

RELATÓRIO STAR 001/78

IMPACTO SOBRE A QUALIDADE DO AR CAUSADO PELAS
EMISSÕES DE DIÓXIDO DE ENXOFRE DA USINA TERMO
ELÉTRICA DE PIRATININGA.

CETESB - C.A. DE BIOLÓGIA E AMBIENTE AMBIENTAL
BIBLIOTECA
Av. Prof. Frederico Leite, 170 - CEP. 06400 - Pinheiros
SÃO PAULO - BRASIL

STAR/DTSA

CETESB

26.01.78

A	8207
	C338i
UMBO	13087

2

8402
C338i (RCET
013087



I N D I C E

SUMÁRIO

- I . INTRODUÇÃO
- II . DADOS DA FONTE DE POLUIÇÃO
- III . DADOS METEOROLÓGICOS LOCAIS
- IV . ESTIMATIVA DOS NÍVEIS DE QUALIDADE DO AR
- V . ANÁLISE DOS RESULTADOS
- VI . CONCLUSÕES

SUMÁRIO

A Usina Termoelétrica de Piratininga está operando atualmente com apenas uma das quatro caldeiras disponíveis. Considerando-se a atual condição de operação, estima-se uma emissão de Dióxido de Enxofre de 123 g/seg. ou 10,6 ton/dia. Com base nestas emissões e utilizando-se o modelo de dispersão Gaussiano e informações meteorológicas locais estimou-se a concentração de SO_2 ao nível do solo. Os resultados desta estimativa estão apresentados nas figuras de 1 a 12.

As figuras de 1 a 4 apresentam a concentração média de 10 minutos do nível do solo na direção dos ventos. As figuras de 5 a 8 apresentam as isolinhas de mesma concentração, concentração esta com tempo médio de amostragem de 24 horas. As figuras de 9 a 12 representam a área de influência das emissões em torno do ponto de emissão tendo em vista a variação da direção dos ventos. Estes cálculos foram efetuados para quatro condições de estabilidade da atmosfera, aquelas que ocorrem com maior frequência na região.

Com base nestas estimativas pode-se concluir que a Usina de Piratininga é uma importante fonte de poluição do ar para a Região Sul-Sudoeste da Grande São Paulo, uma vez que para todas as condições meteorológicas analisadas, o padrão diário de SO_2 é superado pelas emissões da fonte em pauta. Se considerarmos que a cada fonte se permite consumir 10 % do padrão de qualidade do ar o problema se agrava e a região atingida pela fonte em pauta é consideravelmente maior.

A paralização das atividades desta fonte, sem dúvida seria altamente favorável para a qualidade do ar da Região Sul-Sudoeste da Grande São Paulo.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE E SANEAMENTO
BIBLIOTECA

I . INTRODUÇÃO

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar os níveis de qualidade do ar e a região atendida pelas emissões de Dióxido de Enxofre (SO_2) da Usina Piratininga da Light - Serviços de Eletricidade S.A.

A termoelétrica em questão está localizada na zona sul da cidade de São Paulo, à Av. Nossa Senhora do Sabará nº6184. O mapa da figura 13 apresenta a localização da Usina.

II . DADOS DA FONTE DE POLUIÇÃO

A Usina Termoelétrica de Piratininga possui 4 caldeiras, contudo desde janeiro de 1977 funciona apenas a de nº 2. Desta forma o presente estudo considera às emissões nesta condição, ou seja, apenas uma caldeira em funcionamento.

O combustível utilizado na caldeira é o óleo BPF nas seguintes quantidades médias:

- de segunda à sextas feiras - 106 ton/dia
- aos sábados - 30 ton/dia
- aos domingos - 4,5 ton/dia

As caldeiras 1 e 2 estão ligadas a uma única chaminé de 49 m de altura e 4,674 m e 3,962m de diâmetro externo e interno respectivamente. As caldeiras 3 e 4 estão ligadas a uma outra chaminé de 50 m de altura com os mesmos diâmetros da outra chaminé.

A temperatura dos gases efluentes na base da chaminé são mantidas sob controle e vale:

- . caldeiras 1 e 2 - 350°F (177°C)
- . caldeiras 3 e 4 - 310°F (155°C)

Os dados acima foram obtidos na própria Usina. Com base nestes dados estimou-se a emissão de Dióxido de Enxofre (SO_2), volume de gases formados na combustão e temperatura de emissão.

Além dos dados acima foram adotados os seguintes parâmetros:

- . Excesso de ar utilizado : 20 %
- . Teor de Enxofre no óleo BPF : 5 % (em peso)

Nestas condições, considerando-se as reações de Oxidação, calcula-se:

V = Vazão de gases de combustão = 26,46 m³/seg (177°C e 1 atm.)

Q = Emissão de SO₂ = 123 g/seg

t_c = Temperatura dos gases no ponto de emissão = 177°C (adotado)

V_s = Velocidade dos gases na boca da chaminé = 2,15 m/seg.

Estes dados consideram apenas a caldeira 2 em operação, dias da semana ou seja de segunda a sexta-feira .

III . DADOS METEOROLÓGICOS LOCAIS

Após sua emissão, o transporte e dispersão de poluentes na atmosfera é função basicamente da velocidade e direção dos ventos e das condições de estabilidade da atmosfera.

A estabilidade da atmosfera está relacionada com sua capacidade de favorecer (ou impedir) movimentos verticais de parcelas de ar.

As categorias de estabilidade da atmosfera propostas por Pasqui-Gifford apresentadas por Turner, B. (a), vão da Categoria A, mais instável, a F mais estável. Estas categorias são determinadas em função da velocidade dos ventos, das condições de insolação para o dia e da abertura de nuvens para a noite.

Os dados de vento utilizados neste trabalho foram obtidos das sondagens diárias do aeroporto de Congonhas. As sondagens são realizadas no período da manhã e os dados utilizados referem-se a pressão de 930 mb (nível do solo).

(a) Turner, B. - Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, Environmental Protection Agency, North Carolina 1970.

A tabela 1 apresenta a distribuição de frequência de velocidade de ventos, já nos intervalos das categorias de Pásquil-Gifford, e de direção.

Velocidade m/seg \ Direção	N	NE	L	SE	S	SO	O	NO	Todas as direções
0 - 2	34,48	27,87	27,33	25,72	33,33	40,90	65,38	43,44	31,52
2 - 3	42,85	33,25	46,20	45,08	45,00	38,60	34,62	39,36	41,38
3 - 5	17,20	33,76	21,22	21,96	17,40	20,50	0	12,20	21,83
5 - 6	0,49	2,56	0	0	0	0	0	0	0,62
> 6	4,98	2,56	5,25	7,24	4,27	0	0	5,00	4,65
Todas Velocidades	11,5	22,16	19,50	19,61	10,70	2,50	1,50	12,53	100,00

a) Dados da sondagem diária do Aeroporto de Congonhas a 930 mb.

Considerando os dados de tabela 1 e relacionando-os às categorias de estabilidade poderemos dizer que as categorias mais frequentes na região são A e B sendo que esta última em duas velocidades 2,5 m/seg e 4 m/seg (ponto médio das classes). Como a categoria neutra (D) pode ocorrer com qualquer velocidade de ventos em dias nublados e a noite, esta também deve ocorrer.

Com relação a direção, as de maior ocorrência são Nordeste, Leste e Sudeste, se bem que Norte, Sul e Noroeste também devem ser consideradas.

IV . ESTIMATIVA DOS NÍVEIS DE QUALIDADE DO AR

Considerando-se as emissões de Dióxido de Enxofre calculadas no ítem II e as condições meteorológicas locais, podemos estimar as concentrações deste poluente ao nível do solo, sua variação a medida que nos afastamos da fonte, a concentração máxima atingida e a região em que estas concentrações ocorrem.

Para tanto utilizamos o modelo de dispersão Gaussiano para o cálculo da concentração em qualquer ponto.

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \dots (1)$$

Onde:

$C(x, y, z, h)$ - Concentração em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ponto de coordenadas x, y, z , provenientes de uma emissão a uma altura H . (O sistema de coordenadas adotado tem sua origem na base da chaminé e o eixo dos x na direção da velocidade dos ventos).

Q - emissão de Dióxido de Enxofre em $\mu\text{g}/\text{seg}$.

u = velocidade média dos ventos em m/seg .

σ_y e σ_z = Parâmetros de dispersão em m

x, y, z = coordenadas do ponto onde se está calculando.

H - Altura efetiva da chaminé em m .

Para o cálculo da altura efetiva da chaminé utilizou-se o modelo de Holland, ou seja:

$$H = h + \Delta h = h + \frac{V_s d}{u} \left(1,5 + 2,68 \times 10^{-3} p \frac{T_s - T_a}{T_s} d\right) \dots (2)$$

onde:

H = altura efetiva da chaminé em m .

h = altura física da chaminé em m .

Δh = altura de subida da pluma em m (função da energia térmica e conservação de quantidade de movimento do efluente).

V_s = velocidade de saída dos gases em m/seg

d = diâmetro da boca da chaminé em mb (adotado 930 mb).

T_s = temperatura de saída do efluente em $^{\circ}\text{K}$

T_a = temperatura ambiente em $^{\circ}\text{K}$ (adotado 292°K)

Os parâmetros de dispersão σ_y e σ_z adotados neste traba-

lho são os de Pasquill-Gifford.

De acordo com Turner, B., o valor da concentração obtido pelo modelo apresentado é válido para um tempo médio de amostragem da ordem de 10 min. A fim de se estimar a concentração para um tempo médio de 24 h utilizou-se a seguinte relação:

$$C_{24h} = C_{10 \text{ min}} \left(\frac{10}{1440} \right)^{0,2} \dots \dots (3)$$

Maiores detalhes sobre o modelo Gaussiano para fonte são apresentados por Turner, B., na referência já apontada.

A tabela 2 apresenta as alturas efetivas da chaminé para as velocidades de vento selecionadas na seção III.

Tabela III. Alturas efetivas da chaminé para várias velocidades de ventos.

Velocidade U=m/seg	Altura efetiva H m
1	91,31
2,5	65,90
3	63,10
4	59,57

De acordo com as condições meteorológicas locais apresentadas na seção III as condições de estabilidade que podem ocorrer com maior frequência são:

- A com U = 1 m/seg
- B com U = 2,5 m/seg
- B com U = 4 m/seg

Com a categoria D neutra pode ocorrer com qualquer velocidade de ventos em dias nublados e a noite selecionamos uma velocidade de ventos para os cálculos na categoria D ou seja U= 3m/seg.

As figuras de 1 a 4 apresentam a variação da concentração média de 24 hs ao longo do eixo dos x (ao nível do solo) para cada uma das condições selecionadas.

As figuras de 5 a 8 apresentam as isolinhas de concentração média de 24 h causadas pela fonte em pauta ao nível do solo. Nestas isolinhas considera-se a chaminé no ponto "0" (origem do sistema de coordenadas). As isolinhas de concentração foram traçadas para cada categoria de estabilidade e velocidade de ventos selecionadas.

As figuras de 8 a 12 foram traçadas para representar a área de influência das emissões de SO_2 da chaminé considerada, tomada como centro dos círculos. Tendo em vista a variação da direção de ventos o eixo dos x (paralelo a direção dos ventos) poderia girar em torno da chaminé definindo assim as áreas de influência das emissões.

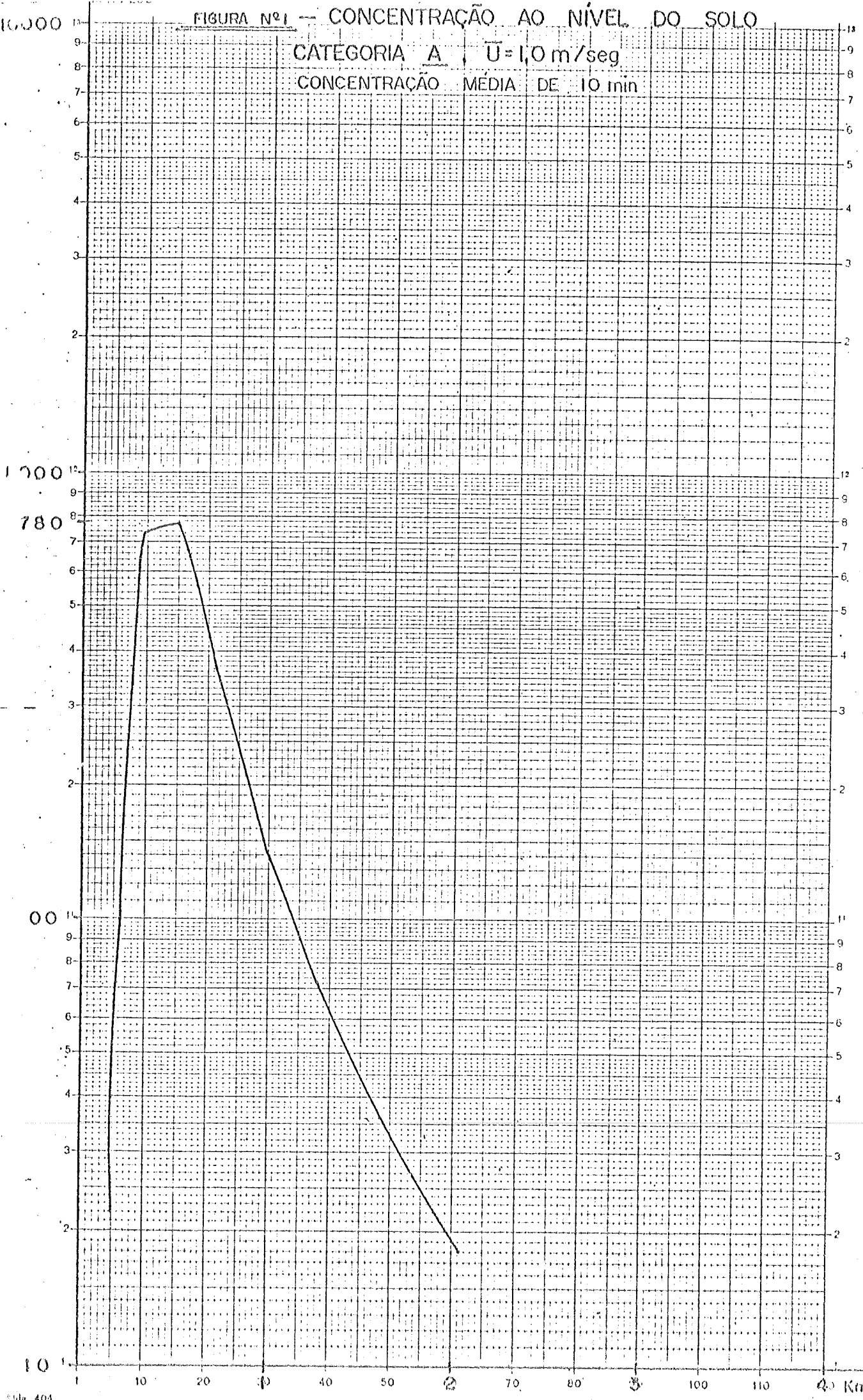
Da mesma forma as isolinhas de concentração pode representar a região atingida a qual é determinada fazendo o eixo dos x paralelo à direção dos ventos.

Todas as concentrações representadas nas figuras são estimativas no nível do solo.

FIGURA Nº 1 -- CONCENTRAÇÃO AO NÍVEL DO SOLO

CATEGORIA A, $U = 1,0 \text{ m/seg}$

CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE 10 min



10

404

11

FIGURA Nº 2 — CONCENTRAÇÃO AO NÍVEL DO SOLO

CATEGORIA B, $U = 2,5 \text{ m/seg}$

CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE 10 min.

12

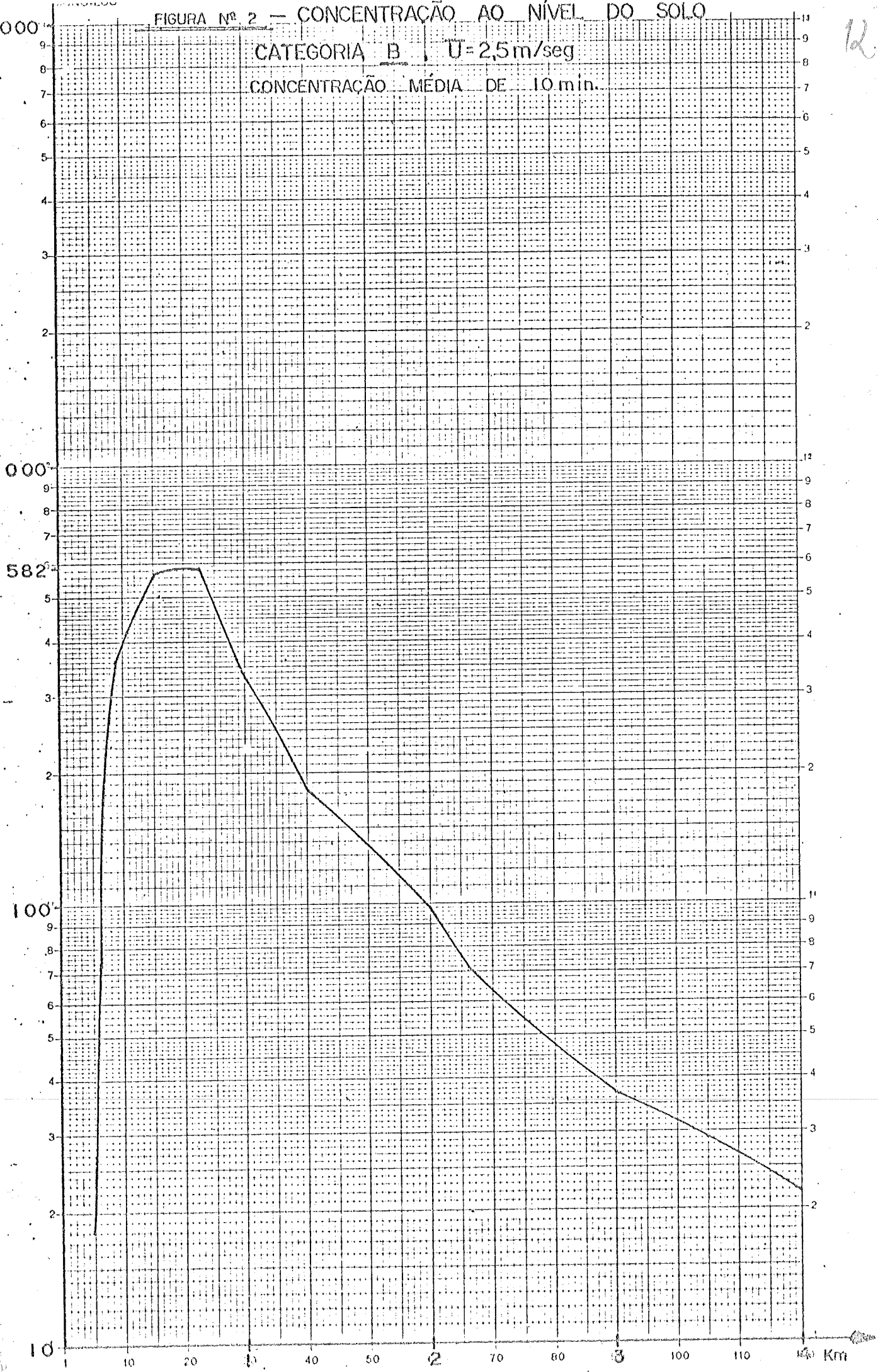


FIGURA Nº3 - CONCENTRAÇÃO AO NÍVEL DO SOLO

CATEGORIA B, $\bar{U} = 4 \text{ m/seg}$

CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE 10 min

B

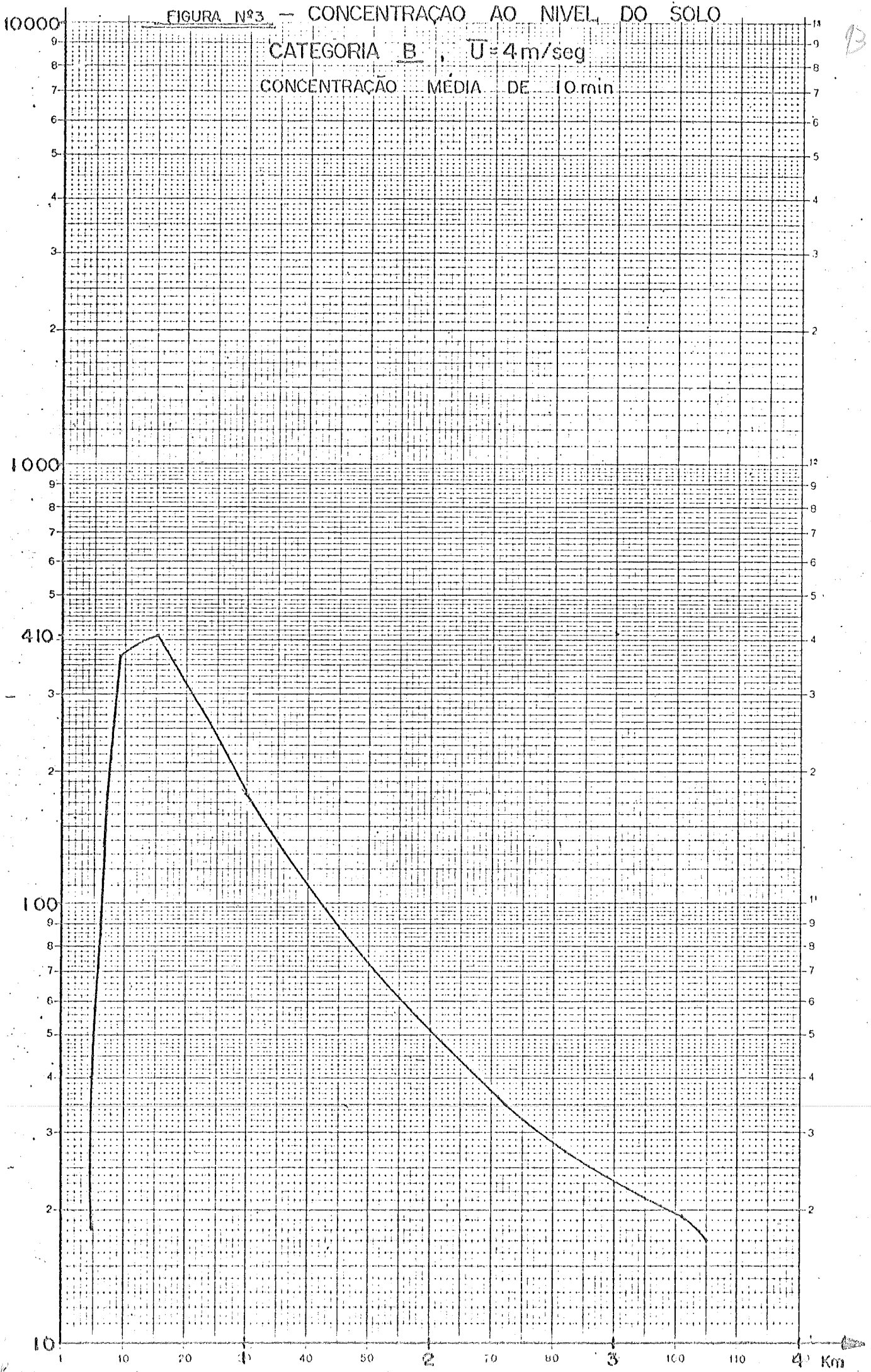
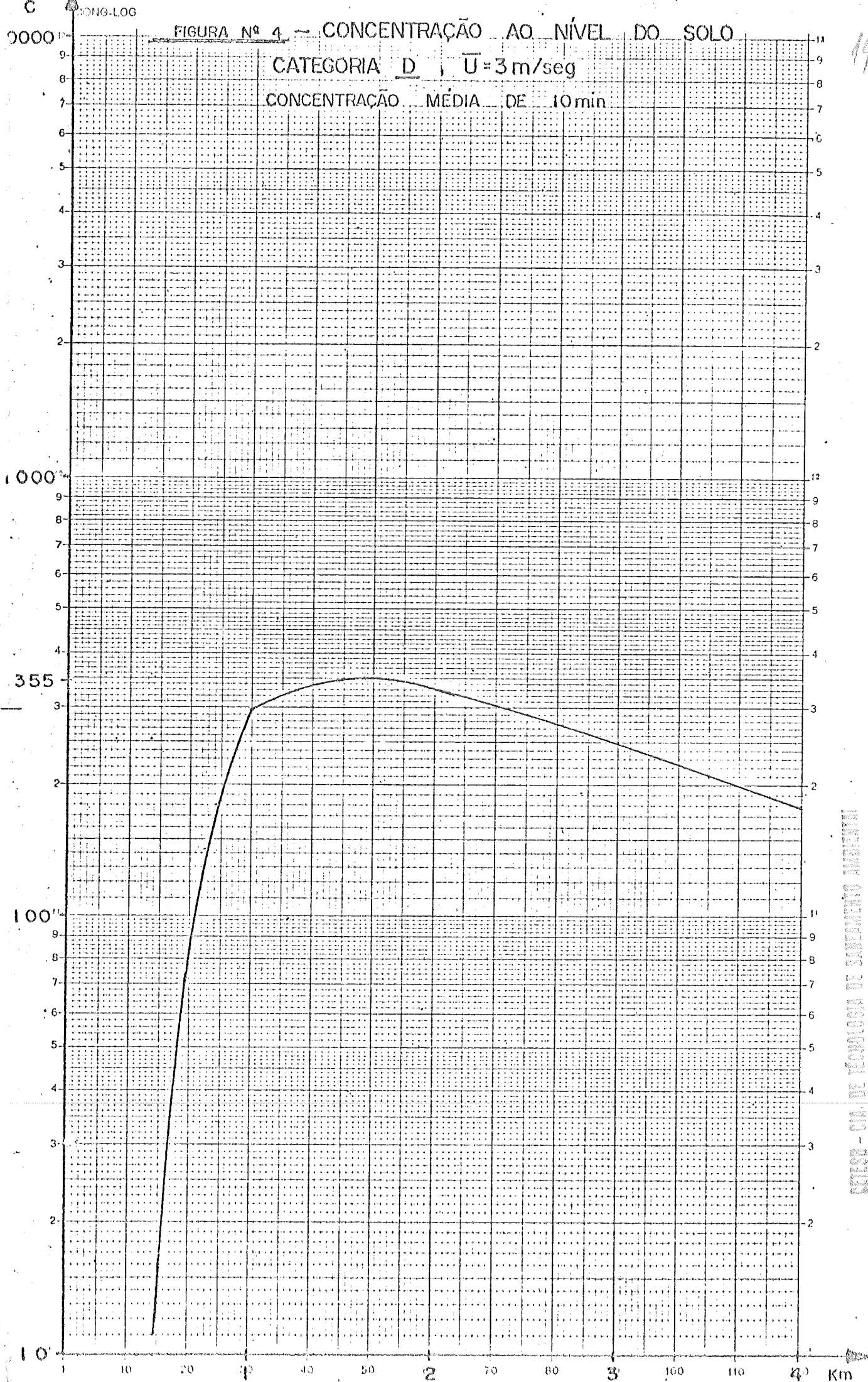


FIGURA Nº 4 - CONCENTRAÇÃO AO NÍVEL DO SOLO

CATEGORIA D, $\bar{U} = 3 \text{ m/seg}$

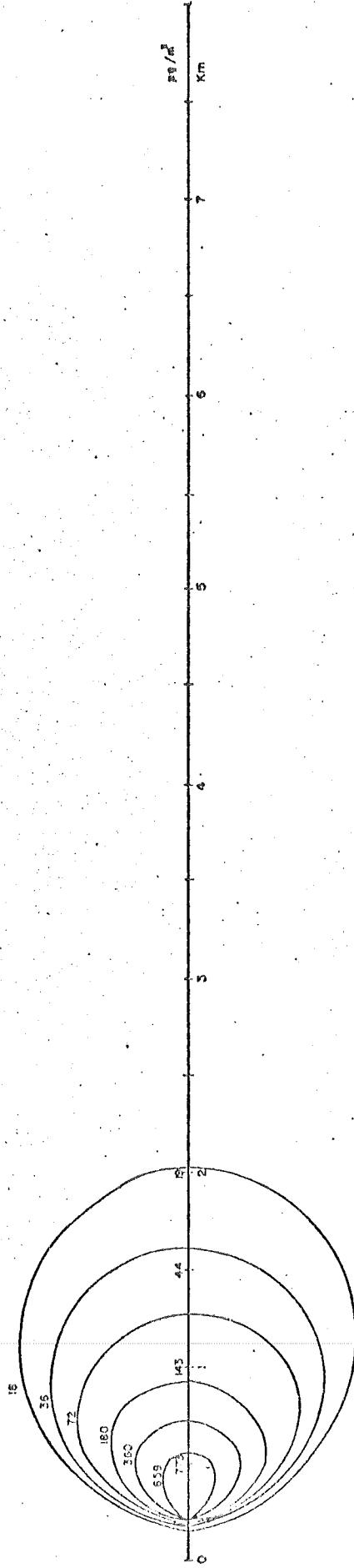
CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE 10 min



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
BIBLIOTECA

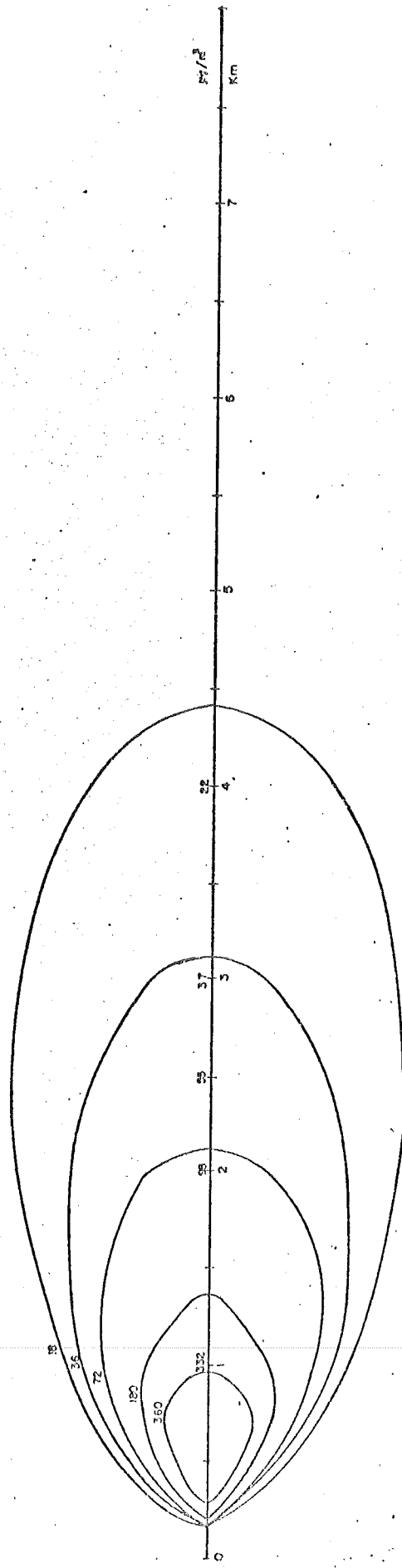
ISOLINHAS DE CONCENTRAÇÃO DE SO₂ PARA A CATEGORIA A E VELOCIDADE DE VENTOS $\bar{U} = 1,0 \text{ m/seg}$

FONTE: USINA DE PIRATININGA -- LIGHT SERVIÇOS DE ELETRICIDADE



ISCLINHAS DE CONCENTRAÇÃO DE SO₂ PARA A CATEGORIA B E VELOCIDADE DE VENTOS U = 2,5 m/seg

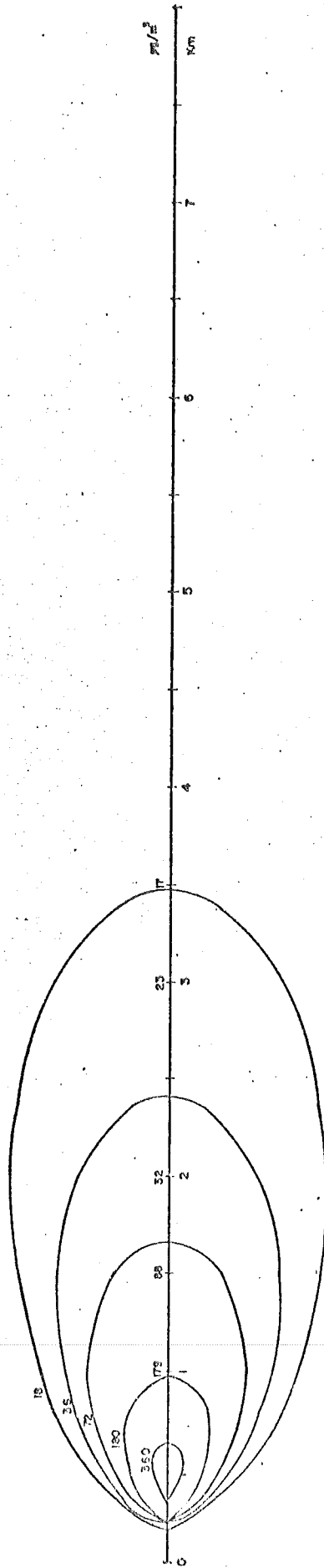
FONTE : USINA DE PIRATINGA — LIGHT SERVICES DE ELETRICIDADE



CONCENTRAÇÃO MÉDIA
DE SO₂
UNIDADE : µg/m³

ISOLINHAS DE CONCENTRAÇÃO DE SO₂ PARA A CATEGORIA B E VELOCIDADE DE VENTOS $\bar{U} = 4$ m/seg

FONTE : USINA DE PIRATININGA -- LIGHT SERVIÇOS DE ELETRICIDADE

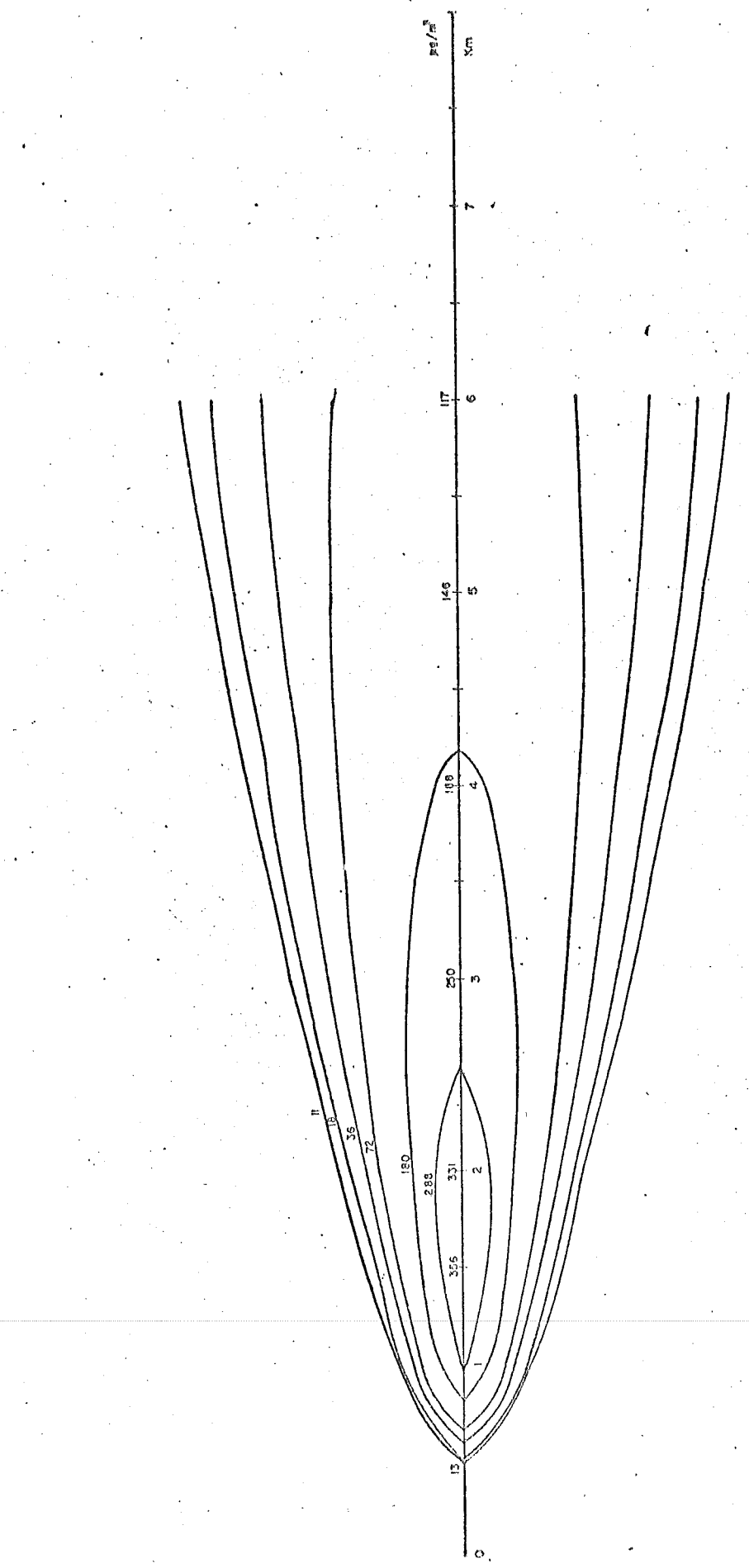


CONCENTRAÇÃO MÉDIA
DE SO₂
UNIDADE = $\mu\text{g}/\text{m}^3$

17

ISOLINHAS DE CONCENTRAÇÃO DE SO₂ PARA A CATEGORIA D E VELOCIDADE DE VENTOS $\bar{U} = 3 \text{ m/seg}$

FONTE: USINA DE PIRATINGA — LIGHT SERVICES DE ELETRICIDADE

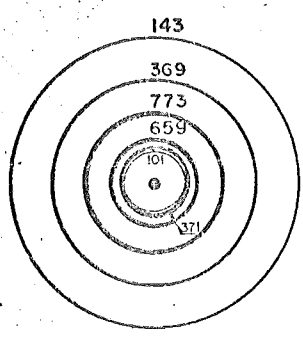


CONCENTRAÇÃO MÉDIA
DE 24 h
UNIDADE: µg/m³

FIGURA Nº 9 -- ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS EMISSÕES DE SO₂

CATEGORIA A, $\bar{U} = 1,0\text{m/seg}$

USINA PIRATININGA

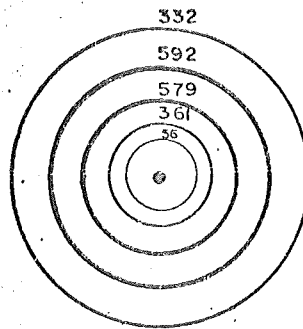


Concentração Média
de 24 hs
Escola - 1200
Unidade - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

FIGURA Nº 10 — ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS EMISSÕES DE SO₂

CATEGORIA B , $\bar{U} = 2,5\text{m/seg}$

USINA PIRATININGA

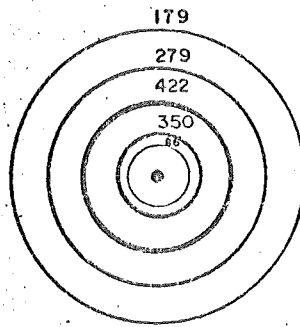


Concentração Média
de 24 hs
Escala - 1200
Unidade - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

FIGURA Nº 11 -- ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS EMISSÕES DE SO₂

CATEGORIA B , $\bar{U} = 4\text{m/seg}$

USINA PIRATININGA



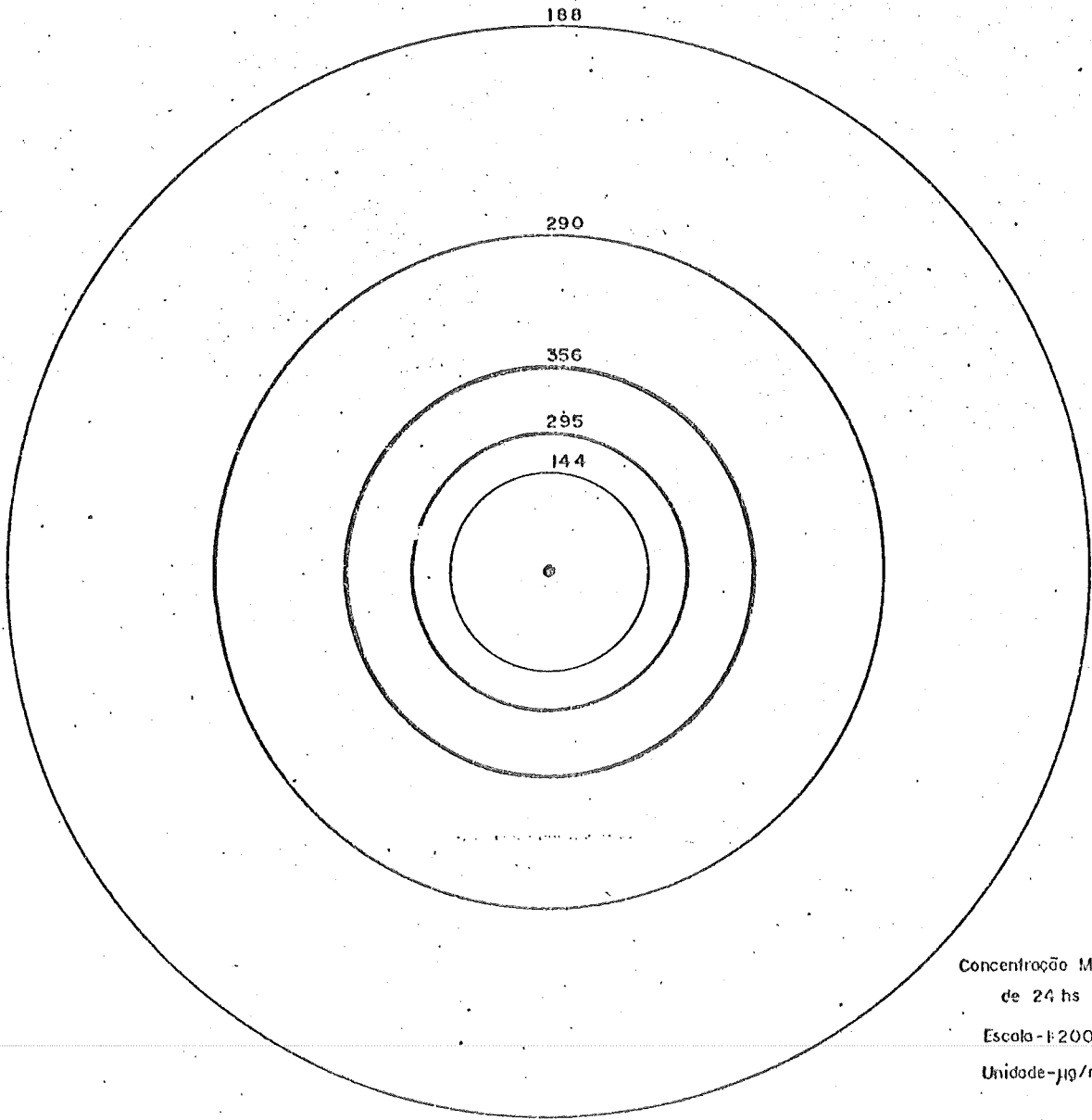
Concentração Média
de 24 hs
Escola - 1200
Unidade - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

FIGURA Nº 12

ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS EMISSÕES DE SO₂

CATEGORIA D, $\bar{U} = 3\text{m/seg}$

USINA PIRATININGA



Concentração Média
de 24 hs
Escala - 1:200
Unidade - $\mu\text{g}/\text{m}^3$

V . ANÁLISE DOS RESULTADOS

Conforme observado pelos dados meteorológicos apresentados na seção III, a direção dos ventos varia consideravelmente o que nos leva a concluir que as concentrações apresentadas nas figuras 5 a 8 podem ocorrer em vários locais; ou seja, no lado oposto à direção dos ventos. Assim, os resultados devem ser analisados em função dos seguintes parâmetros:

- a) direção de ventos (frequência)
- b) categoria de estabilidade (frequência)
- c) velocidade (frequência)

V.1) Categoria A, velocidade de ventos 1 m/seg.

Esta categoria pode ocorrer com uma frequência de 31,52 % do tempo.

- a) Para a direção Nordeste - a qual em 1977 ocorreu com uma frequência de 22,76 %.

Área atingida com concentrações ao nível do solo com valores iguais ou maiores que o padrão diário de qualidade do ar.

As concentrações com valores iguais ou superiores ao padrão de qualidade do ar média de 24 h ocorrem a sudoeste da usina em uma região distante de cerca de 230 metros da Usina até cerca de 930 metros, e entre o Autódromo de Interlagos e a Represa do Rio Grande.

A região atingida com 10 % do padrão diário para SO₂ ocorre a sudoeste da Usina de cerca de 200 m do ponto de emissão até cerca de 1700 m e entre a cidade Dutra e a Represa do Rio Grande.

- b) Para a direção sudoeste - que em 1977 ocorreu com a frequência de 19,61 %

As concentrações com valores iguais ou superiores ao padrão de qualidade do ar média de 24 h ocorrem a noroeste do ponto de emissão em uma região distante de cerca de 230 m até 930 m do ponto de emissão entre o autódromo de Interlagos e a Vila Andaluzia.

A região atingida em 10 % do padrão diário para SO₂ ocorre a noroeste da Usina de cerca de 200 m do ponto



de emissão até cerca de 1700 metros, e atingindo a cidade Dutra e Vila Andaluzia.

- c) Para a direção Leste - que em 1977 ocorreu 19,5 % do tempo.

As concentrações com valores iguais ou superiores ao P.Q.A. ocorrem a oeste da Usina iniciando a cerca de 230 m até 930 m do ponto de emissão.

Para 10 % do P.Q.A. a região atingida se estende até 1700 m do ponto de emissão em um faixa cerca de 200m.

V.2) Categoria B, Velocidade de Ventos 2,5 m/seg

- a) Para a direção Nordeste

Área atingida com concentrações superiores ao padrão diário de qualidade do ar se estende desde 260 m da Usina até cerca de 980 m e entre o Autodromo de Interlagos e a Represa do Rio Grande.

A região atingida com 10 % do P.Q.A. vai de cerca de 250 m até 3200 m na direção sudoeste atingindo na largura o Autodromo de Interlagos e a Represa do Rio Grande.

- b) Para a direção Sudeste - a qual em 1977 ocorreu com frequência de 19,61 %.

A concentração com valores iguais ou superiores ao padrão de qualidade do ar média de 24 h ocorrem à Nordeste da Usina a uma distância de cerca de 260 m até cerca de 980 m do ponto de emissão, formando uma faixa de largura média de 400m.

A região atingida com 10 % do padrão de qualidade do ar para SO₂ se estende de cerca de 250 m até cerca de 3200 m do ponto de emissão e atingindo o Autodromo de Interlagos e a Vila Andaluzia.

- c) Para a Direção Leste

As concentrações com valores iguais ou superiores ocorrem a Oeste da Usina em uma região definida por: cerca de 260m a 980 m e entre o Autodromo e a Represa do Rio Grande.

REPRODUÇÃO DE CÓPIAS PARA USO INTERNO

BIBLIOTECA

Para 10 % do P.Q.A. a região atingida vai de 250m a 3200 m do ponto de emissão e atinge o Autodromo bem como a Represa do Rio Grande.

V.3) Categoria B com Velocidade de Ventos 4 m/seg

a) Para a Direção Nordeste

A região atingida com valores acima do P.Q.A. ocorre a Sudoeste da Usina entre 500 e 700 m do ponto de emissão com uma largura inferior a 100 m.

Já a região atingida com 10 % do P.Q.A. é bem maior, vai de cerca de 200 m até cerca de 2400 m com uma largura de cerca de 400 m.

b) Para a Direção Sudoeste

As mesmas dimensões acima contudo agora à Noroeste da Usina.

c) Para a Direção Leste

As mesmas dimensões acima contudo agora a Oeste da Usina.

V.4) Categoria D com Velocidade 3 m/seg

Esta categoria ocorre com alta frequência uma vez que ela é válida para o período da noite e para dias nublados. Nesta categoria as influências da emissão são percebidas em longas distâncias do ponto de emissão.

a) Para a Direção Nordeste

Concentrações acima do P.Q.A. podem ocorrer a Sudoeste da Usina da faixa de 1 Km a 2 Km do ponto de emissão com uma largura de cerca de 50 m.

A região atingida com 10 % do P.Q.A. estende de cerca de 400 m do ponto de emissão até mais de 8 Km com largura de até 2 Km.

b) Para a Direção Sudeste

Os mesmos valores acima, porem na direção Noroeste da Usina.

A região que é atingida com 10 % do P.Q.A. se estende até a populosa área do Bairro de Santo Amaro.

c) Para a Direção Leste

As mesmas dimensões acima, a Oeste da Usina.

A região que é atingida com 10 % do P.Q.A., abrange o Bairro de Cidade Dutra e a Represa de Guarapiranga.

VI . CONCLUSÕES:

Deve-se inicialmente ressaltar que o presente estudo está considerando o poluente Dióxido de Enxofre, mas a fonte em questão também emite à atmosfera outros poluentes, ou seja, material particulado e Óxidos de Nitrogênio.

Outro aspecto a ser considerado é o fato de que neste estudo está sendo considerado condições atuais de operação da Usina de Piratininga. Em condições de plena carga o impacto sobre a qualidade do ar seria bem mais grave.

Considerando-se o poluente Dióxido de Enxofre e as condições atuais de operação e com base nos cálculos apresentados, podemos concluir que se trata de uma importante fonte de poluição do ar para a Região Sul da Grande São Paulo. Conforme ficou demonstrado, esta fonte sozinha, consume toda a capacidade de dispersão da atmosfera uma vez que em todas as condições atmosféricas que ocorrem com mais frequência na região, o padrão de qualidade do ar média de 24 h é superado ao nível do solo.

Se considerarmos que na região existem outras fontes de Dióxido de Enxofre e que portanto não se deve permitir que uma única fonte consuma toda a capacidade de dispersão da atmosfera, o problema se torna bem mais grave. Este fato fica demonstrado pelos cálculos apresentados anteriormente, ou seja, se considerarmos que a cada fonte se permita utilizar 10 % da capacidade de dispersão da atmosfera, a área atingida pela fonte em pauta é bem maior do que aquela na qual o padrão diário é superado.


Considerando que a hipótese de paralização total da Usina

de Piratininga está sendo aventada para efeito de economia de combustível, e com base nos cálculos apresentados podemos concluir que esta paralização seria altamente favorável para a qualidade do ar da Região Sul-sudoeste da Grande São Paulo.

Data Aquis.:
Pde.:
Unid.:
Preço: Cr\$ 1,00
Data Tomba: 28/6/84

29

Biblioteca	
Devolver em	Devolver em
15-06-90	



FICHA DE EMPRÉSTIMO I

DATA DE AQUISIÇÃO 28/6/84 Nº TOMBO 13687

B402/C338i(RCET)/013087 4320

Impacto sobre a qualidade do ar causado pe...

<small>DATA RETIRADA</small>	<small>Nº REGISTRO</small>	<small>ASSINATURA DO CONSULENTE</small>
------------------------------	----------------------------	---

Se este livro não for devolvido dentro do prazo regulamentar, o leitor ficará sujeito às penalidades do regulamento da biblioteca.

O prazo poderá ser prorrogado se não houver pedido para este documento.