Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

Prof. Tadeu Malheiros
Monitora: Amanda Arenales
SHS0375

2019

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos

Estudo da dispersão atmosférica de poluentes, utilizando o modelo ISCST3 (*Industrial Source Complex*) para a usina termoelétrica de agudos do sul (Município de Agudos do Sul/PR)

KCC – GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA LTDA

2019

ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

Caracterização do empreendimento:

- Coordenadas geográficas 26°03’15” S e 49º21’24” W, com altitude média de aproximadamente 955m acima do nível do mar.
- A Usina Termoelétrica de Agudos do Sul será instalada no Município de Agudos do Sul;
- Queimará biomassa, sendo que existirão 3 pátios para acumulação de biomassa.

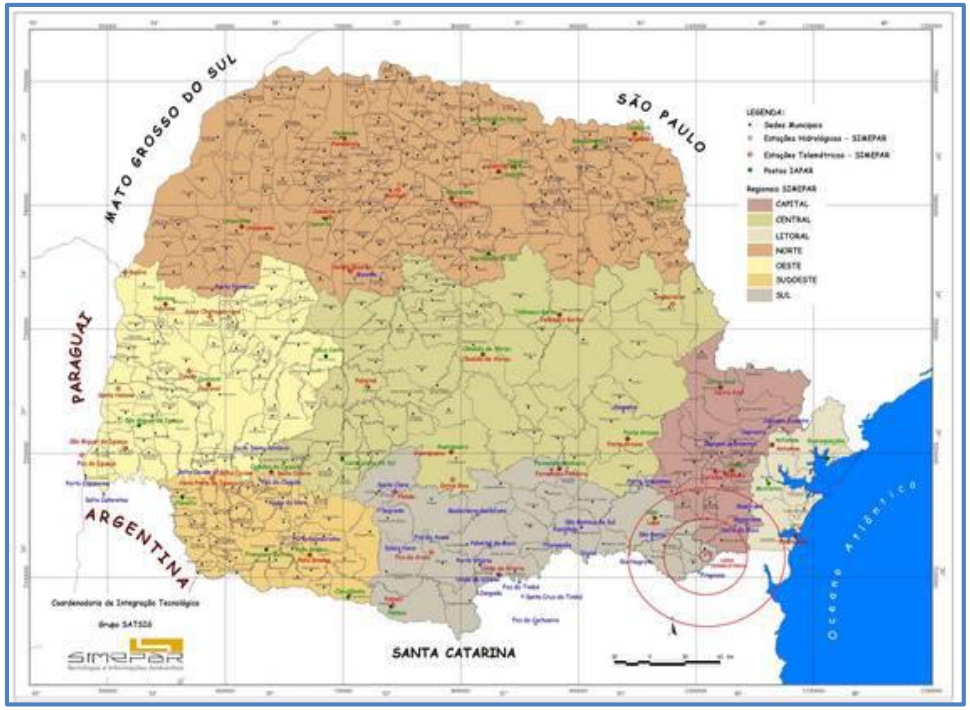

Figura 1 – Localização da Usina (Fonte: Simepar / Modificado: Envex, 2009)

Fontes de Efluentes Atmosféricos

A usina está projetada geração de energia elétrica com potência até 16,5 MW bruto. A operação da usina será continua, totalizando, 8760 h de operação anualmente. A queima da biomassa lança para a atmosfera:

- Material particulado total (MPT);
- Monóxido de carbono (CO);
- Dióxido de carbono (CO_2);
- Dióxidos de nitrogênio (NO_x); e,
- Uma pequena parcela de hidrocarbonetos.

Fontes de Efluentes Atmosféricos

Para fins de avaliação de impactos sobre a qualidade do ar, entretanto, considera-se neste estudo o impacto das substâncias que são mais representativas e possuem limites de emissão regulamentadas pelo CONAMA, através da Resolução 382/06, e pelo Estado do Paraná através da Resolução 054/06. As principais substâncias são:

- Material particulado total (MPT);
- Monóxido de carbono (CO);
- Dióxidos de nitrogênio (No_x).

Fontes de Efluentes Atmosféricos

Tabela 1 – Características da chaminé emissões (Fonte: Biochamm Caldeiras)

Parâmetro	Valor
Localização (UTM), Zona 22	664,479 km; 7.117,193 km
Altitude	955 m
Altura de lançamento	30 m
Diâmetro da chaminé	2,5 m
Temperatura dos gases	125ºC
Velocidade de saída	9,0 m/s
Operação	8400 h/ano
Combustível	Resíduos de beneficiamento de madeira e florestais oriundos do corte raso dos reflorestamentos regionais
Consumo do combustível do projeto	18920 kg/hora
Emissão de MPT	27,77 kg/hora
Emissão de NO_x (como NO_2)	69,41 kg/hora
Emissão de CO	138,85 kg/hora

PADRÕES LEGAIS A SEREM ATENDIDOS

Tabela 2 – Padrões de emissão estadual – 11% de O_2 (Fonte: Resol. SEMA 054/06)

Potência Térmica Nominal[1)] MW	Densidade colorimétrica	MP-total mg/Nm³	CO mg/Nm³	NO_x mg/Nm³	SO_x mg/Nm³	Automonitoramento – Amostragem	
						Parâmetros	Freqüência
Até 0,5	20% equivalente ao Padrão 1 da Escala Ringelmann[2)]	560	6.000	NA	NA	CO ou MP-total, O_2	Anual
Entre 0,5 e 2,0		560	3.000	NA	NA		Anual
Entre 2,0 e 10		560	2.500	NA	NA		Semestral
Entre 10 e 50		400	2.000	500	NA	MP-total, CO, NO_x e O_2	Semestral
Entre 50 e 100		200	1.000	500	NA	MP-total, CO, NO_x e O_2	Semestral
Acima de 100		100	500	500	NA	MP-total, CO, NO_x e O_2	Contínuo

Notas: 1) Na faixa até 10 MW, o controle das emissões poderá ser comprovado através do atendimento ao padrão de MP-total ou atendimento ao padrão de CO
2) exceto nas operações de aquecimento, modulação e ramonagem, por um período que totalize 10 minutos, ao longo das 24 horas do dia.
NA: Não aplicável

PADRÕES LEGAIS A SEREM ATENDIDOS

Tabela 3 - Padrões de emissão conforme Resolução CONAMA 382/06

Potência térmica nominal (MW)	MP[1]	NOx[1] (como NO_2)
Menor que 10	730	N.A.
Entre 10 e 30	520	650
Entre 30 e 70	260	650
Maior que 70	130	650

[1] os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm^3, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio.
N.A. - Não aplicável.

Altura mínima da chaminé

Tabela 4 – Altura mínima da chaminé conforme artigo 8 da Resolução SEMA 054/06

Poluente	Taxa de emissão	Altura mínima	5 m acima de residências no raio de
MPT	27,77 kg/h	18,8 m	840 m
NO_x	69,41 kg/h	48,0 m	1438 m
CO	138,85 kg/h	-	840 m

Padrões de Qualidade do Ar

Tabela 5 – Padrões de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA 03/90)

POLUENTES	Padrão Primário [µg/m³]	Padrão Secundário [µg/m³]	Tempo Amostragem	Método de Medição
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	240(1) 80	150(1) 60	24 h anual(3)	amostrador de grandes volumes (Hivol)
Partículas Inaláveis (PI)	150(1) 50	150(1) 50	24 h anual(2)	separação inercial/filtração
Fumaça	150(1) 60	100(1) 40	24 h anual(2)	refletância
Dióxido de Enxofre (SO_2)	365(1) 80	100(1) 40	24 h anual(2)	pararosanilina
Monóxido de Carbono (CO)	40.000(1) 10.000(1)	40.000(1) 10.000(1)	1 h 8 h	infravermelho não dispersivo
Ozônio (O_3)	160(1)	160(1)	1 h	quimilumines-cência
Dióxido de Nitrogênio (NO_2)	320 100	190 100(1)	1 h anual(2)	quimilumines-cência

Notas:
(1) Não deve ser excedido mais do que uma vez por ano
(2) Média atmosférica
(3) Média Geométrica

MODELAGEM DA DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

O modelo ISCST3 baseia-se na teoria de dispersão Gaussiana, tal como ilustra a Figura 2:

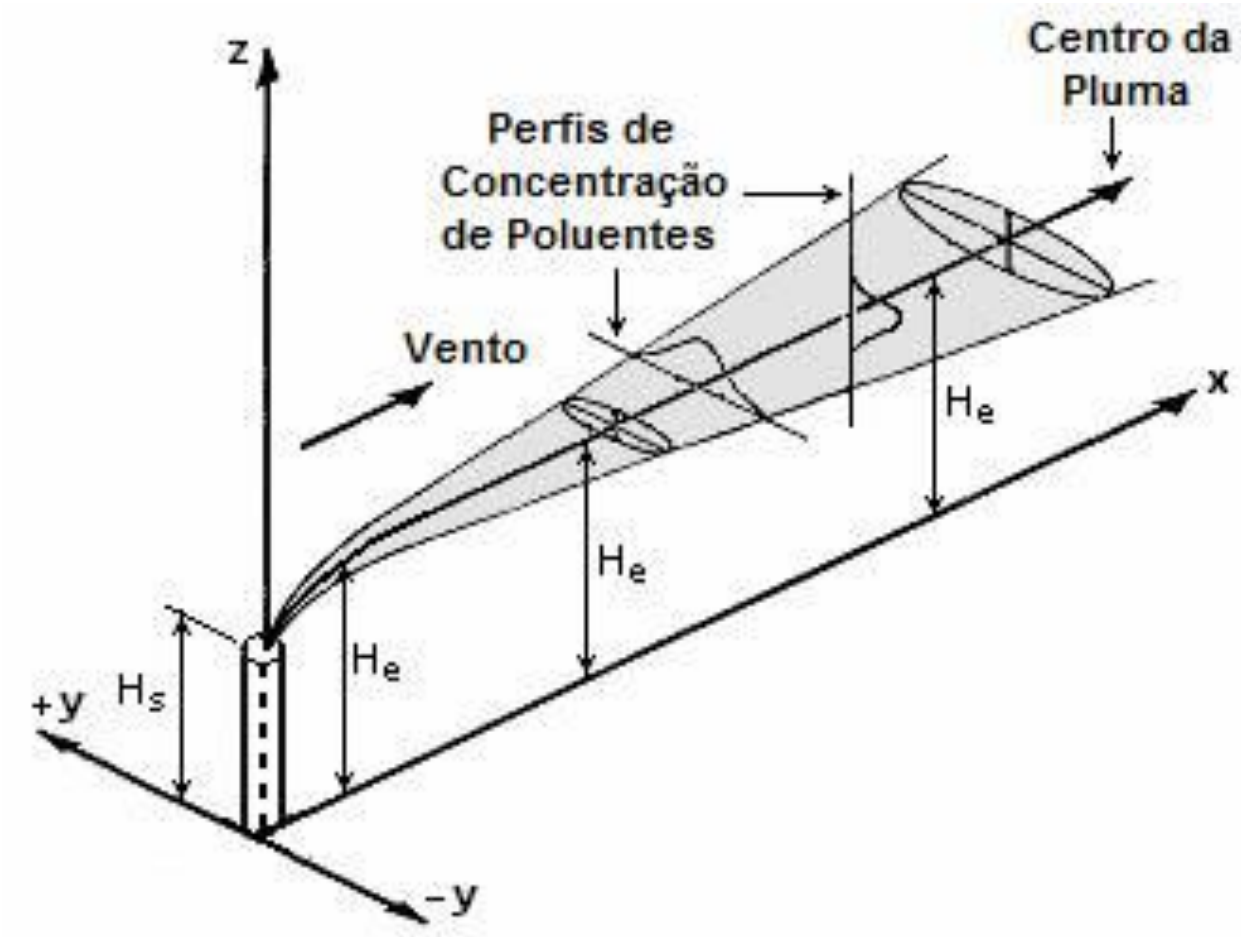

Figura 2 – Esquema de Pluma Gaussiana, utilizado pelo modelo ISCST3

Implementação do Modelo ISC3

O sistema computacional, programado em linguagem FORTRAN e funciona, no mínimo, com dois arquivos de entrada:

- Arquivo de definições e opções de simulações (opções de modelagem, localização das fontes e seus parâmetros, a localização dos receptores, dados meteorológicos que serão utilizados e as opções de saída; e,
- Arquivo de meteorologia (direção e velocidade do vento, temperatura, precipitação, estabilidade atmosférica, altura de mistura - inversão térmica).

Configuração do ISCST3

```
**
**                  @@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@
**                  @  RUNSTREAM FILE:MODELAGEM  -   KCC GERACAO  @
**                  @@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@

CO STARTING
   TITLEONE Modelagem da Dispersao Atmosferica: KCC Geração de Energia
   TITLETWO André Malheiros 41-9906-3860 - andremalheiros@yahoo.com.br
   MODELOPT CONC RURAL NOCALM MSGPRO
   AVERTIME 1 24 ANNUAL
   POLLUTID PTS
   TERRHGTS ELEV
   RUNORNOT RUN
   ERRORFIL ARQ.ERR
CO FINISHED

SO STARTING
** ---------------------------------------------------------------------
   LOCATION CHAMINE POINT 664479.0 7117193.0 0.0
** Point Source      QS(g/s) | HS(m) | TS(K)  | VS(m/s) | DS(m)
** Parameters       ---------------------------------------------
   SRCPARAM CHAMINE  7.714    30.0    398.0     9.0       2.5
** ---------------------------------------------------------------------
   SRCGROUP ALL
SO FINISHED

RE STARTING
   ELEVUNIT METERS
   INCLUDED recep.txt
RE FINISHED

ME STARTING
   INPUTFIL  lapa.met
   ANEMHGHT  10.0 METERS
   SURFDATA  3333  1999
   UAIRDATA  13333 1999
   STARTEND 2000 01 01 01 2004 12 31 24
   WDROTATE 180
ME FINISHED

OU STARTING
   RECTABLE ALLAVE FIRST
   MAXTABLE 24 50
   MAXTABLE 1 20
   PLOTFILE 24 ALL FIRST PTSDAY.PLF
   PLOTFILE ANNUAL ALL PTSANO.PLF
OU FINISHED
```

Condições Meteorológicas

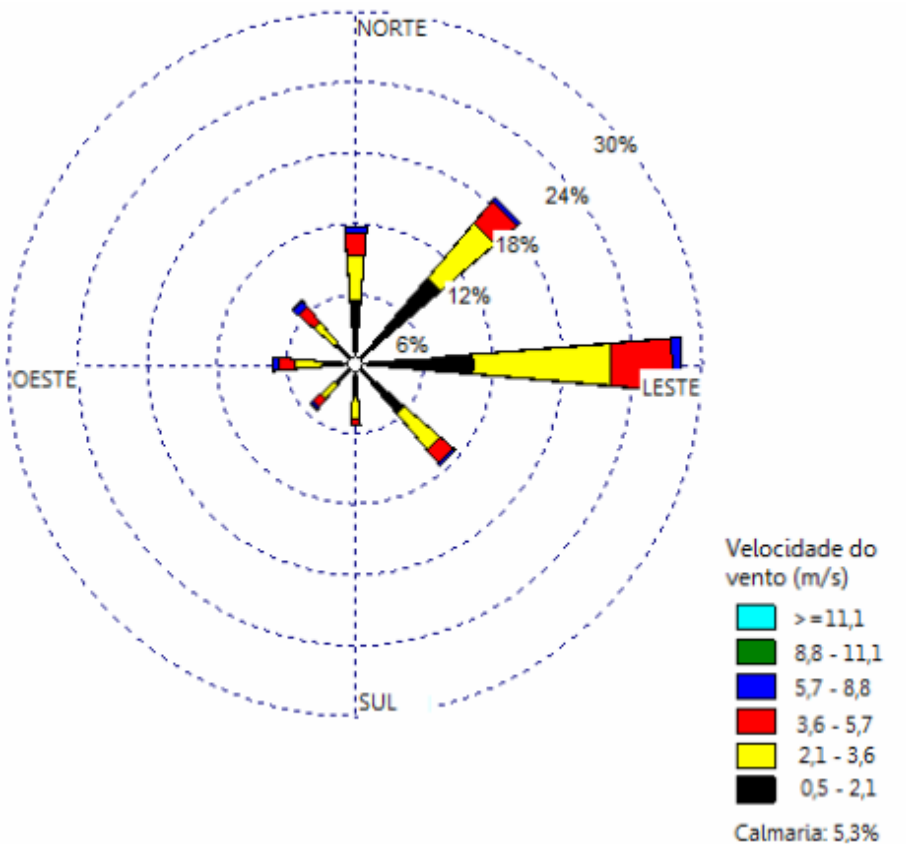

Figura 3 – Rosa-dos-ventos para a região.

Condições Meteorológicas

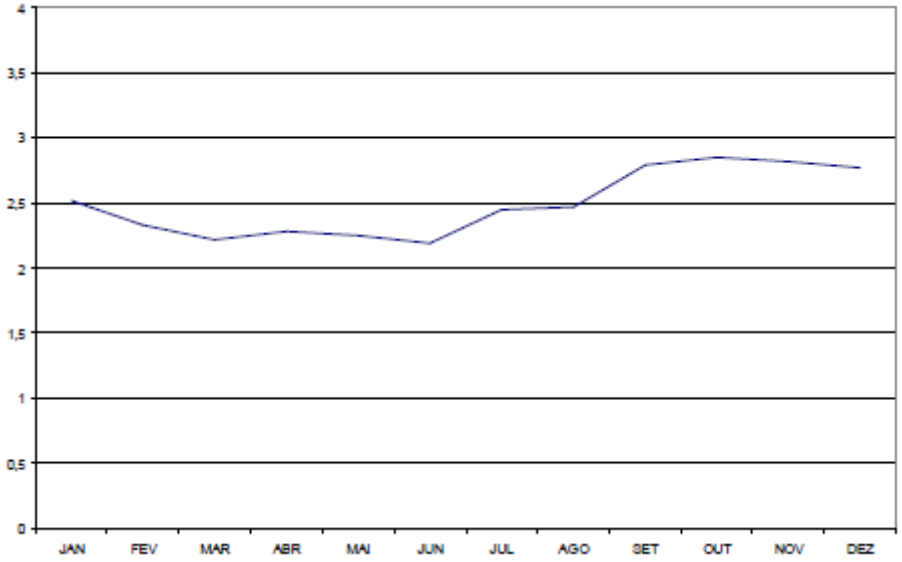

Figura 4 – Velocidade média mensal de vento**.**

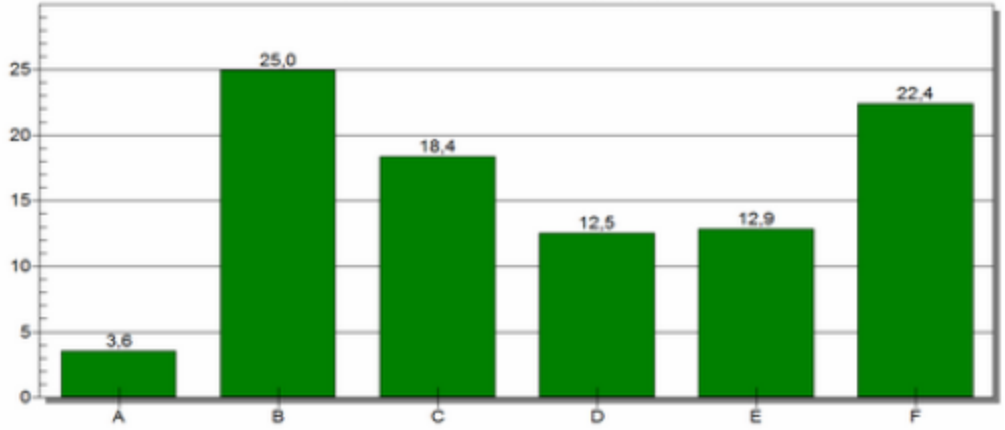

Figura 5 –Classes de Estabilidade Pasquill.

Condições Meteorológicas

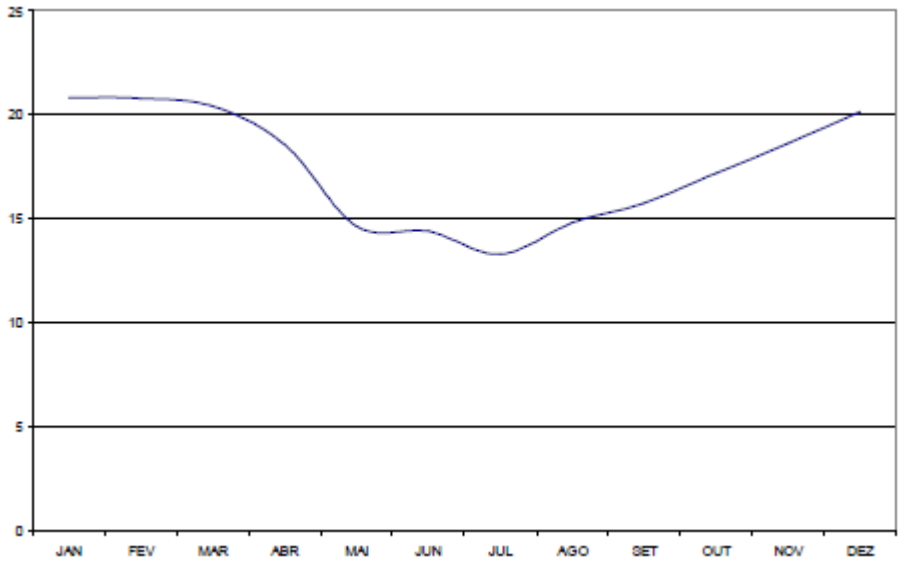

Figura 6 – Temperatura mensal média.

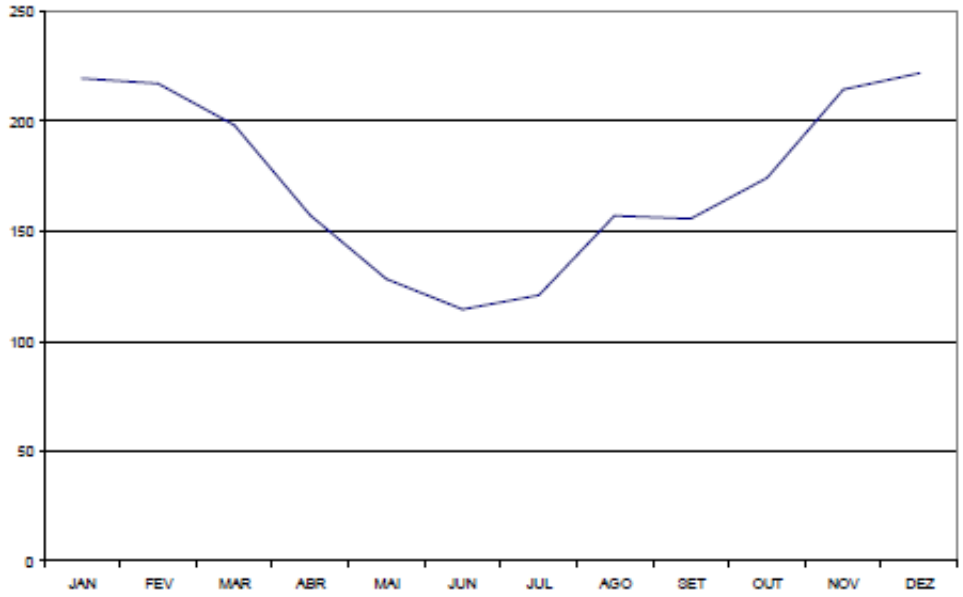

Figura 7 – Radiação solar mensal média.

Condições Meteorológicas

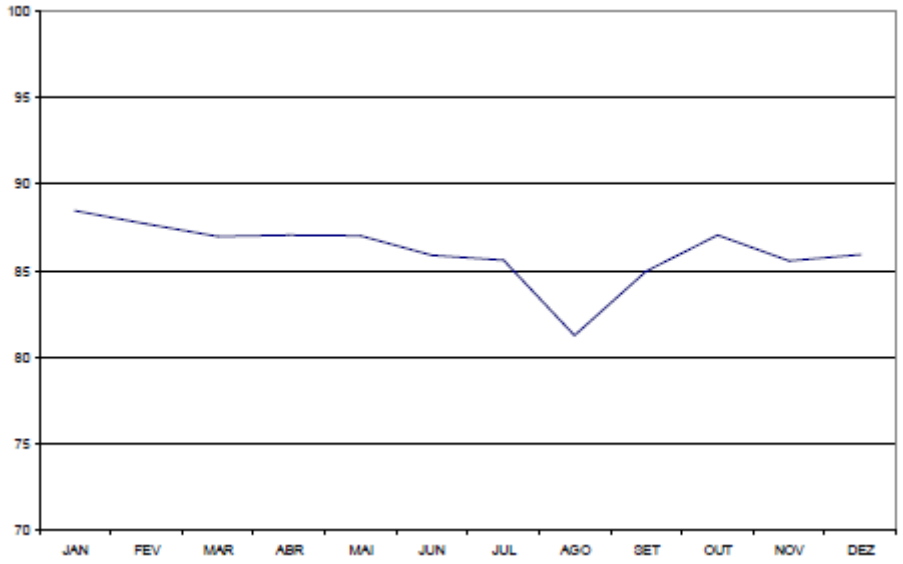

Figura 8 – Umidade relativa mensal média.

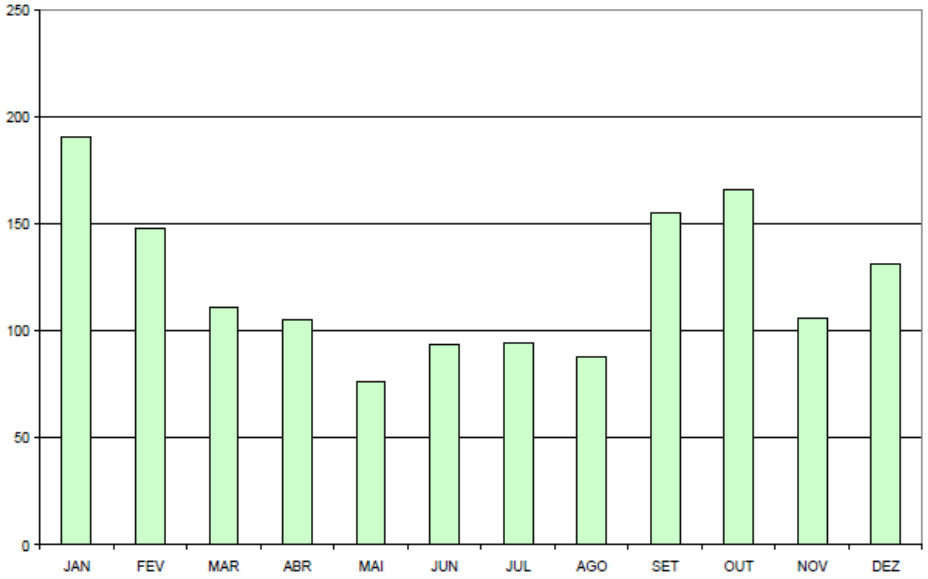

Figura 9 – Precipitação mensal média.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados são apresentados de acordo com os padrões de qualidade do ar. Os dados da fonte conduzida e das emissões já foram mostradas na Tabela 1 e são complementadas com os dados da Tabela 6:

Parâmetro	Valor
Emissão de MPT	7,714 g/s
Emissão de NO_x (como NO_2)	19,28 g/s
Emissão de CO	38,57 g/s

Tabela 6 – Taxas de emissões (Fonte: Biochamm Caldeiras).

Resultados das Médias Anuais de PTS

A Tabela 7 mostra os resultados de concentração para os 5 pontos mais críticos. A maior concentração anual (média de 365 dias) é de 0,87 µg/m^3 que se reduz a 0,81 µg/m^3 para o quinto maior valor.

	Concentração [µg/m³]	Coordenadas UTM [m]	
1	0,87	663000	7117250
2	0,87	663250	7117250
3	0,85	662750	7117250
4	0,82	663500	7117250
5	0,81	663000	7117250

Tabela 7 – Concentrações máximas (média anual) de PTS.

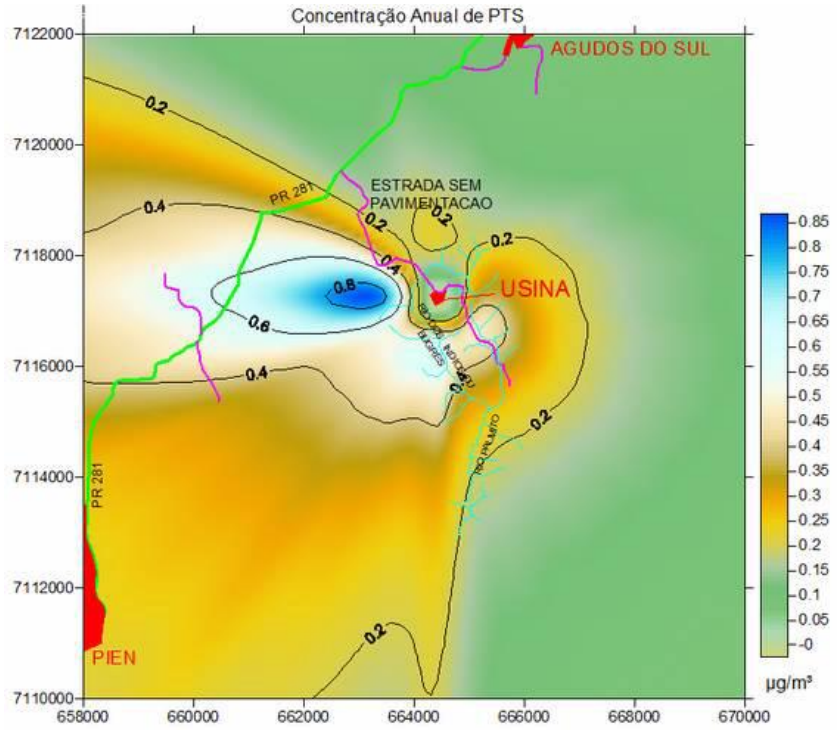

Figura 10 – Concentração média anual de PTS

Para visualização da distribuição de concentrações no entorno da usina, a Figura 10 mostra os resultados para cada receptor.

Resultados das Médias Diárias Máximas de PTS

A Tabela 8 contém um resumo das 5 maiores concentrações diárias de PTS. Os resultados correspondem a uma envoltória de máximos valores, ou seja, para cada um dos pontos armazenou-se o maior resultado das 35040 horas simuladas (4 anos).

	Concentração [µg/m³]	Coordenadas UTM [m]	
1	7,36	664000	7116250
2	6,83	665250	7116750
3	6,80	664000	7116250
4	6,72	663250	7117750
5	6,65	663750	7117000

Tabela 8 – Concentrações máximas (média de 24 horas) de PTS.

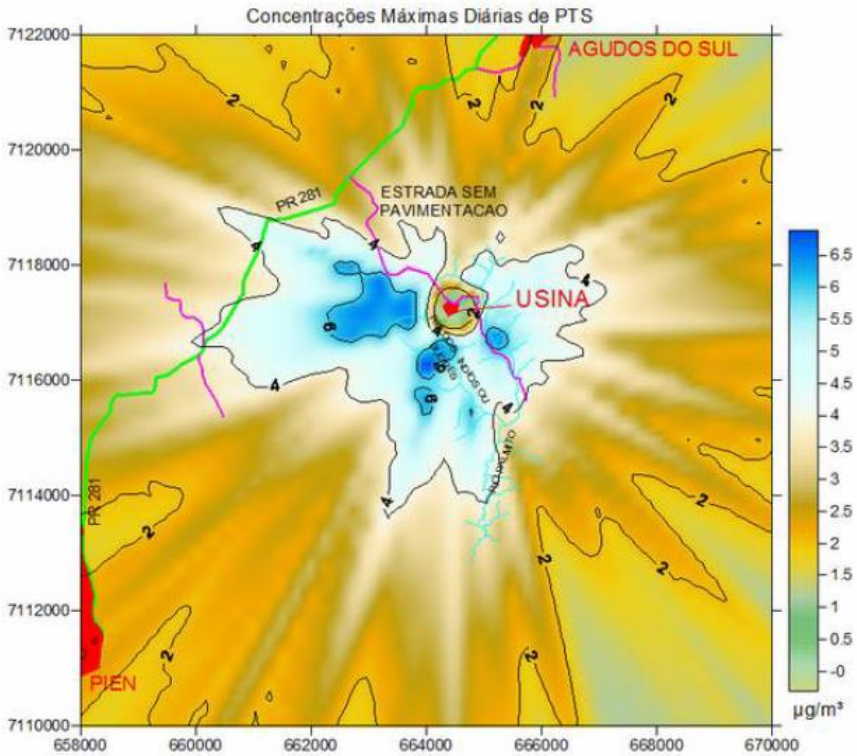

Figura 11 – Envoltória das concentrações máximas de 24 h para PTS.

A Figura 11 mostra esses resultados de forma gráfica. O padrão primário de qualidade do ar para PTS na média de 24 horas é de 240 µg/m^3 e secundário 150 µg/m^3.

Resultados das Médias Anuais de NO_2

A seguir são mostrados os resultados para as simulações de NO_x como NO_2 considerando as médias anuais. A Tabela 9 mostra uma lista com os pontos com as 5 maiores concentrações desse poluente para as médias anuais.

	Concentração [µg/m³]	Coordenadas UTM [m]	
1	2,18	663000	7117250
2	2,17	663250	7117250
3	2,12	662750	7117250
4	2,05	663500	7117250
5	2,03	663500	7117250

Tabela 9 – Concentrações máximas (média anual) de NO_2.

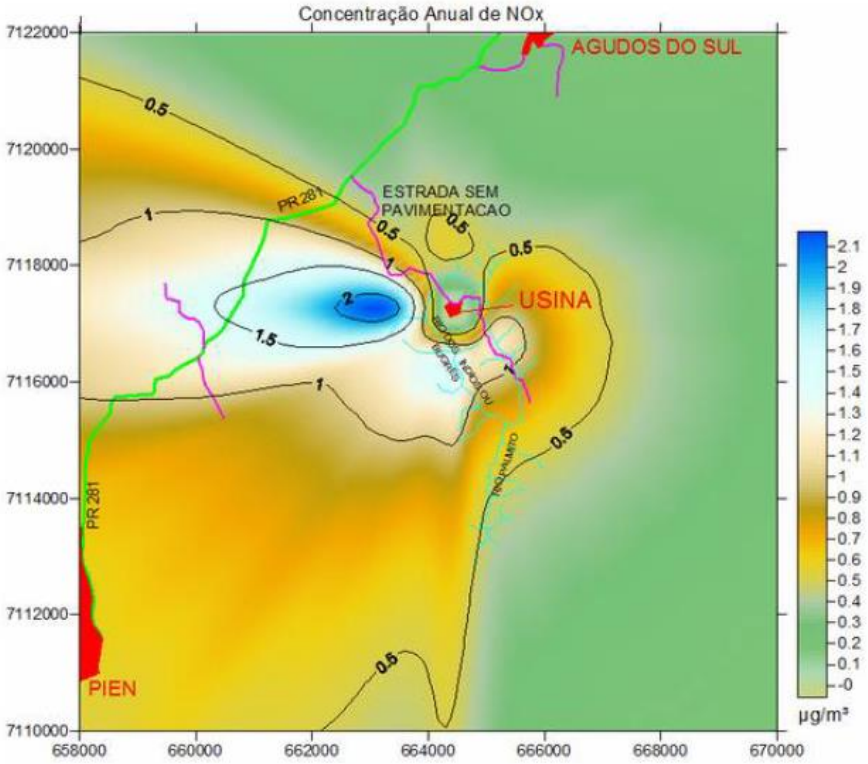

Figura 12 – Concentrações média anual de NO_2.

A Figura 12 mostra a distribuição média da concentração de NO_2, cujo comportamento é bastante semelhante ao PTS.

Resultados das Médias Horárias Máximas de NO_2

Diferentemente do que foi feito para PTS, o NO2 é avaliado com sua média horária, para verificação de atendimento ao padrão que é também horário. Os resultados correspondem a uma envoltória de máximos valores

	Concentração [µg/m³]	Coordenadas UTM [m]	
1	144,98	664750	7117750
2	131,65	665000	7117000
3	125,33	664000	7116750
4	124,39	664000	7116750
5	123,83	665000	7116750

Tabela 10 – Concentrações máximas (média de 1 hora) de NO_2.

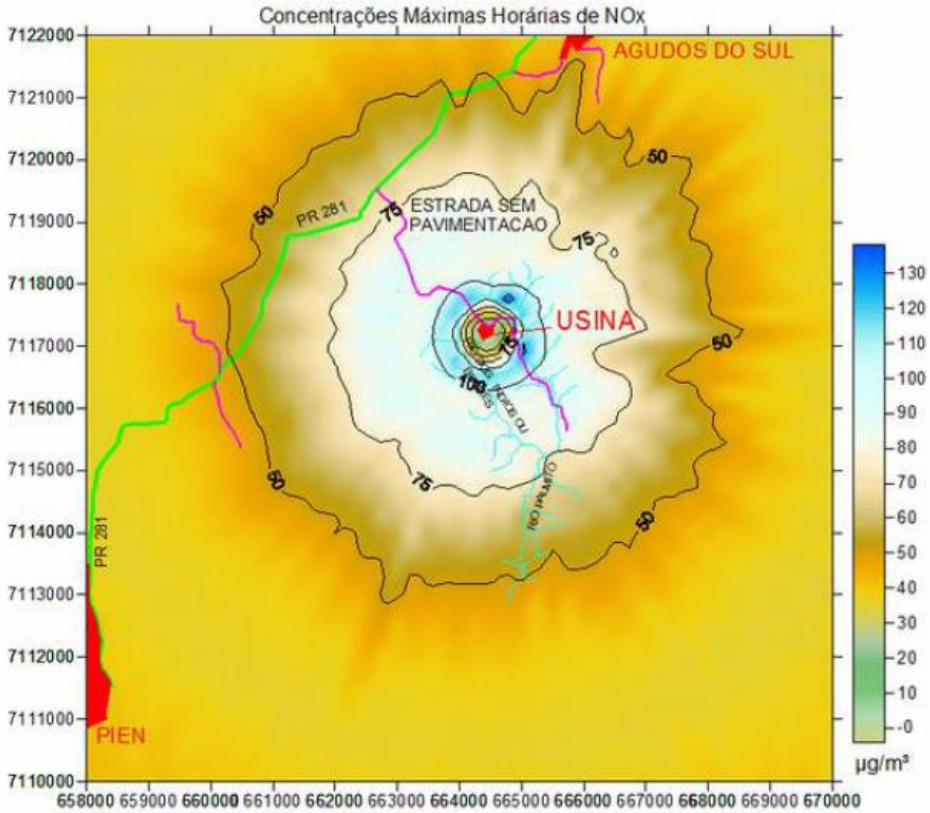

Figura 13 – Envoltória das concentrações máximas horárias de NO_x.

Os maiores valores são da ordem de 145 µg/m³, mostrados na Figura 13. As concentrações máximas horárias ocorrem a mais ou menos 500 m de distancia da fonte. A partir de 2 km de distancia as concentrações reduzem-se em torno de 50%.

Conclusão

O estudo avaliou, com base em modelagem de dispersão atmosférica de poluentes, a contribuição das emissões da Usina Termoelétrica de Agudos do Sul e a alteração da qualidade do ar na sua área de influência. Concluindo os impactos para:

- PTS são baixos;
- NO_2 são medianamente baixos.

Salienta-se que a região tem uma concentração de fundo não conhecida, como resultado a circulação de veículos na região e presença de outras fontes de poluição, o que torna importante a avaliação periódica das emissões atmosféricas.