



GERAÇÃO DE ENERGIA E SEUS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS: O CASO DA UTE PIRATININGA – SP

Louise Nakagawa¹

Francisco de Assis Comarú²

Federico Bernardino Morante Trigos³

RESUMO

No Brasil a maior parte da geração de energia elétrica vem das hidrelétricas, complementadas pelas termoelétricas que emitem consideráveis quantidades de poluentes para a atmosfera. No entanto, não se pode esquecer a emissão veicular, que nos grandes centros urbanos, tem demonstrado sérias e fortes associações aos problemas de saúde. Neste trabalho, foram estudados os impactos que a geração de energia da UTE Piratininga acarreta sobre o meio ambiente e saúde da população do entorno. Para isso foi analisado o EIA da modernização e ampliação da usina e os dados de saúde relacionados às doenças do aparelho respiratório da população próxima, ocorridos no período de 1998 a 2007. Sobre os dados de qualidade do ar mostrados através do EIA, pode-se afirmar que, baseado em simulações, após a modernização do empreendimento a quantidade de poluentes atmosféricos diminuiria significativamente, com exceção dos compostos orgânicos voláteis. Já com relação aos dados de saúde, é possível verificar que a taxa de óbitos por doenças do aparelho respiratório nos distritos de Cidade Ademar e Pedreira foram maiores que a taxa do crescimento populacional no período analisado. Também foram observadas algumas correlações entre a geração de energia da usina e os casos de inalações nas UBS próximas. Mas cabe destacar que esses fatos também podem ter sido influenciados principalmente pela crescente frota veicular na RMSP. Além

1 M.Sc.e Doutoranda em Energia pela Universidade Federal do ABC. Rua Santa Adélia, 166, Santo André, 09210-170, SP, 4996-3166, louise.nakagawa@ufabc.edu.br.

2 M.Sc. em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da USP e Ph.D. em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP e Docente do CECS da UFABC.

3 M.Sc. e Ph.D. em Energia pelo PIPGE do Instituto de Eletrotécnica e Energia da USP e Docente do CECS da UFABC.



disso, baseado no PDE – 2008/2017, constata-se que o investimento em termoeletricas continuará nos próximos 10 anos indicando a possibilidade de problemas futuros relacionados à qualidade do ar e saúde da população, caso nenhuma medida de controle, monitoramento ou fiscalização seja estabelecida e implementada.

Palavras-chave: Termoeletricas, Geração de Energia, EIA, Qualidade do Ar, Doenças respiratórias.

ABSTRACT

In Brazil, most of the electricity generation comes from hydroelectric plants, complemented by power plants that emit significant quantities of pollutants into the atmosphere. However, vehicular emissions should not be ignored, whose impact in large urban centers has shown deleterious associations with serious health problems. In this work, the impacts of the energy generation of the "Piratininga Thermoelectric Power Plant" have been studied related to the health of the environment. In order to accomplish this study, the environmental impact study of the modernization and expansion of the plant has been investigated, concerning health data on diseases of the respiratory population occurred from 1998 until 2007. On the data of air quality shown by the environmental impact study it can be stated that, based on simulations, after the modernization of the project the amount of pollutants would significantly decrease excepted by volatile organic compounds. As for those health data, it is possible that the rate of mortality from respiratory diseases in the districts of Cidade Ademar and Pedreira, located in São Paulo, were higher than the rate of population growth during the same period. It has also been observed some correlations between the power generation of the plant and the cases of inhalations in basic health units in the neighborhood of the plant. It is worth noting that these facts may also have been influenced mainly by the increase of the vehicle fleet in the metropolitan region of São Paulo. Furthermore, based on the 10th Plan of Energy Expansion of 2008/2017, it appears that investments in power plants will continue over the next 10 years, indicating the possibility of future problems related to the air quality and human health if no control measures, monitoring or surveillance will be established and implemented.

Keywords: Thermo Electric Plants, Power Generation, EIA, Air Quality, Respiratory Diseases



1. INTRODUÇÃO

Os fluxos de matéria e energia sempre estiveram presentes nas atividades humanas. Entretanto, após a Revolução Industrial, com o crescimento populacional e urbanização, a corrida pelo desenvolvimento aumentou. Isso forçou cada vez mais a extração de recursos naturais, elevando os níveis de poluição e acarretando impactos diversos, tornando-se um forte motivo de preocupação, principalmente com relação à saúde humana. Com a introdução da máquina a vapor e mais tarde a eletricidade, ocorreu maior necessidade de gerar mais energia para sustentar os processos industriais. Dessa forma, é possível afirmar que o setor energético produz impactos socioambientais em toda a sua cadeia, desde a captura de recursos naturais para os processos de produção, até os usos finais por diversos tipos de consumidores.

Tanto a geração quanto o uso de energia vem ganhando cada vez mais importância no cenário mundial. Isto passou a ser um tema de interesse global, de modo que todos arcam (não da mesma forma) com um dos ônus do desenvolvimento: a poluição. A poluição atmosférica teve enorme destaque nas últimas décadas; protagonista de sérios e preocupantes problemas de saúde pública em todo o mundo. Desde a primeira metade do século XX, a poluição do ar tem sido um grave problema nos grandes centros urbanos, motivado pela presença cada vez maior dos veículos automotores, somado à atividade industrial como fonte poluidora. Desse modo, episódios de poluição atmosférica excessiva causaram o aumento no número de mortes em algumas cidades da Europa e dos Estados Unidos.

No Brasil, a maior parte do seu parque gerador de energia elétrica está constituído por usinas hidrelétricas. Em 2008, mais de 73% da geração de eletricidade veio da energia hidráulica (BEN, 2009). Mesmo o país sendo privilegiado em relação aos recursos hídricos, alguns autores afirmam que a curto e médio prazo, esses chegarão ao limite máximo de exploração, podendo a geração térmica ganhar maior participação na matriz energética. Sendo assim, a expansão futura do parque gerador brasileiro poderá ter forte componente termoelétrica, o que poderá imputar pesados ônus sócio-ambientais às populações residentes próximas desses empreendimentos (CARRA, 2003). Apesar do processo de geração de energia nas hidrelétricas não implicar na poluição do ar, a inundação das áreas de mata e floresta acarreta o apodrecimento da madeira, emitindo os GEE para a atmosfera (ROSA et al, 2004). Sem falar no deslocamento forçado da população ribeirinha para outras áreas.



O aumento das emissões de poluentes atmosféricos provindos do funcionamento de termoeletricas passou a ser objeto de maior preocupação com a crise no setor elétrico em 2001. Com a escassez de água nas hidrelétricas houve o risco de algumas regiões, como a Região Sudeste, ficar sem energia elétrica. Isso resultaria no aumento da geração das usinas termoeletricas, conseqüentemente, podendo aumentar a emissão de poluentes lançados na atmosfera e influenciando diretamente na saúde da população. Dentro desse contexto, algumas termoeletricas como a UTE Piratininga, localizada no município de São Paulo, foram ampliadas e repotenciadas no intuito de consumir o gás natural vindo da Bolívia. Além disso, um dos principais objetivos propostos com esses investimentos era o de complementar a geração hidrelétrica, que há tempos mostra-se como uma fonte não segura de energia, pois depende integralmente da sazonalidade. Essa complementação também teria o propósito de evitar possíveis *blackouts* e para atender a demanda de energia elétrica, principalmente por estarem localizadas próximas aos grandes centros urbanos, onde o consumo é maior.

Devido às discussões sobre a questão energética mundial e preocupação com a complementação termoeletrica na matriz brasileira, questiona-se a inserção desses empreendimentos especialmente em regiões intensamente urbanizadas. Vale destacar que atualmente no Estado de São Paulo, a emissão por veículos automotores corresponde a 90% do total de poluentes lançados na atmosfera, sendo o restante proveniente das fontes estacionárias (CETESB, 2008). Desse modo, a UTE Piratininga foi escolhida para o estudo de caso por ser uma termoeletrica inserida no município de São Paulo, junto ao canal Pinheiros e à barragem de Pedreira, próxima à Represa Billings (NAKAGAWA, 2009).

2. EMISSÃO DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS DE USINAS TERMOELÉTRICAS: IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE E NA SAÚDE

Em uma análise mais detalhada, verifica-se que o funcionamento de usinas termoeletricas provoca uma série de impactos socioambientais, desde a fase de implantação, operação e até a desativação da planta. Em geral, os impactos mais significativos, relacionados às emissões atmosféricas, ocorrem durante a fase de operação. A emissão de poluentes para a atmosfera pode ser considerada uma das principais ações impactantes resultante do funcionamento de usinas termoeletricas, pois consiste na emissão



de material particulado (MP) e gases provindos do processo de combustão, cuja quantidade e composição variam conforme a tecnologia e o combustível utilizado. Os principais poluentes emitidos desses empreendimentos são MP, SO_x, CO_x, NO_x e compostos orgânicos voláteis.

O MP é considerado qualquer substância (exceto água pura) existente na forma líquida ou sólida na atmosfera com dimensões microscópicas, porém, maiores que as dimensões moleculares. Essas partículas classificam-se em finas (diâmetro menor que 2,5 µm) e grossas (diâmetro maior que 2,5 µm). As partículas com diâmetro menor que 10 µm são as que mais causam efeitos adversos à saúde humana, pois tendem a se depositar nas regiões traquio-bronquial e pulmonar.

A quantidade de SO_x emitida ocorre em função da qualidade do combustível utilizado e da tecnologia de controle de emissão. O principal produto da combustão do enxofre é o SO₂, tóxico aos seres humanos, pois causa problemas no trato respiratório, podendo levar à morte em concentração de 500 ppm (WAGENER, 1999 apud MEDEIROS, 2003). Dependendo da quantidade emitida e de alguns fatores meteorológicos, o SO₂ pode reagir com vapor d'água formando ácido sulfúrico (H₂SO₄) e chuva ácida.

Em relação a emissão de carbono, pode-se dizer que a maior parte do mesmo, contida nos combustíveis fósseis, é emitida sob a forma de CO₂. A combustão incompleta resulta na formação de CO e compostos orgânicos. Apesar do CO ser um gás tóxico aos seres humanos e contribuir com a poluição local, suas concentrações no ambiente, provindas de fontes estacionárias, são consideradas baixas.

Os NO_x podem causar impactos diretos e indiretos no meio ambiente. Os efeitos diretos estão associados a sua transformação na atmosfera para NO₂, podendo ocasionar danos à saúde humana. Já os efeitos indiretos estão relacionados à formação do O₃ e outros oxidantes fotoquímicos, com a participação dos compostos orgânicos voláteis.

Na geração termoelétrica a gás, não ocorrem emissões significativas de SO_x e MP, e sim de NO_x. A formação desses praticamente não depende da composição química do combustível, mas do processo de combustão que ocorre no interior das turbinas e caldeiras, sendo necessária alta temperatura. Depois de emitidos, os NO_x reagem com outros compostos presentes na atmosfera, originando poluentes secundários: os oxidantes fotoquímicos, destacando o O₃, o peroxiacetil nitrato e o NO₂. Esses com-



postos são gerados a partir de hidrocarbonetos e NO na presença de luz solar (MEDEIROS, 2003).

Segundo CETESB (1997) citada por LUCON (2003), a presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera tem sido associada à redução da capacidade pulmonar e ao agravamento de doenças respiratórias, como a asma. Estudos em animais mostraram que o O₃ causa envelhecimento precoce, danos na estrutura pulmonar e diminuição da capacidade de resistir a doenças respiratórias. Esses efeitos não poupam nem as pessoas saudáveis. Já os NOx são capazes de penetrar no sistema respiratório, podendo gerar nitrosaminas, algumas das quais podem ser carcinogênicas.

A tabela 1 mostra as emissões de poluentes atmosféricos como SO₂, NOx, CO₂ e MP do funcionamento de usinas termoeletricas que utilizam como combustível óleo combustível e gás natural.

Tabela 1 - Emissões atmosféricas de termoeletricas (1.000 MW), por combustível (VEIGA, 2001).

COMBUSTÍVEL (ton)	QUANTIDADE (ton)	EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ANUAIS (ton)			
		SO ₂	NOx	CO ₂	MP
Óleo combustível (3%S)	2.000.000	40.000	30.000	5.700.000	5.400
Gás natural	2.000.000	20	15.000	4.400.000	150

A queima de combustíveis fósseis traz sérios problemas ao meio ambiente, devido a poluição atmosférica causada pela emissão de MP e pela chuva ácida provocada principalmente pela emissão de NOx e SOx. Ao contrário das fontes renováveis, que emitem quantidades bem menores de poluentes atmosféricos, como mostra tabela 2.

Tabela 2 - Emissões atmosféricas de diferentes fontes de energia (GÓRAL-CZYK, 2003).

EMISSÃO	TERMOELÉTRICA			HIDRELÉTRICA	EÓLICA	SOLAR
	CARVÃO	ÓLEO	GÁS			
GEE (kg CO ₂)	316	261	278	1,27	1,69	29,00
NOx (g)	513	575	464	10,40	8,60	0,36
SOx (g)	1.210	2.690	66	1,80	9,10	0,09

No processo de geração de energia elétrica com gás natural, a combustão é o principal responsável pela emissão de poluentes. Quando as tur-



binas operam com baixa potência, ocorre maior emissão de hidrocarbonetos e CO. Contudo a emissão de fumaça e NOx é insignificante. Do contrário, quando a potência chega ao máximo, a emissão de HC e CO diminui. No entanto, a emissão de NOx e fumaça é muito alta. Desse modo, a concentração da maioria dos poluentes de interesse nos gases de escape das turbinas a gás pode estar relacionada à temperatura e ao tempo de permanência dos gases na câmara de combustão (LORA, 2004 apud GUENA, 2007). Dependendo do combustível utilizado, mudam as características dos poluentes atmosféricos. Dessa forma, em usinas termoeletricas a óleo, as principais emissões são o CO, NOx, HC não queimados ou queimados parcialmente, SOx e MP. Essas emissões estão relacionadas à qualidade do combustível, operação do motor e organização da combustão (HINRICHS & KLEINBACH, 2003). Todos esses poluentes são nocivos às plantas e animais que vivem em áreas próximas as usinas, afetando ainda a saúde da população local.

3. UTE PIRATININGA: HISTÓRICO E SUA IMPORTÂNCIA

A UTE Piratininga está localizada na Zona Sul do município de São Paulo, junto ao canal Pinheiros e à barragem de Pedreira, à Avenida Nossa Senhora do Sabará, nº 5.312, no Distrito de Pedreira, pertencente à Subprefeitura de Cidade Ademar. A propriedade de 915.267,81 m² de área é da Empresa Metropolitana de Águas e Energia (EMAE). Nesse terreno localizam-se as instalações da UTE Piratininga e as unidades da UTE Fernando Gasparian, administrada pela Petrobrás.

Com o crescimento da industrialização na região de São Paulo, aumentou o consumo de energia elétrica que evidenciou a necessidade de ampliação do parque energético. Em decorrência do período hidrológicamente desfavorável, ocorrido no início da década de 1950, houve o racionamento de energia elétrica, quando notou-se a necessidade de adotar a termoeletricidade como parte do sistema gerador. Assim, foi construída a UTE Piratininga, que entrou em operação em 1954, com seus dois primeiros geradores e potência inicial de 200 MW. Na década seguinte, essa potência foi ampliada com mais dois conjuntos de turbinas de 136 MW cada, para 472 MW.

Desde 2000 a usina vem utilizando o gás natural como combustível, aproveitando suas vantagens econômicas e ambientais. Com a criação do PPT, através da Resolução nº 142/00 da ANEEL, a Petrobrás foi autorizada a implantar a central termoeletrica denominada primeiramente de Usina Nova



Piratininga, posteriormente como UTE Fernando Gasparian. Em janeiro de 2001 foi instituído o consórcio entre a EMAE e Petrobrás para que as duas empresas executassem a implantação de 4 turbinas a gás natural com potência instalada de 372 MW. Após a implantação do ciclo combinado nas unidades 3 e 4, hoje, a potência total instalada do Complexo Termoelétrico Piratininga é de 692 MW (EIA, 2002). Ainda em 2001, a UTE Piratininga teve um papel importante durante a crise no setor elétrico, quando operou em situação emergencial, utilizando óleo combustível e gás natural para a geração de energia elétrica. Isso pode ter ocasionado o aumento da emissão de poluentes para a atmosfera e afetado a saúde e bem-estar da população local.

Desde o projeto inicial até sua modernização, a descrição da UTE Piratininga pode ser feita basicamente em 2 fases, segundo o EIA de modernização e ampliação da usina. A fase 1 corresponde às instalações originais da usina em operação, com capacidade de geração instalada de 472 MW. As instalações são constituídas por 4 turbinas a vapor, 1 caldeira convertida para queimar gás, 3 caldeiras com queima a óleo combustível, sistemas de resfriamento de vapor com captação no canal Pinheiros e represa Billings e demais instalações. Na fase 1, as unidades 1 e 2 são compostas de turbinas instaladas em 1954, fabricadas pela *General Electric* e pelas caldeiras. Já as unidades 3 e 4 são compostas por turbinas instaladas em 1960, também fabricadas pela GE. Em 2001 essas caldeiras foram convertidas para utilizar gás natural. As mesmas são compostas por fornalha, tubulão de vapor, superaquecedor, queimadores e aquecedor de ar. Entre os elementos auxiliares, destacam-se os ventiladores forçados e induzidos, que suprem o ar necessário à combustão e executam a tiragem dos gases da fornalha para a atmosfera através da chaminé. Os geradores das unidades 1 e 2 têm capacidade máxima garantida de 100 MW. Nas unidades 3 e 4, os geradores têm capacidade máxima garantida de 136 MW (EIA, 2002).

A fase 2 corresponde a uma parte da modernização da usina. Consistiu na substituição da tecnologia de produção de energia elétrica, que caracteriza a instalação de 4 turbinas a gás e 4 caldeiras de recuperação visando melhor aproveitamento de energia disponibilizada pelo gás natural. Essa fase representa o fechamento parcial do ciclo combinado da usina, permitindo o aumento de sua capacidade instalada para 692 MW. Também é caracterizada pela operação da turbina a vapor acionada pela caldeira existente na fase 1 e das 4 turbinas a gás operando em ciclo combinado com as turbinas a vapor. O acionamento das 2 turbinas a vapor da fase 1 será realizado pelas caldeiras de recuperação da fase 2. Nessa fase, a usina



opera com 4 turbinas a gás cujo conceito básico de funcionamento consiste na conjugação do ciclo *Rankine*, com o ciclo básico de operação da turbina a gás, definido pela compressão, aquecimento, e expansão do gás natural, denominado ciclo *Brayton*.

A potência elétrica gerada na configuração de um ciclo combinado da UTE Piratininga e UTE Fernando Gasparian é de 186 MW nas duas turbinas a gás e de 110 MW na turbina a vapor, totalizando uma potência elétrica de 296 MW, na configuração de ciclo combinado. Considerando-se que nessa fase há a geração de energia elétrica por 4 turbinas a vapor (100 MW), a geração elétrica é de 692 MW (EIA, 2002).

3.1. AVALIAÇÃO DO EIA DA UTE PIRATININGA SOBRE OS IMPACTOS NA QUALIDADE DO AR

Na elaboração do EIA da usina, a empresa contratada pela EMAE realizou simulações matemáticas utilizando as taxas de emissões de operação nominal máxima, calculadas através de fatores de emissões obtidos no *Compilation AP-42* da *United States Environmental Protection Agency* (USEPA). A partir dessas simulações, foram elaboradas as tabelas a seguir. A tabela 3 mostra as taxas de emissão (g/s) para os seguintes poluentes.

Tabela 3 - Simulações com as taxas de emissão dos poluentes atmosféricos provindos do funcionamento da UTE Piratininga nas fases 1 e 2 (EIA, 2002).

POLUENTE EM POTÊNCIA MÁXIMA DE OPERAÇÃO (MW)	EMISSÃO TOTAL NA FASE 1 (g/s)	EMISSÃO TOTAL NA FASE 2 (g/s)
MP	33,58	6,92
SO ₂	408,58	0,38
NO _x	191,78	77,43
CO	27,97	18,94
Compostos Orgânicos Voláteis	5,7	4,08

Através dos cálculos expostos pelo EIA, é possível verificar que as taxas dos poluentes atmosféricos emitidos pela UTE Piratininga diminuem significativamente da fase 1 para a fase 2, com exceção dos compostos orgânicos voláteis, o qual não varia muito de uma fase para a outra. A diminuição desses valores pode estar atribuída à troca do óleo combustível pelo gás natural, à modernização das instalações e ao fechamento do ciclo combinado.



4. GERAÇÃO DE ENERGIA E OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA UTE PIRATININGA

Através da coleta dos dados de geração e consumo de combustíveis da UTE Piratininga foi possível elaborar os gráficos a seguir, no intuito de analisar a relação entre geração de energia elétrica e os impactos na qualidade do ar e na saúde da população do entorno.

A tabela 4 e a figura 1 mostram a geração de energia elétrica nas 4 unidades da usina no período de 1998 a 2007 e a quantidade de combustíveis consumidos no mesmo período.

Tabela 4 - Dados anuais de geração de energia elétrica da UTE Piratininga e quantidade de combustíveis consumidos de 1998 a 2007.

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Geração (MWh)	399.896	1.508.929	1.751.465	1.917.372	921.697	284.359	160.691	185.327	128.562	0
Óleo Combustível Consumido (ton)	132.856	415.556	421.941	337.990	45.774	7.253	0	0	5164,4	0
Gás Natural Consumido (m³)	0	0	94.032,9	229.821,2	298.696,3	108.336,8	61.785	63.495,1	44.879,9	3,2

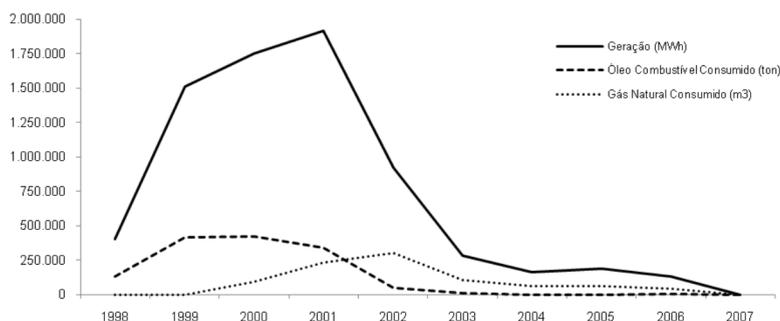


Figura 1 - Geração anual de energia elétrica da UTE Piratininga e quantidade dos combustíveis consumidos de 1998 a 2007.

Através da tabela e do gráfico acima foi possível verificar um aumento significativo na geração de energia elétrica a partir do ano de 1999 até 2001, diminuindo nos anos seguintes. Esse aumento ocorreu principalmente devido à crise no setor elétrico de 2001, pois com a baixa geração



das hidrelétricas, as termoelétricas tiveram que compensar a geração insuficiente para atender a demanda. Também pode-se observar que o consumo de óleo combustível diminuiu a partir de 2001, zerando em 2004. Isso é explicado pelo fato do óleo combustível ser mais caro que o gás natural, por emitir maior quantidade de poluentes atmosféricos e pelo início da operação do GASBOL, que tinha como um dos objetivos, abastecer o Estado de São Paulo.

O gás natural, que passou a ser utilizado em 2000, atingiu seu pico no ano de 2002 e passou a decair nos anos seguintes, praticamente zerando em 2007, quando a UTE Piratininga não gerou energia elétrica. Essa paralisação na geração foi em decorrência das cheias dos reservatórios das hidrelétricas, sendo suficientes para atender a demanda de energia elétrica no período.

Com esses dados, observou-se a necessidade de analisar melhor o intervalo de tempo, mês a mês entre 1999 e 2002, destacando o período no qual a usina gerou mais energia elétrica durante o período do apagão. Desse modo, a figura 2 mostra a geração mensal de energia elétrica da UTE Piratininga de 1999 a 2002.

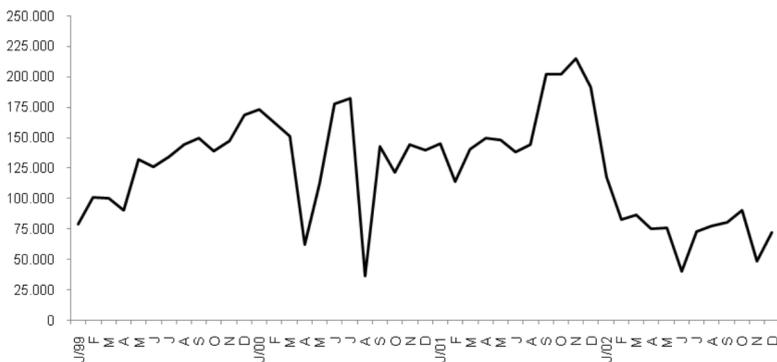


Figura 2 - Geração mensal de energia elétrica da UTE Piratininga de 1999 a 2002.

A partir da figura 2, nota-se que a geração de energia elétrica foi crescente durante todo o ano de 1999, apresentando duas fortes quedas em abril e agosto de 2000. De acordo com o Departamento de Gestão Ambiental da EMAE, geralmente o aumento da geração está associado à demanda no SIN. A queda ocorrida em abril pode ser devido a grande oferta de energia hídrica e, em agosto, provavelmente pelas limitações da troca



térmica no Canal Pinheiros, por conta da pouca disponibilidade (estiagem) e baixa movimentação da água (impedimento do bombeamento para resfriamento das caldeiras e turbinas). No ano de 2001, a geração de energia elétrica atingiu seu pico máximo de agosto a novembro, decaindo nos outros meses e mantendo-se relativamente estável em 2002. Com a cheia dos reservatórios de água e fim da crise, a UTE Piratininga diminui acentuadamente sua geração a partir de 2002.

A fim de estudar as relações entre a geração de energia elétrica e a qualidade do ar, foram coletados os dados do laboratório químico da EMAE que realiza algumas medições dos poluentes emitidos no funcionamento da usina como CO, SO₂ e NOx. Essas medições são realizadas no 1º, 3º e 5º andares das chaminés, nas faces leste e oeste das mesmas nas unidades 1 e 2, e unidades 3 e 4. Essas medições são feitas por um único aparelho: *Telegas Gas Monitoring – Tempest 100* (série TP20387) que emite um relatório constando os valores de O₂ (%), CO (ppm), NOx (ppm), SO₂ (ppm), temperatura, umidade e pressão.

Para esta pesquisa foram coletados somente os dados da unidade 2, no 3º andar e em ambas as faces da chaminé, devido a maior frequência nas medições na mesma. Entretanto, constatou-se que as medições não obedecem uma periodicidade nem um padrão de geração de energia, ou seja, as medições podem ser feitas quando a usina está gerando 20 MW (menor valor registrado) ou 100 MW (maior valor registrado). Isso pode ser observado através da tabela 5.

Tabela 5 - Dados de medição dos poluentes atmosféricos na unidade 2, 3º andar, face leste da chaminé registrados em 1999, conforme data e energia gerada.

	1999 LESTE										
	14/jan (100 MW)	20/jan (100 MW)	4/fev (60 MW)	12/fev (78 MW)	24/fev (70 MW)	18/mar (20 MW)	28/jul (50 MW)	13/ago (40 MW)	30/ago (40 MW)	14/set (40 MW)	20/out (58 MW)
CO (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CO ₂ (%)	13,65	13,76	10,84	10,09	13,7	5,84	9,11	9,11	7,52	8,83	11,65
SO ₂ (ppm)	473	518	344	325	430	194	301	301	235	264	350
NOx (ppm)	480	507	383	327	389	185	283	238	245	332	384

A partir destes dados foi possível verificar que os valores de NOx e SO₂ diminuem à medida que a geração de energia elétrica também diminui e aumentam com o crescimento da geração. Além disso, nota-se os altos níveis de concentração destes dois poluentes, estando acima dos padrões



estabelecidos pela legislação ambiental (para NOx em 1 hora, 320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ e para SO₂ em 24 horas, 365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Entretanto, não é possível correlacionar estes dados com a qualidade do ar, uma vez que, quando os poluentes entram em contato com a atmosfera, mudam suas características.

Como forma de averiguar os impactos na saúde da população residente próximo da usina, foram coletados e analisados os dados de mortalidade por doenças respiratórias e número de inalações realizadas no período do estudo. Os dados de mortalidade foram coletados através do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) do Programa de Aprimoramento das Informações de Mortalidade no Município de São Paulo (PROAIM), dos distritos de Cidade Ademar e Pedreira, onde está localizada a UTE Piratininga, desde 1998 até 2007. Por meio dos dados do Proaim foi elaborado o gráfico que mostra o número de óbitos por doenças respiratórias nos dois distritos como mostra a figura 3.

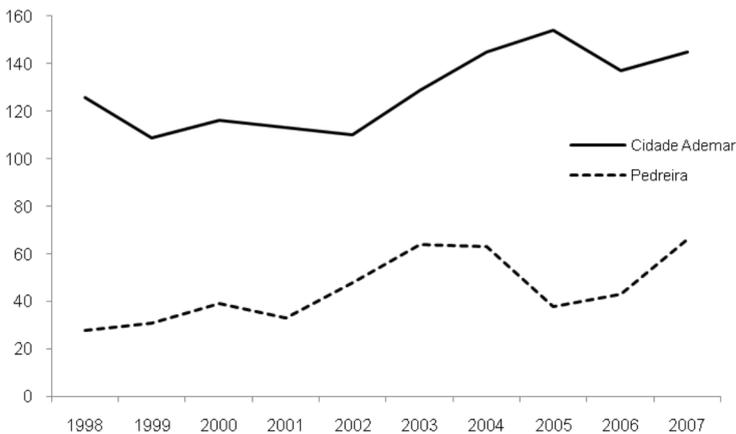


Figura 3 - Número de óbitos por doenças do aparelho respiratório nos distritos de Pedreira e Cidade Ademar de 1998 a 2007 segundo dados do Proaim.

A partir deste gráfico foi possível observar que há um aumento no número de óbitos relacionados às doenças respiratórias em ambos os distritos. Em Cidade Ademar esse aumento inicia-se a partir de 2002, atingindo seu pico em 2005. De acordo com os dados do SEADE (2009) de 1998 a 2007 a população de Cidade Ademar teve uma taxa de crescimento de 1,02. Já em Pedreira, o número de óbitos cresce a partir de 2001, decaindo em 2005 e voltando a aumentar em 2006 e 2007. No período de 1998 a 2007, a taxa de crescimento da população foi de 1,28. Desse modo, percebe-se que o



crescimento da população influenciou no aumento de óbitos por doenças respiratórias nos dois distritos. Contudo, ao calcular a taxa de óbitos no mesmo período, percebe-se que enquanto o crescimento da população em Cidade Ademar foi de 1,02, a taxa de óbitos por doenças do aparelho respiratório foi de 1,15. Em Pedreira a taxa de crescimento foi de 1,28, enquanto a taxa de óbitos de 2,36. Portanto, observou-se que a taxa de mortalidade pela causa estudada, no distrito de Pedreira, foi superior ao crescimento da população no período analisado.

Como dados de morbidade foram coletados os números de inalações feitas nas duas Unidades Básicas de Saúde (UBS) mais próximas da UTE Piratininga: UBS Vila Aparecida e UBS Mar Paulista. Como estas foram inauguradas entre 2001 e 2003, foram utilizados somente os dados a partir de 2002 até 2007. Sendo assim, foi realizado o cruzamento dos dados de geração de energia e de inalações das duas UBS e com isso elaborou-se o gráfico ilustrado na figura 4. Para melhor visualizar essa relação, foi escolhido o período de janeiro de 2003 a dezembro de 2006.

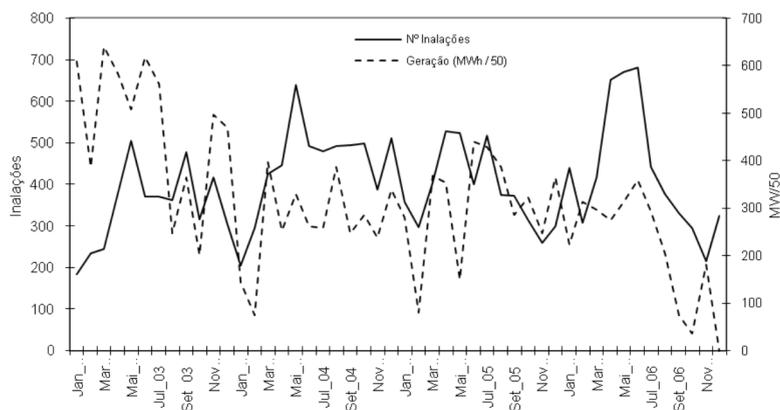


Figura 4 - Correlação gráfica entre os dados de inalações e de geração de energia elétrica da UTE Piratininga de janeiro de 2003 a dezembro de 2006.

Graficamente, é possível verificar que em alguns períodos existe uma proximidade de correlação entre a geração de energia e os casos de inalações da população local, pois percebe-se que a linha cheia (inalações) comporta-se de forma semelhante à pontilhada (geração). Contudo, em outros períodos verifica-se um distanciamento entre ambas.



5. CENÁRIO FUTURO: PDE – 2008/2017

Através do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) – 2008/2017 é possível constatar que até 2017 haverá o incremento do óleo combustível na geração de energia. Isso pode ser em função do potencial de exploração de petróleo na camada do pré-sal, que promete aumentar a produção de combustíveis fósseis proporcionando maior independência do Brasil em relação aos mesmos do ponto de vista das importações. A figura 5 mostra a participação das fontes na geração termoelétrica de 2008 até 2017.

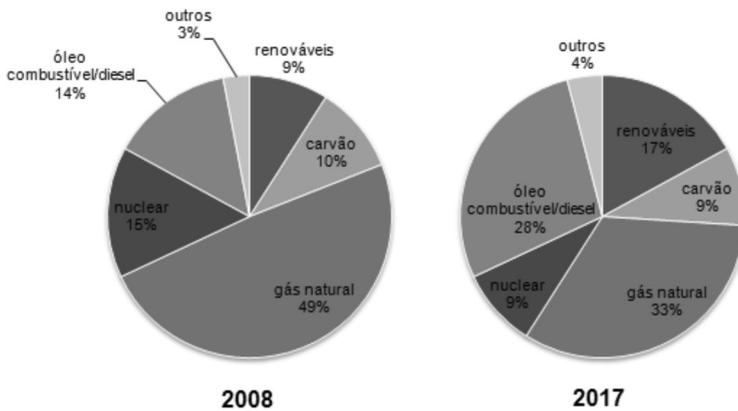


Figura 5 - Participação das fontes de energia na geração termoelétrica em maio de 2008 e dezembro de 2017 (EPE, 2008).

Através da figura 5 é importante destacar que até 2017, haverá o aumento da oferta de óleo combustível e diesel de 14% para 28%. Além da redução do gás natural de 49% para 33%, provavelmente pela baixa disponibilidade do mesmo nos últimos anos. Segundo EPE (2008), atualmente estão em operação 9 usinas termoelétricas a óleo combustível com potência instalada de 1.022,3 MW. Ainda estão sendo construídas ou contratadas mais 40 usinas com capacidade instalada de 7.500 MW. Essas termoelétricas vão continuar operando em regime de complementação hidrotérmica.

Ao observar a tabela 6, verifica-se que em 2008 a geração de energia elétrica passa de aproximadamente 100 GW para quase 154 GW em 2017, com o objetivo de atender o mercado projetado no período, mostrando a evolução da capacidade instalada por fonte de geração de energia (EPE, 2008).



Tabela 6 - Evolução da capacidade instalada por fonte de geração (MW) (EPE, 2008).

FONTE	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Hidrelétrica (*)	84.374	86.504	89.592	91.480	92.495	95.370	98.231	103.628	110.970	117.506
Nuclear	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	2.007	3.357	3.357	3.357	3.357
Óleo (**)	1.984	3.807	5.713	7.153	7.397	10.463	10.463	10.463	10.463	10.463
Gás Natural	8.237	8.237	8.453	8.948	10.527	12.204	12.204	12.204	12.204	12.204
Carvão	1.415	1.415	1.765	2.465	2.815	3.175	3.175	3.175	3.175	3.175
F. Alternativa (***)	1.256	2.682	5.420	5.479	5.479	5.593	5.593	5.913	6.233	6.233
Gás de Processo e Vapor	469	959	959	959	959	959	959	959	959	959
TOTAL	99.742	105.611	113.909	118.491	121.679	129.771	133.982	139.699	147.361	153.897

* Inclui PCH, ** Óleo combustível e óleo diesel, *** Biomassa e eólica

Ao analisar esta tabela é possível observar que a geração hidrelétrica aumentará em mais de 33 mil MW, devido os investimentos nessa fonte de geração e finalização da construção das usinas do Rio Madeira e Xingu. Já a geração termoeétrica a óleo aumentará para quase 9 mil MW e a gás natural para quase 4 mil MW. Nota-se que o aumento do uso de óleo combustível será superior 2 vezes mais que o de gás natural. Esse fato pode ser em decorrência da falta de abastecimento do mesmo, sendo desviado principalmente para a indústria e uso veicular. Outra fonte que estará em ascensão são as fontes renováveis, que englobam biomassa e eólica. Essas fontes terão um aumento de quase 5 mil MW, mostrando certa preocupação dos órgãos governamentais com questões ambientais e esforço para a promoção da diversificação da matriz energética brasileira.

6. CONCLUSÕES

Através deste trabalho foi possível observar a influência que o funcionamento da UTE Piratininga exerce sobre a qualidade do ar e saúde da população do entorno. Os impactos causados por esse tipo de empreendimento é ainda maior quando este está localizado em uma região com grande adensamento urbano como a RMSP e principalmente nos períodos de seca, quando as hidrelétricas não dão conta de gerar energia elétrica suficiente para atender a demanda. Um dos fatores que levaram à crise no setor elétrico de 2001 foi justamente a falta de chuva e investimento na geração hidrelétrica, o que resultou em maior trabalho das termoeletricas (inclusive a óleo combustível) e possivelmente em maior emissão de poluentes para a atmosfera.



A grande frota veicular da RMSP é responsável por mais de 90% da emissão de poluentes atmosféricos no Estado de São Paulo. Esse percentual é muito alto e deixa evidente a influência que a emissão veicular tem sobre a qualidade do ar. Essa grande emissão acaba muitas vezes interferindo na análise dos dados coletados nas estações da CETESB, impossibilitando avaliar a quantidade de poluentes emitidos por uma única fonte fixa. Daí a importância da instalação de uma estação de monitoramento no entorno da UTE Piratininga e de outros empreendimentos, com o intuito de verificar os índices de contaminação atmosférica de forma contínua, sendo esse um compromisso da empresa que administra o empreendimento.

Também cabe destacar a importância de uma análise mais rigorosa do EIA de empreendimentos com fins energéticos, cujo local de instalação está inserido em grandes centros urbanos, como a UTE Piratininga. Um detalhe importante que deve ser considerado é que muitas vezes as informações contidas nesses documentos são provenientes de simulações que utilizam modelos matemáticos e computacionais que não necessariamente traduzem o comportamento real das variáveis investigadas. Os dados utilizados para a elaboração do EIA são de simulações que não demonstram efetivamente a influência da emissão de poluentes da termoeletrica na qualidade do ar da região, sem contar que foram realizadas considerando somente o gás natural como combustível. No entanto, em casos extremos de emergência, a usina tem autorização do órgão ambiental para utilizar óleo combustível para a geração de energia. Isso não foi levado em consideração pelo EIA da UTE Piratininga, pois a queima de óleo emite quantidades bem maiores de poluentes para a atmosfera que o gás natural.

Sabe-se que é difícil correlacionar os dados de mortalidade aos problemas respiratórios, uma vez que na população estudada, existem os casos de fumantes, alcoólatras, migrantes de outras regiões que já possuíam alguma doença respiratória prévia, entre outras diversas variáveis de confusão. De qualquer modo, cabe destacar que os períodos em que ocorreram os episódios de mortes, como mostrou a figura 3, podem estar relacionados ao funcionamento da usina, pois a mesma utilizou, exclusivamente até 1999, o óleo combustível. Por ser mais poluente e tóxico que o gás natural, sua emissão ao longo dos anos pode ter acentuado os casos de óbitos no período estudado. Além disso, a taxa de mortalidade por doenças respiratórias mostrou-se maior que a taxa de crescimento populacional do distrito de Pedreira, indicando que mesmo com o crescimento da população, ainda sim o número de mortes foi maior. Isso pode ter sido agravado pelo



funcionamento emergencial da UTE Piratininga na época da crise no setor elétrico.

Além disso, é importante observar que o aumento no número de óbitos ocorreu após a crise no setor elétrico de 2001. Portanto, se considerado que as pessoas falecidas por problemas respiratórios, foram expostas aos poluentes anteriormente descritos, vindo a falecer nos anos seguintes, talvez fosse possível sugerir que essa exposição pudesse ter sido agravada pela emissão dos poluentes da UTE Piratininga, além das demais fontes na RMSP. Já em relação aos dados de morbidade, verificou-se forte correlação entre o número de inalações realizadas nas UBS e a geração de energia em alguns períodos. Essas correlações mostram que no momento em que a termoelétrica aumentava sua geração, a população procurava o serviço de saúde com problemas respiratórios.

Segundo os estudos da EPE, nos próximos 10 anos, haverá forte investimento em usinas termoelétricas, principalmente a óleo combustível. Esse fato poderá imputar em ônus para as populações que vivem próximas desses empreendimentos. Sendo assim, a preocupação e investimento na geração de energia elétrica para atender a demanda, devem ser proporcionais à preocupação e investimento nos setores de saúde pública e meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEN. Balanço Energético Nacional 2009 – Ano Base: 2008. In: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. BEN 2009. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2009.pdf>. Acesso em 19 de Janeiro de 2010.

CARRA, J.L. Matriz energética e de emissões: instrumentos de análise das políticas públicas no setor energético. 200 f. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

CETESB. Relatório Anual de Qualidade do Ar do Estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2008, 354 p. (Relatório técnico).

EIA UTE Piratininga. Estudo de impacto ambiental da modernização e ampliação da UTE Piratininga. São Paulo: ERM Brasil Ltda, 2002. (Relatório técnico).



EPE. Empresa de Pesquisa Energética. In: MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2008/2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Forms/EPEEstudo.aspx>>. Acesso em 10 de Abril de 2009.

GÓRALCYK, M. Life-cycle assessment in the renewable energy sector. *Applied Energy*, v. 75, p. 205 – 211, 2003.

GUENA, A.M. de O. Avaliação ambiental de diferentes formas de geração de energia elétrica. 146 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

HINRICHS, R.A; KLEINBACH, M. Energia e meio ambiente. 3ª edição. São Paulo: Thomson, 2003, 525 p.

ROSA, L.P.; SANTOS, M.A. dos; TUNDISI, J.G. Greenhouse gas emissions from hydropower reservoirs and water quality. 1ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Vozes, 2004, 136 p.

LUCON, O.S. Modelo Horus inventário de emissões de poluentes atmosféricos pela queima de combustíveis em indústrias no Estado de São Paulo. 244 f. Tese de Doutorado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

MEDEIROS, A.M. Bases metodológicas para a incorporação da variável ambiental no planejamento da expansão termelétrica no Brasil. 140 f. Dissertação de Mestrado – Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

NAKAGAWA, L. Estudo dos efeitos na qualidade do ar e na saúde humana do funcionamento de usinas termelétricas em regiões intensamente urbanizadas: o caso da UTE Piratininga – SP. 151 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Energia, Universidade Federal do ABC, Santo André, 2009.

VEIGA, J.R.C. da. Oportunidades de negócio com a repotenciação de usinas: aspectos técnicos, econômicos e ambientais. 108 f. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.