

POTENCIAL BRASILEIRO DO BIOGÁS USADO COMO COMBUSTÍVEL NA METALURGIA¹

Kerlly Oliveira Calixto²
Luís César dos Santos³
Rodolfo Vecchi Ferreira⁴
Máximo Eleotério Martins⁵
Paulo Santos Assis⁶

Resumo

Desde o início do desenvolvimento industrial e da maneira capitalista de vida da sociedade atual, novos problemas ambientais começaram a surgir e preocupar a sociedade. Unindo esses fatores à capacidade das indústrias de produzirem cada vez mais produtos descartáveis gerando resíduos cada vez menos recicláveis, surgiu a necessidade de se procurar alternativas para se aproveitar esses resíduos de maneira sustentável. O objetivo desse trabalho é usar materiais alternativos para gerar energia e sustentabilidade nos processos metalúrgicos, e o meio encontrado foi a produção de um gás que é chamado de biogás (ou gás sintético), que é um composto orgânico formado principalmente pelo metano. A fim de diminuir a produção de gás de estufa, o biogás tornou-se uma alternativa para substituir os combustíveis fósseis na geração de energia. A metodologia utilizada para esse estudo foi a geração do biogás por um aparelho biodigestor, pois através da decomposição de resíduos de animais e lixos, um gás se volatiliza e produz um combustível rico em energia, que pode ser utilizado em indústrias metalúrgicas, podendo vir a ser um aditivo ao coque e ao carvão na redução direta.

Palavra-Chave: Biogás, Redução-Direta, Efeito Estufa, Custos.

BRAZILIAN POTENTIAL OF BIGAS USE AS FUELS IN METALLURGY PROCESS

Abstract

Biogas is the gas generated from degradation of organic material, based especially on methane. The methane is one of the Greenhouse Gas and contributes to this effect. To reduce this contribution, appear new ideas on renewable source of energy, and the use of biogas replacing a part of the material injected on blast furnaces in Iron and Steel making Industry is one of them. Brazil has a large hear animal, making it a major agricultural producers, while rich in natural resources, Brazil has an important role in the steel industry, these two activities now represent the largest contributors to greenhouse gases responsible for the greenhouse effect, the purpose of this paper is to show a solution for these two processes, thus mitigating the emission of polluting gases into the atmosphere. In this study, we noted that the use of agricultural wastes for production of biogas and the use of biogas as auxiliary fuel in blast furnaces. The study showed that Brazil has a great potential to transform the steel industry and agriculture, with a very good results on social and environmental areas.

Key words: Biogas, Direct-Reduction, Global Warming, Costs.

¹ *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Estudante de Graduação, Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal de Ouro Preto, MG, Brasil.*

³ *Estudante de Graduação, Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal de Ouro Preto, MG, Brasil.*

⁴ *Estudante de Graduação, Engenharia Metalúrgica, Universidade Federal de Ouro Preto, MG, Brasil.*

⁵ *Mestre em Engenharia Ambiental, Estudante de Doutorado, Redemat - UFOP, MG, Brasil.*

⁶ *Doutor em Engenharia Metalúrgica, Professor, Departamento de Engenharia Metalúrgica, UFOP e Redemat. Ouro Preto, MG, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem por objetivo desenvolver de maneira sustentável um meio de reaproveitar materiais orgânicos que são gerados tanto por resíduos animais como pelo próprio homem, e gerar subprodutos que possuam valor agregado e tenham um papel importante no setor industrial. Este material gerado pode ser provido de aterros, onde existe uma elevada quantidade de lixo ou de grandes criações de bovinos, suínos e ovinos.

Os rejeitos orgânicos utilizados nesse estudo podem ser reaproveitados na geração de um gás, chamado de Biogás. Tal gás é produzido em um equipamento chamado biodigestor, e pelo potencial energético que o mesmo possui, ele pode posteriormente ser utilizado em ventaneiras de Altos-Fornos siderúrgicos.

O Biogás é um gás que possui grande potencial energético, que agregado com a atual tecnologia de injeção de combustível auxiliar em altos-fornos pode vir a se tornar uma prática recorrente na indústria do aço. Um dos métodos mais utilizados como combustível auxiliar é a injeção de carvão pulverizado, que tem sido praticado em todo o mundo.⁽¹⁾ Atualmente existe mais de 400 altos-fornos que utilizam injeção de materiais como combustível auxiliar em altos-fornos, isso representa mais de 70% dos altos-fornos em todo o mundo. Além deste método de uso de material sólido como combustível auxiliar,⁽²⁾ o biogás é uma boa alternativa para reduzir as emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera, uma vez que ele substitui os combustíveis fósseis na geração de energia. Inclusive pode substituir o próprio gás natural que é gerado ao longo de milhões de anos, derivado de restos de animais, pelo efeito de pressão, temperatura e metamorfismo. Deve-se comentar que o custo para exploração do gás natural é bastante elevado e a sua produção é demorada (depois de identificado o local de sua exploração), podendo ser superior a 5 anos.

Em indústrias metalúrgicas, o biogás pode ser o substituto de coque (este exige um carvão mineral coqueificável) e do carvão mineral não coqueificável que é injetado pelas ventaneiras, esses materiais são fundamentais na produção do ferro-gusa e por consequência na produção do aço, logo o biogás também pode vir a permitir a redução do custo de produção do ferro e por consequência do aço.

O estudo foi conduzido levando em consideração a possibilidade de geração de biogás a partir de rebanhos brasileiros, pesquisando testes teóricos de estudo para a determinação da geração de biogás na agricultura, levando em conta o potencial de injeção de combustíveis auxiliares em altos-fornos. Foi determinada a produção de aço que poderia ser feita usando somente estes gases derivados da biodigestão anaeróbica. Ainda calcularam-se vantagens sobre a emissão de gás de efeito estufa (GHG: Green House Gas), considerando-se a transformação do metano, gerado no processo de biodigestão a CO_2 , utilizando o reformador na produção de ferro-esponja (ferro primário no estado sólido, com menor teor de carbono, comparativamente ao ferro gusa), em um processo denominado Midrex, e, mais tarde, a redução por si só. A discussão dos resultados envolveu profissionais da área de meio ambiente, pecuária e da indústria siderúrgica.

Se fizermos uma comparação entre valores e décadas, a injeção de combustível auxiliar na indústria de aço não representa apenas um ganho econômico, mas também um ganho ambiental. Através da análise do sistema de energia nacional observou-se o papel importante do segmento de aço no setor industrial nacional,⁽³⁾ devido ao consumo elevado de energia. O coque metalúrgico na produção de aço exerce um papel crucial já que estudos vêm mostrando a predominância de coque em plantas integradas. Não se pode esquecer que todo o coque que é consumido no

país é produzido a partir de importação de carvão mineral, implicando, portanto em uma balança comercial desfavorável para o Brasil.

A fase de redução no processo de produção do ferro gusa é responsável pela maior parte do consumo de energia na indústria de aço e, portanto, concentram-se, nesta fase, as medidas de conservação de energia.

Entre eles, há a injeção de combustível auxiliar em altos fornos, que tem sido adotado por todas as indústrias siderúrgicas nacionais.⁽⁴⁾ Porém, o risco do aquecimento global devido ao aumento da concentração de gases de efeito estufa, que vem sendo afirmado por milhares de cientistas, vem tornando crescente a preocupação com as mudanças climáticas nas últimas décadas. Entre os gases que contribuem para o efeito estufa, destaca-se o dióxido de carbono (CO₂), sendo que as taxas de emissão são, principalmente, devido ao uso (queima) de combustíveis fósseis e da perda de cobertura vegetal em diferentes atividades, principalmente nos setores de geração de energia, de transporte e de indústria.⁽⁵⁾

Ao lado da indústria do aço, outra atividade econômica que contribui significativamente para a emissão de gases responsáveis pelo aquecimento global é a pecuária. A agropecuária é responsável pela maior parte do metano na atmosfera, representa mais do que a quantidade gerada pelas ações humanas, como esgoto doméstico, aterros sanitários, queima de biomassa, entre outros, por exemplo. As emissões de metano provenientes da fermentação entérica dos ruminantes contribuem com 22% (70 a 100 milhões de t / ano) de todo o gás produzido. No Brasil, com um rebanho de mais de 205 milhões de cabeças, há uma emissão de mais de 9,4 milhões de toneladas CH₄/ano, ou seja, 2,5% de todo o gás produzido no mundo, equivalente a 69% das emissões brasileiras de CH₄.

Uma das alternativas para mitigar o impacto dos resíduos gerados pela produção de gado de maneira sustentável é a produção de biogás. Essa alternativa tem vantagens adicionais para o pequeno produtor, como baixo investimento e lucro alto, e também ajuda a conservação do meio ambiente e no desenvolvimento sustentável. Além do biogás, produzido no processo que dura aproximadamente 30-35 dias nos digestores, os resíduos gerados podem ser usados como adubos, sem nenhum problema, como mau-cheiro por exemplo, uma vez que é perdido durante o processo, devido a ação bacteriológica.

Muitas cidades do mundo têm de lidar com os problemas ambientais e a maioria deles é sobre a interferência humana na natureza. Atualmente, as indústrias têm algumas leis a serem obedecidas que foram criados com a finalidade de diminuir os impactos do seu funcionamento durante seu ciclo de vida. Uma das atividades mais surpreendentes é a indústria metalúrgica, que é uma das maiores geradoras de resíduos existentes atualmente. O combustível fóssil, que é uma das principais matérias primas, tem poluído e muito, principalmente a atmosfera. No mundo estima-se um consumo superior a 2 bilhões de toneladas anuais de carvão mineral, extraído em minas a céu aberto e subterrâneas.

A fim de combinar duas tecnologias, a produção de biogás e a produção de combustível para alto-forno, desenvolveu-se uma pesquisa em que se estabeleceu propor um novo combustível auxiliar e agregar valor aos resíduos do gado que muitas vezes é apresentado como passivo ambiental. Não se pode esquecer ainda o efeito destes dejetos sob o ponto de vista de geração de gases (CH₄) e como impacto sobre o solo e mananciais, caso não sejam apropriadamente trabalhados ou depositados.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia aplicada a esse projeto consistiu na confecção de um biodigestor onde se insere rejeitos necessariamente orgânicos, provenientes da indústria, rejeito de animais ou do lixo doméstico (orgânico).

A matéria-prima trabalhada nesse projeto foram os resíduos sólidos que são gerados principalmente por animais. A quantidade de dejetos produzidos varia com o peso vivo dos animais. Então se pode dizer que mesmo o dejetos bovino não sendo o maior gerador de gás por quilo de material seco, ele é o mais abundante, logo é o que possui maior custo benefício. Outro ponto destacável é de que o Brasil é um grande produtor pecuário, assim podemos considerar o dejetos de bovino como uma matéria-prima de fácil aquisição.



Figura 1. Rejeito Bovino – Matéria-Prima utilizada.⁽⁶⁾

Dada à matéria prima escolhida é necessário se montar um sistema para se que se possa fazer a digestão anaeróbica da matéria prima. O sistema trabalhado é composto por um biodigestor, que é um equipamento que através da fermentação produz gases com alto poder energético, o sistema é constituído por uma entrada, uma espécie de *input*, e nessa parte é onde se encontra uma recipiente em que se colocam os dejetos que vão para o biodigestor sofrer a fermentação, tal processo libera CH_4 e CO_2 , que produzem o gás. Tal gás fica enclausurado no biodigestor, que é forrado por um material composto por PVC e é envolto na parte inferior por um impermeabilizador. O gás então produzido é chamado de biogás.

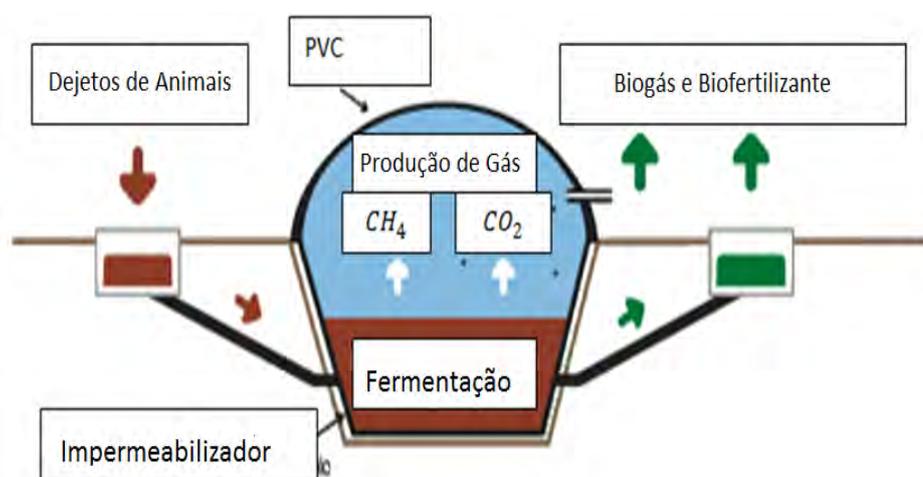


Figura 2. Esquema de um Biodigestor.⁽⁷⁾

Alguns pequenos agricultores utilizam esse gás para gerar energia elétrica em suas propriedades ou vendem o mesmo. Na siderurgia, o gás produzido no biodigestor

será direcionado a gasômetros que poderão reter até 500.000 m³ de gás, devendo posteriormente ser encaminhados através de tubulações diretamente as usinas siderúrgicas. Estas tubulações poderão ser inclusive as próprias tubulações já enterradas no solo, propícias para o transporte do gás natural.

A partir de pesquisa feita, pode se determinar o potencial para a geração de biogás por animal, usando o potencial de geração de biogás em função do volume total de resíduos produzidos pelo número real de animais do Brasil.⁽⁸⁾

Após a produção do biogás de maneira simples e eficaz no biodigestor, vem à segunda parte, que é a utilização do mesmo no alto-forno. O consumo de carvão injetado nos altos-fornos no Brasil é um número considerável, uma vez que o Brasil é um grande produtor de aço. O consumo de carvão, injetado em altos-fornos no Brasil, pode ser estimado considerando uma taxa de injeção de cerca de 150 kg / t de metal líquido, bem como uma produção anual de metal líquido baseando-se em torno de 30 milhões de toneladas por meio de altos-fornos a coque.⁽⁹⁾

O processo pode ser explicado baseando-se nas seguintes figuras. A Figura 1 mostra a alternativa de uso do biogás em reformadores de gás, para serem usados em unidades de redução direta. Pode-se antever inclusive uma possível expansão da siderurgia brasileira a partir de unidades de redução direta que poderiam ser implantadas em locais estrategicamente situados. Nos casos de siderúrgicas já existentes, a alternativa que estamos propondo é o uso do biogás em altos-fornos, conforme se vê na figura seguinte ao da redução direta.

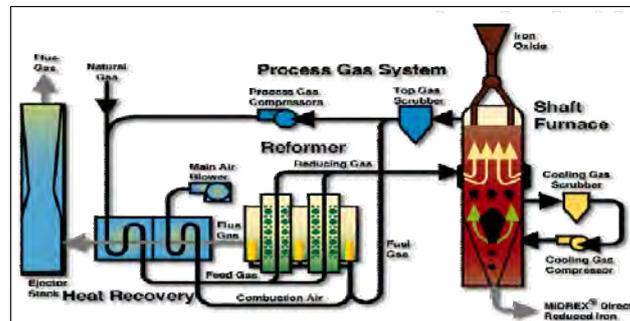


Figura 3. Processo de redução direta.⁽¹⁰⁾

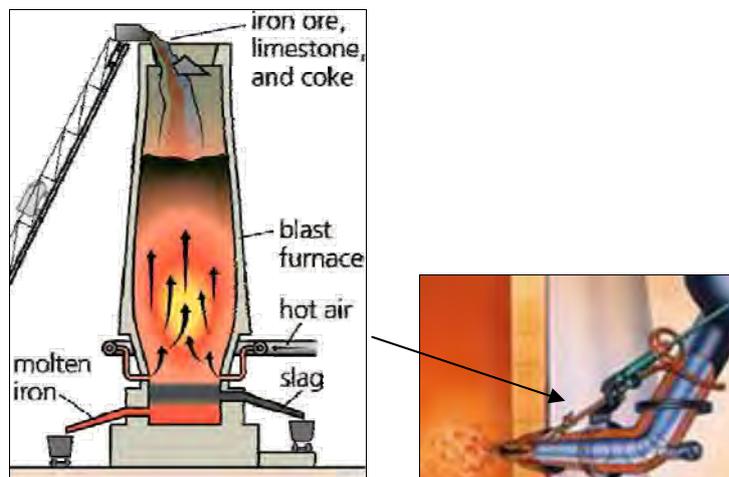


Figura 4. Ventaneira.⁽¹⁰⁾

3 RESULTADOS

Para a análise dos resultados, foi levado em consideração as várias variáveis que influenciam o poder energético do gás e a quantidade de disposição de matéria prima. Tais parâmetros são o volume de gás em metros cúbicos de biogás por estrume animal (medido em quilos) e o fato de que o potencial para a geração de biogás por animal varia com o tipo de gado que se tem disposição. O estudo abaixo avalia o volume de gás, em metros cúbicos de biogás por kg de estrume animal.

Tabela 1. Biogás em função do peso do resíduo por animal⁽¹¹⁾

Biogás / kg de resíduo			
Animal	Média	Peso/Dia	Peso Vivo
Bovino (Amaral, et al.)	0.10 m ³	25kg/dia	500 kg
Suíno (Konzen, 1983)	0.50 m ³	4.5 kg/dia	100 kg
Avícula (Lucas Jr, et al., 2000)	0.372 m ³	0.031 kg/dia	-

O Brasil é um país que tem uma grande produção nesses três segmentos. Uma segunda pesquisa feita no Brasil em 2010⁷ mostra que o número efetivo desses animais no Brasil é estimado em cerca de 200 milhões de cabeças.

Tabela 2. Número de cabeças efetivas de animais agrícolas no Brasil (Base: 2010)

Número de Cabeças Efetivas de Animais no Brasil	
Animal	Média
Bovino	199.752.014
Suíno	34.064.019
Ave	1.244.260.918

Agora, pode-se fazer uma comparação entre o potencial de geração de biogás com o número de cabeças brasileiras desses seguimentos, então se pode calcular o valor para a produção de biogás (m³) por kg de estrume. Para facilitar a visualização dos resultados, organizou-se em uma tabela a proposta citados acima.

Tabela 3. Potencial Brasileiro anual por geral de Biogás

Biogás / kg de resíduo			
Animal	População	Valor da produção de biogás (m ³) por quilos de rejeito (kg)	
Bovino	199.752.014	0,045	
Suíno	34.0164.019	0,500	
Ave	1.244.260.918	0,372	
Animal	Produção rejeito (kg/dia)	Potencial de geração de Biogás (m ³ /dia)	Potencial de geração de biogás (m ³ /ano)
Bovino	25	224.721.015,8	8,2 x10 ¹⁰
Suíno	4,5	76.644.042,75	2, 8x10 ⁹
Ave	0,31	143.488.169,1	5,2x10 ⁹

Se se considerar o número de três rebanhos domésticos, e em seguida, associar esse valor a quantidade de biogás por dia, e então multiplicarmos este valor por 365 dias, pode-se determinar a produção anual de biogás.

- Biogás gerado diariamente: = 4,45 x10⁸ m³ / dia
- Biogás gerado anualmente = 4,45 x10⁸ x 365 = 1,62 x10¹¹ m³ / ano

A composição média do biogás é de aproximadamente 60% de metano. Então a partir dos cálculos já feitos, pode-se estimar a produção de metano a partir de biogás de gado por dia, que será de $2,7 \times 10^8 \text{ m}^3 / \text{dia}$, e conseqüentemente, a produção anual será cerca de $9,6 \times 10^{10} \text{ m}^3 / \text{ano}$.

Não é difícil compreender que até mesmo o número real de galinhas sendo muito maior do que o número de bovinos e suínos, a capacidade de gerar biogás para este grupo é limitado pelo baixo volume de estrume que é produzido por estes animais. Por conta disso, mesmo com número de animais menor em comparação com o setor aviário, o bovino provou ser extremamente superior na geração do biogás.

Após a etapa de obtenção do biogás, se objetiva a injeção do biogás em ventaneiras de alto-forno. A seguir um cálculo de quanto essa tecnologia pode contribuir tanto economicamente quanto ambientalmente para a produção de ferro primário. Baseiam-se os cálculos levando em conta que o consumo de carvão no alto-forno é de aproximadamente $150 \text{ (kg de carvão / t)} \times 30.000.000 \text{ (tonelada de metal líquido)} = 4.500.000 \text{ t de carvão / ano}$. Este carvão normalmente não é coqueificável e é injetado pelas ventaneiras.

No momento da injeção do biogás nas ventaneiras é que se calcula o quanto pode-se ganhar nesse projeto, é nessa fase do processo da produção do metal que é calculada a quantidade máxima de biogás que pode ser injetada para substituir o carvão importado (pelo país) nos altos-fornos. Nessa fase, seria ideal preceder um equilíbrio térmico na zona de combustão, a fim de verificar a substituição do carvão pulverizado e injetar o biogás. Uma alternativa para este cálculo é determinar a quantidade máxima de biogás que pode ser injetado no alto-forno, substituindo 100% do carvão de PCI (considerando-se 60% de carbono fixo, CO_2 a 20%, 5% H_2O).

Pode-se também calcular o volume de $\text{CO} + \text{H}_2$ gás (assumindo aqui a soma de CO e H_2) dos voláteis, em seguida, determina-se a quantidade necessária de biogás para gerar o mesmo volume de CO e H_2 proveniente da injeção de carvão. Como ainda não se tem todos os dados e parâmetros termodinâmicos do alto-forno para executar os cálculos anteriores, foi feita a seguinte hipótese:

Considera-se uma média de PCIBG (poder calorífico de biogás) = $5107 \text{ kcal}^{(12)}$ e PCIGN (poder calorífico de gás natural) = 8300 kcal^3 assim calcula-se uma taxa máxima de injeção: O valor de referência de 100 Nm^3 de gás natural foi considerado como sendo o máximo possível, no entanto, este valor pode ser aumentado, graças, por exemplo, ao maior enriquecimento do ar em oxigênio ou mesmo com o aumento da temperatura de sopro. Então temos que:

- TAXA DE INJ. MÁXIMA = $\text{PCIBG} \times / \times \text{PCIGN} \ 100 \text{ (Nm}^3 / \text{t de metal líquido)} \times 30.000.000 \text{ (t metal líquido)}$
- TAXA DE INJ. MÁXIMA = $5.107/8.300 \times 100 \times 30 \text{ milhões} = 1,845,903,614 \text{ Nm}^3$.

Este caso considera apenas que a injeção de gás natural pode ser substituída totalmente pelo biogás.

Na redução direta, tem-se ainda um potencial maior comparativamente ao uso potencial do biogás em altos-fornos, ou seja, a quantidade máxima de biogás que pode ser injetado em altos-fornos atualmente existentes. Tem-se uma diferença entre esses valores, derivada da quantidade de gás gerada (cerca de 60% de metano) que pode ser utilizada na redução direta (VBGR).

$$\text{VBGR} = 2,52 \times 10^{10} - 1,84 \times 10^9 = 2,5 \times 10^{10} \text{ Nm}^3/\text{ano}.$$

Agora, considerando o gás metano como o mais importante na redução direta, bem como a sua proporção média de 60% no biogás, pode-se calcular o volume restante de metano (RVM) no biogás a partir da equação:

$$\text{VMR} = 2,5 \times 10^{10} \times 0,6 = 1,5 \times 10^{10} \text{Nm}^3/\text{ano}$$

O gás natural, que é usado no reformador do processo MIDREX, onde ocorre a seguinte reação de gaseificação.



pode ser substituído totalmente pelo biogás, gerando vantagens adicionais que é a redução do consumo de CO₂, que é um dos constituintes do biogás.

Considerando que as quantidades de outros gases no processo são negligenciáveis, e que os componentes do gás proveniente do biogás são predominantemente o CO₂ (33,3%) e CH₄ (66,7%). Desprezando a economia devido ao CO₂ presente no biogás, e considerando apenas metano para o processo, ou seja, considerando o biogás semelhante ao gás natural com uma proporção de metano e considerando que o consumo de gás natural na redução direta é de 250 Nm³ / t de ferro-esponja.⁽³⁾Pode-se desta forma calcular a quantidade de ferro esponja que pode ser produzido sob estas condições.

$$\text{Ferro ESPONJA produzido} = 1,5 \times 10^{10} / 250 = 6 \times 10^8 \text{ t / ano}$$

Considerando uma planta básica para o processo de redução direta (por exemplo MIDREX) com produção anual de 770.000 toneladas de ferro-esponja. Assim, pode ser calculado um número de unidades dividindo a capacidade para produzir ferro esponja no Brasil pela capacidade da unidade de base acima definido.⁽¹³⁾ Considerando esta produção de ferro esponja, estima-se que o número de unidades pode chegar a 780 unidades, como se demonstra abaixo.

$$\text{Número de unidade: } 6 \times 10^8 / 770 \text{ 000} = 779$$

É então gerada uma economia na produção e uma utilização do gás de forma benéfica, aos usuários e ao meio ambiente.

Para uma produção de ferro esponja da ordem de 600 milhões de toneladas, a emissão de gases de efeito estufa que pode ser reduzidas é da ordem de 95%. A utilização de biogás nas Unidades de redução direta e em alto-forno, substituindo o carvão por biogás, de acordo com este estudo, pode acarretar uma produção anual próxima de 520 milhões de toneladas de aço, ou seja cerca de 15 vezes mais do que a produção atual (2012) em custos menores, visto o menor custo do combustível (biogás), além de vantagens óbvias ao meio-ambiente. Acresça-se a isto melhores condições em pequenas cidades, ou em locais onde a economia é baseada em agropecuária apenas.

Levando em consideração de que o valor atual de aço é de cerca de 700 USD / t HRB, um cálculo preliminar indicou possibilidade de se obter uma economia de cerca de 15 dólares por tonelada de aço.

4 DISCUSSÃO

Ao lado da indústria do aço, outra atividade econômica que contribui significativamente para a emissão de gases responsáveis pelo aquecimento global é a pecuária. Entre as emissões prejudiciais a atmosfera, as emissões de metano provenientes da fermentação entérica dos ruminantes contribuem com mais de 25% (70 a 100 milhões de t / ano) de todo o gás produzido. No Brasil, com um rebanho

superior a 210 milhões de cabeças (2012), há uma emissão de mais de 9,4 milhões de toneladas de metano/ano, 2,5% de todo o gás produzido no mundo, mas o equivalente a 69% das emissões brasileiras de CH₄. Comenta-se que o CH₄ é 21 vezes pior para a atmosfera⁽¹⁴⁾ sob o efeito de gás estufa do que o CO₂. Portanto, a forma proposta de conversão de CH₄ a CO₂, via redução de minério de ferro em altos-fornos ou mesmo uma expansão da siderurgia brasileira a base de redução direta-FEA deverá redundar além de tudo em redução substantiva dos gases de efeito estufa.

É fácil observar que o uso de biogás envolve um processo onde se pode obter vários benefícios que vão desde a redução de emissão de gases poluentes para atmosfera até ganhos significativos no processo de obtenção do metal. Não se pode deixar de citar a importância do uso do biogás por pequenos produtores, que geram renda com a produção do Biogás.

O uso de biogás ainda é subestimado nos dias de hoje, mais estudos ainda vem sendo feitos, pois o Brasil ainda precisa trabalhar na logística de se transportar esse gás, de forma segura e eficiente. Deve-se pensar sobre as limitações de biogás, como a disponibilidade local e da contaminação do biogás com outros compostos. O fato de os resíduos de animais quadrúpedes, na sua grande maioria, potencialmente contaminam o solo é outro grande ganho na tecnologia aqui mostrada.

A utilização do biogás como combustíveis auxiliares em altos-fornos tem uma alternativa viável para a substituição de carvão importados do Brasil, que nos dias de hoje apresenta custo significativo na produção de aço.

Finalmente deve ser comentado que este novo modelo poderá contribuir para a redução da emissão de gases de efeito estufa (como o CO₂ e CH₄), possibilitando o confinamento na criação de animais (redução na criação de gado), mitigando a contaminação do solo pelo chorume gerado por estes animais. Além de reduzir o desmatamento para possíveis expansões da pecuária

5 CONCLUSÃO

A injeção de biogás em ventaneiras representa um ganho mensurável para a produção de aço. Atualmente a utilização de gás natural em larga escala vem sendo aplicadas no setor, e já representa grandes avanços, e o seu uso tem mostrado ganhos enormes. Como o Biogás e o Gás Natural tem uma similaridade química e física, é o momento de se trabalhar com o Biogás em escala industrial também.

Os estudos com o Biogás são recentes e é necessário refletir sobre a logística do processo, pois é necessária uma grande infraestrutura para seu transporte. Existe a possibilidade de aplicação de biogás, não só para a produção de ferro-esponja, mas também injetado através das ventaneiras de alto-forno.

É de se pensar que, no futuro, talvez em 2030, ou até em mais alguns anos, que a produção de ferro e aço no Brasil só poderá ser feita com uma quantidade significativa biogás, dispensando carvão, coque e outros materiais utilizados na presente data.

O uso do biogás na siderurgia implicará em reduções substantivas da importação de carvão mineral que atualmente representa um saída de recursos do país estimada em 5 bilhões de dólares anuais

A possibilidade de melhoria do meio ambiente, através da redução do GEE (Gás de efeito estufa) é um fato adicional ao emprego desta tecnologia, afora vantagens adicionais sob o ponto de vista de redução do impacto ambiental na contaminação do solo e dos aquíferos.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao apoio das seguintes instituições: UFOP, UFMG, UFV, Redemat, Fundação Gorceix, Fapemig, CNPQ e EcoEnviroX, pela ajuda no desenvolvimento desde estudo e pelo apoio ao desenvolvimento de projetos tão significativos para o crescimento do país.

Recomenda-se fortemente contatar a UFOP/UFMG, detentora da patente a que se refere o presente trabalho técnico.

REFERÊNCIAS

- 1 ASSIS PAULO SANTOS, MARTINS W B E JUNIOR A M Aspectos técnicos relativos a simulação de injeção de materiais diversos em ventaneiras de altos-fornos [Conferência] CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA, CONEM-2002.- João Pessoa, Paraíba: [s.n.], 2002.- p. 12.
- 2 CAMPOS C.M M Reatores anaeróbios de última geração. [Livro]- [s.l.] - Lavras: UFLA,
- 3 IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [Online] // Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - 24 de Dez. de 2010.- 24 - <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria>.
- 4 ARAÚJO L A Manual de siderurgia [Seção do Livro] Cap. 8: Alto forno. 8.- São Paulo : Editora Arte & Ciência , 1997.- Vol. 1.
- 5 CAVALIERO C K.N E JANNUZZI G M A Importância do Segmento Siderúrgico nas Emissões de CO₂ Nacional e do Estado de São Paulo [Conferência]- SEMINÁRIO DE BALANÇOS ENERGÉTICOS GLOBAIS E UTILIDADES.- São Paulo : Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 1998.- Vols. p. 53-67.
- 6 ULIASZ, M. Imagem de Stock: Fundo adubado do estrume do boi. Dreamstime. Fort Collins, United States - <http://blog.pixelsaway.com> - Consultado em 02 de Julho de 2012.
- 7 JUNIOR R. A. S ET ALLI. New Process and Application for Biogas in Metallurgy [Conferência] AISTECh 2010.- Pittsburgh - PA (EUA): [s.n.], 2010.
- 8 KONZEN E. A. Manejo e utilização dos dejetos suínos [Periódico] - Concórdia EMBRAPA-CNPQA.- 1983.- p. 32 p.
- 9 JUNIOR R. A. S ET ALLI. New Process and Application for Biogas in Metallurgy [Conferência] AISTECh 2010.- Pittsburgh - PA (EUA): [s.n.], 2010.
- 10 MIDREX World Direct Reduction Statistics, 2 [Online].- 2005.- 02 de Fevereiro de 2005.- <http://www.midrex.com/uploads/documents/MXStatsbook2005FINALREV.pdf>.
- 11 LUCAS JR JORGE DE E SANTOS TÂNIA M.B. APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA AVÍCOLA PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS [Conferência] // Simpósio sobre Resíduos da Produção Avícola.- Concórdia, SC: [s.n.], 2000.
- 12 ASSIS PAULO SANTOS Estudo analítico para CGEE [Paper].- 2010.- p. 18.
- 13 MIDREX World Direct Reduction Statistics, 2 [Online].- 2005.- 02 de Fevereiro de 2005.- <http://www.midrex.com/uploads/documents/MXStatsbook2005FINALREV.pdf>.
- 14 WINROCK Winrock Internacional: Manual do biodigestor [Conferência].- 2010.