

# VALORAÇÃO DE DADOS AMBIENTAIS DA GERAÇÃO TERMELÉTRICA:USINA DE SANTA CRUZ/RJ

**Silvia Machado de Castro**  
Engenharia Ambiental/PEA/UFRJ

**Josimar Ribeiro de Almeida**  
Escola Politécnica/UFRJ e Instituto de Química/UERJ

**Manoel Gonçalves Rodrigues**  
Observatório Urbano/OUERJ/UN-Habitat

## RESUMO

A energia gerada em uma usina termelétrica é feita por queima de combustíveis, como carvão e gás natural. A localização junto aos locais de consumo implica em economia nos custos de implantação das redes de transmissão, mas também gera impactos ambientais como poluição aérea e hídrica com agravamento do efeito estufa e chuva ácida, sendo os efluentes aéreos a principal ação impactante das usinas termelétricas. O presente trabalho visa identificar o nível de impacto socioeconômico negativo sobre a população do entorno das quatro unidades da Usina de Santa Cruz, no Rio de Janeiro, estimando dados do combustível e a emissão aérea do  $\text{SO}_2$  e MP sobre a saúde humana em termos de morte e doença. Para tanto, foi utilizada a modelagem computacional para dispersão atmosférica através do programa computacional *Industrial Source Complex Long Term* - ISCLT desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency* - U.S. EPA, adequado para modelagens de curta distância, até 50 km; para valorar o risco incremental (RI) de morte foi utilizado um intervalo, com limites baseados em estudos de valoração de países desenvolvidos e em desenvolvimento representando a incerteza deste valor. Constou-se valores estimados de emissão de  $\text{SO}_2$  e MP acima daqueles estabelecidos na legislação ambiental brasileira, com risco social de agravamento de sintomas asmáticos seguido de morte.

Palavras-chave: Usina Termelétrica; carvão; poluentes atmosféricos; valoração ambiental; custos à saúde.

## ABSTRACT

The energy produced on a Thermoelectric Plant is done from burning fossil fuel as coal and natural gas. The location together of the consumption sites implies in saving costs of deployment of transmission networks, but also generates environmental impacts such as air and water pollution with the worsening of greenhouse effect and acid rain, being air effluents the main significant action of thermoelectric plants. The present article aims to identify the level of social and economic negative impact on the population around of four units of Santa Cruz Plant, in Rio de Janeiro, estimating data of fuel and emission of  $\text{S}_2$  (sulfur) and PM (particulate matter) over human health in terms of death and disease. Therefore it was used computer modeling for atmospheric dispersion through the computational program *Source Complex Long Term*- ISCLT developed by the U.S. Environmental Protection Agency - U.S. EPA appropriate for short distance modeling, until 50 km; for valuate the incremental risk (IR) of death it was used an interval with limits based on study of valuation of developed and in developing countries representing the uncertainty of this value. It was found estimated values of  $\text{S}_2$  and PM emission over those established on the Brazilian environmental law, whit social risk of asthma symptoms enhancement followed by death.

Key-words: Thermoelectric Plant; coal; atmospheric pollutant; environmental valuation; health costs.

## INTRODUÇÃO

A energia gerada em uma usina termelétrica é feita por queima de combustíveis, como carvão e gás natural. O gás natural é menos poluente que o carvão, além de fácil transporte e manuseio. O carvão gera impactos negativos não apenas na atmosfera como também pelo descarte de resíduos e poluição térmica.

A localização de usinas termelétricas junto aos locais de consumo implica em economia nos custos de implantação das redes de transmissão, mas também gera impactos ambientais como poluição aérea e hídrica com agravamento do efeito estufa e chuva ácida, sendo os efluentes aéreos a principal ação impactante dessas centrais de energia com riscos à saúde humana.

O presente trabalho visa identificar o nível de impacto socioeconômico negativo sobre a população do entorno das quatro unidades da Usina de Santa Cruz, no Rio de Janeiro, estimando dados do combustível e a emissão aérea do SO<sub>2</sub> e MP sobre a saúde humana em termos de morte e doença.

Foi utilizado o programa computacional *Industrial Source Complex Long Term - ISCLT* desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency* (U.S. EPA, 1995), adequado para modelagens de curta distância, até 50 km; para valorar o risco incremental (RI) de morte foi utilizado um intervalo, com limites baseados em estudos de valoração de países desenvolvidos e em desenvolvimento representando a incerteza deste valor.

Constou-se valores estimados de emissão de SO<sub>2</sub> e MP acima daqueles estabelecidos na legislação ambiental brasileira, com risco social de agravamento de sintomas asmáticos seguido de morte.

## REVISÃO TEÓRICA

Sendo um dos insumos necessários ao desenvolvimento econômico, ao lado das matérias primas e da mão de obra, a energia possibilita a transformação dos materiais e a produção dos bens e serviços para o bem-estar social (AQUINO & JOSIMAR, 2003).

A evolução do consumo de energia tem exigido ampliação e modernização das usinas termelétricas que geram energia a partir da queima de um combustível, devendo se adequar à legislação ambiental (BRASIL, 2000; MME, 2010; CONAMA, 1990a). Além do combustível principal, no processo de geração participam combustíveis auxiliares como ar, água e produtos químicos, que, juntos, geram efluentes causadores de danos ao meio ambiente.

A quantidade e o tipo de efluente gerados no processo variam conforme a tecnologia e o combustível utilizado, mas, em geral, compreendem efluentes sólidos, líquidos, aéreos, emissões térmicas, ruídos e efeitos estéticos (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S/A – ELETROBRÁS, 2000.).

Ocorrem, principalmente, na geração termelétrica a carvão e são constituídos por cinzas leves ou secas, resultantes da captação de material carregado das caldeiras pela corrente de gases de exaustão; cinzas pesadas ou úmidas, resultantes da limpeza hidráulica das caldeiras; e lama do sistema de dessulfuração de gases (quando existe esse sistema), que são gerados a partir de produtos químicos introduzidos junto aos gases de exaustão para remoção do enxofre.

A produção de cinzas depende da qualidade do carvão utilizado e a sua deposição em bacias de estocagem leva aos problemas estéticos, de ocupação de terras e de contaminação do solo e do lençol freático (TOLMASQUIN, 2000).

Na geração termelétrica a gás natural, particularmente, não são produzidos efluentes sólidos e, no caso dos combustíveis fósseis líquidos, tais efluentes não chegam a ser relevantes ALMEIDA, AGUIAR & RODRIGUES, 2005.

A produção de efluentes líquidos ocorre principalmente em usinas que empregam ciclo de vapor e o impacto pode acontecer através da contaminação de corpos hídricos pela disposição de efluente e através de consumo de água da usina.

Os efluentes aéreos constituem a principal ação impactante das usinas termelétricas. As emissões aéreas se originam da descarga de material particulado (MP) e de gases da queima do combustível, cuja quantidade e composição dependem da tecnologia e do combustível utilizado. O MP é resultante do inerte contido no combustível, principalmente pela utilização do carvão e, em menor quantidade, pelo emprego de óleo combustível pesado. A legislação brasileira estabelece padrões de qualidade do ar que, para as termelétricas, foram estabelecidos em dois níveis: para potência até 70MW e para potências superiores (CONAMA, 1989; 1990a; 1990b).

Os gases emitidos compreendem compostos sulfurosos ( $H_2$ , S,  $SO_2$ ), óxido de nitrogênio ( $NO_x$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e ácidos (HCl e HF). A combustão incompleta do combustível pode ainda gerar monóxido de carbono, hidrocarbonetos e compostos orgânicos complexos, como aldeídos. A emissão desses gases, assim como os particulados, ocorre em função das características químicas dos combustíveis e das tecnologias utilizados para geração, incluindo seus sistemas de retenção.

Segundo Motta (1997), o processo de atribuir valores econômicos aos recursos ambientais evidencia questões socioeconômicas que o critério ecológico ou ambiental isoladamente não é capaz. Tais palavras chamam atenção para o conceito de desenvolvimento sustentável, que prevê o crescimento econômico paralelo à preservação dos recursos naturais e o bem-estar da presente e futuras gerações. Em vista disso, o presente trabalho analisa os prejuízos causados à saúde, uma vez que estes são os objetos de estudo dos trabalhos de valoração ambiental dos danos causados pela termelétrica.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A Usina Termelétrica (UTE) Santa Cruz está localizada no bairro de Santa Cruz no Rio de Janeiro. Possui 4 unidades de geração, sendo 2 geradoras a vapor e 2 geradoras a gás. A capacidade instalada é de 932 MW. É a maior usina movida a óleo combustível da América Latina.

Santa Cruz é um bairro extenso da zona oeste do estado e com uma população de cerca de 217.000 habitantes, segundo dados do IBGE (2010). A zona industrial de Santa Cruz faz divisa com o município de Itaguaí e nela estão instalados, dentre outros estabelecimentos, a Casa da Moeda do Brasil, a Cosigua, a Valesul, White Martins, a Fábrica Carioca de Catalisadores e a Usina de Santa Cruz.

### Materiais e métodos

A emissão de poluentes do óleo combustível depende de sua composição, do tipo e tamanho da caldeira, dos mecanismos de queima e estado de manutenção da caldeira. Os principais produtos de combustão são MP, SO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub>, CO, NO<sub>x</sub> e compostos orgânicos voláteis não metânicos e metânicos. Nesse estudo, são consideradas apenas as emissões de SO<sub>2</sub> e MP.

A modelagem computacional para dispersão atmosférica foi feita através do programa computacional *Industrial Source Complex Long Term* - ISCLT desenvolvido pela *U.S. Environmental Protection Agency* (U.S. EPA, 1995), adequado para modelagens de curta distância, até 50 km, e podendo ser utilizado para uma variedade de configurações de fontes e diferentes tipos de uso da terra (urbano ou rural).

Os fatores da emissão de SO<sub>2</sub> e MP foram estimados a partir de fatores já existentes na literatura americana quando da queima do óleo combustível, assim como foram adotados os valores máximos de emissão de poluentes considerando um fator de capacidade anual de 100% (cenário inusitado). A área de influência adotada para os impactos sobre a saúde foi o raio de 21 km a partir da usina, limitada às formações rochosas existentes na região.

O estudo restringiu-se aos impactos causados pelos poluentes citados, a saúde humana em termos de doença (bronquite, sintomas agudos do trato respiratório inferior, internação por problemas respiratórios e agravamento de sintomas asmáticos) e morte. Os dados de coeficiente de dose-reposta para impactos sobre a saúde foram obtidos na literatura americana, para esses poluentes emitidos quando da queima de óleo combustível.

Para representar o valor do risco incremental (RI) de morte foi utilizado um intervalo, sendo que os limites foram extraídos de estudos de valoração realizados para países desenvolvidos e países em desenvolvimento, que representam a incerteza deste valor. O limite superior do intervalo foi obtido do estudo de Ottinger (1992), que

representa valores estatísticos para a vida humana e variam de US\$ 440 mil a US\$ 12,8 milhões, e sugere o uso de 4 milhões por ser um valor consistente e intermediário.

O limite interior foi obtido a partir do valor indicado por um estudo desenvolvido pelo Banco Mundial (MARGULIS, 1992). O valor de US\$ 75 mil foi calculado pelo conceito de capital humano e representa o valor da mortalidade devido a partículas suspensas totais. Foi baseado no salário anual médio mexicano.

Em função das dificuldades relacionadas aos estudos de valoração do RI por doenças - os estudos de valoração para os custos de morbidez, nesse caso - buscou-se quantificar o RI com base em 2 critérios distintos: considerar o valor dos riscos de doenças proporcionais ao valor do incremento do risco de morte e adotar como próximo o valor da produção sacrificada nos dias perdidos em função da doença (XAVIER, 1998).

O quadro 1 apresenta dados do combustível, de emissões de poluentes e dados das quatro unidades da Usina de Santa Cruz, no Rio de Janeiro.

**Quadro 1 - Dados das Unidades 1, 2, 3 e 4 da Usina de Santa Cruz/RJ**

Dados de Óleo	Unidade 1	Unidade 2	Unidade 3	Unidade 4
Poder Calorífico (cal/g)	9.830,46	9.830,46	9.830,46	9.830,46
Teor de Enxofre (%)	2,8	2,8	2,8	2,8
Teor de Cinzas (%)	0,034	0,034	0,034	0,034
<b>Dados da Usina</b>				
Potência (MW)	82	82	218	218
Fator de Capacidade Anual (%)	100	100	100	100
Consumo Anual (1000 ton/ano)	18	18	46	46
<b>Emissões de Poluentes</b>				
Dióxido de Enxofre (Kg/10 <sup>3</sup> 1/h)	53,2	53,2	53,2	53,2
Material Particulado (Kg/10 <sup>3</sup> 1/h)	388	388	3,88	3,88

Fonte: Rabelo, 1999; FURNAS, 2009.

Foram considerados apenas os impactos das emissões aéreas do SO<sub>2</sub> e SO<sub>4</sub> e MP sobre a saúde humana em termos de morte e doença.

A avaliação admite como válido o uso de coeficientes dose-resposta para relacionar concentrações de substâncias poluentes com seus efeitos.

A determinação da dispersão atmosférica baseou-se nos resultados limitados pelo modelo de dispersão de pluma Gaussiana.

A valoração de dano à saúde teve por base uma faixa de valores obtida de estudos realizados para países estrangeiros de forma que os resultados não devem ser tomados como absolutos para o caso brasileiro. Estes resultados devem ter caráter mais qualitativo do que quantitativo.

No Cálculo de Emissão Atmosférica, os resultados encontrados são função da potência, da tecnologia, do nível de operação e do combustível utilizado na geração. As tabelas 1 e 2 mostram os dados referentes a cada um dos casos, através do qual foi possível constatar a diferença entre eles.

Na estimativa de dispersão do poluente emitido pela Usina de Santa Cruz foram utilizados modelos matemáticos escolhidos de forma a considerar as características individuais das emissões resultando nas estimativas de máxima concentração dos poluentes considerados mais importantes (SO<sub>2</sub>, SO<sub>4</sub> e MP), ao nível do solo. É nesta etapa que se estabelece a área de influência dos impactos causados pelas termelétricas:

Estima-se o risco individual do impacto associado à população exposta a cada poluente a partir de coeficientes dose-resposta. Os coeficientes de dose-resposta para impactos sobre a saúde são obtidos na literatura americana. Os resultados obtidos têm, então, um caráter mais qualitativo do que quantitativo, uma vez que os fatores que influenciam o padrão e qualidade de vida americana diferem muito do brasileiro, tais como alimentação, moradia, acesso a medicamentos e hospitais, dentre outros.

A tabela 1 apresenta os coeficientes dose-reposta utilizados no caso em estudo.

**Tabela 1 - Coeficientes Dose-Resposta (evento/mg/m<sup>3</sup>)**

Efeitos	Coeficiente Dose-Resposta (evento/mg/m <sup>3</sup> )		
	SO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	Particulado
Morte	1,5 x 10 <sup>-6</sup>	5,6 x 10 <sup>-6</sup> (*)	5,5 x 10 <sup>-6</sup> (*)
Pneumonia	1,0 x 10 <sup>-4</sup>	1,1 x 10 <sup>-4</sup> (*)	3,6 x 10 <sup>-4</sup>
Bronquite	1,0 x 10 <sup>-4</sup>	4,5 x 10 <sup>-3</sup>	3,6 x 10 <sup>-4</sup>
Doenças do aparelho respiratório inferior	7,5 x 10 <sup>-5</sup>	7,9 x 10 <sup>-4</sup>	Nd*
Internações por problemas respiratórios	n.d.	1,6 x 10 <sup>-5</sup> (*)	n.d.
Agravamento de sintomas asmáticos	n.d.	6,7 x 10 <sup>-1</sup> (*)	n.d.

Fontes: ECO Northwest, 1987; ECO Northwest, 1993; (\*) Chestnut, 1995.

Os danos causados à população exposta ao poluente são estimados através de dados demográficos: identifica-se a densidade demográfica média por região e obtém-se uma referência da população que residirá na área de influência da usina (CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S/A – ELETROBRÁS, 2000; SERÔA DA MOTA, s.d.; SERÔA DA MOTA, 1995).

O valor econômico dos danos causados nesta etapa é obtido calculando-se o custo para morbidade e para a mortalidade. Foram consideradas, para efeito de cálculos de morbidade, as perdas econômicas decorrentes de dias perdidos por doença. No caso de morte, o estudo utilizou um intervalo para representar a incerteza do valor do RI de morte. Neste intervalo, o limite superior foi obtido através de um estudo americano (OTTINGER, 1992) e o limite inferior foi atribuído a partir de um estudo desenvolvido pelo Banco Mundial (MARGULIS, 1992), para estimar o custo de degradação ambiental decorrente da poluição na Cidade do México. A tabela 2 apresenta os valores do RI por unidade de diferentes eventos da poluição do ar.

**Tabela 2 - Valores do RI por Unidade de Diferentes Eventos da Poluição do Ar**

Efeitos	Coeficiente Dose-Resposta (evento/mg/m <sup>3</sup> )		
	SO <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>	Particulado
Morte	1,5 x 10 <sup>6</sup>	15 x 10 <sup>-3</sup>	1,0 x 10 <sup>6</sup>
Pneumonia	1,3 x 10 <sup>-5</sup>	5,0 x 10 <sup>-4</sup>	n.d*
Bronquite	1,0 x 10 <sup>-4</sup>	4,5 x 10 <sup>-3</sup>	3,6 x 10 <sup>-4</sup>
Doenças do aparelho respiratório inferior	7,5 x 10 <sup>-3</sup>	7,9 x 10 <sup>-4</sup>	n.d*
Doenças agudas	4,0 x 10 <sup>-6</sup>	4,5 x 10 <sup>-6</sup>	7,0 x 10 <sup>-6</sup>

Valor de US\$ 4 milhões para cada morte (OTTINGER, 1992) e US\$ 4,5 mil para cada caso de doença (ECO NORTHWEST, 1983); valor de US\$ 75 mil para cada caso de mortalidade (MARGULIS, 1992); valores de morbidez à estão mortalidade (ECO NORTHWEST, 1986).

Fonte: Rosa, 1996.

## Resultados

Na verificação dos valores estimados de emissão de SO<sub>2</sub> e MP em g/milhão de kcal, eles apresentaram-se acima dos padrões de emissão estabelecidos na legislação ambiental brasileira.

As concentrações anuais de SO<sub>2</sub> excedem os padrões ambientais brasileiros somente em pontos receptores próximos da usina. No caso do MP, não foi observado qualquer caso em que este tenha excedido o padrão ambiental.

Na consideração do custo social máximo, o evento que apresentou o maior resultado foi o agravamento de sintomas asmáticos (US\$ 9,63 x 10<sup>4</sup>), seguido do evento morte (US\$ 4,80 x 10<sup>4</sup>).

As cidades que apresentam maiores custos sociais foram Santa Cruz e Campo Grande, e as cidades que apresentaram os menores custos sociais foram Coroa Grande e Itacuruçá. Estas cidades apresentaram maiores e menores riscos totais sociais, respectivamente.

Na análise do risco individual de mortalidade e morbidade, constatou-se que o evento que apresentou o maior risco individual foi o agravamento de sintomas asmáticos, com ordem de grandeza de 2 a 3 vezes superior às bronquites e aos sintomas agudos do trato respiratório inferior, e cerca de 4 a 5 vezes maior que as mortes e internações por problemas asmáticos. A cidade que apresentou o maior risco individual foi Itaguaí, apresentando a maior concentração de todos os poluentes, e a cidade que apresentou o menor risco individual foi Guaratiba.

Na análise do risco social, o evento que apresentou maior risco foi o agravamento de sintomas asmáticos, seguido de sintomas agudos do trato respiratório inferior e bronquite e, por último, internação por problemas respiratórios e mortes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao comparar os resultados das concentrações de poluentes com os padrões brasileiros de qualidade do ar estabelecido pela Resolução nº 03/1990 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1990), chegou-se às seguintes conclusões:

1- Caso as quatro unidades da Usina Termelétrica de Santa Cruz fossem a única fonte emissora de MP, a área de influência com raio de 21 km analisada, apresentaria concentrações abaixo dos padrões brasileiros estabelecidos de qualidade do ar para partículas totais de 80 g/Nm<sup>3</sup> (primário) e 60 g/Nm<sup>3</sup> (secundário). Apesar da incerteza, foi possível constatar que as quatro unidades da usina talvez sejam as menos responsáveis pela poluição de MP na área abrangente, contribuindo com apenas 1/10 da concentração;

2- Com relação ao SO<sub>4</sub>, não foi possível estabelecer comparação, pela falta de parâmetros na legislação ambiental brasileira, uma vez que esta não estabelece padrões para este poluente. Contudo, observou-se que, dada a relação do SO<sub>4</sub> com o SO<sub>2</sub>, admiti-se que sua concentração poderia exceder a um possível padrão nos pontos onde isso ocorre com o SO<sub>2</sub>;

3- Para o risco social foi utilizado como critério de comparação o risco de mortes retardados devido a câncer utilizado pela *Nuclear Regulatory Commission* (U.S. NCR, 2010), de onde se conclui que o máximo aceitável seria de 2,4 mortes/ano. Se



considerado um raio menor, tal como o de 10 km, em que a maioria das mortes ocorre devido à poluição, certamente o risco social calculado para a população exposta nesse raio seria 50 a 100 vezes maior; e

4- A adoção de uma área de influência com raio de 21 km a partir das duas unidades da Usina Termelétrica de Santa Cruz, foi para simplificação do trabalho e também porque essa extensão é limitada por formações rochosas, formando um ambiente propício para concentração de poluentes. As concentrações médias de SO<sub>2</sub> foram obtidas no EIA/RIMA. A determinação das concentrações além desse raio foi definida por extrapolação, através de funções exponenciais.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; AGUIAR, Laís Alencar de; RODRIGUES, Manoel Gonçalves. Impactos Ambientais de Usinas Termelétricas a Gás. Estudo de Caso da UTG Duque de Caxias. Associação Educacional Dom Bosco - AEDB. II Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2005. **Anais**. Disponível em: [http://www.aedb.br/seget/artigos05/3\\_UTG.Caxias1.pdf](http://www.aedb.br/seget/artigos05/3_UTG.Caxias1.pdf). Acesso: 15 out. 2010.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica. 3ª edição. Parte III – **Fontes não-renováveis. Gás Natural**. Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/visualizar\\_texto.cfm?idtxt=1689](http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689). Acesso: 10 out. 2009.

AQUINO, Afonso Rodrigues de; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. **Perfil de demanda e elasticidade de tarifa de energia elétrica em Natal-RN**. Ver. Brás. Pesq. Des. – Vol. 5 - nº 2 – Agosto de 2003.

BRASIL. Presidência da República. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto 3.371, de 24 de Fevereiro de 2000. **Programa Prioritário de Termelétricidade**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D3371.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D3371.htm). Acesso: 15 ago. 2009.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S/A – ELETROBRÁS. **Metodologia de Valoração das Externalidades Ambientais da Geração Hidrelétrica e Termelétrica com vistas à sua Incorporação no Planejamento de Longo Prazo do Setor Elétrico**. Centrais Elétricas Brasileiras S/A., DEA; coordenado por Miriam Regini Nutti. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2000.

CHESTNUT, Lauraine G. **Human Health Benefits Sulfate Reductions Under Title IV of the 1990 Clean Air Act Amendments**. North Carolina, EPA Office of Air and Radiation, Nov. 1995.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 005, de 15 de Julho de 1989**. Institui o PRONAR - Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar.

\_\_\_\_\_ (a). **Resolução 03, de 28 de Junho de 1990**. Institui os Padrões de Qualidade do Ar.

\_\_\_\_\_ (b). **Resolução 008, de 6 de Dezembro de 1990**. Institui os limites máximos de emissões de poluentes do ar (padrões de emissões).

ECO NORTHWEST 1986, 1993 e 1987 apud ROSA, Luiz Pinguelli; SCHECHTMAN, Rafael. Avaliação de Custos Ambientais da Geração Termelétrica: Inserção de variáveis no planejamento da expansão do setor elétrico. In: **Diagnóstico Ambiental e Energético das Hidrelétricas na Amazônia**. ENERGE. Cadernos de Energia nº 9, volume II, 1996.

ELETROBRAS FURNAS. Sistema Eletrobrás Furnas. **Usina Termelétrica de Campos. 30 MW**. Disponível em: <http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/>. Acesso: 12 set. 2009.

FURNAS – Sistema Furnas de Geração e Transmissão. **Parque Gerador - Usina de Santa Cruz, RJ**. Disponível em: [http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/usina\\_term\\_stacruz.asp](http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemafurnas/usina_term_stacruz.asp). Acesso em: 21 set. 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2010**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acesso: 26 jul. 2011.

MARGULIS, Sérgio. **Back of the Envelope Estimates on Environmental Damage Costs in México**. Working Papers WPS 824, January 1992.

MME – Ministério de Minas e Energia. EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão Energética (PDE) 2010-2017**. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE>. Acesso: 10 dez. 2010.

MOTTA, Ronaldo Seroa. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, Setembro de 1997.

OTTINGER, R. S. et alli, 1992 apud ROSA, Luiz Pinguelli; SCHECHTMAN, Rafael. Avaliação de Custos Ambientais da Geração Termelétrica: Inserção de variáveis no planejamento da expansão do setor elétrico. In: **Diagnóstico Ambiental e**

**Energético das Hidrelétricas na Amazônia.** ENERGE. Cadernos de Energia nº 9, volume II, 1996.

REBELLO, Renata Bonna M. **Metodologia para Valoração de Custos Associados a Problemas de Saúde Humana Decorrentes de Emissões Aéreas em Empreendimentos Termelétricos – Estudo de Caso: Usina Termelétrica de Santa Cruz.** (Mestrado) – PPE/COPPE/UFRJ: Rio de Janeiro, 1999.

ROSA, Luiz Pinguelli; SCHECHTMAN, Rafael. Avaliação de Custos Ambientais da Geração Termelétrica: Inserção de variáveis no planejamento da expansão do setor elétrico. In: **Diagnóstico Ambiental e Energético das Hidrelétricas na Amazônia.** ENERGE. Cadernos de Energia nº 9, volume II, 1996.

SERÔA DA MOTTA, Ronaldo. **Internalização de Custos Sociais e Ambientais nos Projetos de Desenvolvimento.** IPE, Rio de Janeiro, s.d.

SERÔA DA MOTTA, Ronaldo (coord.). **Teoria, Metodologia e Estudos de Caso no Brasil.** IPEA/DIPES, Rio de Janeiro, 1995.

TOLMASQUIN, Maurício T. (coord.). **Metodologias de valoração de Danos Ambientais Causados pelo Setor Elétrico.** PPE/COPPE/UFRJ, 2000.

U.S. EPA – Environmental Protection Agency. **User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models.** Volume I - User Instruction. Disponível em: <http://www.epa.gov/scram001/userg/regmod/isc3v1.pdf>.; and [http://www.acronymfinder.com/Industrial-Source-Complex-Long-Term-\(EPA-model\)-\(ISCLT\).html](http://www.acronymfinder.com/Industrial-Source-Complex-Long-Term-(EPA-model)-(ISCLT).html). Acesso: 02 fev. 2009.

U.S. NCR – Agência de Legislação Nuclear dos Estados Unidos da América. **Regulamentação para o uso de materiais radioativos.** Criada em 1974. Disponível em: [www.ncr.gov](http://www.ncr.gov) Acesso: 02 jan. 2009.

XAVIER, Edna E.; NICHIOKA, J. **Avaliação dos Benefícios Ambientais Advindos da Mudança de Combustível da Usina Termelétrica de Campos.** (Trabalho de Conclusão de Curso) - PPE/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, 1998.