

INTRODUÇÃO

O inventário mundial das emissões de gases de “efeito estufa” contabiliza que, desde 1751, mais de 270 bilhões de toneladas de carbono foram lançadas na atmosfera, resultantes, principalmente, do consumo de combustíveis fósseis. Metade destas emissões ocorreram a partir de meados dos anos 70. A estimativa é que, em 1997, as emissões globais de CO₂ tenham atingido 6.601 milhões de toneladas de carbono, valor mais elevado desde então.

A Convenção sobre o Clima, adotada no Rio de Janeiro em 1992, estabeleceu o princípio de que os países industrializados deverão reduzir suas emissões de gases que provocam o “efeito estufa”. Os países em desenvolvimento não estão sujeitos a estas limitações porque seu crescimento econômico poderá exigir maior consumo de combustíveis fósseis que resultará em maiores emissões.

O Protocolo de Kyoto de 1997, ainda não ratificado, foi mais longe e estipulou que o conjunto dos países industrializados deverá reduzir suas emissões de gases que provocam o “efeito estufa” em cerca de 5% em relação ao seu nível de emissão de 1990, ou seja, cerca de 300 milhões de toneladas de carbono por ano. O consenso a que se chegou posteriormente na COP 6/2, em Bonn, baixou para cerca de 2% a redução média das emissões dos países industrializados, em relação aos níveis de 1990, até o ano de 2012.

Até o momento, os países do Anexo I da Convenção não cumpriram o compromisso de reduzir suas emissões em 2000 ao nível de 1990. Apenas o Reino Unido, pela substituição do carvão pelo gás natural, a Alemanha, devido à unificação com o lado oriental e os países do antigo bloco socialista pela acentuada redução da atividade econômica, atenderam aos respectivos compromissos.

Os grandes emissores são as grandes nações industrializadas. Porém, como mostra a Tabela I, países em desenvolvimento como China, Índia e Brasil, não sujeitos pelo Protocolo a reduzir suas emissões, já estão entre os sete maiores emissores mundiais de carbono. O Brasil passa a ocupar o 17º lugar se somente são consideradas as emissões oriundas de combustíveis fósseis.

Tabela I
Os 7 maiores emissores mundiais de carbono

	Emissões de carbono de combustíveis fósseis X 10 ⁶ tons/ ano ¹ 1994	Emissões de carbono de desmatamento* X10 ⁶ tons/ ano ²	Emissões totais de carbono X10 ⁶ tons/ano
1. Estados Unidos	1387	- 58.9	1328
2. China	828	+ 8.7	819 ?
3. Antiga USSR	703	-55.7	647
4. Japão	303	+ 1.3	302 ?
5. Índia	236	- 0.7	235
6. Alemanha	220	0	220
7. Brasil	64	+150**	214

Fontes : 1. Trends 95. A compendium of data on global change. Oak Ridge National Laboratory

2. State of the World's Forest, 1997, Food and Agriculture Organization (FAO)

* assumindo 100 ton/ha

**Dados do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)

Da América do Sul e Central, apenas o Brasil e o México estão entre os 20 maiores emissores de CO₂ devido à queima de combustíveis fósseis. Juntos, os dois países respondem por 50% das 337 milhões de toneladas de carbono da região, mas nem um dos dois emitem mais de 100 milhões de toneladas de carbono oriundas de combustíveis fósseis.

Na Tabela 2, outros indicadores permitem estabelecer mais comparações da posição brasileira com países desenvolvidos e em desenvolvimento. Nota-se que a despeito de a matriz energética do Brasil ser predominantemente de fontes renováveis, do lado do consumo a posição relativa do país não é tão confortável.

Tabela 2 - Comparativo da Emissão de CO₂ entre os países.

DESCRITOR	BRASIL	JAPÃO	U.E.	EUA	MÉXICO	ÍNDIA	CHINA	RÚSSIA
Kg/CO ₂ / US\$*PIB (US\$ de 1990)	0,33	0,46	0,51	0,85	0,51	0,73	0,92	2,24
CO ₂ per capita (t.CO ₂ /hab.)	1,81	9,17	8,55	19,9	3,46	0,86	2,51	10,44
Total CO ₂ (milhões de t. CO ₂)	287	1151	3180	5229	328	803	3007	1548
Emissões Transporte (milhões de t. CO ₂)	119	252	828	1580	101	112	167	108
Emissões Transporte (%)	41,5	21,9	26,0	30,2	30,8	13,9	5,6	7,0

Fonte - International Energy Agency, CO₂ Emissions from Fossil Fuel Combustion :1972-1995

Os setores que mais contribuem para o efeito estufa, em nível mundial, são mostrados na Figura 1, onde ressalta a predominância do setor de produção e uso de energia, inclusive para transportes. A razão para tal é, principalmente, devida ao uso intensivo de combustíveis fósseis na produção de eletricidade, que é uma das grandes fontes de emissão de CO₂ na maioria dos países, exceto no Brasil onde a maioria da eletricidade tem origem hidráulica. Uma outra particularidade, também, de nosso país é a de que o setor industrial tem participação proporcionalmente mais significativa no balanço energético nacional.

Contribuições para o efeito estufa

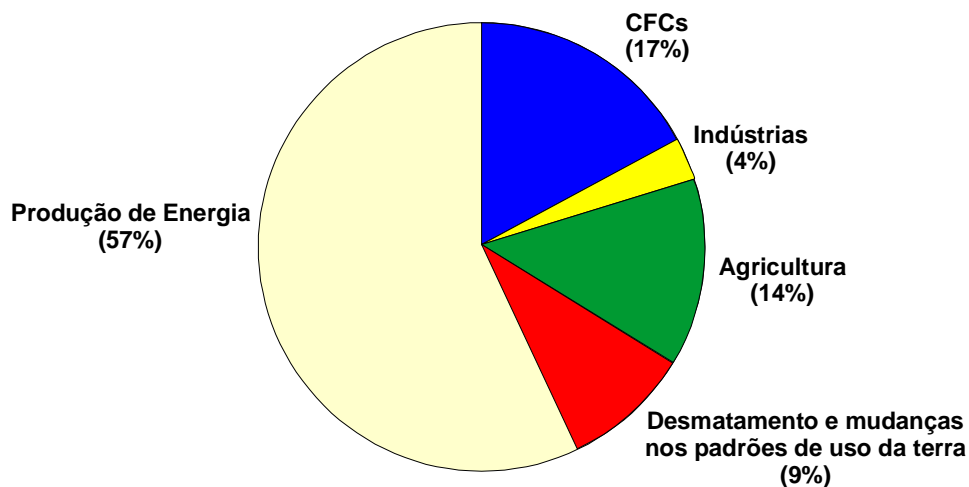


Figura 1

(Fonte: Lanshof et al. in "Policy Options for Stabilizing Global Climate", US EPA, Washington, DC – 1990)

Um melhor entendimento das fontes de emissões é essencial para a formulação de políticas capazes de reduzir ou melhorar a absorção dos gases de efeito estufa da biosfera. As principais destas fontes são:

- Produção de eletricidade
- Transportes
- Indústria
- Edificações
- Desmatamento

Segundo projeções da *International Energy Agency*, em 2010, as emissões mundiais de CO₂ serão 38% devidas às termoelétricas, 26% devidas aos transportes e os restantes 36% devidas aos setores estacionários que usam a energia térmica para aquecimento, secagem ou outros serviços em instalações fixas, como residências, comércio, indústrias ou agricultura.

No presente relatório, vamos nos ater apenas aos setores energéticos já que são os que mais contribuem para o efeito estufa, com ênfase na área industrial.

1. O PROTOCOLO DE QUIOTO E OS MECANISMOS DE FLEXIBILIZAÇÃO

O Protocolo de Kyoto criou vários mecanismos, chamados de “mecanismos de flexibilização”, para tornar mais fácil aos países industrializados reduzir em conjunto suas emissões. Sem estes mecanismos, as nações industrializadas, principalmente os Estados Unidos, teriam grande dificuldade de reduzir suas emissões através de medidas tomadas apenas internamente.

O Banco Mundial calculou que os custos de redução das emissões internamente nos países desenvolvidos seriam, no Japão, de U\$ 580,00 dólares por tonelada de carbono, enquanto que nos EUA os custos de abatimento atingiriam U\$ 180,00 e na Comunidade Européia U\$ 270,00 dólares por tonelada de carbono (World Bank, 1999). As primeiras indicações do mercado mundial de emissões situam entre US\$ 10 e 20 a tonelada de carbono para projetos elegíveis a MDL, em países em desenvolvimento.

Estes mecanismos de flexibilização são os seguintes:

1. Troca de emissões
2. Implementação conjunta
3. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (CDM)

A troca de emissões é um mecanismo baseado no mercado. Ele permite que reduções sejam obtidas onde for mais barato fazê-lo e trocadas entre países uma vez que os gases responsáveis pelo “efeito estufa” se espalham uniformemente na atmosfera e os prejuízos resultantes das emissões e os benefícios das suas reduções são independentes da sua origem. Por exemplo, reduções de emissões obtidas na Espanha podem ser creditadas à Alemanha onde elas seriam mais caras de realizar. Estas trocas só são autorizadas entre países industrializados.

A implementação conjunta é outro mecanismo por meio do qual um país pode implementar um projeto que leve a reduções de emissões em outro país e contabilizá-las na sua cota, desde que arque com os custos do projeto. Um exemplo é o que ocorreu entre o México e a Noruega que pagou a troca de lâmpadas incandescentes por outras mais eficientes no México o que levou a reduções de emissões que são contabilizadas na quota da Noruega. O Brasil assumiu uma posição claramente contrária à proposta de que as reduções sejam feitas nos países não incluídos no Anexo I, através de implementações conjuntas. O Protocolo de Kyoto restringiu este mecanismo a países industrializados e à troca realizada entre governos; além disto, ficou estabelecido que, durante a fase piloto da implementação conjunta, o país investidor não poderá vir a reclamar créditos no futuro para a redução de emissões.

O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) é um terceiro mecanismo criado pelo Protocolo de Kyoto e o único que envolve os países em desenvolvimento como o Brasil. Projetos implementados em países em desenvolvimento, como o Brasil, poderão ser aceitos como uma forma de cumprir o Protocolo, desde que redundem na redução das emissões de carbono. A novidade em relação ao mecanismo de implementação conjunta é que empresas, além de entidades públicas, poderão fazer as trocas diretamente entre si.

Não existe um exemplo melhor de projeto do tipo contemplado pelo mecanismo de desenvolvimento limpo do que a substituição de gasolina por álcool, produzido a partir da cana de açúcar, como é feito no Brasil. Álcool é um combustível renovável porque ao queimar nos veículos que o usam emitem CO_2 que é recapturado pela cana de açúcar ao crescer na safra seguinte. Atualmente o Brasil estaria consumindo o dobro da gasolina que consome se o Programa do Álcool não existisse. Com a atual produção de cerca de 12 bilhões de litros de álcool por ano o Brasil está emitindo cerca de 10 milhões de toneladas de carbono a menos do que poderia estar emitindo; isto corresponde a quinze por cento de todas as emissões de carbono do país. Acredita-se que estas reduções de emissões terão um valor monetário de pelo menos US\$ 20 por tonelada de carbono cuja emissão foi evitada. Com isso o Programa do Álcool deveria gerar 200 milhões de dólares por ano sem qualquer outro esforço adicional além de uma boa negociação diplomática.

Nem todos os projetos que impliquem na redução das emissões de gases que provocam o efeito estufa serão elegíveis como objeto de transação através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo porque o Protocolo de Kyoto estabelece certos critérios gerais que eles precisarão cumprir, especificamente.

- a. participação voluntária aprovada por cada um dos participantes
- b. benefícios reais a longo prazo e mensuráveis para a mitigação das mudanças climáticas.

O que este critério significa é que cada projeto precisa demonstrar que sua implantação reduz efetivamente as emissões de gases de efeito estufa; para isso é necessário calcular as emissões decorrentes dele e compará-las com as que ocorreriam na sua ausência. Em outras palavras, para cada projeto, é necessário identificar preliminarmente a “linha de referência” ou “linha de base” que são as emissões na ausência do projeto.

- c. Reduções nas emissões que são adicionais às que ocorreriam na ausência do projeto proposto

Este critério pode ser entendido como adicionalidade ambiental e financeira. A adicionalidade ambiental exige que o projeto realmente garanta que sua conclusão tenha como resultado uma redução líquida das emissões. A adicionalidade financeira significa que o projeto tem que ser inviável comercialmente a ponto de termos certeza de que o mesmo não seria implantado na ausência dos créditos resultantes das reduções de emissão de CO₂ (e outros gases de “efeito estufa”) e que deverão ser remunerados pelo interesse dos países desenvolvidos em atingirem as metas de emissão estabelecidas no Protocolo de Kyoto. Assim, a remuneração extra advinda do valor pago pelo mercado às emissões de gases evitadas, tornaria o projeto viável.

A adicionalidade ambiental é obviamente a mais importante apesar de que algumas agências de financiamento ainda considerem a adicionalidade econômica como um bom indicador do projeto.

2. A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

A análise da matriz energética brasileira mostra a situação privilegiada de nosso país no que se refere à suas fontes primárias de oferta de energia. Assim é que, praticamente, 58% de toda energia primária consumida no país é proveniente de fontes renováveis de energia, com baixa emissão de CO₂ (Tabela 2).

Tabela 3 - Oferta Interna de Energia no Brasil (1999)

FONTES	Unidade 10 ³ tep	%
Energia Não Renovável	107238	42,3
Petróleo e Derivados	85661	33,8
Gás Natural	7568	3,0
Carvão Mineral e Derivados	12642	5,0
Urânio (U308) e Derivados	1367	0,5
Energia Renovável	146114	57,7
Hidráulica e Eletricidade	96493	38,1
Lenha e Carvão Vegetal	21265	8,4
Derivados da Cana de Açúcar	24601	9,7
Outras Fontes Primárias Renováveis	3755	1,5
TOTAL	253352	100,0

Fonte: Balanço Energético Nacional (MME, 1999)

Conforme se observa da Figura 2, à partir dos anos 70, quando houve a crise energética mundial com grande impacto no Brasil, foi significativa a alteração no quadro das fontes primárias de oferta interna de energia, no período 1978-1999, com acentuado crescimento da participação da energia de origem hidráulica, devido aos grandes aproveitamentos hidroelétricos construídos e queda na participação da lenha, por exaustão das florestas nativas e utilização de outras alternativas energéticas.

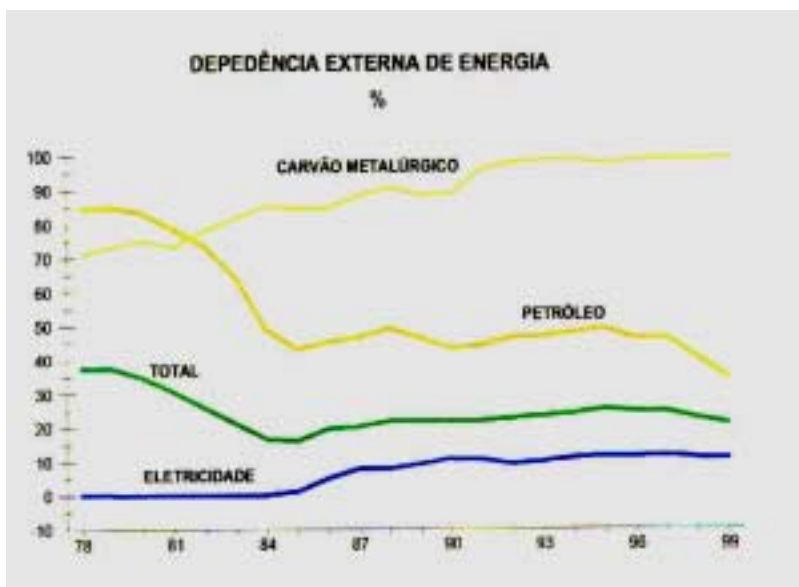
Figura 2



Fonte: Balanço Energético Nacional (MME – 1999)

A dependência externa total de energia do país, ou seja, a diferença entre o consumo interno de energia e a produção interna é atualmente (1999) de 21%, sendo que a do petróleo é da ordem de 34,6%. Em 1978, época do 2º choque do petróleo, 85% de todo o petróleo consumido no país era importado. Em 1999, a necessidade de importação de petróleo tinha caído ao nível de 34,6% graças aos programas de extração de petróleo *off shore* da Petrobrás e ao Proalcool (ver Figura 3).

Figura 3



Os setores de consumo final de energia mais significativos são o Industrial, responsável por 37,4%, o de Transporte, 20,6% (neste, o Transporte Rodoviário é majoritário com 18,5%) e o Residencial, 15,9%.

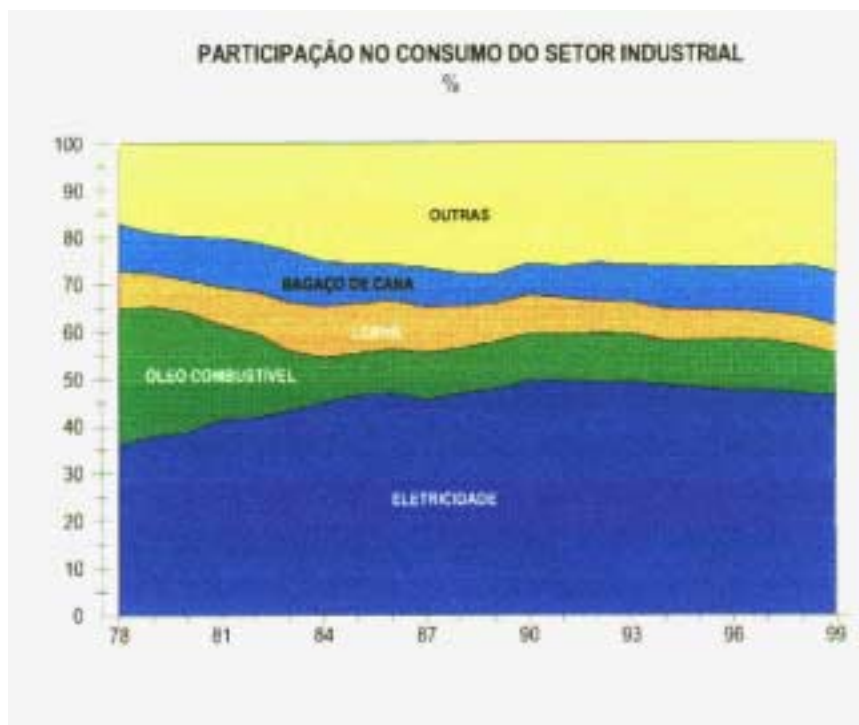
3. O CONSUMO ENERGÉTICO DO SETOR INDUSTRIAL DO BRASIL E DO ESTADO DE SÃO PAULO

O setor industrial brasileiro, no que se refere ao consumo final por fonte primária de energia, em 1998, foi responsável por:

- 14,7% do consumo total de derivados de petróleo;
- 44,4% do consumo de eletricidade;
- 15,6% do consumo total de carvão vapor;
- 47,3% do consumo final energético de biomassa.

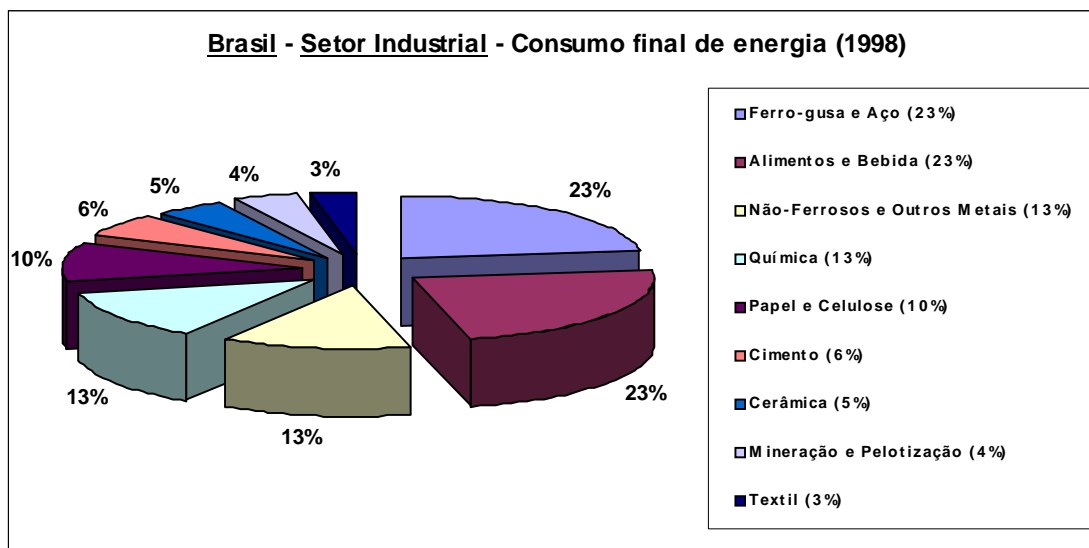
A variação da participação das fontes de energia primária e secundária no consumo do setor industrial, no período, 1978-1999, é apresentada na Figura 4. Nele se verifica o efeito do programa governamental de eletrotermia com redução significativa no consumo de óleo combustível.

Figura 4



Os sub-setores que, percentualmente, mais contribuem no quadro do consumo final de energia do setor industrial brasileiro são apresentados na Figura 5.

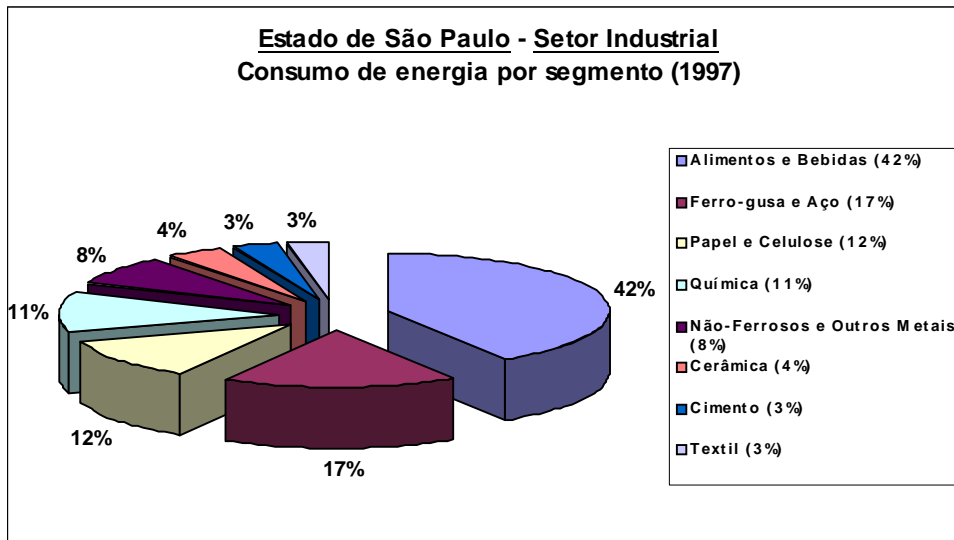
Figura 5



No setor industrial brasileiro tem sido crescente a participação dos energo-intensivos, como Metalurgia, Açúcar, Papel e Celulose e Cimento no consumo de energia. Este crescimento é decorrente, em grande parte, da expansão da Metalurgia, voltada para o mercado externo, que elevou drasticamente as exportações de aço, ferro-ligas e alumínio, de 1980 a 92, passando de 2,3 a cerca de 13 milhões de toneladas.

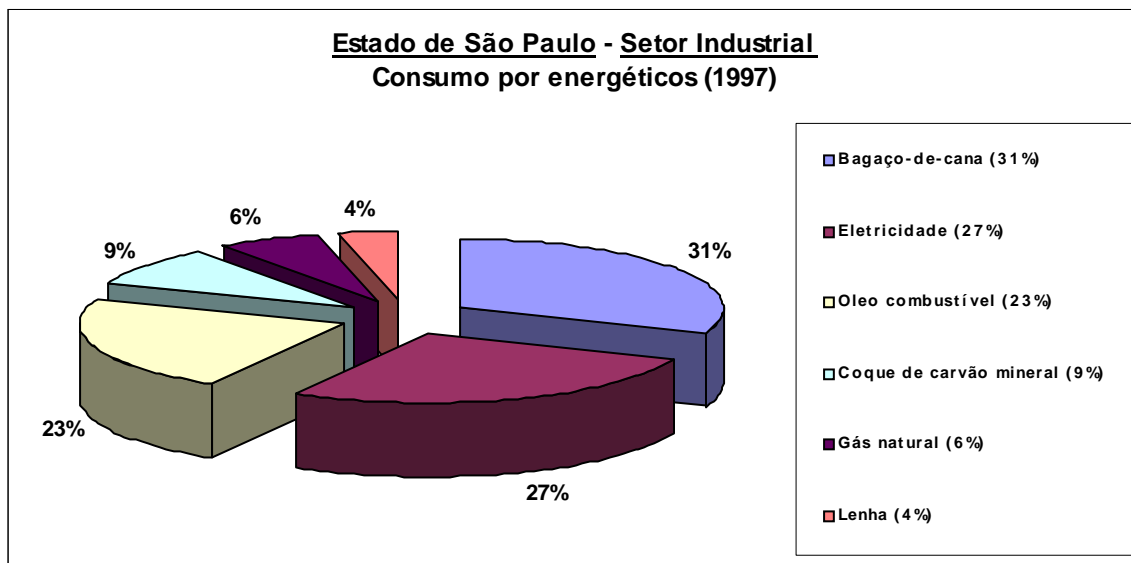
No Estado de São Paulo o setor industrial representa 31% do total e a distribuição é dada na Figura 6.

Figura 6



Este consumo energético por tipo de combustível usado é dado na Figura 7.

Figura 7



Nesta figura 7, as fontes de energia de origem fóssil que emitem CO₂ (óleo combustível, gás natural e coque) representam 38% do total o que indica quais as possibilidades de redução de emissões através da substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis de energia.

As possibilidades variam de setor para setor e para efeitos de ilustração as figuras 8 a 15 dão os dados para diversos setores do Estado de São Paulo.

Figura 8

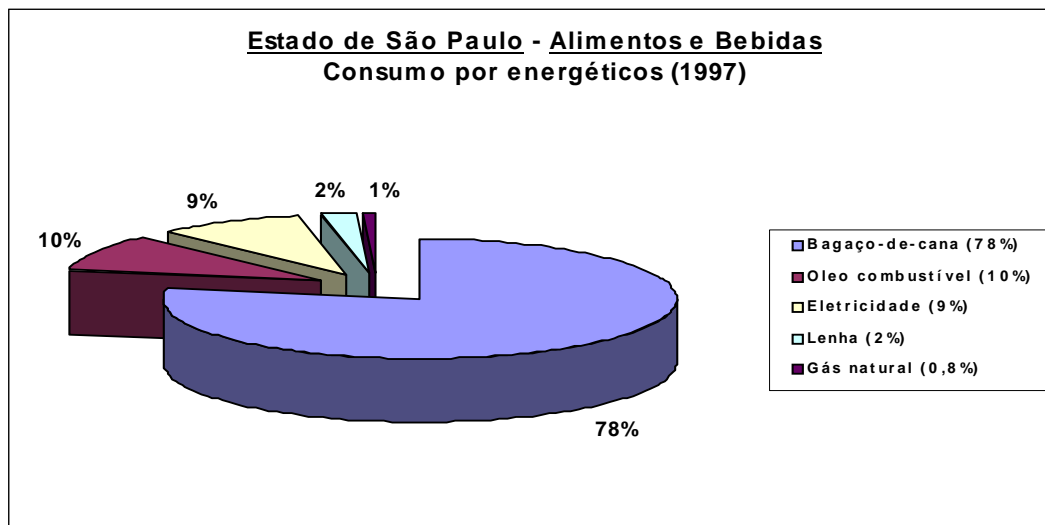


Figura 9

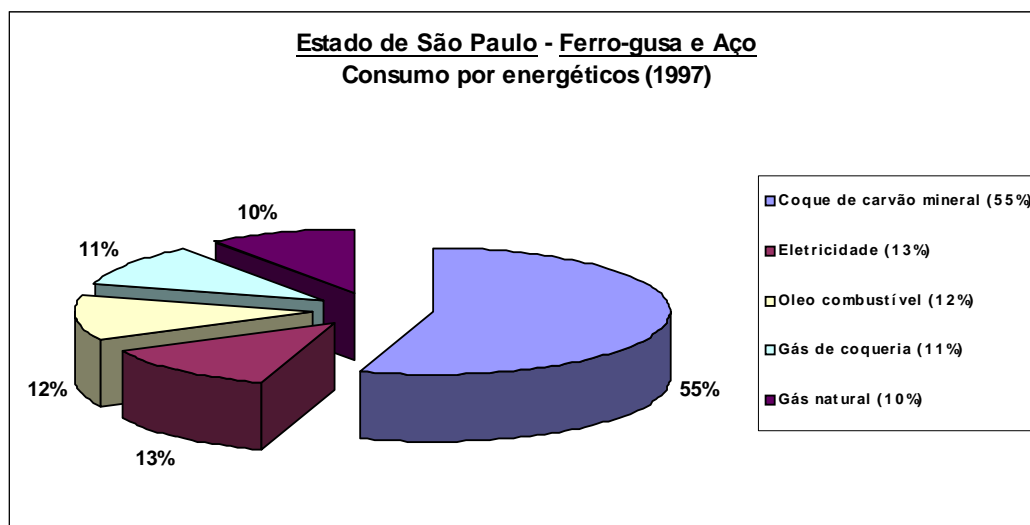


Figura 10

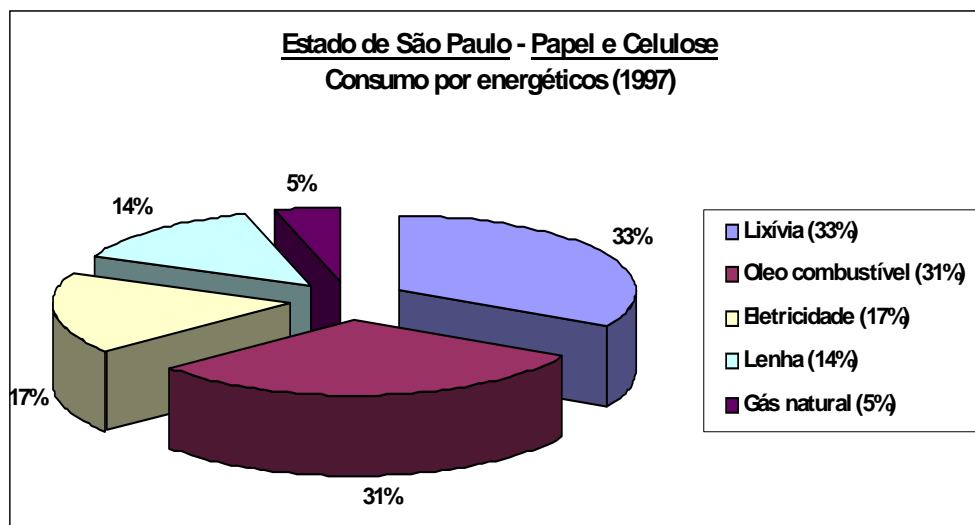


Figura 11

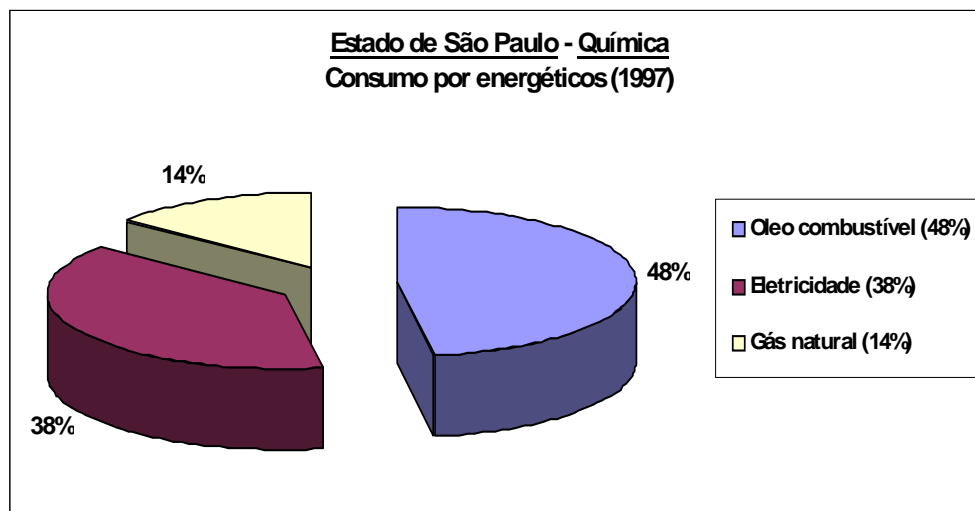


Figura 12

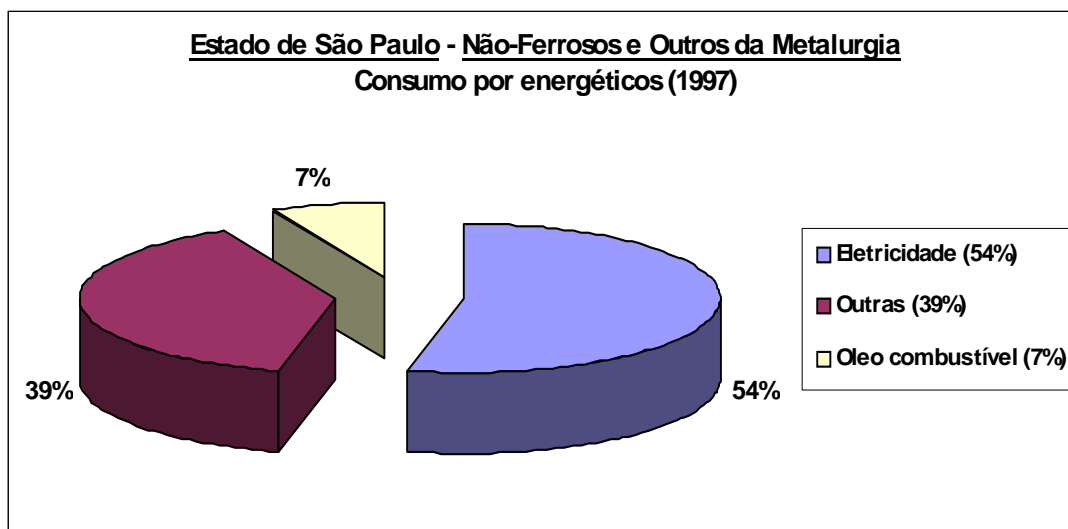


Figura 13

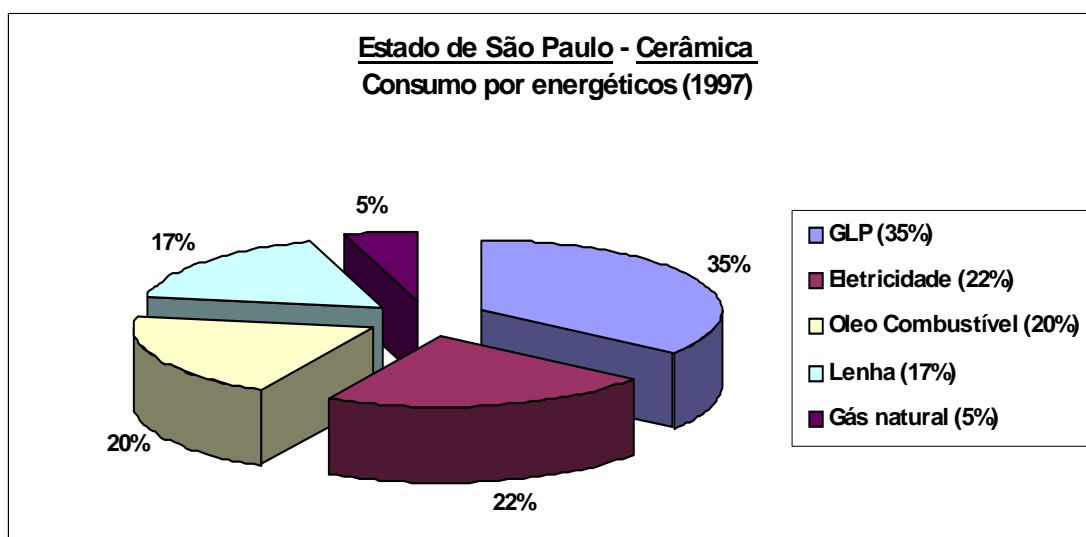


Figura 14

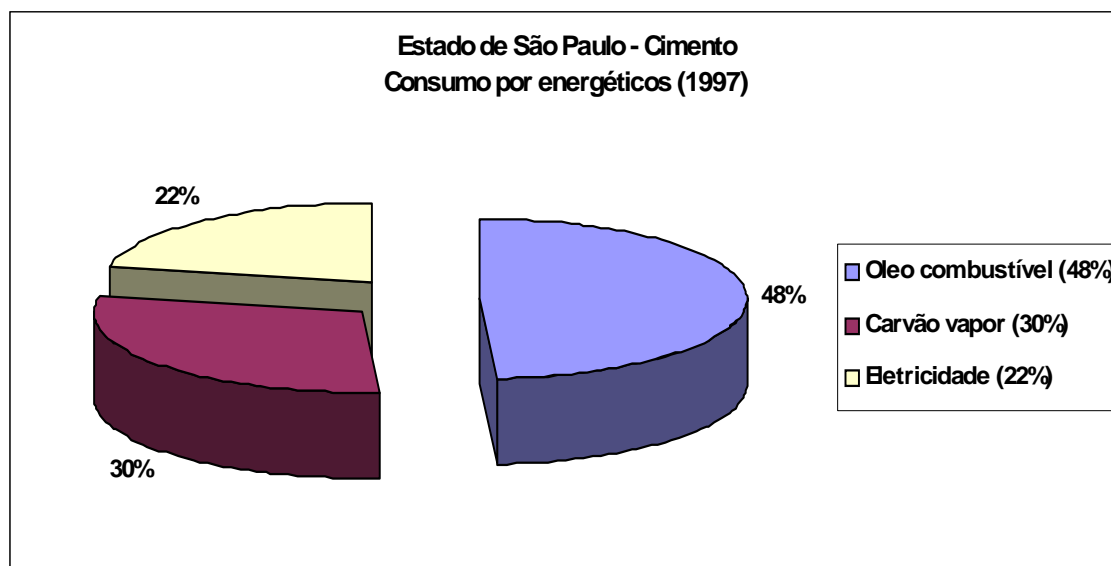
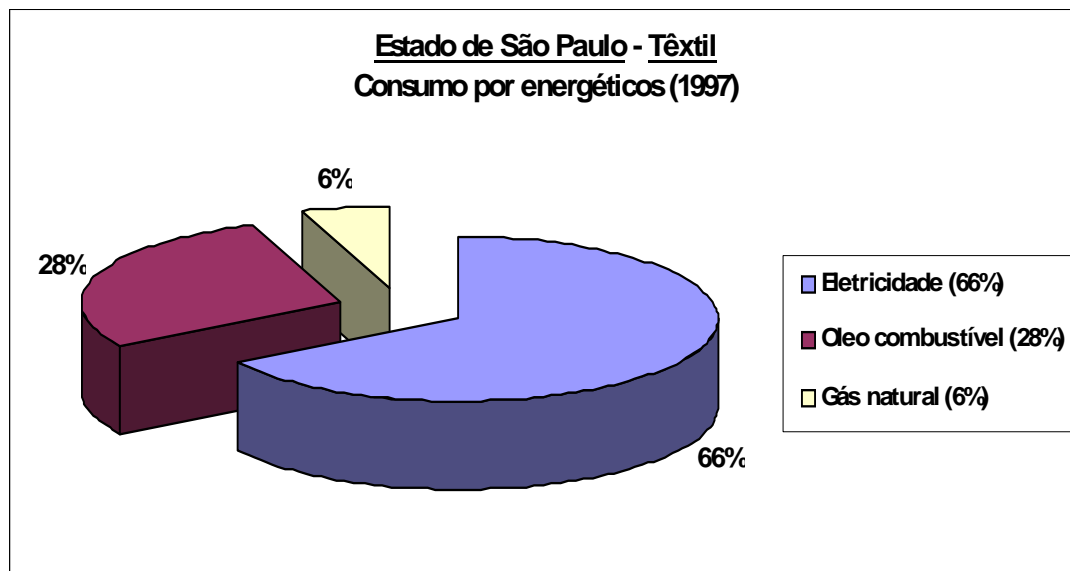


Figura 15



4. AS EMISSÕES DE CO₂ NO SETOR INDUSTRIAL

A Tabela 4, com dados do Balanço Energético do Estado de São Paulo (1998), dá as emissões de CO₂ dos diversos sub-setores industriais desse Estado.

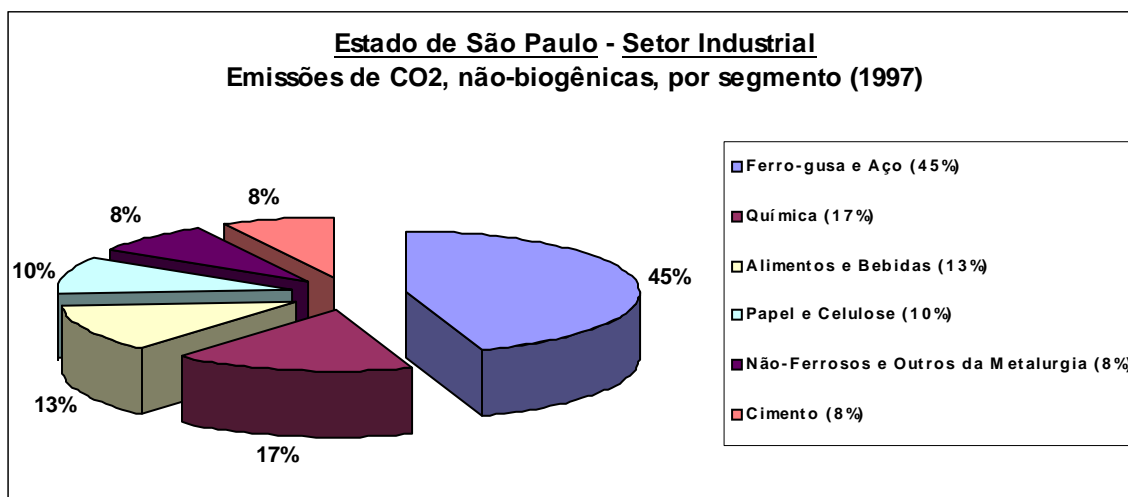
Tabela 4
Emissões de CO₂, não –biogênicas (*), no Setor Industrial do Estado de São Paulo, por segmento (1997), valores em Mt/ano de CO₂

	Ferro Gusa & Aço	Química	Alimentos & Bebidas	Papel & Celulose	Não Ferrosos & Out. Met.	Cimento
Coq. Carv. Min.	5,47	0	0	0	0	0,16
Carvão vapor	0	0	0	0	0	0,43
Óleo Comb	0,83	2,01	1,72	1,43	0,24	0,55
Gás de Coq.	0,54	0	0	0	0	0
Gás Natural	0,52	0,43	0,10	0,15	0	0
GLP	0,06	0,02	0,05	0	0	0
Querosene	0,01	0,02	0	0	0	0
Óleo Diesel	0	0,24	0,22	0,04	0	0,02
Out. de Petróleo	0	0	0	0	1,14	0,14
Total	7,46	2,81	2,11	1,62	1,38	1,31

Nota: (*) Emissões não-biogênicas são aquelas que contribuem efetivamente para o efeito estufa, sendo produzidas pela combustão de combustíveis fósseis – carvão mineral, petróleo gás natural.

As porcentagens são dadas na Figura 16.

Figura 16



Assim sendo, dos dados da matriz energética brasileira e, em particular, do Estado de São Paulo, até o momento analisados pela FBDS, fica claro que as indústrias prioritárias para a preparação de projetos elegíveis ao MDL são aquelas inseridas nos sub-setores:

- **Ferro Gusa e Aço**, responsável por cerca de 45% das emissões não-biogênicas no Estado de São Paulo, em 1997, e também pela significativa participação das indústrias do Estado de Minas Gerais que já, em 1992, emitiram 49% (31,65 Mt CO₂) do total de CO₂ emitido por todo o setor industrial do Brasil (64,47 Mt CO₂), principalmente, pela queima de coque de carvão mineral;
- **Química**, responsável por 17% das emissões no Estado de São Paulo, principalmente pela queima de óleo combustível (12% das emissões);
- **Alimentos e Bebidas**, responsável por 12% das emissões em SP, principalmente pela queima de óleo combustível (10% das emissões);
- **Papel e Celulose**, responsável por 9,7% das emissões em SP, principalmente pela queima de óleo combustível (8,6% das emissões);
- **Não-Ferrosos e Outros da Metalurgia**, responsável por 8,3% das emissões em SP, principalmente pela queima de outros derivados de petróleo (6,8% das emissões);
- **Cimento**, responsável por 7,8% das emissões em SP, principalmente pela queima de óleo combustível (3,3% das emissões).

5. Tipos de Projeto: Eficiência Energética, Energias Alternativas e Sequestro de Carbono

O Protocolo de Quioto estabelece que os países ao cumprirem seus compromissos quantificados de limitação e redução de emissões, a fim de promover o desenvolvimento sustentável, devem implementar, entre outras, medidas de:

- ✓ aumento de eficiência energética em setores relevantes da economia;
- ✓ proteção e aumento de sumidouros e reservatórios de gases de efeito estufa; promoção de práticas sustentáveis de manejo florestal, florestamento e reflorestamento;
- ✓ aumento do uso de formas novas e sustentáveis de energia;
- ✓ aumento do uso de tecnologias de sequestro de CO₂;
- ✓ redução de emissões de metano por meio de sua recuperação e utilização no tratamento de resíduos, bem como na produção, no transporte e na distribuição de energia.

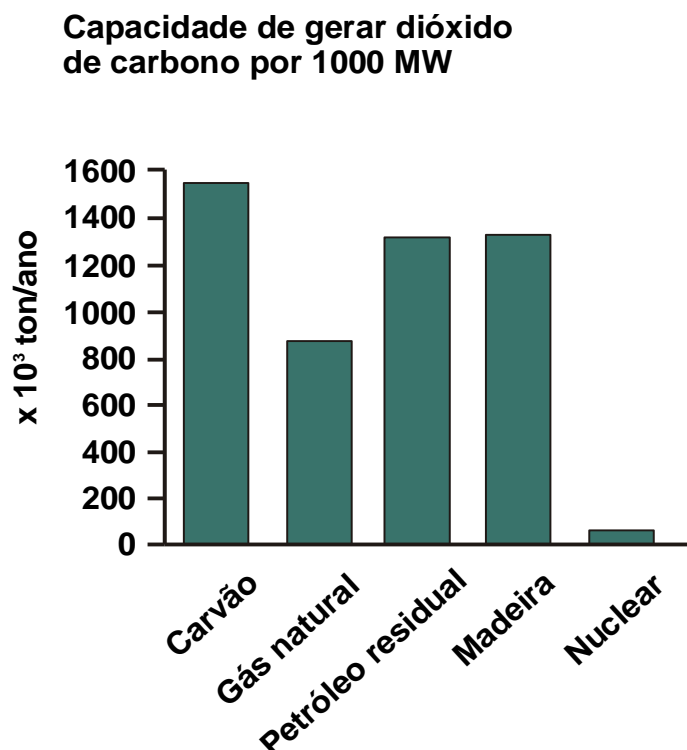
5.1 Eficiência Energética

Os ganhos de eficiência nos usos de energia, que resultam direta ou indiretamente em redução de emissões de gases de efeito estufa (GHE), normalmente, são consequência de modificações em procedimentos operacionais e de manutenção, de atualização tecnológica de instalações existentes, de redesenho de processos industriais, de substituição de combustíveis por outros mais eficientes e limpos e de introdução de novas técnicas mais eficientes, como por exemplo, co-geração, onde as necessidades de geração de vapor para os processos industriais podem ser combinadas com a geração de energia elétrica, para uso próprio da indústria ou venda de excedentes para terceiros.

Dois tipos de projetos no Brasil são considerados com bom potencial para financiamento através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: substituição de combustíveis e co-geração, ou mesmo os dois de forma combinada.

No caso da substituição de combustíveis propõe-se a troca de combustível usado em instalação de geração de energia elétrica ou na produção de vapor para o processo produtivo, por outro combustível menos poluente. Por exemplo, a Figura 17 mostra comparativamente as emissões de CO₂ decorrentes da produção de energia elétrica de uma usina de 1000 Megawatts usando diferentes combustíveis.

Figura 17



Como se pode ver na Figura 17, usinas termoeletricas a gás emitem cerca da metade do que emitem usinas a carvão ou petróleo residual. A queima de madeira também produz CO₂, porém, não causará efeito estufa caso a madeira seja usada de forma sustentável, isto é, replantando as árvores cuja madeira alimenta a usina.

A co-geração em nosso país tem, na perspectiva de crescente déficit de energia à partir do corrente ano, boa oportunidade de crescimento. Prevê-se a ampliação da co-geração dos atuais 3% da matriz energética para 10% a 15% até o final desta década (2010), o que significa acrescentar 8 GW a 12 GW à capacidade de geração total instalada no Brasil de 65 GW. A ELETROBRÁS estima que 6380 MW podem ser implementados até 2003 nas unidades industriais dos setores de refinarias, química, siderurgia, papel e celulose e suco-alcooleiro. A ANEEL tem procurado incentivar os projetos de co-geração

mediante a introdução de regulamentação que dê maior segurança aos investidores. Porém, desde fevereiro de 1999, devido à desvalorização do Real muitos projetos foram paralizados.

Por outro lado, na indústria, muitas oportunidades de otimização energética estão vinculadas ao uso de componentes e equipamentos eficientes em diversas áreas, ou envolvem o uso de tecnologias de aplicação específica.

No primeiro grupo, incluem-se :

- motores eficientes e acionadores com controle eletrônico ;
- caldeiras dotadas de queimadores de baixa emissão para produção de vapor ou água quente ;
- sistemas de automação e de controle de demanda de energia em processos industriais e instalações prediais.

No segundo grupo, incluem-se:

- controladores de processo (novos sensores, microprocessadores);
- processos com aplicação de laser (usinagem, tratamento de metais);
- aquecimento, secagem por infravermelho;
- uso da energia solar em processos de. calor

5.2 Energias Alternativas

Conforme mencionado, o Brasil é um país privilegiado do ponto de vista dos baixos índices de emissão de gases de efeito estufa resultantes de sua matriz energética, por ser sua infra-estrutura de geração de energia elétrica predominantemente hidráulica. No entanto, considerando-se as dificuldades crescentes de financiamento para a expansão de sua capacidade de geração, através de grandes projetos hidroelétricos para garantir o desenvolvimento do país , bem como ao novo modelo de privatização do setor elétrico, novas formas de geração de energias renováveis estão se tornando atrativas. Estas oferecem excelentes oportunidades de financiamento por meio do mecanismo de desenvolvimento limpo.

Dentre as energias alternativas de interesse direto da indústria deve-se analisar as possibilidades de aplicação da energia eólica, solar-termica, solar-fotovoltaica, concentradores solares, pequenas centrais hidroelétricas, células de combustível, geotérmica, bem como aplicações de biomassa agro-industrial e aproveitamentos de rejeitos sólidos domiciliares ou industriais.

5.3 Seqüestro de Carbono

Um dos mais importantes caminhos possíveis para diminuir o efeito estufa global é através da absorção ou seqüestro do CO₂ da atmosfera, ao mesmo tempo em que se busca mecanismos para reduzir a geração de dióxido de carbono.

Uma das formas conhecidas mais eficientes, atualmente, para seqüestrar este excesso de CO₂ é o desenvolvimento de plantações florestais. Devido ao vigoroso crescimento das árvores nos trópicos, 1 hectare desta floresta seqüestra muito mais CO₂ do que 1 hectare de floresta temperada. O carbono é utilizado para formar a parte lenhosa e quanto mais rápido o crescimento, maior a absorção de CO₂.

A Tabela 5 abaixo representa a eficiência das florestas de crescimento rápido no Brasil em comparação com outros países. Devido ao rápido crescimento obtido no Brasil, consolidou-se uma experiência que tornou possível a absorção de CO₂ a um custo substancialmente menor quando comparado a outros países, onde os recursos florestais são manejados de forma intensiva.

Tabela 5

País	Incremento Médio Anual m ³ /ha/ano(1)	Seqüestro equivalente TCO ₂ /há/ano(2)
Folhosas		
Suécia	5,5	5,0
U.S.A. – Sudeste	15,0	13,0
Portugal	12,0	10,9
África do Sul	18,0	16,4
Brasil (3)	29,0 - 45,0	26,4 - 40,9
Coníferas		
Suécia	3,5	3,2
Canadá – Interior	2,5	2,3
U.S.A. - Sudeste	10,0	9,1
Chile	22,0	20,1
Nova Zelândia	22,0	20,0
Brasil (3)	28,0-29,0	25,5-26,4

(1) Dados extraídos de "Growth and Mill Delivered Cost of Pulpwood", Jaako Poyry

(2) Calculado à razão de 0,91 t CO₂ por m³ sólido de madeira

Dados fornecidos pelas empresas florestais

Sem levar em consideração o custo da terra e os custos financeiros, os plantios de florestas no Brasil com espécies adequadas, podem armazenar carbono com um investimento médio de US\$ 3,52 / tCO₂ e US\$ 2,04 / tCO₂, respectivamente.

Os projetos de base florestal, que constituem o melhor caminho para o sequestro de gás carbônico, são elegíveis para receberem os Certificados de Redução de Emissões (CREs), porém deverão trazer benefícios sociais e ecológicos mensuráveis, além da fixação de carbono. Projetos de recuperação de áreas degradadas, recomposição de matas ciliares e projetos agroflorestais deverão ser os mais facilmente elegíveis, pois proporcionarão outros benefícios ou serviços ambientais, além do carbono.

Projetos florestais como alternativas às mudanças no uso do solo, e portanto, contribuindo para redução das taxas de desmatamento, são iniciativas importantes para o desenvolvimento sustentável de regiões com aptidão florestal, bem como para a fixação de mão de obra na zona rural e geração de empregos.

6. OPORTUNIDADES DE PROJETOS DE MDL NO SETOR ENERGÉTICO BRASILEIRO

Existe uma grande variedade de projetos que potencialmente poderiam se qualificar ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo. A tabela 6 lista vários deles nas seguintes categorias:

- Setor de produção de energia
- Processos industriais
- Setor de agricultura
- Mudança no uso do solo e manejo florestal e
- Resíduos agrícolas

Tabela 6

Comparação do potencial de redução de gases que produzem efeito “estufa” para o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

	Reduções reais mensuráveis e certificáveis	Relevância para desenvolvimento sustentável	Potencial de Redução
Setor de Energia			
• Substituição de combustíveis fósseis por combustíveis “limpos”	A	A	A
• Uso mais eficiente de combustíveis fósseis	A	A	A
• Recaptura das emissões de combustíveis fósseis	A	A	A
Processos industriais			
• Aumento da eficiência de produção	A	A	A
• Uso de materiais e processos alternativos	A	A	M
Setor da agricultura			
• Melhoria da alimentação de animais	B	M	B
• Melhoria do gerenciamento dos resíduos vegetais	B	A	B
• Modificação dos métodos de cultivo de arroz	B	B	M-A
• Substituição de fertilizantes à base de nitrogênio	B	A	B
• Eliminação da queima a céu aberto de resíduos agrícolas	B	M	B
Mudanças no uso do solo e manejo florestal			
• Proteção e conservação de florestas	B	A	M
• Melhoria da eficiência do manejo florestal	B	M	M
• Reflorestamento e regeneração de florestas	B	M	M-A
• Melhoria das práticas agroflorestais	B	M	M
Resíduos agrícolas			
• Redução e reciclagem de resíduos	A	A	B-M
• Captura do metano dos resíduos	A	M	B-M
• Eliminação da queima a céu aberto de resíduos	A	M	B-M
A = Alta probabilidade de satisfazer os critérios do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo			
M = Média probabilidade de satisfazer os critérios do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo			
B = Baixa probabilidade de satisfazer os critérios do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo			

Referências Bibliográficas

1. Balanço Energético Nacional 2000, Ano Base 1999. Ministério de Minas e Energia (MME).
2. Balanço Energético do Estado de São Paulo 1998, Ano Base 1997. Secretaria de Energia do Estado de S.Paulo.
3. *Energy, Environment & Development*, José Goldenberg. Editora Earthcan Publications Ltd. (1996).
4. Protocolo de Quioto à Convenção sobre Mudança do Clima. Edição em Português pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT, 2000).
5. Diagnóstico Energético do Setor Industrial, Agenor Mundim. Relatório interno (FBDS, 2000).
6. *International Energy Agency (IEA)*, boletins estatísticos disponíveis no *site* da IEA.
7. O Sequestro de CO² e o custo de reflorestamento com Eucaliptus SPP e Pinus SPP no Brasil. *Workshop* FBDS, novembro 1994.
8. Revista Brasil Energia (números de 2000).