

Condições Meteorológicas para uso na elaboração de Estudo de Análise de Risco

Moacir Ferreira da Silva¹, Sandro Roberto Tomaz¹, José Carlos de Moura Xavier¹

¹CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, Brasil

Av. Prof. Frederico Hermann Jr, 345 – ZIP 05459-900, São Paulo, SP, Brasil.

Tel.: +55 11 3133 3802; fax: +55 11 3133 3986

1. INTRODUÇÃO

Os estudos de análise de risco de acidente de origem tecnológica, empregam técnicas de estimativa dos efeitos físicos e avaliação de vulnerabilidade que requerem o emprego da modelagem matemática de hipóteses envolvendo a liberação acidental de gases e líquidos, inflamáveis e tóxicos para a atmosfera [1]. Na atmosfera, as condições meteorológicas exercem papel importante no transporte, nas transformações químicas, na dispersão e na deposição dos poluentes atmosféricos [2].

Assim, para a adequada estimativa dos efeitos físicos são necessários pressupostos mais próximos da realidade possível, tanto da parte da instalação industrial e do entorno do empreendimento, como das condições meteorológicas da região [3]. No entanto, nem sempre é possível obter os dados meteorológicos reais do local de estudo.

No Estado de São Paulo, desde a década de 80, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB mantém um banco de dados com informações sobre as concentrações dos principais poluentes considerados indicadores da qualidade do ar, obtidas pela rede automática de monitoramento da qualidade do ar. Além da capacidade de processar a coleta e análise de poluentes atmosféricos, algumas estações pertencentes à rede de monitoramento, avalia em tempo real, os parâmetros meteorológicos. Atualmente, a rede automática é composta por 57 estações. Destas 57 estações, apenas 34 medem os parâmetros meteorológicos, sendo 11 na região metropolitana de São Paulo e 23 distribuídas entre interior e litoral. A Figura 1 apresenta-se as localizações e nas Tabelas de 1 a 3 os respectivos parâmetros medidos nas estações pertencentes rede automática de monitoramento da qualidade do ar no Estado de São Paulo.

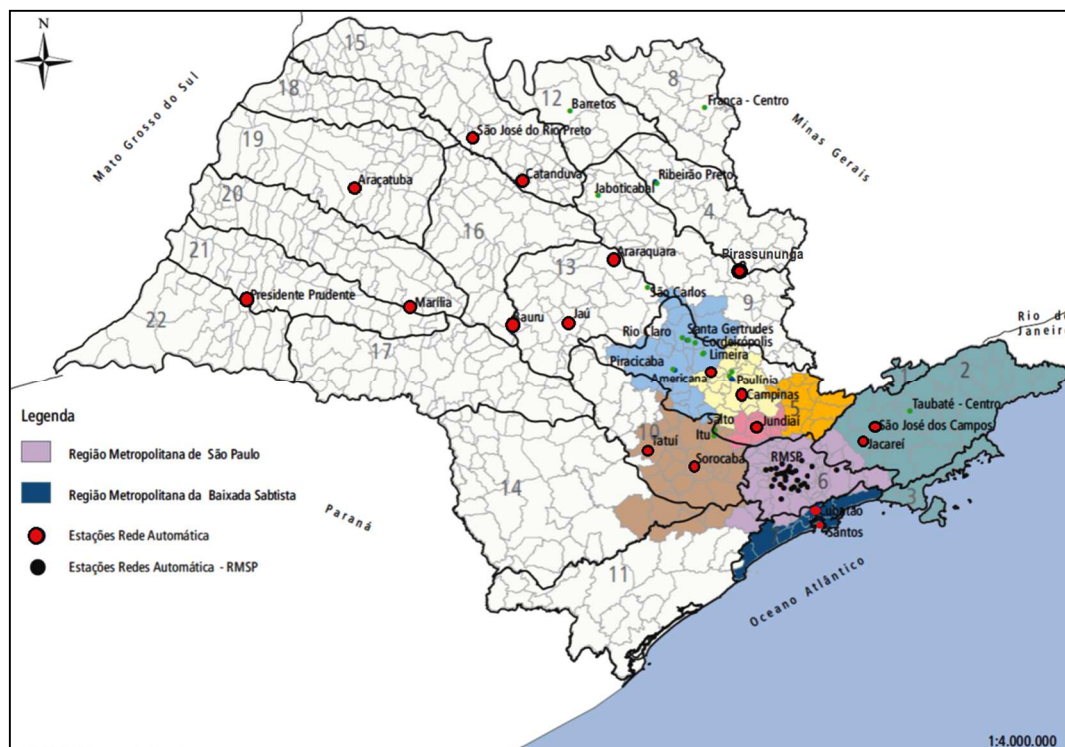


Figura 1. Localização das estações pertencentes a rede automática de monitoramento que medem qualidade do ar e parâmetros meteorológicos no Estado de São Paulo.

Fonte: CETESB, 2015[4]. Modificado

Tabela 1. Configuração das estações pertencentes rede automática de monitoramento da qualidade do ar e parâmetros meteorológicos no interior do Estado de São Paulo

Estações interior	PARÂMETROS															AB km
	MP ₁₀	MP _{2.5}	NO	NO ₂	NO _x	O ₃	SO ₂	DV	DVG	PRESS	RADG	RADUV	TEMP	UR	VV	
Americana	X	--	--	--	--	X	--	X	X	X	--	--	X	X	X	-
Araçatuba	X	--	--	--	--	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	30
Araraquara	X	--	X	X	X	X	--	X	X	--	--	--	X	X	X	local
Bauru	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	20
Campinas	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	**
Catanduva	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	30
Jacareí	X	--	X	X	X	X	--	--	X	X	X	X	X	X	X	5
Jaú	X	--	X	X	X	X	--	X	X	--	--	--	X	X	X	20
Jundiaí	X	--	X	X	X	X	--	X	X	--	--	--	X	X	X	20 ^a
Marília	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	15 ^b
Paulínia	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	X	--	X	X	X	30 ^c
Piracicaba	X	X	X	X	X	X	--	X	X	--	--	--	X	X	X	30
Pirassununga	X	--	X	X	X	X	--	X	X	--	--	--	X	X	X	
P. Prudente	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	30
Rib. Preto	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	10 ^b
S. J. Campos	X	X	X	X	X	X	--	--	X	X	X	X	X	X	X	5
S. J. Rio Preto	X	X	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	30
Sorocaba	X	--	X	X	X	X	*	X	X	--	--	X	X	X	X	10 ^b
Tatuí	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	20

Legenda: AB - Abrangência

(X) Parâmetro monitorado; (*) Monitoramento desativado; (--) Parâmetro não monitorado; (**) Utilizar Paulínia

a- exceto Cabreúva e regiões da Serra do Japi; b- apenas o município; c- exceto Morungaba e região.

Fonte: CETESB, 2015[4]. Modificado

Tabela 2. Configuração das estações pertencentes rede automática de monitoramento da qualidade do ar e parâmetros meteorológicos na Região Metropolitana de São Paulo

Estações RMSP	PARÂMETROS															AB km
	MP ₁₀	MP _{2.5}	NO	NO ₂	NO _x	O ₃	SO ₂	DV	DVG	PRESS	RADG	RADUV	TEMP	UR	VV	
C. Redondo	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	10
Carapicuíba	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	10 ^a
Guarulhos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10 ^b
Ibirapuera	*	X	X	X	X	X	*	X	X	X	*	*	X	X	X	-
Interlagos	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10 ^c
Marg. Tietê	X	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Osasco	X	--	X	X	X	*	X	X	X	--	--	--	--	--	--	10 ^d
C. Redondo	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	10
Carapicuíba	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	10 ^a
Guarulhos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	10 ^b

Legenda: AB - Abrangência

(X) Parâmetro monitorado; (*) Monitoramento desativado; (--) Parâmetro não monitorado

a- exceto região de Santana do Parnaíba e Serra da Cantareira; b- exceto região da Serra da Cantareira; c- exceto região da Serra do Mar; d- exceto região de Santana do Parnaíba e Serra da Cantareira; e- exceto região do espigão da Paulista; f- exceto região da Serra da Cantareira; g- exceto região da Serra do Mar.

Fonte: CETESB, 2015[4]. Modificado

Tabela 3. Configuração das estações pertencentes rede automática de monitoramento da qualidade do ar e parâmetros meteorológicos no Litoral Paulista

Estações Litoral	PARÂMETROS															AB km
	MP ₁₀	MP _{2,5}	NO	NO ₂	NO _x	O ₃	SO ₂	DV	DVG	PRESS	RADG	RADUV	TEMP	UR	VV	
Cubatão-Centro	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	--	--	X	X	X	local
Cubatão-V. do Mogi	X	--	X	X	X	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	local
Santos	X	--	X	X	X	X	--	X	X	X	X	X	X	X	X	local
Santos-Pta da Praia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	local

Legenda: AB - Abrangência

(X) Parâmetro monitorado

(--) Parâmetro não monitorado

Fonte: CETESB, 2015[4]. Modificado

2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo a coleta e tratamento dos parâmetros meteorológicos obtidos pela rede de monitoramento, de forma a torná-los de domínio público e utilizáveis para a modelagem de efeitos físicos de estudos de análise de risco.

3. DESCRIÇÃO DO TRABALHO REALIZADO

Os dados brutos dos parâmetros meteorológicos de interesse para o nosso caso, tais como direção e velocidade dos ventos, temperatura ambiente e umidade relativa do ar foram compilados do Sistema de Informações de Qualidade do Ar – QUALAR da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB [5]. A compilação e a análise dos dados meteorológicos de interesse, levou em conta, no mínimo, os valores dos últimos três anos.

Na Tabela 4 são apresentados os métodos utilizados para medição dos parâmetros citados anteriormente.

Tabela 4. Métodos de medição dos parâmetros.

REDE	PARÂMETRO	MÉTODO
Parâmetros Meteorológicos	direção e velocidade do vento	óptico-mecânico/ultrassônico
	temperatura	termistor resistivo de platina (PT100)
	Umidade relativa do ar	elemento capacitivo
	Pressão atmosférica	transdutor de pressão

Fonte: CETESB, 2015 [4].

3.1 Compilação e importação dos dados

A compilação dos dados iniciou-se com a importação dos dados brutos mantidos no QUALAR para uma planilha eletrônica. Para a importação de dados foram executados os passos citados a seguir:

- Entrar na página da CETESB: <http://www.cetesb.sp.gov.br/>
- Ar, qualidade do ar, qualidade do ar, QUALAR ;
- QUALAR , login e senha; Ok;
- Consultas, exportar dados;
- Tipo de rede → automática; data inicial, data final, tipo de dados → média horária, estação, parâmetro.

Obs.: Recomenda-se executar a importação de um ano de dados de cada vez (ex. data inicial: 01/02/2012 e data final: 31/12/2012). O QUALAR gerará uma tela com os dados solicitados, conforme apresentado na Figura 2. Para passar para uma planilha eletrônica (tipo Excel) clique em exportar dados no final da página à direita;

Tipo de Rede	Tipo de Monitoramento	Tipo	Data	Hora	Código Estação	Nome Estação	Nome Parâmetro	Unidade de Medida	Média Horária	Mês
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	01:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	25,5	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	02:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	24,9	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	03:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	24,3	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	04:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	23,9	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	05:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	23,3	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	06:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	23,2	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	07:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	23,2	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	08:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	23,9	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	09:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	25,4	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	10:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	27,2	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	11:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	29,3	-
Automático	CETESB	Dados Primários	01/01/2015	12:00	99	Pinheiros	TEMP (Temperatura do Ar)	°C	30,5	-

Figura 2. Dados brutos de temperatura do ar medida na estação da rede automática de monitoramento da qualidade do ar situada em Pinheiros - São Paulo.

- f) Na planilha eletrônica, manteve-se apenas as informações de interesse como: data, hora e média horária do parâmetro escolhido.
- g) Repetiu-se os procedimentos de “a” a “f” para os demais parâmetros e anos de interesse. Obs.: Recomenda-se manter uma planilha eletrônica por estação da rede de monitoramento.
- h) A seguir os dados foram separados em períodos diurno e noturno.
 - Período diurno – 06h01min às 18h;
 - Período noturno – 18h01min às 06h

Na planilha selecionada: barra de ferramenta → edição → classificar e filtrar → filtro → selecionar hora → deixar clicado para o período diurno → Ok. Copiou-se tudo, colar especial → valores e formato de números → renomeou-se a aba → (ex.: Pinheiros Temperatura 2000-2014 Dia). Repetiu-se os passos para o período noturno.

Os períodos de horas de calmaria (quando a velocidade do vento em superfície é menor do que 0,50 m.s⁻¹) e ventos variáveis (quando não há predominância de direção das amostras medidas num intervalo de tempo de 1 hora) são fornecidos, no entanto não são considerados na estimativa de distribuição dos ventos, ou seja, a distribuição dos ventos foi reescalada para 100%, sem os dados de calmaria e ventos variáveis.

Os dados de temperatura ambiente; umidade relativa do ar; velocidade do vento foram obtidos por média aritmética.

Direção do vento: adotou-se 8 (oito) direções com suas respectivas frequências de ocorrência, indicando o sentido do vento DE → PARA (ex.: N → S 15%). A direção predominante do vento foi caracterizada por meio de uma análise de frequência das observações horárias, para cada conjunto de dados históricos, utilizando-se a seguinte expressão:

$$f(x) = \frac{n}{N} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde,
 $f(x)$ frequência de ocorrência do vento em uma determinada direção e período;
 n número de ocorrências de uma determinada direção e período;
 N número total de observações no período.

3.2 Categorias de estabilidade atmosférica

As categorias de estabilidade atmosférica para os períodos diurno e noturno foram determinadas com o cruzamento da velocidade média dos ventos a 10 metros de altura com as categorias de estabilidade, conforme Tabela 5. A estimativa da velocidade média dos ventos a 10 metros de altura, para os períodos diurno e noturno, contemplando pelo menos a média dos últimos 3 (três) anos foi realizada conforme descrito no item anterior.

A determinação da insolação (forte, moderada e fraca), partiu dos dados do trabalho de [6]. O trabalho analisou dados sobre a radiação solar global, também conhecida como insolação global (composta pela radiação difusa e direta), nos municípios do Estado de São Paulo, de julho de 1995 a dezembro de 2005 com uma resolução espacial de 10km x 10km. No trabalho foi possível observar as regiões administrativas de Registro (4,388 kWh/m².dia), São Paulo (4,589 kWh/m².dia) e Santos (4,709 kWh/m².dia) apresentaram as menores médias anuais de incidência solar global, enquanto que, a medida em que os municípios vão se afastando do litoral as médias anuais de incidência solar global vão aumentando (ex.: Ribeirão Preto - 5,489 kWh/m².dia, Araçatuba 5,520 kWh/m².dia).

Assim, convencionou-se uma faixa de 100km a partir da Costa onde se adotou com insolação moderada. Estão contidas nessa faixa a região metropolitana de São Paulo (RMSP), o Vale do Paraíba, os municípios de Jundiá e Sorocaba e todo o litoral paulista. Acima desta faixa de 100km, sentido interior do Estado, a insolação foi considerada forte. Em nenhuma parte do Estado de São Paulo foi considerada a ocorrência de insolação fraca.

Para nebulosidade no período noturno, considerou-se todo o estado de São Paulo como parcialmente encoberto.

Tabela 5 – Categorias de estabilidade em função das condições atmosféricas (Turner's decision table)

Velocidade do vento (v) a 10 m (m/s)	Período diurno			Período noturno	
	Insolação			Nebulosidade	
	Forte	Moderada	Fraca	Parcialmente encoberto	Encoberto
$v \leq 2$	A	A – B	B	F	F
$2 < v \leq 3$	A – B	B	C	E	F
$3 < v \leq 5$	B	B – C	C	D	E
$5 < v \leq 6$	C	C – D	D	D	D
$v > 6$	C	D	D	D	D

A – extremamente instável; B – moderadamente instável; C – levemente instável; D – neutra; E – levemente estável; F – moderadamente estável.

Fonte: European Process Safety Centre (1998) [7].

3.3 Área de abrangência de uma estação

De acordo com a *World Meteorological Organization* (WMO) [8], a área de abrangência e representatividade de uma estação meteorológica pode valer para um raio de até 100 km ao redor da estação, desde que algumas recomendações técnicas da WMO sejam satisfeitas, tais como: distância mínima em relação a obstáculos, relevo plano, acesso restrito por um cercado demarcado como um octógono de, aproximadamente, 300m², área recoberta por grama ou vegetação local rasteira, entre outras. No entanto, no caso das estações pertencentes rede automática de monitoramento da qualidade do ar, como a função principal é a medição das concentrações de poluentes na atmosfera com a finalidade de salvaguardar a saúde da população, algumas premissas não foram atendidas, como as condições de topografia e relevo, além de características do entorno onde as estações estão instaladas em relação ao uso do solo, o que dificulta a determinação da área de abrangência e representatividade.

A CETESB [9-11] realizou uma avaliação da área de abrangência das estações de monitoramento da qualidade do ar, utilizando a análise estatística, como o cálculo dos coeficientes de divergência (COD) e coeficientes de correlação (r), para avaliar se as informações fornecidas por duas estações são similares, no que diz respeito às concentrações de ozônio. O atendimento de critérios de similaridade ao longo de toda a

série de dados é um indicativo da homogeneidade do ar entre os dois locais. O estudo concluiu que é adequada a adoção do critério de abrangência e representatividade de distância de até 30 km a partir de cada estação.

Assim, optou-se por adotar a mesma abrangência referenciada na CETESB [9-11] respeitando a especificidade de cada região onde está instalada a estação automática de monitoramento, cujo resultado é apresentado na Tabela 1.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Tipicamente, os dados obtidos, após o tratamento estatístico, são médias aritméticas sobre uma série histórica contemplando pelo menos a média dos últimos 3 (três) anos, para os períodos diurno e noturno, que subsidia a elaboração de estudos de análise de risco no Estado de São Paulo em apoio à gestão ambiental de empreendimentos que manipulam substâncias perigosas. A Tabela 6 apresenta os valores típicos de uma determinada região.

Tabela 6. Exemplo típico de valores meteorológicos utilizados em modelagem de cenários acidentais

ESTAÇÃO – SÃO JOSÉ DOS CAMPOS		
Dados	Período diurno	Período noturno
Temperatura ambiente	23,9 °C	19,8 °C
Velocidade do vento	1,6 m/s	1,4 m/s
Categoria de estabilidade	A-B	F
Umidade relativa do ar	76,0%	89,0%
Direção do vento (De → Para)		
N → S	20%	6%
NE → SW	28,6%	18,1%
E → W	4,9%	7,2%
SE → NW	11,8%	23,9%
S → N	10,1%	17%
SW → NE	10,6%	15,6%
W → E	10,1%	10,6%
NW → SE	3,9%	1,6%

No uso cotidiano dos dados observamos que alguns modelos matemáticos para cálculo de dispersão atmosférica trabalham com apenas uma classe de estabilidade. Desta forma, precisavam-se adotar algumas premissas para decidir qual o grau de estabilidade atmosférica único seria adotado nos casos em que a estabilidade atmosférica caísse sobre as classes A-B, B-C e C-D, conforme apresentado na Tabela 5. A fim de verificar o peso da classe de estabilidade na avaliação de vulnerabilidade, procedeu-se um estudo para a previsão dos impactos danosos às pessoas, baseado nos efeitos advindos de exposição a substâncias químicas.

Os pressupostos do estudo foram:

1. Hipótese acidental – ruptura de linha de 2” para o cloro e propano - liquefeitos por efeito de pressão e armazenados com a pressão de saturação a 25°C;
2. Condições meteorológicas obtidas para São José dos Campos, variando a categoria de estabilidade atmosférica de Pasquill: A e B
3. Softwares de cálculo (*PHAST – Process Analysis Tool Software*, versão 6.7) [12];
4. Sequências de cálculo – Cálculo da taxa de vazamento e posterior dispersão de nuvem até a concentração de 106ppm para o cloro e 20.000ppm para o propano;

Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os alcances dos efeitos físicos para o cloro e para o propano.

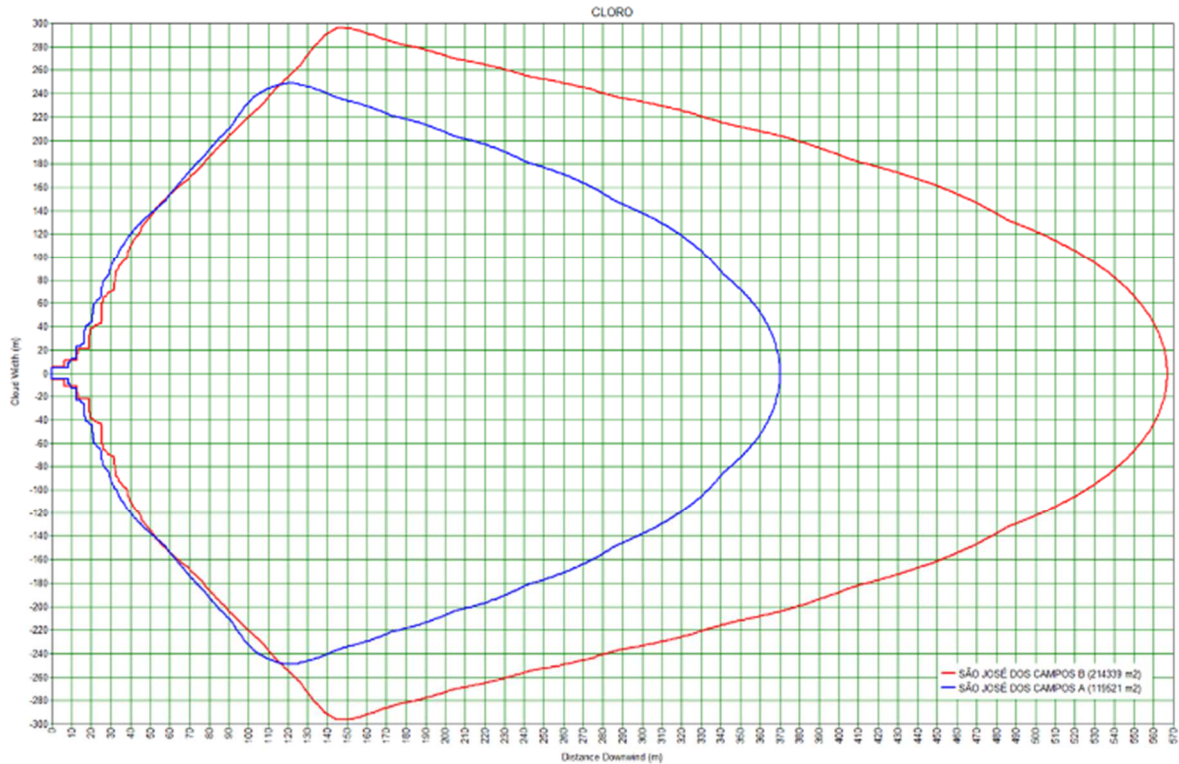


Figura 3. Alcance dos efeitos físicos para o cloro.

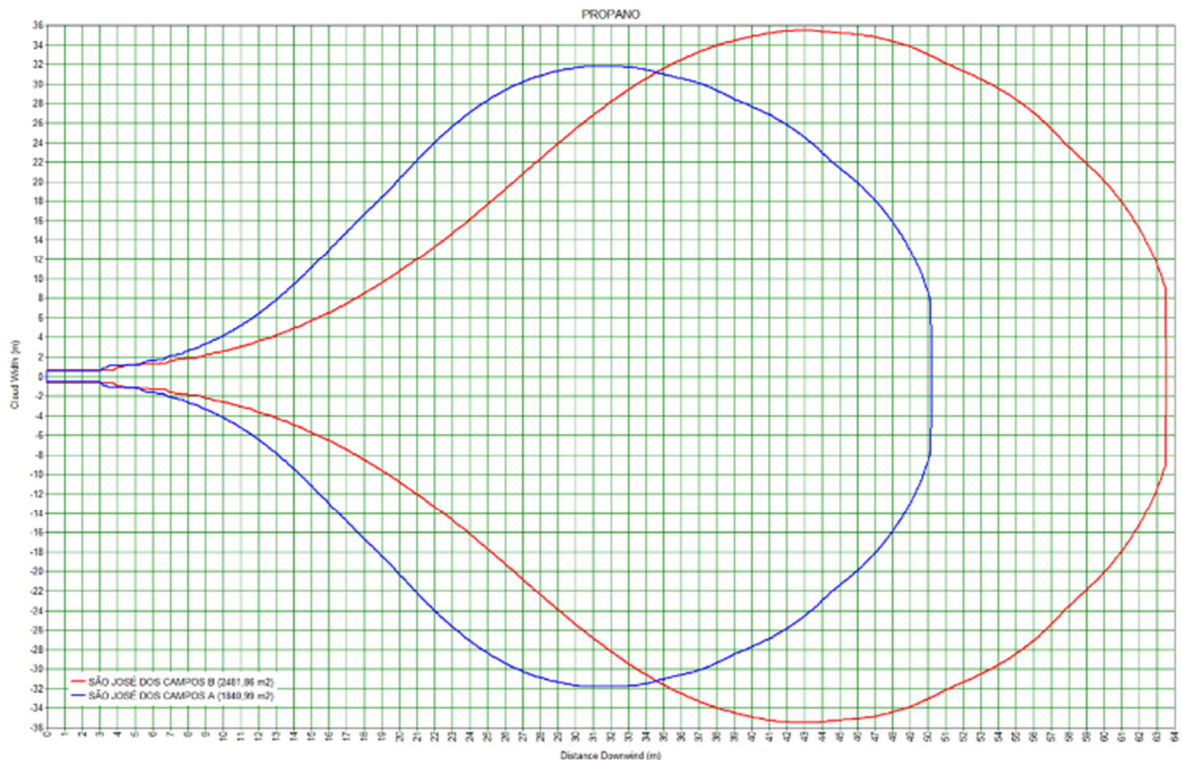


Figura 4. Alcance dos efeitos físicos para o propano.

Os resultados dos efeitos físicos mostram que o alcance e áreas da nuvem tóxica de cloro são aproximadamente 60% maior para a classe de estabilidade B (moderadamente instável) em relação a classe A (extremamente instável). Para o propano os resultados indicaram que o alcance e áreas da nuvem da classe B são cerca de 75% maior que a classe A. Desta forma, como o interesse é salvaguardar a saúde da população, convencionou-se adotar a classe de estabilidade que fornece a maior alcance dos efeitos físicos e conseqüentemente o maior número de pessoas atingida, ou seja: nos casos em que a classe de estabilidade foi

A-B, o dado foi fornecido com a classe de estabilidade B. A mesma lógica foi utilizada para os casos B-C, escolhendo C e C-D, escolhendo D.

Em seguida, projetou-se os polígonos que delimitam as regiões onde os parâmetros meteorológicos são medidos e observou-se que para a RMSP há bom número de estações, que permite a sua cobertura espacial quase totalmente. Para as demais regiões do Estado, a cobertura é esparsa, um pouco melhor na região de Campinas. Além disso, verificou-se que em determinadas localidades havia sobreposição de raios de abrangência das estações conforme pode ser comprovada na Figura 5.

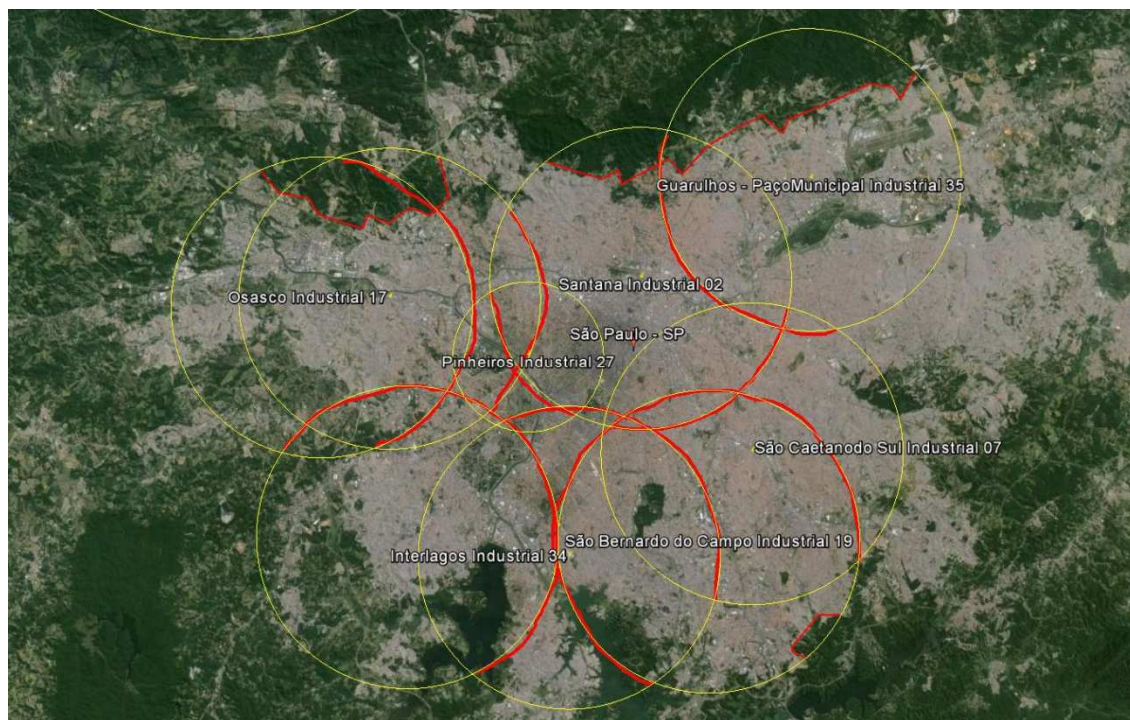


Figura 5. Abrangência espacial das estações automáticas de monitoramento situadas na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). As diversas estações de monitoramento se sobrepõem.

Nas regiões, onde houve sobreposição de duas ou mais estações adotou-se o seguinte critério para a escolha dos dados meteorológicos preponderantes na região, com as seguintes variáveis sendo consideradas:

- a) Velocidade do vento, classe de estabilidade, temperatura e umidade relativa - neste item privilegiou-se as classes de estabilidade que forneçam resultado maiores na dispersão;
- b) Proximidade da estação em relação à intersecção - deu-se prioridade a estação de menor raio de abrangência;
- c) Extensão e continuidade da série histórica - privilegiou-se as séries mais longas e com menor número de interrupções.
- d) Perfil topográfico - observou-se a presença de alterações significativas do relevo sobre a linha da intersecção dos círculos. A presença de algum pico poderia sugerir uma alteração de direção.

Além disso, foram feitos alguns ajustes para os municípios de Americana e Campinas, que são representados pelos dados meteorológicos medidos na estação automática de monitoramento de Paulínia e não foram utilizados os dados das estações Santos e Araraquara por enquanto, já que os mesmos têm abrangência local.

O resultado deste trabalho pode ser visto acessando <http://datageo.ambiente.sp.gov.br/> [13]. Do lado direito: acessar Visualizador de Mapas; do lado esquerdo: expandir o folder Legislação ambiental. Clicar em Norma P4261 Risco de Acidente de origem tecnológica. Inserir o endereço ou coordenada no lado direito superior, clicando no botão Busca ou Busca coordenada. Após localizar o endereço e se estiver dentro da área de abrangência da estação (em azul), clicar na consulta (botão I) as informações meteorológicas relativas a região aparecerá em seguida conforme Figura 6

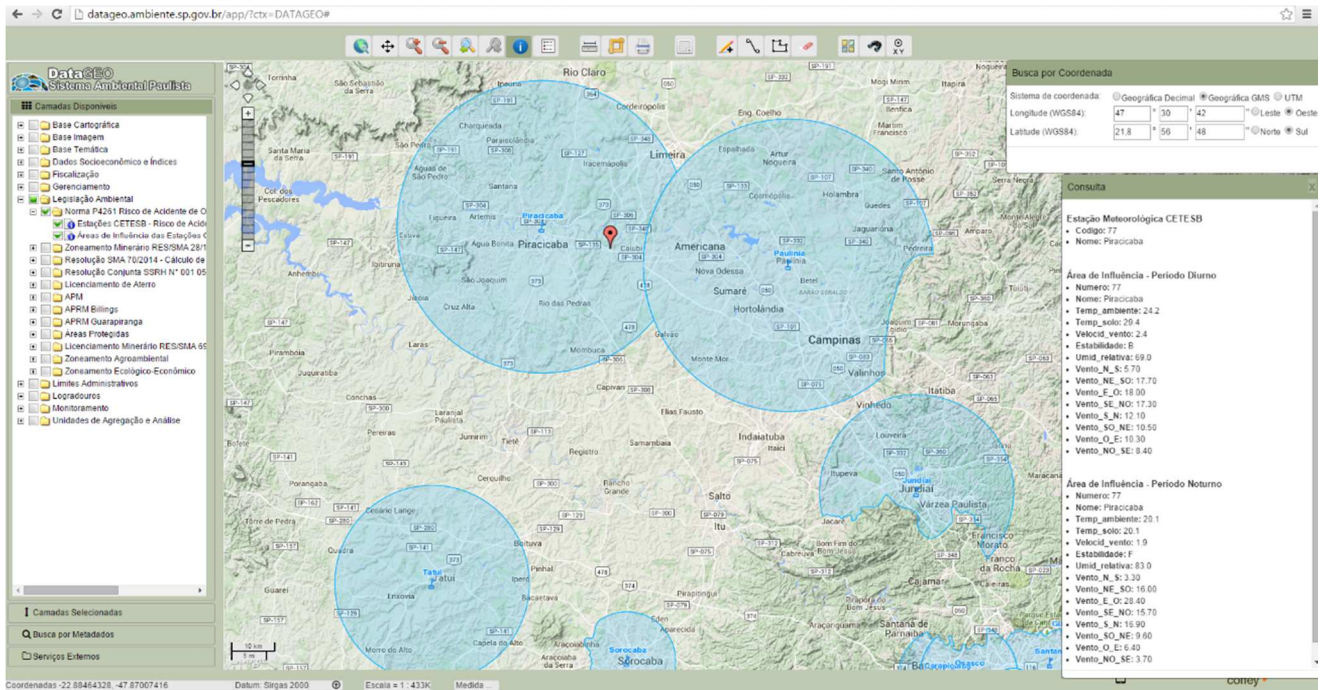


Figura 6. Consulta de dados meteorológicos

5. COMENTÁRIOS FINAIS

A utilização de dados meteorológicos já obtidos e tratados pelo órgão regulador é de extrema importância para a elaboração e posterior análise de estudos quantitativos de risco, haja vista que sempre existe muita discussão em cima destes dados, impactando diretamente no tempo para aprovação de tais estudos.

A disponibilização destes dados em uma base de informação territorial única, acessível via *WEB*, garante a transparência, compartilhamento das informações e o acesso ao público a informações oficiais e qualificadas, as quais não serão objetos de discussão durante o processo de licenciamento, bem como, permitirá o cruzando de Estudos, com a elaboração de mapas de risco em manchas urbanas definidas especificamente para a implantação de indústrias de determinadas periculosidade, de forma a salvaguarda a saúde da população.

Para trabalhos futuros seria importante a obtenção de dados meteorológicos de outros Institutos (INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, IAC – Instituto Agrônomo de Campinas, etc.) para “cobrir” regiões não abrangidas pelas estações da CETESB.

6. REFERÊNCIAS

- [1] CCPS - Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers. *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, 3rd Ed., New York, (2007).
- [2] CARVALHO, A.; MONTEIRO A.; RIBEIRO, I.; TCHEPEL, O.; MIRANDA, A. I.; BORREGO, C.; SAAVEDRA, S.; SOUTO, J. A.; CASARES, J. J. “High Ozone Levels in the Northeast of Portugal: Analysis and Characterization”, *Atmospheric Environment*, vol. 44, p. 1020, (2010).
- [3] CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Norma P4.261: Risco de Acidente de Origem Tecnológica – Método para Decisão e Termos de Referência*. CETESB, 2ª Edição (2014). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/servicos/normas-tecnicas-cetesb>>. Acesso em: 22 set. 2015
- [4] CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Qualidade do ar no Estado de São Paulo, 2014*”. CETESB, (2015). Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: 13 maio. de 2015.

- [5] CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *QUALAR - Sistema de Informação de Qualidade do Ar. São Paulo*. CETESB, (2012). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. de 2012.
- [6] SÃO PAULO - Secretaria de Energia do Governo do Estado de São Paulo. *Energia Solar Paulista: Levantamento do Potencial*. São Paulo, (2013). Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/455.pdf>>. Acesso em: 12 maio de 2014.
- [7] EUROPEAN PROCESS SAFETY CENTRE. *Atmospheric Dispersion*. Rugby: Institution of Chemical Engineers. (1998). ISBN: 9780852954041, 200 pg.
- [8] WMO - World Meteorological Organization. *Guide to meteorological instruments and methods of observation*. Geneva, Switzerland, (2008).
- [9] CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Classificação Preliminar da Representatividade Espacial das Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar da CETESB no Estado de São Paulo*. CETESB, (2013). Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: 15 dez. de 2013.
- [10] CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Classificação da Representatividade Espacial das Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar da CETESB no Estado de São Paulo – Segunda Etapa*. CETESB, (2013). Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: 13 abr. de 2015.
- [11] CETESB-Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Abrangência Espacial das Estações de Monitoramento de Ozônio (referente ao item I do Artigo 14º do Decreto Estadual nº 59.113/2013)*. CETESB, (2014). Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: 13 abr. de 2015.
- [12] DNV-Det Norske Veritas. *PHAST – Process Hazard Analysis Software Tools, version 6.7*. DNV Software, London, (2012).
- [13] SÃO PAULO-Secretaria de Meio Ambiente do Governo do Estado de São Paulo. *Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo – IDEA-SP: base territorial ambiental unificada*. São Paulo, (2015). Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO#>>. Acesso em: 24 set. 2015.