

A Emissão de Gases de Efeito Estufa na Siderurgia Brasileira e de Minas Gerais.

Isis Laponez da Silveira⁽¹⁾

Em comparação com outros processos industriais, a siderurgia utiliza mais intensivamente o carbono, que atua simultaneamente como combustível e redutor na produção de ferro gusa em altos fornos.

Em ambas as funções, o resultado é a formação de grandes quantidades de CO₂, quer como produto das reações de remoção do oxigênio dos óxidos de ferro (redução), quer como produto da combustão.

Embora importante, a produção de gusa não constitui a única fonte de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) na siderurgia: um dos veículos da adição de carbono nos altos fornos é o coque, um dos produtos da destilação de uma mistura de carvões minerais em altas temperaturas que implica na formação de grandes volumes de gases condensáveis e não condensáveis, dentre os quais o CO₂; o CH₄ (metano) e NMVOC (Compostos Orgânicos Voláteis exceto metano).

Tanto os gases do alto forno (GAF) quanto os da coqueria (COQ) têm seu poder calorífico aproveitado nas diversas unidades de uma siderúrgica integrada, sendo queimados para fornecer calor aos fornos ou para a produção de vapor e geração de energia elétrica a partir das centrais termelétricas das usinas.

Como alternativa ao coque - de origem fóssil - há o carvão vegetal, um produto da queima controlada da biomassa (madeira) que, em comparação ao primeiro, possui uma resistência mecânica inferior, fato que limita a capacidade dos altos fornos, sendo os de menor porte aqueles que empregam o combustível e redutor de origem renovável.

Afora isto, o carvão vegetal possui características que o tornam mais atraente em relação ao coque, na siderurgia e na produção de ferro ligas: seu baixo teor de enxofre praticamente elimina a necessidade da dessulfuração do aço e sua resistividade elétrica superior confere à carga características mais adequadas para produção de ferro ligas em fornos elétricos de redução.

Na tabela 01 procurou-se relacionar os principais setores de produção das indústrias do ferro – entendendo-se como tal o conjunto siderurgia e produção de ferro ligas – bem como identificar e caracterizar as fontes e respectivas emissões de CO₂ que, para efeito dos inventários de emissão de GEE, são consideradas como as mais relevantes.

A produção de energia elétrica a partir da queima dos gases siderúrgicos – prática comum às siderúrgicas integradas – foi incluída na tabela enquanto, a produção exclusiva de ferro gusa em altos fornos a carvão vegetal que, no Brasil é uma atividade importante, foi separada da produção de ferro e aço, mais típica das usinas integradas que utilizam o coque.

As diversas origens das emissões de CO₂ identificadas na tabela 01 somadas ao porte das indústrias permitem depreender a importância da contribuição da siderurgia para as emissões totais de GEE do setor industrial.

Setores de produção	Fontes de Emissão	Origem das emissões de CO ₂
FERRO GUSA	Alto Forno (Carvão Vegetal)	<ul style="list-style-type: none"> ÿ Combustão do carvão ÿ Combustão dos finos de carvão injetados nas ventaneiras ÿ Redução dos óxidos de ferro ÿ Decomposição dos fundentes (calcário e dolomita)
	Coqueria	<ul style="list-style-type: none"> ÿ Queima do GAF ou COG. ÿ Queima de outros combustíveis suplementares (óleo combustível; gás natural e outros).
FERRO E AÇO	Sinterização	<ul style="list-style-type: none"> ÿ Oxidação de finos de coque ou de carvão vegetal ÿ Queima de GAF ou COG ÿ Queima de outras fontes de carbono adicionadas ao processo
	Alto Forno (Coque)	<ul style="list-style-type: none"> ÿ Combustão do coque ÿ Combustão dos finos de coque injetados nas ventaneiras ÿ Redução dos óxidos de ferro ÿ Decomposição dos fundentes (calcário e dolomita)
	Aciaria	<ul style="list-style-type: none"> ÿ Oxidação do carbono contido no aço ÿ Oxidação do carbono dos eletrodos (Forno Elétrico de Aciaria)
	Forno Elétrico de Redução	<ul style="list-style-type: none"> ÿ Redução dos óxidos metálicos ÿ Oxidação do carbono dos eletrodos ÿ Oxidação do carbono contido nos minerais ÿ Calcinação dos carbonatos (calcário e dolomita)
ENERGIA	Caldeiras das Centrais Termelétricas	<ul style="list-style-type: none"> ÿ Combustão de gases siderúrgicos (GAF e COG)

Tabela 01 – Principais setores e fontes de emissão de CO₂ das indústrias do ferro.

Os inventários de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) são feitos de acordo com diretrizes do IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) que, em seus Guias (o mais recente é de 2006), fornece a base metodológica para as estimativas de emissão dos principais GEE – CO₂; CH₄; N₂O e os HFC (hidrofluorcarbonos) e PFC (perfluorcarbonos) – originários de quatro setores principais: Energia; Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU, na sigla em inglês); Agricultura, Florestas e Outros Usos do Solo (AFOLU, na sigla em inglês) e Resíduos.

No tocante ao inventário das emissões de GEE das indústrias do ferro, a mencionada duplicidade de funções do carbono dificulta a correta identificação do setor onde deveriam ser declaradas as emissões de CO₂: por exemplo, o CO₂ produzido na redução dos óxidos de ferro é característico do processo de produção de gusa e, em princípio, deveria ser declarado no setor IPPU (Processos Industriais). Já aquele resultante da queima do GAF, utilizado para fornecer calor a outras unidades da usina, deveria ser declarado no setor Energia.

A solução para este impasse depende do acesso a dados e informações quanto ao uso específico do carbono e seu consumo nas reações de redução e de combustão, respectivamente. No caso dos inventários tratados a seguir, a opção em adotar um nível metodológico básico para as estimativas, impôs a contabilização da totalidade das emissões de CO₂ das indústrias siderúrgicas e de ferro ligas no setor energia.

A tabela 02 reproduz dados do primeiro inventário nacional de GEE, retratando as emissões brasileiras do setor de energia em 1994: justificada pela importância da geração hidrelétrica e pela preponderante concorrência da atividade “mudanças do uso da terra” (setor AFOLU), a contribuição do setor energia restringiu-se a 23% de todo CO₂ emitido no País.

		CO ₂	CH ₄	CO	NO _x	NM _{VOC}
SETOR ENERGIA	Emissões Totais do Setor (Gg)	236.505	401	12.266	1.601	1.596
	% (em relação às Emissões Totais)	23,0	3,0	39,1	69,6	64,5
SUBSETOR INDUSTRIAL	Emissões do Subsetor	74.066	55	1.833	347	55
	% (em relação ao Setor Energia)	7,2	0,4	5,8	15,1	2,2
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA	Emissões Ind. Siderúrgica	37.887	37	790	113	23
	% (em relação ao Setor Energia)	3,7	0,3	2,5	4,9	0,9
	% (em relação ao Subsetor Industrial)	51,4	67,3	43,1	32,5	41,0

Tabela 02 – Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) conforme o Inventário Nacional (Comunicação Inicial do Brasil) publicado em 2005.

Embora as indústrias tenham contribuído com apenas 7,2% deste total, a indústria siderúrgica liderou com mais da metade (51,4%) das emissões de CO₂ do subsetor industrial sendo sua participação também destacada em relação aos outros GEE considerados no inventário.

No final de 2008, foi publicado o Inventário de Emissões de GEE de Minas Gerais tomando como base emissões geradas pelas atividades socioeconômicas no ano de 2005.

O perfil das atividades econômicas do Estado é mostrado na tabela 04 onde se nota que, ao lado da agropecuária e serviços, a indústria participa com 31,86% na composição do PIB mineiro, dos quais 18,6% correspondem ao total das contribuições dos diversificados segmentos que compõem a indústria de transformação mineira.

Setores econômicos	Participação (%)
Agropecuária	8,3
Serviços	59,8
Indústria	31,9
Indústria extrativa mineral	3,1
Indústria da construção	5,1
Ind. de prestação de serviços	5,1
Indústria de transformação	18,6
<i>Minerais metálicos.</i>	<i>13,9</i>
<i>Alimentos; bebidas e fumo.</i>	<i>15,0</i>
<i>Produtos metálicos</i>	<i>26,2</i>
<i>Equipamentos de transporte</i>	<i>11,9</i>
<i>Outros</i>	<i>33,0</i>

Tabela 04 - Participação dos principais setores na estrutura econômica e industrial de Minas Gerais em 2006.

Ocupando a terceira posição em importância, a indústria de minerais metálicos - na qual estão inseridas a siderurgia e a produção de ferro ligas - concorre com 13,85% na formação do PIB da indústria de transformação de Minas Gerais condição que permite, no cenário nacional, projetar o Estado como responsável por 37% da produção de aço e como maior produtor e exportador de ferro gusa do País.

Nas tabelas 05 e 06 são apresentados, respectivamente, os resultados das estimativas de emissões de GEE dos setores Processos Industriais (IPPU) e Energia: a exemplo do inventário nacional, as emissões de CO₂ da indústria siderúrgica mineira foram integralmente declaradas no setor Energia, enquanto a quase totalidade das emissões de metano foi contabilizada no setor de Processos Industriais.

		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ eq.
SETOR IPPU	Emissões do Setor (Gg)	6.835,02	2.153,73		7.086,41
	% (em relação às Emissões totais)	9,2	0,1		5,8
SIDERURGIA E FERRO-LIGAS	Emissões Siderurgia + Ferro-Ligas		1.178,12		24,74
	% (em relação ao Setor IPPU)		54,7		0,3

Tabela 05 – Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Setor Processos Industriais (IPPU) conforme Inventário do Estado de Minas Gerais de 2005.

		CO2	CH4	N2O	CO2eq.
SETOR ENERGIA	Emissões do setor (Gg)	42.656,7	74,6	3,63	45.348,8
	% (em relação às emissões totais do Estado)	57,2	4,5	8,5	36,9
SUBSETOR INDUSTRIAL	Emissões do Subsetor	20.564,0	37,6	1,29	2 1.753,0
	% (em relação ao Setor Energia)	48,2	50,4	35,5	48,0
INDÚSTRIA SIDERÚRGICA (Gusa e aço integrado e não integrado; ferro-ligas e outros da siderurgia)	Emissões Ind. Siderúrgica	14.848,0	33,3	0,9	15.826,9
	% (em relação ao Setor Energia)	34,8	44,6	24,8	34,9
	% (em relação ao Subsetor Industrial)	72,2	88,6	69,8	72,8

Tabela 06 – Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) do Setor Energia conforme Inventário do Estado de Minas Gerais de 2005.

Em termos gerais é possível observar tendências de compatibilidade entre o perfil econômico de Minas e a distribuição das emissões de CO₂ no setor de Energia, no qual está incluído o conjunto de indústrias do Estado (cimento; cal; química; têxtil; alimentos e bebidas; papel e celulose; cerâmica; siderúrgica e outras): há coerência, por exemplo, entre o peso da atividade industrial e a sua participação acentuada na geração de CO₂, que atingiu 48,2%.

Analogamente – por sua grande capacidade de geração e importância na estrutura econômica do Estado – a supremacia da indústria siderúrgica nas emissões de CO₂ é confirmada em números: em 2005, 72,8% de todo CO₂eq emitido pelo subsetor industrial e 34,9% do total do setor de energia foram originários da siderurgia.

A liderança da siderurgia também é destacada em relação às emissões de metano declaradas no setor IPPU que, por sua vez, responde por inexpressivos 0,1% do total de CH₄ emitido no Estado onde a preponderância cabe ao setor AFOLU e as respectivas contribuições do rebanho bovino.

Nas considerações precedentes não foi ponderado um aspecto primordial, característico da siderurgia nacional e mineira: o expressivo emprego do carvão vegetal, o termo-redutor de origem renovável que, em 2005, supriu quase a metade (46,6%) destas demandas da indústria siderúrgica de Minas Gerais (tabela 07), principalmente das usinas não integradas e da produção de ferro ligas.

	Consumo de combustível e eletricidade. (1000 tEP)	Consumo suprido por Carvão Vegetal (1000 tEP)	Participação do Carvão Vegetal (%)
Todos os setores	32.691,1	4.196,0	12,8
Setor Industrial	13.654,9	4.173,0	30,6
Indústria Siderúrgica	8.417,8	3.919,0	46,6
Ÿ Siderúrgica Integrada	4.489,1	785,0	
Ÿ Siderúrgica não integrada	2.817,0	2.707,0	
Ÿ Indústria de ferro ligas	1.066,4	422,0	
Ÿ Outros da siderurgia	45,3	5,0	

Tabela 07 – Consumo de combustíveis e eletricidade nos setores socioeconômicos de Minas Gerais conforme Inventário Estadual de Emissões de GEE de 2005.

Tal participação assegurou um resultado altamente positivo com relação às emissões de CO₂ no Estado: conforme mostrado na tabela 08, o emprego do carvão vegetal na indústria siderúrgica mineira possibilitou o seqüestro de 17.087 Gg de CO₂, ou seja, esta quantidade de CO₂ - gerada na queima do carvão – foi compensada pela mesma quantidade de CO₂ absorvida pela biomassa que lhe deu origem, durante seu crescimento.

	Biomassa Remoções CO ₂ (Gg)	Combustíveis Fósseis Emissões CO ₂ (Gg)
Setor Energia	53.570,3	42.656,7
Subsetor Industrial	25.788,3	20.564,2
Indústria Siderúrgica	17.086,9	14.848,0
Ÿ Siderúrgica integrada	3.461,2	14.113,9
Ÿ Siderúrgica não integrada	10.958,0	289,8
Ÿ Indústrias de ferro ligas	2.638,0	362,8
Ÿ Outros da siderurgia	29,7	81,4

Tabela 08 – Emissões de CO₂, de origem fóssil e renovável, associadas ao setor de Energia, conforme Inventário de Emissões de GEE do Estado de Minas Gerais de 2005.

O efeito líquido, resultante do emprego do carvão vegetal na siderurgia e suas modalidades é visualizado na figura 1, por meio do diagrama de barras, representativo da diferença entre emissões de CO₂ geradas pelo emprego do carvão vegetal (CO₂ da biomassa) e do coque (CO₂ fóssil).

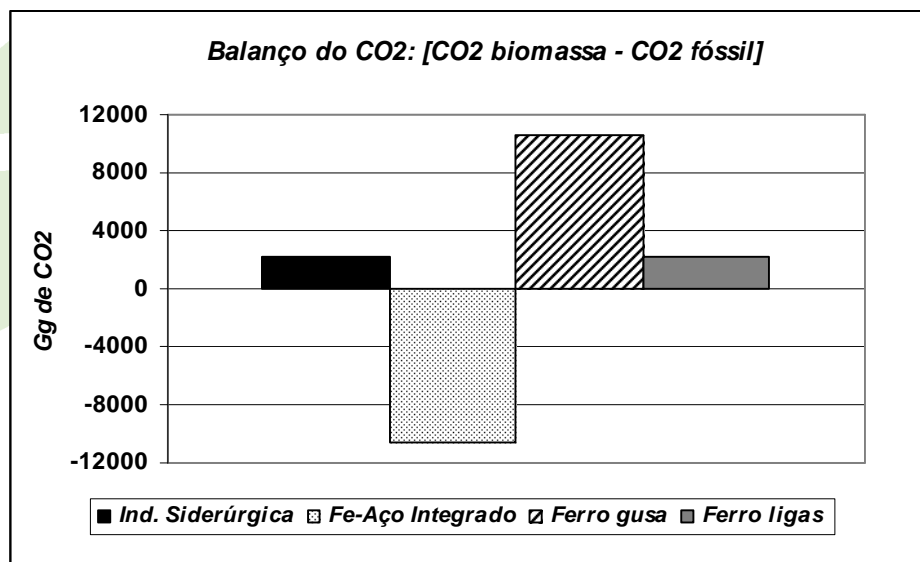


Figura 1 – Balanço das emissões de CO₂ na indústria siderúrgica de Minas Gerais: emissões de origem fóssil (eixo negativo) e de origem renovável (eixo positivo)

O diagrama mostra que, em função do uso predominante do carvão vegetal na produção de ferro gusa e ferro ligas, foi alcançado um saldo favorável para as emissões de CO₂ de origem renovável em Minas Gerais: em outras palavras, o emprego deste insumo, evitou que a indústria siderúrgica e suas modalidades lançassem para a atmosfera mais que o dobro de CO₂ contabilizado no inventário de 2005.

Infelizmente no Brasil, a produção de carvão vegetal está associada à exploração de condições degradantes de trabalho e ao desmatamento ilegal: não fosse assim, o País poderia se orgulhar de sua posição privilegiada no tocante à produção siderúrgica limpa e sustentável, enquanto as empresas poderiam se candidatar aos interessantes benefícios do MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) negociando, no mercado mundial, os créditos de carbono proporcionados pelo emprego do termo-redutor renovável.

A metodologia do IPCC para os inventários distingue três níveis (“tiers”) ou graus de incerteza quanto às estimativas das emissões de GEE que se relacionam diretamente com a complexidade da metodologia utilizada. Por sua vez, o emprego de metodologias menos ou mais complexas, está condicionado ao tipo e à existência de dados representativos e específicos da atividade objeto do inventário.

Por exemplo, nas estimativas das emissões da indústria de ferro ligas, o nível de menor precisão (“tier” 1) é representativo da utilização de dados nacionais de produção e de fatores de emissão “default” enquanto, o nível de maior precisão (“tier” 3), é atingido ao empregar-se dados de medição de CO₂ específicos de cada indústria.

Considerando a peculiaridade do uso do carvão vegetal pela indústria brasileira de ferro ligas, o emprego de fatores de emissão “default” do IPCC (típicos ao uso do coque) implica em maior imprecisão nas estimativas de emissão. Entretanto, a indisponibilidade de dados de medição de CO₂ específicos das empresas impede que se melhore o nível de exatidão dessas estimativas.

A participação substancial da siderurgia para as emissões de CO2 e a necessidade de alinhamento às práticas do desenvolvimento sustentável, devem constituir motivação para que as empresas do setor contribuam para o aprimoramento dos inventários nacionais de emissão capacitando-se, também, para usufruir dos benefícios e oportunidades do mercado mundial de GEE.

(1) *Diretora da ATMA.*

Fontes:

1. FIEMG – Gerência de economia e finanças; Perfil econômico de Minas Gerais; Belo Horizonte; janeiro/2009. Disponível em: <http://www.fiemg.org.br/admin/BibliotecaDeArquivos/Image.aspx?ImgId=14960&TabId=5609>
2. FEAM – Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado de Minas Gerais / Fundação Estadual do Meio Ambiente: Centro Clima – Belo Horizonte; 2008. Disponível em: http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/inventario_gee%5B1%5D.pdf
3. Ministério de Ciência e Tecnologia – Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas; Brasília; novembro/2004. Disponível em: http://www.mct.gov.br/upd_blob/0005/5586.pdf