíduos e o melhor aproveitamento das matérias-primas são vistos por especialistas como as únicas saídas para a continuidade do processo tecnológico já implementado, pois atuam em perfeita sintonia com as necessidades do terceiro milênio. Ao mesmo tempo a reciclagem permite o reaproveitamento de recursos e contribui para diminuir as agressões ao meio ambiente. Sob o nome genérico de tratamento de resíduos, são reunidas diversas soluções que visam processar os resíduos, com três objetivos principais: Reduzir e eliminar a sua periculosidade; imobilizar seus componentes perigosos; fixar materiais insolúveis; reduzir o volume de resíduos que depois de tratados, ainda mereçam cuidados especiais.

Tratar um resíduo significa transformá-lo de tal maneira que possa ser reutilizado posteriormente, ou dispô-lo em condições mais seguras e ambientalmente aceitáveis. A disposição de resíduos é a solução mais antiga e tradicional adotada pela indústria para dar destinação final aos resíduos gerados. Sem qualquer tratamento, ou apenas com uma pré-seleção de materiais facilmente recuperáveis, a disposição no solo ou em corpos d'água foi utilizada até recentemente como uma solução natural para os resíduos gerados pela sociedade. A disposição em aterro é a solução indicada para resíduos estáveis, não perigosos, com baixo teor de umidade e que não contenham valores a recuperar.

Segundo a Norma ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 10004/1987, são considerados resíduos sólidos aqueles das comunidades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, dos serviços e de varrição. Estão incluídos, nessa definição os lodos provenientes de sistema de tratamento de águas residuárias, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água, ou exijam, para isto, soluções técnicas e economicamente viáveis, diante da melhor tecnologia disponível. Os resíduos são classificados em função de suas propriedades físicas, químicas, capacidade infecto contagiosas e com base na identificação de contaminantes presentes em sua massa, sendo que um conhecimento prévio do processo industrial é importante para classificar o resíduo, identificar substâncias presentes no mesmo e verificar sua periculosidade. Segundo a Norma NBR 10004, os resíduos são agrupados em três classes:

- Resíduos Classe I – Perigosos;
- Resíduos Classe II – Não Inertes;
- Resíduos Classe III – Inertes.

A GESTÃO AMBIENTAL INDUSTRIAL

O Impacto Ambiental

Segundo a Resolução 001/86 do CONAMA, impacto ambiental é “qualquer alteração 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 afeta”:

- a) a saúde;
- b) a segurança e o bem estar da população;
- c) as atividades sociais e econômicas;
- d) a biota;
- e) as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- f) a qualidade dos recursos ambientais.”

A NBR 14001, define impacto ambiental como:

“Qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização”.

Benefícios do Sistema de Gestão Ambiental (SGA)

Segundo Queiroz & Reis (2002), os benefícios da implantação de SGA - Sistema de Gestão Ambiental são: Demonstrar aos clientes o comprometimento com a gestão ambiental; manter e/ou melhorar as relações com a comunidade e público em geral; facilitar o acesso a novos investimentos; obter diminuição dos custos dos seguros; melhoria da imagem de empresa e aumento do “market share”; melhoria do controle de custos; diminuição de custos via redução de desperdícios de fatores produtivos; redução e/ou eliminação dos impactos negativos; redução do número de auditorias dos clientes.

Figura 4: forno em operação na fabricação de ferro-gusa.



Fonte:Juliano Moura (2019)

Alguns resíduos são estocados até a venda para as indústrias de cimento. O resíduo fino do minério também é vendido para indústria ceramista, somente para as indústrias licenciadas e cadastradas no órgão ambiental fiscalizador. O resíduo é incorporado à matéria prima na fabricação de tijolos. As empresas devem prestar informações ao órgão de quem transportou o resíduo, para onde e como transportou, através de relatórios mensais.

O monitoramento da qualidade do ar é previsto na Deliberação Normativa 49. Porém, o monitoramento da qualidade do ar de forma individual é bastante oneroso e subjetivo, já que todas as siderúrgicas contribuem para emissões desses particulados. Por isso, o consórcio entre siderúrgicas para o monitoramento coletivo da qualidade do ar nos limites da área de influência dos empreendimentos de siderurgia, tornou-se prática viável para ratificação dos termos de ajustamento de conduta TAC junto com o órgão fiscalizador.

As siderúrgicas, segundo a Deliberação Normativa 49, devem se adequar e melhorar os seus processos a partir de medidas obrigatórias de gestão ambiental que atenda, no mínimo, as seguintes práticas operacionais: Fechamento dos chifres dos altos-fornos; implantação de tochas e queimadores; implantação de sistema de aspersão das vias internas; implantação de sistema de recirculação das águas de refrigeração dos altos-fornos; implantação de sistema de tratamento de esgotos sanitários; implantação de sistema de drenagem e tratamento primário das águas pluviais. Implantação do cinturão verde; implantação de sistema de armazenamento de finos de carvão em silos protegidos e de sistema de estocagem de finos de minérios.

Figura 5: queimadores dos gases emitidos no processo de fabricação.



Fonte:Juliano Moura (2019)

Conforme Seiffert (2014), para o fortalecimento da gestão ambiental empresarial o caminho seria a busca progressiva pela certificação ISO 14001, daria força ao enfoque na questão de conservação ambiental pelo uso de um único sistema de gerenciamento permeando todas as funções da organização. Os fatores que são motivadores à adoção das normas ISO 14001: Melhoria da reputação e da imagem da organização; exigências do cliente; relacionamentos com partes interessadas; inovação de processos.

Peter (1999), aponta que entre as barreiras encontradas para adoção de um sistema de gestão ambiental está a falta de recursos humanos capacitados. As empresas não têm informações suficientes a respeito de como funciona e os benefícios que um sistema de gestão ambiental (SGA) pode trazer para um melhor controle do processo produtivo.

CONCLUSÃO

As empresas siderúrgicas atuam efetivamente com relação ao monitoramento ambiental, seguindo as especificações da Norma DN 49, porém observa-se que existem métodos eficazes de controle da poluição ambiental, métodos de redução de custos com o processo produtivo: instalação de equipamento de geração de energia, através do gás gerado no processo de produção, minimizando gastos com energia; instalação de equipamentos para otimização máxima na utilização do carvão vegetal; outros.

REFERÊNCIAS

- ABNT. – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Sistemas de Gestão Ambiental especificação e diretrizes para uso. NBR 14001/1986.
- ABNT. – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Resíduos Sólidos: Classificação. NBR 10004/1987.
- ARAÚJO, L. A. Siderurgia. Editora FTD, São Paulo, 1967, 483 p
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Brasil.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Brasil.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº49/ DE 28 DE SETEMBRO DE 2001. Governo de Minas Gerais: Conselho Estadual de Política Ambiental, Minas Gerais, 2001.
- DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº74/ DE 27 DE SETEMBRO DE 2004. Governo de Minas Gerais: Conselho Estadual de Política Ambiental, Minas Gerais, 2004.
- EPA - ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Air Pollution Prevention And Control: Part A Air Quality and Emission Limitations 1990 CAA Amendments. 1990.
- JACOMINO, V. M. F; BARRETO, A. B; TAVARES, F. V. F; PEIXOTO, C. M; RODRIGUES, P. C. H. Avaliação da qualidade do ar em um polo produtor de ferro-gusa. Rev. Enga. Sanit. Amb., v.14 n.4, out – dez 2009, pag. 511-520.
- LEME, F. P. Teoria e Técnicas de Tratamento da Água. São Paulo: Cetesb, 1979.
- PETER, H. M.; LUSTOSA, M. C.; VINHA. V. Economia do Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.
- QUEIROZ, S. M. P.; REIS, L. F. S. D. Gestão Ambiental em Pequenas e Médias Empresas. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.
- SEIFFERT, M. E. B. Gestão Ambiental: Instrumentos, esferas de ação e educação ambiental. São Paulo: Atlas, 3 ed., 2014, 328p.