

Copyright 2004, Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás - IBP

Este Trabalho Técnico Científico foi preparado para apresentação no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, a ser realizado no período de 2 a 5 de outubro de 2005, em Salvador. Este Trabalho Técnico Científico foi selecionado e/ou revisado pela Comissão Científica, para apresentação no Evento. O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pelo IBP. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões do Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, Sócios e Representantes. É de conhecimento e aprovação do(s) autor(es) que este Trabalho será publicado nos Anais do 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás

Benefícios Ambientais do Gás Natural no Estado da Bahia

¹Engº Petronio Lerche Vieira; Engº Celestino Boente Garcia; ²Prof Dr. Ednildo Andrade Torres; ³Prof Dr.Osvaldo Soliano; ⁴M.Sc.Helvécio Guimarães

Resumo – O gás natural tem se mostrado como a melhor opção energética, face a necessidade de reduzir os problemas ambientais associados à queima dos combustíveis fósseis. O estudo desenvolvido pela Bahiagás para a determinação das emissões evitadas de CO₂, SO₂, NO_x e particulados pode ser considerado inédito, pela diversidade dos segmentos vistos e pelo longo período da análise (10 anos) . O estudo comparou as emissões do gás natural com a de outros combustíveis fósseis .O gás natural é o combustível fóssil mais limpo e menos intensivo em carbono, daí a sua importância como combustível de transição, até que se desenvolvam alternativas tecnológicas de baixo impacto ambiental e que sejam economicamente viável a sua utilização. Para o período de 1994 a 2003, uma quantidade de 6.124.709t de CO₂ deixaram de ir para atmosfera, devido a substituição dos tradicionais combustíveis fósseis pelo gás natural, que representou uma média aproximadamente de 600.000t por ano. Além de, uma quantidade de 88.600t de SO₂, 18.671t de NO_x e 18.466t de material particulados foram evitados, para o período analisado, trazendo resultados significativos para a atmosfera.

Palavras-Chave: gás natural, emissões evitadas de CO₂, SO₂, NO_x e particulados, combustíveis fósseis

Abstract – The natural gas has shown that it's the best energy alternative, seeing the need of reducing the environment problems associate to the burning of fossils fuels. The study developed by Bahiagás for the determination of the avoided emissions of CO₂, SO₂, NO_x and particles can be considered unpublished, for the diversity of the points seen and for the long period of the analysis(10 years). The study compared natural gas emissions to others fossils fuels. The natural gas is the cleanest fossil fuel and has least carbon concentration what makes it very important how a transition fuel, until technological alternatives of low ambiental impact be developed and its utilization be economically viable. For the period 1994 to 2003, about 6.124.709t of CO₂ left of being emitted for atmosphere, due to the substitution of the traditional fossil fuels for the natural gas, what represents 600.000t approximately for year, on average. Besides, for the analyzed period, still 88.600t of SO₂, 18.671t of NO_x and 18.466t of particles were avoided, bringing significant benefits to the atmosphere.

Key words: natural gas, avoided emissions of CO₂, SO₂, NO_x, particles, fossil fuel.

¹ Companhia de Gás da Bahia – Bahiagás, Av Tancredo Neves, nº 450 Ed Suarez Trade – 20º Andar – Caminho das Árvores – Salvador- BA, petronio@bahiagas.com.br

² Universidade Federal da Bahia- UFBA/Escola Politécnica/DEQ/LEN Rua Aristides Novis nº2, 3º andar, 40210-630, – Salvador-BA, ednildo@ufba.br

³ Universidade de Salvador – UNIFACS, Rua Ponciano de Oliveira, 41.950-275, nº126 Rio Vermelho – Salvador – Ba, osoliano@unifacs.br

⁴ Econergy Brasil, Rua Pará, 76 CJ 41 Consolação – São Paulo-SP, guimaraes@econergy.com

1. Introdução

A participação do gás natural na matriz energética mundial e brasileira tem crescido de forma significativa nos últimos dez anos. No mundo, a participação do gás natural é de 24% de toda energia primária consumida, particularmente, nos Estados Unidos e Brasil, é participação é respectivamente 24,9%, e 8% (BEN, 2004, BP 2005).

Este trabalho surgiu a partir da motivação para esclarecer ao público alguns desses benefícios, reduções de emissões de dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x), material particulado e dióxido de carbono (CO₂), mensurando tais benefícios, sempre que possível.

As questões referentes a utilização racional dos combustíveis fósseis são de grande importância nesse contexto, visto que os problemas ambientais associados ao uso desses combustíveis são cada vez mais evidentes. Alguns dos principais problemas relacionados à combustão de combustíveis fósseis são:

- O aquecimento global do clima, principal consequência das emissões antropogênicas ⁵de gases de efeito estufa, sendo o principal deles o dióxido de carbono (CO₂) - mais importante produto da combustão de compostos hidrocarbonetos, a exemplo do carvão e do petróleo;
- A ocorrência de chuva ácida devido às emissões de dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogênio (NO_x);
- Problemas de saúde pública, como a formação de ozônio e o smog⁶ fotoquímico, consequência da geração de NO_x;
- Formação de material particulado, que causa graves danos à saúde, além de poluição visual.

É importante ressaltar, todavia, que a combustão de cada combustível fóssil, em processos diferentes, contribui de forma diferenciada para a ocorrência das questões acima citadas. Portanto, existem alguns combustíveis fósseis com maiores níveis de emissões, isso é, que causam mais poluição, e outros mais “limpos”, causam menos poluição.

O gás natural tem despontado como uma excelente alternativa energética, face à necessidade de reduzir os problemas associados à queima de combustíveis fósseis, enquanto contribui para suprir a energia necessária ao desenvolvimento econômico.

No Brasil, a utilização do gás natural foi iniciada na Bahia, em meados da década de 40. Porém, somente nos anos 90 a utilização desse produto passou a ser mais disseminado, principalmente em função das medidas tomadas pelo governo brasileiro no sentido de diversificar as fontes de energia no País.

Na Bahia, o gás natural vem sendo amplamente utilizado pelas indústrias, principalmente aquelas localizadas no Pólo Petroquímico de Camaçari e no Centro Industrial Aratu. Cerca de 4 milhões de metro cúbico do produto são distribuídos diariamente em todo o Estado e a demanda tem crescido de forma bastante significativa, principalmente no segmento industrial.

O estudo “Benefícios Ambientais do Uso do Gás Natural na Bahia” foi organizado pela Bahiagás, contou com a participação da empresa Econergy, da Universidade Federal da Bahia/Escola Politécnica/Laboratório de Energia e Gás e da Universidade Salvador/Núcleo de Pesquisa Energia e Sistemas Energéticos. O objetivo do trabalho é mostrar como o uso do gás natural distribuído pela Bahiagás no Estado da Bahia vem contribuindo para mitigar os diversos efeitos prejudiciais ao meio ambiente, associados ao uso de combustíveis fósseis mais poluentes, como coque, óleo combustível e óleo diesel.

2. Mercado

A Constituição Federal de 1988 definiu que caberia aos Estados explorar diretamente ou mediante concessão os serviços de distribuição de gás canalizado. Sendo assim, a Bahiagás foi criada em 1991, como uma empresa de economia mista, vinculada à Secretaria de Infra-Estrutura e controlada pelo Governo do Estado. A evolução das vendas do gás natural é mostrada na figura 1, com destaque para o acréscimo ocorrido após 1994, com a entrada da Bahiagás em operação.

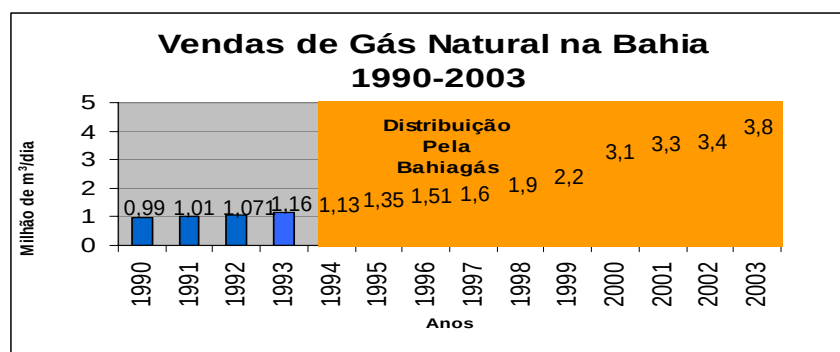


Figura 1. Vendas de gás natural na Bahia

⁵ Emissões antropogênicas são emissões provocadas pelo homem

⁶ Conforme será mais bem explicado adiante, o ozônio é um gás encontrado naturalmente nas altas camadas da atmosfera, sendo responsável pelo bloqueio de raios ultravioleta – que podem causar câncer – provenientes do Sol. Smog é um termo que designa genericamente a névoa amarelada que costuma ser perceptível em áreas de grande concentração urbana durante os finais de tarde.

As figuras 2 e 3 mostram o perfil de uso do gás natural em 1994 - ano de início das atividades da Bahiagás -, em 2003, período do estudo, e o perfil de uso do gás como combustível, respectivamente. A figura 3 ressalta os diferentes usos como combustíveis, objeto desse estudo, destacando a co-geração e termogeração na produção de energia elétrica.

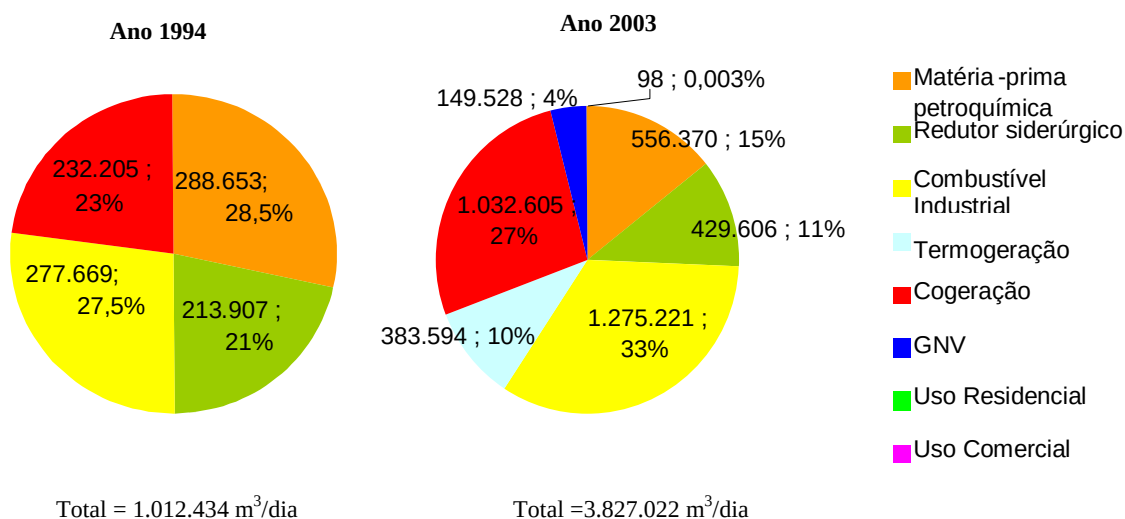


Figura 2. Perfil de uso do gás natural em m³/dia (média equivalente anual)

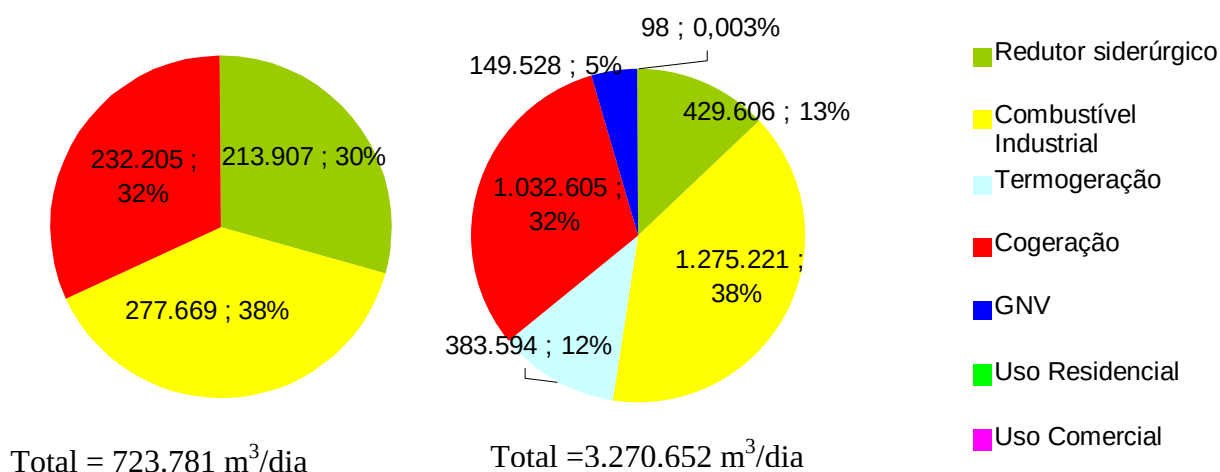


Figura 3. Perfil do gás natural em diferentes usos como combustível, em m³/dia (média equivalente anual)

É importante destacar na figura 2 o histórico do uso de gás natural no Estado da Bahia. A análise baseia-se no período de atuação da Bahiagás – de 1994 a 2003. Isso não significa, porém, que os diversos benefícios advindos do uso desse combustível, em detrimento do uso de outros combustíveis fósseis, venham ocorrendo somente a partir do início das operações da Bahiagás. De fato, o uso do gás natural no Estado da Bahia ocorre há décadas e diversos benefícios ambientais vêm sendo auferidos.

A Bahiagás alcançou, em 2003, um crescimento de 12% no volume de gás natural comercializado e é hoje a empresa distribuidora de gás natural canalizado de maior diversidade no fornecimento ao setor industrial brasileiro. Seu volume comercializado está distribuído entre os usos combustível, co-geração, matéria-prima petroquímica, redutor siderúrgico, usinas térmicas e também nos segmentos automotivo e nos setores comercial e residencial.

Merece destaque o uso do gás natural para co-geração, com 27% de todo gás natural comercializado pela Bahiagás em 2003 (figura 2), como um dos mais expressivos no País nessa modalidade de uso. Cabe destacar que o Pólo Petroquímico de Camaçari mantém uma grande central de utilidades, gerando vapor e eletricidade, através do processo de co-geração, fornecendo esses insumos para diversas empresas químicas e petroquímicas no complexo básico. Esse sistema centralizado de fornecimento de utilidades, além de oferecer ganho de escala, usa um processo

mais eficiente do ponto de vista energético, a co-geração. O gás natural é o combustível principal utilizado na central de utilidades do Pólo.

Em junho de 2004, a Bahiagás atingiu o volume de 4,0 milhões de metros cúbicos de gás comercializados por dia, consolidando sua posição de terceira maior, dentre as distribuidoras do país em volume comercializado. Todo o gás consumido no Estado é extraído pela Petrobras das reservas da Bahia, Alagoas e Sergipe.

3 Metodologia

Partindo-se do fornecimento de gás natural para uso como combustível nos diversos setores atendidos pela Bahiagás, e utilizando uma metodologia baseada na literatura especializada (Carvalho e Lacava, 2003; Lora, 2000; EPA, 2003; EPA, 2004), foram construídos cenários para estimar os benefícios do gás natural, com vistas à redução dos poluentes mencionados.

No estudo original que resultou na publicação do livro sobre os benefícios ambientais do uso do gás natural, consta um capítulo específico sobre a metodologia empregada e as considerações adotadas para os cenários elaborados, tendo como princípio o uso de premissas mais conservadoras em toda a base do trabalho (Bahiagás, 2005).

A base da elaboração dos cenários foi a comparação com o uso dos combustíveis fósseis tradicionais (óleo combustível, óleo diesel, coque, gasolina etc), com o gás natural para atender à demanda dos setores. Esse uso ocorreu de fato numa fase inicial, havendo realizada a conversão para o gás natural.

Para que fosse possível chegar a tal resultado, determinando as emissões evitadas de SO₂, NO_x, particulados e CO₂ devido ao uso do gás natural, a pesquisa utilizou informações referentes ao período de 1994 a 2003, envolvendo um total de 113 empresas, em todos os setores atendidos pela Bahiagás.

O estudo considera também o cenário em que o despacho (operação da termoeletrica) tivesse ocorrido, como potencial de redução de emissões com as usinas operando com gás natural em vez de diesel. Para isso, considerou-se a capacidade instalada não usada no total de 468 MW; um fator operacional de 340 dias por ano; e um consumo de gás natural de 979,5 milhões de metros cúbicos. Este valor, de fato, já está descontado do consumo efetivamente apurado para o setor energético, em que a térmica foi realmente despachada e os benefícios da redução estão incluídos a parte nos resultados apresentados.

A partir da quantidade de gás natural comercializado para uso como combustível, estimou-se a quantidade do combustível consumido anteriormente ao gás natural, sabendo-se de antemão qual era tal combustível. Uma maneira de realizar é através da determinação da demanda energética do processo. Essa demanda nada mais é do que a energia requerida por determinada indústria e que deve ser fornecida pelo setor de utilidades da mesma.

Nem toda a energia do combustível é passível de ser aproveitada, já que existem perdas inerentes ao processo de combustão. Assim, a geração de energia deve levar em consideração um fator de perdas, de forma que o saldo líquido energético disponível atenda às demandas do processo. Essas perdas são expressas pelo fator de eficiência, η .

Dessa forma, considerando-se que a energia a ser disponibilizada independe do combustível utilizado, ou seja, ($E_{antes} = E_{depois}$), chega-se à seguinte equação(1):

$$PCS_{antes} * V_{antes} * \eta_{antes} = PCS_{depois} * V_{depois} * \eta_{depois} \quad (1)$$

Onde PCS é o poder calorífico superior do combustível utilizado; V é o volume/tempo do combustível; e η a eficiência térmica do processo de combustão. Os índices antes e depois indicam que os valores referem-se ao combustível utilizado antes da troca para o gás natural e depois da troca para o gás natural, respectivamente.

O tipo do combustível utilizado anteriormente (óleo combustível, coque, etc.) é conhecido, bem como seu PCS é conhecido de referência bibliográfica. Para o combustível utilizado após a troca – gás natural – sabe-se o volume consumido, bem como seu PCS. A equação (1) apresenta, portanto, três incógnitas: o volume do combustível utilizado anteriormente ao gás natural (o objeto de maior interesse, nesse caso); a eficiência térmica de combustão antes da troca para o gás natural e a eficiência térmica de combustão após a troca para o gás natural.

As eficiências foram, dentro do escopo deste trabalho, consideradas iguais para ambos os processos de combustão. Isso porque a pesquisa de tal informação tornaria o tempo de execução deste trabalho muito maior que o estabelecido como praticável, já que levaria bastante tempo para se pesquisar todas as 113 empresas clientes da Bahiagás, levantando arquivos sobre processos industriais que podem datar até 10 anos. A hipótese de igualdade entre as eficiências tem um caráter conservador, já que o estado gasoso do combustível permite um melhor contato deste com a chama, fato que aumenta a eficiência do processo.

4. Discussão dos Resultados

Com base na metodologia apresentada, isto é, partindo do consumo de gás natural que é efetivamente medido e faturado pela Bahiagás, foi possível estimar o consumo de combustível anteriormente utilizado pela empresa. Com o consumo de combustível, admitindo a combustão completa estimou a vazão dos gases emitidos e o material particulado, utilizando índices da literatura técnica (Lora, 2000; EPA, 2003; EPA, 2004; EPA, 2004b).

Na tabela I, são apresentadas um resumo das emissões dos setores analisados no período de 1994 – 2003. São computadas as emissões decorrentes do gás natural e dos outros combustíveis, estabelecendo-se as reduções em função da utilização do gás natural.

Tabela I – Emissões Comparativas do gás natural no período de 1994 a 2003 (toneladas)

Emissões	SO ₂	NO _x	Particulados	CO ₂
Outros Combustíveis (1)	89.532	47.965	18.999	19.695.164
Gás Natural (2)	932	29.294	533	13.570.455
Diferença (1) – (2)	88.600	18.671	18.466	6.124.709

Como pode ser observado na tabela I, os benefícios associados à utilização do gás natural, em relação a outros combustíveis, são claros. A redução de CO₂ no período de 10 anos representou 30%, em média com a utilização do gás natural. Praticamente, o gás natural não gera emissões de particulados e SO₂. Quando os dados de vendas de gás natural da Bahiagás foram analisados, levando-se em consideração a utilização de outros combustíveis fósseis – que foram utilizados antes da conversão ao gás ou são a prática mais comum de uso em um determinado setor – notou-se que, de maneira geral, houve redução de emissões de todos os poluentes, o que comprova a teoria de que o gás natural é realmente o mais limpo dos combustíveis fósseis.

A tabela II apresenta uma visão comparativa das emissões do gás natural e dos outros combustíveis, considerando os dados mais recentes relativos ao ano de 2003.

Tabela II – Emissões Comparativas do gás natural no ano de 2003 (toneladas)

Emissões	SO ₂	NO _x	Particulados	CO ₂
Outros Combustíveis (1)	15.297	7.759	2.812	3.426.717
Gás Natural (2)	167	5.100	95	2.398.101
Diferença (1) – (2)	15.130	2.659	2.717	1.028.616

Na tabela II, pode ser observado os benefícios associados à utilização do gás natural, para o ano de 2003, em relação a outros combustíveis. A redução de CO₂ no ano representou cerca de 31%. Praticamente, o gás natural não gera emissões de particulados e SO₂.

A substituição de outros combustíveis fósseis pelo gás natural tende a ser motivada por uma legislação ambiental mais restritiva aos combustíveis mais poluidores, abrindo espaço para a maior participação do gás natural na matriz energética. Essa é uma tendência mundial, permanecendo o gás natural como combustível de transição até que surja uma nova tecnologia com menor impacto ambiental.

Os projetos de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo - MDL podem ajudar a disseminação do gás natural e na quantificação dos benefícios ambientais mensurados pela criação de uma linha de base, onde se verificaria as adicionalidades provenientes da substituição de outros combustíveis fósseis pelo gás natural.

Se as reduções de CO₂ devido à substituição de outros combustíveis para o gás natural fossem líquidas, ou seja, já descontados outros fatores associados, tais como a emissão de N₂O e as emissões fugitivas, e todo o montante fosse passível de elegibilidade no mercado internacional de créditos de carbono, o total de CO₂ evitado no ano de 2003 poderia ser negociado a cerca de US\$ 5 milhões, a preços atuais para o crédito de carbono no valor de US\$ 5 /t de CO₂.

A oferta de gás natural no Estado a partir de 2006 deverá dobrar, em função da entrada em operação do campo de Manati, localizado na Bacia de Camamu. Isto acarretará substancial acréscimo no consumo de gás natural. Esse aumento de consumo ocorrerá em grande parte em substituição a outros combustíveis fósseis, acarretando oportunidade para que projetos de MDL sejam implementados, visando a obtenção crédito de carbono.

5. Conclusões

Para o período 1994 a 2003, cerca de 6.124.709t de CO₂ deixou de ser emitida para ambiente, devido à substituição dos combustíveis fósseis tradicionais pelo gás natural, o que representou aproximadamente 600.000t por

ano, em média. Ademais, no período analisado, ainda foram evitadas 88.600t de SO₂, 18.671t de NO_x e 18.466t de material particulados, trazendo um benefícios significativos ao ambiente.

No próximo estudo a ser realizado poderá ser estendido para as unidades industriais da Petrobras no Estado da Bahia, passando a análise dos benefícios ambientais do uso do gás natural ser feita para todo o Estado da Bahia. O trabalho poderá também, contribuir para que o Centro de Recursos Ambientais - CRA possa estabelecer um inventário das emissões no Estado da Bahia.

Este é o primeiro passo dado pela Bahiagás para o estabelecimento de um projeto de MDL, visando a obtenção de créditos carbono em decorrência da redução das emissões de CO₂ devido ao uso do gás natural no Estado da Bahia. O estudo realizado pela Companhia de Gás da Bahia tem o papel de despertar em outras empresas que estão instaladas no Estado o interesse pelos projetos de MDL.

Outras distribuidoras estaduais de gás natural também poderão reproduzir o estudo e demonstrar a vantagem do uso do gás natural em vários estados da federação e caminhar no sentido de serem criados projetos de MDL.

7. Agradecimentos

Agradecimento as equipes da Bahiagas, do Laboratório de Energia da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, do Núcleo de Pesquisa Energia e Sistemas Energéticos da Universidade Salvador e da empresa Econergy que participaram da elaboração do estudo original sobre Benefícios Ambientais do Uso do Gás Natural no Estado da Bahia

8. Referências

- BEN , 2004, Ministério das Minas e Energia. *Balanço Energético Nacional*, Brasília, 2004.
- BP 2004 Statistical Review of World Energy
<http://www.bp.com/genericsection.do?categoryId=92&contentId=7005893>, visitado em 31/03/2005.
- BAHIAGÁS, 2005, *Benefícios ambientais do gás natural*, Vieira, P.L. Garcia, B. C. Guimarães, H.B., Torres, E.A., e Pereira, O.S., Ed. Solisluna, , Salvador, 2005, 132p. il – Bahiagás Documenta.
- CALLEN, H.B., 1985, *Thermodynamics and Introduction to Thermostatistics*, John Wiley & Sons, New York.
- CARVALHO Júnior, J.A. de & LACAVA, P.T. *Emissões em processos de combustão*, UNESP, São Paulo, 2003.
- EPA, 2004 “Environmental Protection Agency”. *Air and Radiation – Basic Information - Six common air pollutants Nitrogen Dioxide: Health and Environmental Impacts*, 2004. <http://www.epa.gov/air/urbanair/nox/hlth.html>. Visitado em 19/08/2004.
- EPA 2003“Environmental Protection Agency”. *Air and Radiation – Basic Information - Six common air pollutants Sulfur Dioxide: Health and Environmental Impacts*, 2003. <http://www.epa.gov/air/urbanair/so2/hlth1.html>. Visitado em 19/08/2004.
- EPA 2004b“Environmental Protection Agency”. *EPA’s Clean Air Markets Program*, 2004. <http://www.epa.gov/airmarkets/acidrain/index.html>. Visitado em 19/08/2004.
- GOLDEMBERG, J. *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. São Paulo: EDUSP, 1998.
- GOLDEMBERG, José, REID, Walter. *Greenhouse Gas Emissions and Development: A Review of Lessons Learned*. In: GOLDEMBERG, José, REID, Walter. *Promoting development while limiting greenhouse gas emission: Trends & Baselines*. World Resources Institute, 1998, Introduction, p. 11-27.
- LORA, 2000, E. E. S.; *Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte*, ANEEL, Brasília, 2000