



SUL AMERICANA DE METAIS LTDA

PROJETO VALE DO RIO PARDO

ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA

RELATÓRIO TÉCNICO COMPLEMENTAR - RTC 01

SUL AMERICANA DE METAIS LTDA.

PROJETO VALE DO RIO PARDO

**ESTUDO DE DISPERSÃO
ATMOSFÉRICA**

RELATÓRIO TÉCNICO COMPLEMENTAR - RTC 01

MARÇO DE 2012

ÍNDICE

1 - IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR	7
2 - RESPONSABILIDADE TÉCNICA.....	8
3 - APRESENTAÇÃO	9
4 - METODOLOGIA.....	10
4 - CARACTERÍSTICAS DAS EMISSÕES E FONTES CONSIDERADAS	14
4.1 - Emissões geradas pelo arraste eólico	14
4.2 - Emissões geradas pelo trânsito de veículos	20
4.2.1 - Vias não pavimentadas	20
4.3 - Emissões geradas na formação e retomada de pilhas.....	28
4.4 - Emissões geradas nas britagens e peneiramento	31
5 - SOFTWARE UTILIZADO NA MODELAGEM.....	32
6 - DADOS METEOROLÓGICOS	34
7 - BASE TOPOGRÁFICA.....	37
8 - ÁREA DE MODELAMENTO	39
9 - PADRÕES LEGAIS.....	40
ANEXOS	45
ANEXO 1 - DESENHOS DAS PLUMAS DE DISPERSÃO	47

Quadros

QUADRO 3.1 - Metodologias da EPA utilizadas nos cálculos	12
QUADRO 4.1 - Valores de fricção utilizados para o cálculo das emissões.....	16
QUADRO 4.2 - Valores gerais utilizados para o cálculo das emissões por arraste eólico	19
QUADRO 4.3 - Faixa de parâmetros - valores orientativos para validade da equação utilizada - vias não pavimentadas	20
QUADRO 4.4 - Valores gerais utilizados para o cálculo das emissões das vias não pavimentadas.....	24
QUADRO 4.5 - Taxas de emissão para as vias não pavimentadas - PTS.....	25
QUADRO 4.6 - Taxas de emissão para as vias não pavimentadas - PM ₁₀	25
QUADRO 4.7 - Faixa de parâmetros - valores condicionais para validade da equação utilizada - vias pavimentadas	26
QUADRO 4.8 - Valores gerais utilizados para o cálculo das emissões das vias pavimentadas	27
QUADRO 4.9 - Taxas de emissão para as vias pavimentadas- PTS.....	28

QUADRO 4.10 - Taxas de emissão para as vias pavimentadas - PM ₁₀	28
QUADRO 4.11 - Valores gerais utilizados nos cálculos e taxas de emissão das formações e retomadas de pilhas	29
QUADRO 4.12 - Valores gerais utilizados nos cálculos e taxas de emissão das britagens e peneiramento	31
QUADRO 9.1 - Padrões primários e secundários para a Qualidade do Ar - PTS	40
QUADRO 9.2 - Padrões primários e secundários para a Qualidade do Ar - PM ₁₀	40
QUADRO 10.1 - Resultados Calculados das Concentrações – PTS.....	42
QUADRO 10.2 - Resultados Calculados das Concentrações - PM ₁₀	42

Figuras

FIGURA 5.1 - <i>Software AERMOD-VIEW</i> , versão 6.7.1	32
FIGURA 6.1 - Direção predominante dos ventos (dados modelagem 2010)	36
FIGURA 7.1 - Tela do processador de terreno do AERMOD	37
FIGURA 7.2 - Base topográfica utilizada no modelamento.....	38
FIGURA 8.1 - Sistema de coordenadas e pontos receptores	39

1 - IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

EMPRESA RESPONSÁVEL PELO EMPREENDIMENTO	
Razão social	SUL AMERICANA DE METAIS S.A.
CNPJ	08.289.492/0001-99
Inscrição Estadual	isento
Inscrição Municipal	-
Endereço completo	Rodovia Salinas / Taiobeiras, 60 - Bairro Novo Panorama, CEP 39560-000, Salinas/MG
CTF no IBAMA	4896097

PESSOAS PARA CONTATO	
Nomes	Haroldo Freischfresser – CPF 013.993.988-14 Marco Túlio Naves de Carvalho – CPF 428.749.121-15
Endereço	Av. das Nações Unidas, 1.251 – 18º andar – Conj. 1801, Brooklin – São Paulo – SP – CEP 04578-903
Cargo / função	Haroldo Freischfresser - Presidente Marco Túlio Naves de Carvalho - Diretor de Geologia e Meio Ambiente
Telefone(s)	(11) 3043-8811 e Fax (11) 3043-8810
Endereços eletrônicos	haroldo.fleisch@sammetais.com.br marco.tulio@sammetais.com.br
Representante Legal	Haroldo Freischfresser
CPF	428.749.121-15
CTF no IBAMA	294127
Endereço	Av. das Nações Unidas, 1.251 – 18º andar – Conj. 1801, Brooklin – São Paulo – SP – CEP 04578-903
Telefone e Fax	(11) 3043-8811 e Fax (11) 3043-8810
Email	haroldo.fleisch@sammetais.com.br

2 - RESPONSABILIDADE TÉCNICA

EMPRESA RESPONSÁVEL			
Razão social:	BRANDT MEIO AMBIENTE LTDA.	http:	www.brandt.com.br
CNPJ:	71.061.162/0001-88	Diretor Operacional:	Sergio Avelar
CTF no IBAMA nº 197484			
Nova Lima / MG - Alameda do Ingá, 89 - Vale do Sereno - 34 000 000 - Nova Lima - MG Tel (31) 3071 7000 - Fax (31) 3071 7002 - bma@brandt.com.br			

RESPONSÁVEIS TÉCNICOS PELO ESTUDO DE DISPERSÃO ATMOSFÉRICA		
Técnico	Formação / Registro Profissional	Responsabilidade
Alceu Raposo Junior	Geógrafo / MSc. Análise Ambiental/ Climatologista CREA-MG 77292/D	Coordenação técnica, preparação dos dados da fonte de emissão, desenvolvimento da modelagem e elaboração do documento
Cristiano Lisboa de Andrade	Geógrafo CREA - MG 107152/D	Tratamento dados meteorológicos e da base topográfica, estruturação do modelo, desenvolvimento da modelagem e elaboração do documento
Gustavo Henrique Tetzl Rocha	Engenheiro Metalurgista e de Segurança do Trabalho / MSc. Meio Ambiente CREA - MG 75798/D	Preparação dos dados da fonte de emissão, desenvolvimento da modelagem e elaboração do documento

ASSINATURAS E RUBRICAS DOS COORDENADORES DO MÓDULO 5		
Responsável Técnico	Assinatura	Rubrica
Alceu Raposo Junior		
Cristiano Lisboa de Andrade		
Gustavo Henrique Tetzl Rocha		

As ART's e CTF's dos Coordenadores do Módulo 14 do EIA podem ser encontradas no Anexo 3 do Módulo 1 do Estudo de Impactos Ambientais.

3 - APRESENTAÇÃO

Neste documento é apresentado o Estudo de Dispersão Atmosférica dos parâmetros Partículas Totais em Suspensão - PTS e Partículas Inaláveis - PI (PM_{10}) provenientes das emissões atmosféricas que deverão ser geradas pelas atividades operacionais do Projeto Vale do Rio Pardo, da Sul Americana de Metais - SAM.

De uma maneira geral, este estudo apresenta um conjunto de simulações que permitem avaliar o comportamento da pluma de dispersão dos poluentes citados acima, incluindo a identificação das áreas potencialmente atingidas por essas emissões e os pontos mais prováveis de serem encontradas as máximas concentrações dos poluentes estudados.

Em termos gerais, os parâmetros PTS e PM_{10} analisados neste estudo estão relacionados com as principais emissões atmosféricas a serem geradas durante o desenvolvimento das atividades operacionais do Projeto Vale do Rio Pardo, como por exemplo a britagem, o peneiramento, a formação de pilhas de estocagem e o trânsito de veículos em vias não pavimentadas e pavimentadas, assim como pela ação eólica sobre pátios, pilhas, área de disposição de estéril, barragem de rejeitos e cava.

As simulações da dispersão atmosférica foram realizadas utilizando-se o *software AERMOD View 6.7.1*, da *Lakes Environmental*, e com base em informações de engenharia fornecidas pela SAM. Também foram feitos cálculos baseados em metodologias disponibilizadas pela Agência Ambiental Americana - *Environmental Protection Agency* - EPA, em seu endereço eletrônico <http://www.epa.gov/>.

Resumidamente, o Estudo de Dispersão foi organizado da seguinte maneira:

- Metodologia;
- Características das emissões e fontes consideradas;
- *Software* utilizado na modelagem;
- Dados meteorológicos;
- Definição da área de modelamento;
- Padrões legais;
- Resultados.

Cada um desses itens e seus respectivos subitens são apresentados a seguir.

4 - METODOLOGIA

O modelo de dispersão atmosférica utilizado baseia-se na equação da pluma gaussiana. Esta assume que a dispersão do poluente de uma fonte contínua tem uma distribuição normal ao eixo da pluma, tanto no plano horizontal como no vertical (direção vertical z e direção y perpendicular à direção do vento). Sendo assim, o modelo utiliza o seguinte cálculo:

$$C(x, y, z) = \frac{FD}{2\pi u_s \sigma_y \sigma_z} Q \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right] \left\{ \exp\left[\frac{-(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\}$$

onde:

- x, y = coordenadas cartesianas que identificam o ponto analisado;
- z = altitude média da célula do ponto analisado, em relação ao nível do mar;
- Q = taxa de emissão do poluente na fonte catalogada;
- u_s = velocidade média do vento na altura de emissão;
- σ_y = parâmetro de distribuição na direção lateral ao eixo da pluma;
- y = distância ortogonal ao eixo da pluma do ponto analisado à fonte emissora;
- h = altura efetiva de emissão da fonte;
- σ_z = parâmetro de distribuição na direção vertical ao eixo da pluma;
- F = fator de correção para diferentes tempos de amostragem;
- D = termo de decaimento do poluente considerado.

Para realização dos cálculos no *software* adotado, foram necessários os seguintes dados de entrada:

1. Características principais das emissões e fonte de emissões consideradas;
2. Dados meteorológicos disponíveis da região;
3. Dados digitais das instalações do empreendimento;
4. Coordenadas geográficas (UTM) de toda a área de estudo;
5. Dados planialtimétricos da área estudada;
6. Definição da malha de pontos receptores, ou seja, pontos sobre os quais os cálculos e simulações de concentrações do poluente dispersado serão realizados.

As saídas oferecidas pelo *software* de aplicação utilizado no estudo consistiram nos cálculos das concentrações no ar dos parâmetros PTS e PM₁₀, identificando as áreas diretamente afetadas pelo Projeto Vale do Rio Pardo e entorno, sujeitas à influência das emissões.

Os dados meteorológicos foram obtidos de duas estações, sendo uma de superfície e uma de ar superior. Os dados de superfície (direção e velocidade dos ventos, temperatura, umidade relativa, precipitação, altura da camada limite) foram obtidos da Estação Automática INMET de Salinas (Lat - 16,16° / Long - 42,30° - altitude 495 m). Esses dados possibilitaram análises de acordo com as normas da Organização Meteorológica Mundial (OMM). Os dados de ar superior (índice de cobertura de nuvens e diversos dados físicos de radiosondagem), por sua vez, foram obtidos da Estação METAR (aeronáutica) de Brasília.

Para o modelamento de dispersão atmosférica foram utilizados dados horários completos do ano de 2010, ou seja, no período de 01/01/2010 a 31/12/2010.

O banco de dados meteorológicos foi utilizado em dois momentos distintos. Inicialmente, para se fazer o cálculo das taxas de emissão de PTS e PM₁₀ (g/s) provenientes da ação eólica sobre pátios, pilhas, área de disposição de estéril, barragem de rejeitos e cava e, posteriormente, para compor os dados de entrada exigidos pelo *software*, com o objetivo de se calcular as concentrações e a dispersão das plumas de concentração de PTS e PM₁₀.

Em relação à base topográfica, foi utilizado um domínio computacional de, aproximadamente, 38,7 km por 38,2 km, tendo como coordenada de origem o ponto extremo SW (721.822E / 8.182.459N, UTM - SAD 69) e curvas de nível com precisão de 20m em 20m, provenientes de restituição topográfica de imagens de satélite de alta resolução.

Conforme já mencionado, os cálculos das emissões de entrada no *software* foram feitos utilizando-se metodologias da EPA - *Environmental Protection Agency*, reconhecidamente utilizadas em todo o mundo para cálculo de dispersão, conforme sintetizado no quadro 2.1 a seguir e detalhadas neste documento.

QUADRO 3.1 - Metodologias da EPA utilizadas nos cálculos

Tipologia da fonte	Referência utilizada	Equação geral de cálculo	Parâmetros utilizados
Ação eólica	<p><i>EPA - Environmental Protection Agency-AP-42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources</i></p> <p><i>Chapter 13 - (Miscellaneous Sources), subitem 13.2.5 (Industrial Wind Erosion), em sua última revisão (novembro/2006).</i></p>	$E = k \sum_{i=1}^N P_i$ $P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$ $P = 0 \text{ para } u^* \leq u_t^*$	<p>k = Constante empírica, relacionada ao tamanho das partículas</p> <p>N = Número de distúrbios da área por ano</p> <p>P = Potencial de erosão correspondente à velocidade de vento mais elevada, dado em g/m²</p> <p>u* = velocidade de fricção de vento, dado em m/s</p> <p>u_t* = velocidade de fricção de vento mínima necessária para a ocorrência de emissão, dado em m/s</p>
Trânsito de veículos em vias não pavimentadas	<p><i>EPA - Environmental Protection Agency-AP-42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources</i></p> <p><i>Chapter 13 - (Miscellaneous Sources), subitem 13.2.2 (Unpaved Roads), em sua última revisão (novembro/2006).</i></p>	$E = K * (s/12)^a * (W/3)^b$ <p>Fator de correção pluviométrica: (365 - p) / 365</p>	<p>k = Constante empírica</p> <p>a = Constante empírica</p> <p>b = Constante empírica</p> <p>s = Percentual de silte no capeamento da via de acesso</p> <p>W = Peso médio dos veículos</p> <p>p = número de dias com precipitação pluviométrica superior a 0,254 mm, durante um período específico.</p>

Continuação

Tipologia da fonte	Referência utilizada	Equação geral de cálculo	Parâmetros utilizados
Trânsito de veículos em vias pavimentadas	<p><i>EPA - Environmental Protection Agency-AP-42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources</i></p> <p><i>Chapter 13 - (Miscellaneous Sources), subitem 13.2.1 (Paved Road), em sua última revisão (janeiro/2011).</i></p>	$E = K * (sL)^{0,91} * (W)^{1,02}$ <p>Fator de correção pluviométrica: (1 - P/4N)</p>	<p>k = Constante empírica, relacionada ao tamanho das partículas</p> <p>sL = Carga de silte superficial (g/m²)</p> <p>W = Peso médio dos veículos que transitam na área</p> <p>P = número de dias com precipitação pluviométrica superior a 0,254 mm, durante um período específico</p> <p>N = número de dias do período considerado</p>
Formação de pilhas	<p><i>EPA - Environmental Protection Agency - AP -42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources</i></p> <p><i>Chapter 13 - (Miscellaneous Sources), subitem 13.2.4 - Aggregate Handling and Storage Piles, em sua última versão (novembro/2006)</i></p>	$E = k(0,0016) [(U/2,2)^{1,3}/(M/2)^{1,4}]$	<p>M = Umidade (%)</p> <p>k = Constante empírica, relacionada ao tamanho das partículas</p> <p>U = Velocidade média dos ventos</p> <p>Quantidade de material processado (t/h)</p> <p>Índice de operação</p>
Britagem e peneiramento	<p><i>EPA - Environmental Protection Agency - AP - 42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources</i></p> <p><i>Chapter 11 - (Mineral Products Industry), subitem 11.24 (Metallic Minerals Processing), em sua última revisão (agosto/1982)</i></p>	<p>Tabela de referência 11.24-1</p>	<p>Umidade (%) e granulometria do material processado</p> <p>Quantidade de material processado (t/h)</p> <p>Índice de operação</p>

4 - CARACTERÍSTICAS DAS EMISSÕES E FONTES CONSIDERADAS

Conforme já mencionado, foram consideradas, no presente estudo, as emissões envolvendo atividades de britagem e peneiramento, formação de pilhas de estocagem, trânsito de veículos em vias não pavimentadas e pavimentadas, assim como pela ação eólica sobre pátios, pilhas, área de disposição de estéril, barragem de rejeitos e cava. Todas essas atividades são passíveis de geração de emissões atmosféricas constituídas por material particulado, na forma de PTS e PM₁₀.

Os subitens a seguir apresentam a metodologia utilizada para os cálculos dos dados de entrada no *software* de dispersão utilizado, para cada tipologia de emissão considerada.

4.1 - Emissões geradas pelo arraste eólico

Para o cálculo das emissões de material particulado devido à ação eólica sobre pátios, pilhas, área de disposição de estéril, barragem de rejeitos e cava foram empregadas as seguintes fórmulas:

$$E = k \sum_{i=1}^N P_i$$

Onde:

- $P = 58(u^* - u_t^*)^2 + 25(u^* - u_t^*)$
- $P = 0$ para $u^* \leq u_t^*$

Onde:

- E = Fator de emissão para emissões de material particulado provenientes da ação eólica, dado em g/m^2 (grama por metro quadrado)
- k = Constante empírica, relacionada ao tamanho das partículas (adimensional)
- N = Número de distúrbios por ano
- P = Potencial de erosão correspondente à velocidade de vento mais elevada (observada ou provável), no período "i" entre os distúrbios, dado em g/m^2 (grama por metro quadrado)
- u^* = velocidade de fricção de vento, dado em m/s (metro por segundo)
- u_t^* = velocidade de fricção de vento mínima necessária para a ocorrência de emissão, dado em m/s (metro por segundo)

Considerando-se os parâmetros relacionados acima, observa-se que u_t^* pode ser determinado em função da granulometria do material, conforme procedimento e valores constantes na tabela 13.2.5-1 da referência utilizada.

Em relação a u^* , esta é definida como:

$$u^* = 0,053 u_{10}^+$$

Onde:

u_{10}^+ é definida como a velocidade mais elevada, do período “i” entre os distúrbios, medida por anemômetro de referência, localizado a 10 metros de altura.

Adicionalmente às equações acima mencionadas, optou-se também por considerar uma minimização das emissões em função da precipitação pluviométrica da região.

Para esse cálculo foi considerada a referência bibliográfica “Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources”, Capítulo 13 (*Miscellaneous Sources*), subitem 13.2.2 (*Unpaved Roads*), em sua última revisão (novembro/2006). De acordo com a bibliografia mencionada, considera-se que as emissões atmosféricas fugitivas não são liberadas quando ocorre uma precipitação pluviométrica superior a 0,254 mm. Apesar dessa equação estar diretamente relacionada ao trânsito em vias não pavimentadas, optou-se por considerá-la também no cálculo das fontes de emissão em virtude da ação eólica, uma vez que a precipitação pluviométrica constitui-se em fator determinante para mitigação das emissões. Dessa forma, os resultados dos cálculos de emissões obtidos com a utilização das equações acima foram multiplicados pelo seguinte fator:

$$(365 - p) / 365$$

Onde:

p = número de dias (por ano) com precipitação pluviométrica superior a 0,254 mm

365 = número de dias do ano

Deve ser ainda observado que, como os dados do ano de 2010 da estação automática INMET de Salinas apresentam apenas 01 casa decimal, foram considerados os dias com precipitação mínima de 0,2 mm.

Dessa forma, de acordo com as medições da referida Estação Meteorológica para o ano de 2010, foi obtido um valor de “p” de 94, ou seja, foi considerado que em 94 dias, por ano, há precipitação pluviométrica mínima de 0,2 mm.

Valores dos parâmetros e demais considerações para os cálculos das emissões

Constante k

Considerando a tabela da seção 13.2.5.3 da Referência utilizada, foi considerado o valor de k igual a 1,0 para PTS e 0,50 para PM_{10} .

Número de distúrbios por ano

Considerando que as atividades operacionais ocorrem durante 24 horas/dia, todos os dias da semana, foi considerado que ocorrerão distúrbios horários. Foi ainda considerado que os pátios, pilhas, área de disposição de estéril, barragem de rejeitos e cava estarão sujeitas a esses distúrbios, não sendo estimado um número distinto de distúrbios para diferentes partes dessas fontes.

Assim sendo, de forma conservadora, os cálculos de emissão foram realizados por hora, considerando-se um ano de dados e operação de todas as pilhas, cavas e área desnuda identificadas como 24 horas/dia. Portanto, $N = 24 * 365 = 8760$.

Velocidade de fricção do vento

Foram obtidos dados horários de velocidade do vento, pela estação automática INMET de Salinas, para o período de 01/01/2010 a 31/12/2010.

Para os cálculos realizados, foram considerados os valores horários de rajada de vento, medidos pela referida estação. Esses dados correspondem aos valores da velocidade mais elevada do vento dos períodos entre os distúrbios, conforme estabelecido pela Referência utilizada na metodologia (seção 13.2.5.3).

Observa-se que os valores de rajada de vento, obtidos a uma altura de 10 metros, foram convertidos aos valores individuais de u^* , conforme equação anteriormente apresentada ($u^* = 0,053 u_{10}^+$).

Velocidade de fricção de vento mínima necessária para a ocorrência de emissão

A partir da granulometria dos materiais, foram utilizados valores de referência da tabela 13.2.5-1. Os valores de u_t^* utilizados foram de 1,12 m/s (*uncrusted coal pile*) e 1,02 m/s (estéril), conforme mostrado no Quadro 4.1, a seguir.

QUADRO 4.1 - Valores de fricção utilizados para o cálculo das emissões

Fontes	Velocidade de fricção u_t^* (m/s)
Pilha de Emergência	1,12
Pilha de Retomada	1,12
Pilhas de Homogeneização (platô)	1,12
Área de disposição de estéril	1,02
Barragem de rejeitos	1,02
Cava	1,02

Formato

A pilha de emergência foi considerada como oval (B1) e a pilha de retomada como de formato circular (A). Estes formatos B1 e A correspondem aos representados na figura 13.2.5-2 *Contours of normalized surface windspeeds*, da referência 13.2.5 *Industrial Wind Erosion*.

Nos casos da área de disposição de estéril e barragem de rejeitos não foram considerados formatos específicos relacionados com a direção dos ventos.

Área superficial

As áreas superficiais das pilhas, área de disposição de estéril, barragem de rejeitos e cava foram estimadas a partir de utilização dos traçados provenientes de base topográfica fornecida pela SAM, mediante a sobreposição no próprio *software* utilizado no modelamento.

Apenas a título de observação, apesar das pilhas de estocagem serem consideradas, tecnicamente, como fontes de volume, no *software* utilizado para o Estudo de Dispersão elas dão entrada como “fontes de área”. Esse fato ocorre em virtude de apenas parte das áreas das pilhas estarem sujeitas às emissões. Dessa forma, é feita a entrada no *software* das áreas calculadas passíveis de emissão e não o volume total da pilha.

Fator precipitação pluviométrica

Considerando-se ainda a inclusão do fator “precipitação pluviométrica” nos cálculos, o parâmetro “p” corresponde ao número de dias por ano com precipitação pluviométrica superior a 0,254 mm. Conforme já citado, em função da precisão de 01 casa decimal dos dados de pluviometria da estação automática INMET de Salinas, foram considerados os dias com precipitação superior a 0,2 mm, ou seja, 94 dias.

A referência bibliográfica “Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources”, Capítulo 13 (*Miscellaneous Sources*), subitem 13.2.2 (*Unpaved Roads*), em sua última revisão (novembro/2006), considera que as emissões atmosféricas fugitivas não são liberadas quando ocorre uma precipitação pluviométrica superior a 0,254 mm. Apesar dessa equação estar diretamente relacionada ao trânsito em vias não pavimentadas, optou-se por considerá-la também no cálculo das fontes de emissão em virtude da ação eólica, uma vez que a precipitação pluviométrica constitui-se em fator determinante para mitigação das emissões.

Valores utilizados no modelamento

Deve ser observado que, em relação às emissões provenientes da ação eólica dos ventos sobre as fontes locais, foram obtidos valores de emissão horários. Destaca-se que esses valores são intermitentes, ocorrendo em determinado período de tempo, em função das rajadas, não se constituindo, portanto, em valores contínuos.

Com o intuito de otimizar os valores para o Estudo de Dispersão, foi considerado que os valores (resultados) obtidos em cada hora, os quais representam o parâmetro "P" (g/m^2), foram multiplicados pela área superficial, sendo obtidos os valores de emissão em massa (gramas) por hora. Esses valores, conforme já mencionado, ocorrem devido apenas às rajadas de vento identificadas, não sendo contínuos. Visando, então, "aproximar" os valores de emissão descontínua para valores contínuos, todos os valores de emissão (gramas) obtidos para os períodos de rajada foram somados e considerados como se ocorridos ao longo de todo o ano. Dessa forma, as emissões (em gramas) de rajada foram "distribuídas" ao longo de todo o ano, ocorrendo, dessa forma, uma "diluição" dos resultados.

Considerando-se as aproximações mencionadas, foram obtidos os valores finais para PTS e PM_{10} , sintetizados no quadro 4.2 a seguir.

QUADRO 4.2 - Valores gerais utilizados para o cálculo das emissões por arraste eólico

Fonte	Dados utilizados nos cálculos	Taxa de emissão (g/s m ²)	
		PTS	PM ₁₀
Pilha de Emergência	Tipo de pilha: oval - B1 Número de dias de chuva: 94 dias Limiar da velocidade de fricção: 1,12 m/s Fator k: 1,00 (PTS) e 0,50 (PM ₁₀) Altura: 15 m	1,22 x 10 ⁻⁶	6,1 X 10 ⁻⁷
Pilha de Retomada	Tipo de pilha: circular - A Número de dias de chuva: 94 dias Limiar da velocidade de fricção: 1,12 m/s Fator k: 1,00 (PTS) e 0,50 (PM ₁₀) Altura: 15 m	1,1 x 10 ⁻⁶	5,3 x 10 ⁻⁷
Pátio de Homogeneização (platô)	Tipo de pilha: oval com fluxo à 40 ^o - B3 Número de dias de chuva: 94 dias Limiar da velocidade de fricção: 1,12 m/s Fator k: 1,00 (PTS) e 0,50 (PM ₁₀) Altura: 15 m	2,57 x 10 ⁻⁶	1,1 X 10 ⁻⁶
Área de disposição de estéril	Número de dias de chuva: 94 dias Limiar da velocidade de fricção: 1,02 m/s Fator k: 1,00 (PTS) e 0,50 (PM ₁₀) Altura: 30 m	1,6 x 10 ⁻⁷	7,8 x 10 ⁻⁸
Barragem de rejeitos	Número de dias de chuva: 94 dias Limiar da velocidade de fricção: 1,02 m/s Fator k: 1,00 (PTS) e 0,50 (PM ₁₀) Altura: 0 m	1,6 x 10 ⁻⁷	7,8 x 10 ⁻⁸
Cava	Número de dias de chuva: 94 dias Limiar da velocidade de fricção: 1,02 m/s Fator k: 1,00 (PTS) e 0,50 (PM ₁₀) Altura: 0 m	1,6 x 10 ⁻⁷	7,8 x 10 ⁻⁸

4.2 - Emissões geradas pelo trânsito de veículos

4.2.1 - Vias não pavimentadas

Valores dos parâmetros e demais considerações para os cálculos

Para a realização dos cálculos das emissões geradas pelo trânsito em vias não pavimentadas, foi feita uma seleção criteriosa dos valores adotados para os parâmetros, utilizando-se as tabelas empregadas pela EPA, *Environmental Protection Agency - AP-42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources - Chapter 13 - (Miscellaneous Sources), subitem 13.2.2 (Unpaved Roads)*, assim como dados fornecidos pela SAM.

De acordo com a metodologia, os valores dos parâmetros devem atender, preferencialmente, a uma faixa de valores específicos, como otimização de validade da equação utilizada (tabela 13.2.2-3 da Referência). Esses valores encontram-se apresentados no quadro 4.3 abaixo. Com o atendimento aos valores condicionais, a equação utilizada apresenta uma otimização de sua precisão.

QUADRO 4.3 - Faixa de parâmetros - valores orientativos para validade da equação utilizada - vias não pavimentadas

Fator de Emissão	Teor de Silte (%)	Peso médio do veículo		Velocidade média de trânsito		Número médio de rodas por veículo	% de Umidade
		Mg	ton	Km/h	mph		
Vias industriais não pavimentadas	1,8 - 25,2	1,8 - 260	2 - 290	8 - 69	5 - 43	4 - 17	0,03 - 13

* 1 Mg (megagrama) = 1 t (tonelada)

Fonte: Tabela 13.2.2-3. Range of Source Conditions Used in Developing Equation - Reference 13.2.2 - Unpaved Road.

Considerando-se a equação apresentada anteriormente no quadro 2.1 ($E = c * K * (s/12)^a * (W/3)^b$) nesse relatório, os parâmetros “k”, “a” e “b” (constantes) foram obtidos em tabelas próprias, empregadas pela EPA.

Constantes “k”, “a” e “b”

Os valores de “k”, “a” e “b” foram definidos com base na tabela 13.2.2-2 da Referência utilizada, que os relacionam diretamente ao tipo de via (no caso em questão, via industrial), e à granulometria das partículas do solo (consideradas como PTS (PM₃₀) e PM₁₀). Por consequência, foram obtidos valores de “k” de 4,9 lb/VMT (PTS) e 1,5 lb/VMT (PM₁₀), enquanto o valor de “a” foi de 0,7 (PTS e PM₁₀) e o valor de “b” foi de 0,45 (PTS e PM₁₀).

Percentual de silte

A determinação do percentual de silte foi feita utilizando-se a tabela 13.2.2-1 da Referência EPA utilizada, que determina valores típicos de silte em vias industriais.

Considerando-se os valores apresentados na referida tabela e as vias não pavimentadas objeto de estudo, foi definido, para todas as vias internas, um valor de 6,0% de silte, correspondente ao valor médio definido para atividades de produção de ferro e aço. Esse valor está dentro da faixa de percentual de silte sugerida na tabela 13.2.2-3 da Referência utilizada (faixa de valores orientativos, para melhor validade da equação utilizada).

Peso médio dos caminhões

O parâmetro “W” também foi definido com base em dados fornecidos pela SAM, considerando a frota de caminhões fora de estrada para o transporte de minério e estéril que deverá circular em suas vias internas, sendo:

- 17 unidades de caminhão fora de estrada para o transporte de estéril com peso unitário máximo carregado de 360 t e peso unitário vazio de 150 toneladas;
- 25 unidades de caminhão fora de estrada para o transporte de minério, com peso unitário máximo carregado de 360 t e peso unitário vazio de 150 toneladas;

Considerando-se os caminhões carregados e vazios, tem-se um peso de:

- Caminhões carregados: $(150+360) = 510$ t (01 unidade de cada caminhão carregado);
- Caminhões vazios: $150 = 150$ t (01 unidade de cada caminhão vazio).

Todavia, o parâmetro W é dado pela média do peso de todos os veículos que transitam no local, a saber: $[17 * (360 + 150) + 25 * (360 + 150)] / (2*17 + 2*25) = 255$ t. Transformando-se a unidade “toneladas” para “tons”, tem-se que $W = 260,1$ tons (“longton”).

Extensão e largura das vias

A extensão das vias não pavimentadas foi fornecida pela SAM, obtendo-se um valor de, aproximadamente, 2.500 m para o transporte de estéril e 5.650 m para o transporte de minério. Foi considerada uma largura de 30 m para as vias não pavimentadas.

Trânsito de veículos por hora

O trânsito de veículos por hora também foi calculado da seguinte maneira:

Transporte de estéril:

- Distância percorrida entre a lavra e o local de disposição de material estéril: 2.500 m
- Número de caminhões previstos: 17
- Produtividade estimada de cada caminhão: 1.290 t/h = 30.960 t/dia
- Regime de trabalho de cada caminhão (horas): 17,3 h/dia, ou 6.329 h/ano (aproveitamento de 72%)
- Capacidade real estimada dos 17 caminhões: $360t \times 17 \times 72\% = 4.406t$

Para se alcançar a produção diária de 30.960 t de material estéril, os 17 caminhões deverão realizar, na média, 7 viagens cada por dia.

Transporte de minério:

- Distância percorrida entre a lavra e os britadores: 3.250 m (mínima) e 5.650 m (máxima)
- Número de caminhões previstos: 25
- Produtividade estimada de cada caminhão: 1.090 t/h (máxima) e 760 t/h (mínima) = 26.160 t/dia (média)
- Regime de trabalho de cada caminhão (horas): 17,3 h/dia, ou 6.329 h/ano (aproveitamento de 72%)
- Capacidade real estimada dos 25 caminhões: $360t \times 25 \times 72\% = 6.480t$

Considerando que a produção diária média de minério deverá alcançar 26.160 t, os 25 caminhões deverão realizar, cada um, em média, 4 viagens por dia.

Considerando-se o comprimento das vias não pavimentadas - aproximadamente, 2.500 m (estéril) e 5.650 m (minério) - os trechos de ida e volta terão 5.000 m e 11.300 m, para estéril e minério, respectivamente. O número de viagens/dia para cada caminhão é calculado em quatro viagens/dia para material estéril e três viagens/dia para os caminhões que transportarão o minério. Assim sendo, obtém-se uma distância percorrida de:

Transporte de Estéril:

- $07 \text{ viagens/dia} \times \text{caminhão} \times 5.000 \text{ m} = 35.000 \text{ m/caminhão} \times \text{dia}$
- $35.000 \text{ m/caminhão} \times \text{dia} \times 17 \text{ caminhões} = 595.000 \text{ m/dia} = 595 \text{ km/dia} = 25 \text{ km}$ percorridos em cada hora

Transporte de Minério:

- 04 viagens/dia * caminhão x 11.300 m = 45.200 m/caminhão * dia
- 45.200 m/caminhão * dia x 25 caminhões = 1.130.000 m/dia = 1.130 km/dia = 47 km percorridos em cada hora

Fator precipitação pluviométrica

Considerando-se ainda a inclusão do fator “precipitação pluviométrica” nos cálculos, o parâmetro “p” corresponde ao número de dias por ano com precipitação pluviométrica superior a 0,254 mm. Dessa forma, de acordo com os dados meteorológicos disponíveis, foi obtido um valor de “p” de 94, ou seja, foi considerado que em 94 dias, por ano, há precipitação pluviométrica mínima de 0,2 mm.

Considerações sobre a eficácia da aspersão de água nas vias

Foram ainda feitas considerações em relação à adoção dos sistemas de aspersão de água para controle das emissões fugitivas, realizado por caminhão pipa Nas vias não pavimentadas, com uma eficiência de 50%.

Parâmetros considerados

No Quadro 4.4 a seguir são apresentados os valores dos parâmetros considerados para os cálculos das taxas de emissão de PTS e PM₁₀ nas vias não pavimentadas da SAM.

QUADRO 4.4 - Valores gerais utilizados para o cálculo das emissões das vias não pavimentadas

Via	Constantes k, a, b	Percentual de silt (%)	Peso médio dos caminhões (tons)	Trânsito de veículos por hora (km/h)	Fator precipitação pluviométrica	Eficiência da aspersão de água (%)
Não pavimenta da minério	k = 4,9 (PTS) e 1,5 (PM ₁₀) a = 0,7 b = 0,45	6,0	260,1	47	94 dias de chuva por ano com precipitação acima de 0,254 mm por dia	50
Não pavimenta da estéril	k = 4,9 (PTS) e 1,5 (PM ₁₀) a = 0,7 b = 0,45	6,0	260,1	25	94 dias de chuva por ano com precipitação acima de 0,254 mm por dia	50

Taxas de emissão

Os resultados obtidos para os cálculos das taxas de emissão são apresentados nos quadros 4.5 e 4.6 a seguir.

QUADRO 4.5 - Taxas de emissão para as vias não pavimentadas - PTS

Via	Taxas de emissão (g/s)		
	Bruta	Abatimento pelas Chuvas	Abatimento pela Aspersão
Não pavimentadas - minério	82,64	61,40	41,35
Não pavimentadas - estéril	43,99	32,66	21,99

QUADRO 4.6 - Taxas de emissão para as vias não pavimentadas - PM₁₀

Via	Taxas de emissão (g/s)		
	Bruta	Abatimento pelas Chuvas	Abatimento pela Aspersão
Não pavimentadas - minério	25,31	18,80	12,66
Não pavimentadas - estéril	13,47	10,00	6,73

3.2.2 - Vias pavimentadas

Valores dos parâmetros e demais considerações para os cálculos

Para a realização dos cálculos, foi feita uma seleção dos valores adotados para os parâmetros, baseado em tabelas empregadas pela EPA, *Environmental Protection Agency -AP-42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources Chapter 13 - (Miscellaneous Sources), subitem 13.2.1 (Paved Road)*, bem como nos dados fornecidos pela própria SAM.

De acordo com a metodologia, os valores dos parâmetros devem atender, preferencialmente, a uma faixa de valores específicos, conforme apresentados no Quadro 4.7. Com o atendimento a esses valores condicionais, a equação utilizada apresenta uma otimização de sua precisão.

QUADRO 4.7 - Faixa de parâmetros - valores condicionais para validade da equação utilizada - vias pavimentadas

Fator de Emissão	Carga de silte superficial nas vias (g/m ²)	Peso médio do veículo		Velocidade média de trânsito	
		Mg	ton	Km/h	mph
Vias industriais pavimentadas	0,03 - 400	1,8 - 38	2,0 - 42	1 - 88	1 - 55

* 1 Mg (megagrama) = 1 t (tonelada)

Fonte: *Reference 13.2.1 - Paved Road.*

Constante “k”

O valor de “k” foi definido com base na tabela 13.2.1-1 da Referência utilizada, que o relaciona diretamente à granulometria das partículas do solo, sendo 3,23 g/VKT para PTS e 0,62 g/VKT para PM₁₀.

Carga de silte superficial

O valor do parâmetro “sL” foi definido em função da tabela 13.2.1-2, considerando-se o valor mais restritivo (elevado) para vias públicas em condições normais. Dessa tabela foi considerado um valor médio de carga de silte de 0,6 g/m².

Peso médio dos caminhões

O parâmetro “W” também foi definido com base em informações fornecidas pela SAM e considera a circulação de veículos pequenos, médios e grandes, sendo o peso médio (W) estimado em 6 tons (“longton”).

Extensão e largura das vias

A extensão das vias pavimentadas foi fornecida pela SAM, obtendo-se os seguintes valores:

- Trecho 1: Trevo da BR-251 até a área administrativa - 6.700 m
- Trecho 2: Área administrativa até o posto de combustível - 3.140 m

Foi considerada uma largura de 8 m para as vias pavimentadas.

Trânsito de veículos por hora

Conforme informações fornecidas pela SAM, a expectativa é de que se tenha uma movimentação média de 160 veículos/dia nas vias pavimentadas, com peso médio de 6 t. Considerando os comprimento das vias pavimentadas, para cada viagem de ida e volta, por veículo, obtém-se:

- Trecho 1: [6.700 m (ida) + 6.700 m (volta)] x 160 veículos/dia = 2.144 km/dia = 90 km percorridos em cada hora
- Trecho 2: [3.140 m (ida) + 3.140 m (volta)] x 160 veículos/dia = 502 km/dia = 21 km percorridos em cada hora

Fator precipitação pluviométrica

Considerando-se ainda a inclusão do fator “precipitação pluviométrica” nos cálculos, no qual o parâmetro “p” corresponde ao número de dias por ano com precipitação pluviométrica superior a 0,254 mm, considera-se que em 94 dias por ano haverá precipitação pluviométrica acima de 0,2 mm.

Parâmetros considerados

No Quadro 3.8 a seguir são apresentados os valores dos parâmetros considerados para os cálculos nas vias pavimentadas.

QUADRO 4.8 - Valores gerais utilizados para o cálculo das emissões das vias pavimentadas

Constante K (g/VKT)	Carga de silte superficial (g/m ²)	Peso médio dos caminhões (tons)	Trânsito de veículos por hora (km/h)*	Fator precipitação pluviométrica
3,23 (PTS) 0,62 (PM ₁₀)	0,6	6	90 (Trecho 1) 21 (Trecho 2)	94 dias de chuva por ano com precipitação acima de 0,254 mm por dia

*Distância horária percorrida por todos os veículos em conjunto

Resultados obtidos

Os resultados obtidos para as taxas de emissão são apresentados nos quadros 3.9 e 3.10 a seguir.

QUADRO 4.9 - Taxas de emissão para as vias pavimentadas- PTS

Via	Taxas de emissão (g/s)		
	Bruta	Abatimento pelas Chuvas	Abatimento pela Aspersão
Pavimentada (Trecho 1)	0,32	0,30	0,16
Pavimentada (Trecho 2)	0,07	0,07	0,04

QUADRO 4.10 - Taxas de emissão para as vias pavimentadas - PM₁₀

Via	Taxas de emissão (g/s)		
	Bruta	Abatimento pelas Chuvas	Abatimento pela Aspersão
Pavimentada (Trecho 1)	0,06	0,06	0,03
Pavimentada (Trecho 2)	0,01	0,01	0,007

4.3 - Emissões geradas na formação e retomada de pilhas

Os métodos de cálculo utilizados para a determinação das emissões provenientes das formações e retomadas de pilhas foram os empregados pela EPA - Environmental Protection Agency, de acordo com a referência bibliográfica "Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources". Especificamente para a formação das pilhas foi utilizado o capítulo 13 (*Miscellaneous Sources*), subitem 13.2.4 - *Aggregate Handling and Storage Piles*, com destaque para as informações disponíveis na tabela 13.2.4-1 *Typical Silt and Moisture Contents of Materials at Various Industries*, sendo a umidade dos materiais o principal fator de cálculo, assim como a velocidade média dos ventos.

De acordo com informações fornecidas pela SAM, a umidade média das matérias primas recebidas nas pilhas será de, aproximadamente, 6%. Também de maneira conservadora, em relação à velocidade média do vento, foi considerado o valor médio horário de *rajada de vento* de 3,05 m/s, obtido da estação automática INMET de Salinas, para o período de 01/01/2010 a 31/12/2010. Também foi considerada a realização de aspersão de água, sendo considerada uma eficiência de 50%.

Utilizando as informações de umidade, velocidade média dos ventos e o fato de que será promovida a aspersão de água nas pilhas, foram obtidos fatores de emissão de $6,89 \times 10^{-5}$ kg/t para PTS e de $3,26 \times 10^{-5}$ kg/t para PM₁₀. Se não considerada a aspersão de água, os fatores de emissão seriam de $4,59 \times 10^{-4}$ kg/t para PTS e $2,17 \times 10^{-4}$ kg/t para PM₁₀.

No quadro 3.11 a seguir são apresentados os fatores de emissão utilizados para o cálculo das taxas de emissão de PTS e PM₁₀, conforme tabela 13.2.4 da referência supracitada.

QUADRO 4.11 - Valores gerais utilizados nos cálculos e taxas de emissão das formações e retomadas de pilhas

Fonte	Dados gerais	Sem aspersão de água				Com aspersão de água			
		Fator de emissão (kg/t de material processado)		Taxa de emissão (g/s)		Fator de emissão (kg/t de material processado)		Taxa de emissão (g/s)	
		PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀
Formação da Pilha de Emergência	Transferência: 7.627 t/h Índice de operação: 15% Velocidade do vento: 3,47 m/s (rajada de vento) Aspersão de água: 50% de eficiência Largura: 1 m	4,59 x 10 ⁻⁴	2,17 x 10 ⁻⁴	0,146	0,069	2,30 x 10 ⁻⁴	1,09 x 10 ⁻⁴	0,073	0,035
Retomada da Pilha de Emergência	Transferência: 2.288 t/h Índice de operação: 15% Velocidade do vento: 3,47 m/s (rajada de vento) Aspersão de água: 50% de eficiência Largura: 1 m	4,59 x 10 ⁻⁴	2,17 x 10 ⁻⁴	0,044	0,021	2,30 x 10 ⁻⁴	1,09 x 10 ⁻⁴	0,022	0,010
Formação da Pilha de Retomada	Transferência: 15.254 t/h Índice de operação: 92% Velocidade do vento: 3,47 m/s (rajada de vento) Aspersão de água: 50% de eficiência Largura: 1 m	4,59 x 10 ⁻⁴	2,17 x 10 ⁻⁴	1,793	0,848	2,30 x 10 ⁻⁴	1,09 x 10 ⁻⁴	0,896	0,424

Continuação

Fonte	Dados gerais	Sem aspersão de água				Com aspersão de água			
		Fator de emissão (kg/t de material processado)		Taxa de emissão (g/s)		Fator de emissão (kg/t de material processado)		Taxa de emissão (g/s)	
		PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀
Retomada da Pilha de Retomada	Transferência: 12.453 t/h Índice de operação: 92% Velocidade do vento: 3,47 m/s (rajada de vento) Aspersão de água: 50% de eficiência Largura: 1 m	4,59 x 10 ⁻⁴	2,17 x 10 ⁻⁴	1,464	0,692	2,30 x 10 ⁻⁴	1,09 x 10 ⁻⁴	0,732	0,346
Formação das Pilhas de Homogeneização	Transferência: 13.800 t/h Índice de operação: 92% Velocidade do vento: 3,47 m/s (rajada de vento) Aspersão de água: 50% de eficiência Largura: 1 m	4,59 x 10 ⁻⁴	2,17 x 10 ⁻⁴	1,622	0,767	2,30 x 10 ⁻⁴	1,09 x 10 ⁻⁴	0,811	0,384
Retomada das Pilhas de Homogeneização	Transferência: 13.800 t/h Índice de operação: 92% Velocidade do vento: 3,47 m/s (rajada de vento) Aspersão de água: 50% de eficiência Largura: 1 m	4,59 x 10 ⁻⁴	2,17 x 10 ⁻⁴	1,622	0,767	2,30 x 10 ⁻⁴	1,09 x 10 ⁻⁴	0,811	0,384

4.4 - Emissões geradas nas britagens e peneiramento

Para os cálculos das taxas de emissão geradas nas britagens primária e secundária e também no peneiramento primário foram considerados os fatores de emissão apresentados na tabela 11.24-1 “(Metric Units) Emission Factors for Metallic Minerals Processing”.

Para estimar as emissões geradas por esses equipamentos, foram feitas as seguintes considerações:

- Teor de umidade dos materiais em processamento acima de 4%. No presente caso, a umidade média considerada foi de 6%, conforme informações fornecidas pela SAM;
- 85% de redução na taxa de emissão de material particulado, pelo fato dos materiais processados possuírem umidade superior a 4%. De acordo com a referência utilizada neste estudo, apenas a umidade já é capaz de conferir uma redução de até 70% na taxa de emissão;
- Índices de operação de 75% para a britagem primária e de 92% para o peneiramento primário e britagem secundária, conforme informações fornecidas pela SAM.

No quadro 4.12 a seguir são apresentados os fatores de emissão utilizados para o cálculo das taxas de emissão de PTS e PM₁₀, conforme tabela 11.24-1 da referência supracitada.

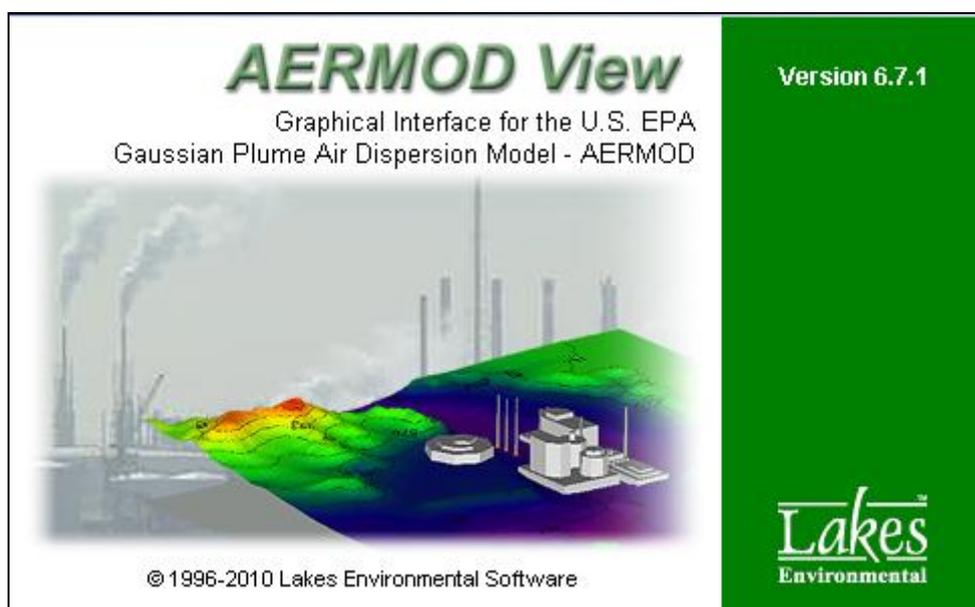
QUADRO 4.12 - Valores gerais utilizados nos cálculos e taxas de emissão das britagens e peneiramento

Fonte	Dados gerais	Fatores de emissão (kg/t de material processado)		Taxa de emissão (g/s)	
		PTS	PM ₁₀	PTS	PM ₁₀
Britagem primária 1	Capacidade: 7.627 t/h Índice de operação: 75% (6.570 h/ano) Umidade: 6%	0,01	0,004	4,77	1,91
Britagem primária 2	Capacidade: 7.627 t/h Índice de operação: 75% (6.570 h/ano) Umidade: 6%	0,01	0,004	4,77	1,91
Peneiramento primário	Capacidade: 15.618 t/h Índice de operação: 92% (8.059 h/ano) Umidade: 6%	0,01	0,004	11,97	4,79
Britagem secundária	Capacidade: 3.183 t/h Índice de operação: 92% (8.059 h/ano) Umidade: 6%	0,03	0,012	7,32	2,93

5 - SOFTWARE UTILIZADO NA MODELAGEM

O software utilizado corresponde ao Modelo *ISCAERMOD-VIEW*, versão 6.7.1, da *Lakes Environmental Software Inc*, mostrado na figura 5.1 a seguir e que apresenta certificado de aprovação da Agência Norte Americana de Proteção Ambiental - EPA.

FIGURA 5.1 - Software AERMOD-VIEW, versão 6.7.1



Fonte: *Lakes Environmental Software*

A AMS / EPA *Regulatory Model* (AERMOD) foi especialmente projetado para atender os padrões de modelagem da EPA programas. AERMOD é um programa que contempla um sistema com três componentes distintos: AERMOD (*AERMOD Dispersion Model*), AERMAP (*AERMOD Terreno Preprocessor*) e AERMET (*AERMOD Meteorológica Preprocessor*).

Para os estudos de simulações foi utilizada a opção AERMOD View 6.7.1 - *Concentration, Urban, Elevated*, a qual incorpora a introdução de dados meteorológicos horários e algoritmos de dispersão para terreno complexo, cujas características básicas são as seguintes:

- É aplicável para áreas urbanas e rurais;
- É aplicável para fontes múltiplas, incluindo fontes pontuais, fontes de volume e fontes de área, com ajuste para variações da topografia do terreno local;
- A dispersão da pluma é feita assumindo que a dispersão segue a distribuição gaussiana, tanto na direção horizontal como na vertical;
- A concentração em um receptor é resultante da soma das concentrações provocadas por todas as fontes consideradas no estudo;

- Os parâmetros de dispersão são determinados em função das classes de estabilidade de Pasquill-Gifford;
- O sistema de coordenadas utilizado para a localização dos receptores pode ser polar ou cartesiano;
- Usa os principais formatos de elevação digital do terreno - USGS DEM, NTF, arquivos XYZ, CDED 1-grau, AutoCAD DXF;
- Interpreta os efeitos da topografia, exibindo o modelo do terreno em 3D, com visualização construída a partir da interface.

O modelo AEMOD 6.7.1 também é baseado na equação da pluma gaussiana, em regime estacionário, que requer a disponibilidade de dados horários. Como produto, estima os valores de concentração para cada combinação fonte e receptor e calcula as médias selecionadas para intervalos de tempos curtos.

6 - DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados meteorológicos utilizados no estudo foram os seguintes:

- Dados de superfície: Direção e velocidade dos ventos, temperatura, umidade relativa, precipitação, altura de camada limite, radiação solar, pressão atmosférica;
- Dados de ar superior: índice de cobertura de nuvens e diversos dados físicos de radiosondagem.

Os dados meteorológicos de superfície foram obtidos da estação automática INMET de Salinas (Lat - 16,16 / Long - 42,3 - altitude 495 m). Foram utilizados dados horários do ano de 2010 para alimentar as equações do modelo. Os dados de ar superior, por sua vez, foram obtidos da Estação METAR (aeronáutica) de Brasília.

Salienta-se que os dados meteorológicos, antes de serem utilizados, foram devidamente consolidados e testados para verificação de suas confiabilidades. As distâncias e as localizações das estações, em relação ao Projeto Vale do Rio Pardo, também estão compatíveis com as normas e padrões reconhecidos internacionalmente.

Espessura da Camada de Mistura e Classe de Estabilidade

A espessura da camada de mistura fornece informações importantes quanto à capacidade da atmosfera em dispersar poluentes. Locais que apresentam pequenas espessuras da camada de mistura estão sujeitos a uma pequena condição de dispersão.

Essa camada apresenta variações consideráveis não só entre o período diurno e o período noturno, mas também durante as diferentes estações do ano. Devido ao intenso aquecimento da superfície no verão, as espessuras da camada de mistura são maiores nessa estação do que no meses frios do inverno.

No Brasil, as menores espessuras pela manhã ocorrem nas regiões Sul e Sudeste, com um valor em torno de 400 m. De um modo geral, as espessuras no verão apresentam uma ordem de grandeza três vezes maior do que no inverno, e na região Sudeste a média está em torno de 1.600 m.

A região Norte e Nordeste são regiões que apresentam, climatologicamente, temperaturas mais elevadas e sistemas sinóticos mais instáveis, que favorecem a formação de espessuras maiores.

No caso do presente estudo, as camadas de mistura foram calculadas a partir dos dados meteorológicos utilizados. Os resultados dos cálculos da camada de mistura apresentaram os seguintes valores:

- Máximo: 3.900 m;
- Médio: 1.048m;
- Mínimo: 205 m.

Para o cálculo da altura aproximada da camada de mistura, levou-se em consideração as variáveis de temperatura instantânea e temperatura de ponto de orvalho, multiplicando-se a diferença pela constante de valor 125.

$$\text{Altura camada limite} = T - TPO \times 125.$$

Sendo:

T = temperatura instantânea;
TPO = temperatura do ponto de orvalho;
125 = constante.

Para o cálculo do ponto de orvalho, levou-se em consideração as variáveis de temperatura instantânea e umidade relativa do ar, aplicadas em equação física específica.

$$\text{Ponto de orvalho} = (F - (14,55 + 0,114 * F) * (1 - (0,01 * H)) - ((2,5 + 0,007 * F) * (1 - (0,01 * H))))^3 - (15,9 + 0,117 * F) * (1 - (0,01 * H))^{14} - 1$$

Sendo:

F = temperatura em °C;
H = umidade relativa em %.

O método mais usado pela comunidade científica para avaliar a condição de estabilidade termodinâmica da atmosfera é o método de Pasquill, no qual são estabelecidas as categorias A, B e C para representar as condições de instabilidade da atmosfera, a categoria D, para condição neutra, e as categorias E e F, para as condições estáveis.

O critério para a classificação de Pasquill considera a relação da velocidade dos ventos com a insolação durante o dia e os índices de nebulosidade durante a noite. Apesar de não ser um método prático para aplicação rotineira, esse critério foi a base para muitos outros estudos desenvolvidos posteriormente.

Turner (1970) desenvolveu critérios a partir das classes de estabilidade de Pasquill usando as taxas de radiação solar e velocidade de ventos, originando as consagradas classes de estabilidade, conhecidas como Pasquill - Gifford, que são recomendadas para uso nos modelos de dispersão gaussianos.

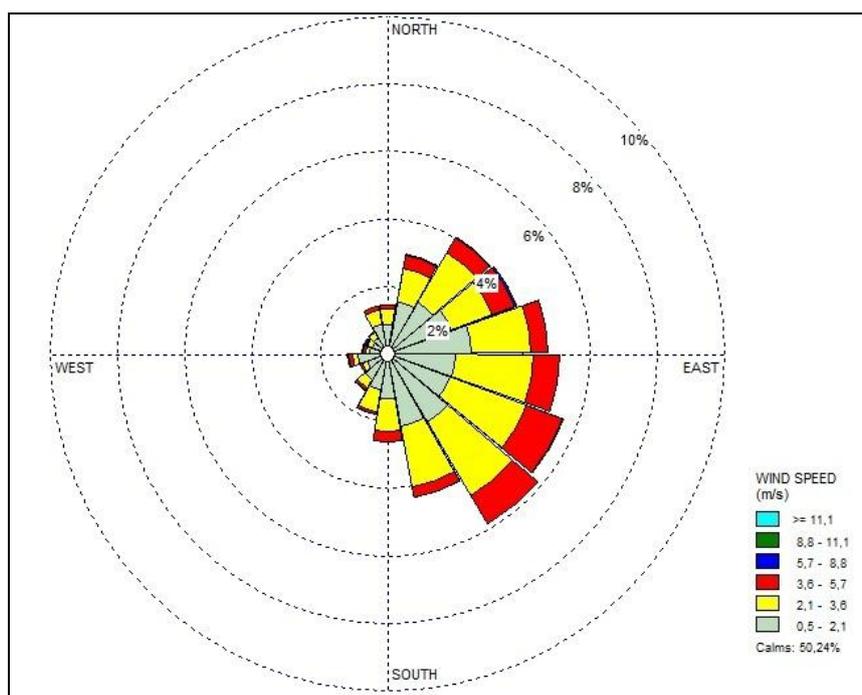
No entanto, o modelo utilizado (AERMOD 7.1) utiliza um pré-processador meteorológico que executa inúmeros cálculos necessários à modelagem. Esse software (AERMET) é alimentado com dados das estações locais (INMET) e de altitude (METAR).

Após esse processamento, é possível verificar a predominância dos ventos na região, de acordo com o banco de dados utilizado.

Direção predominante dos ventos

Na Figura 6.1 é apresentada saída do modelo que representa a direção predominante dos ventos locais.

FIGURA 6.1 - Direção predominante dos ventos (dados modelagem 2010)



Fonte: Estação INMET Salinas

Em termos gerais, para a região do empreendimento, a velocidade média dos ventos é de 1,0 m/s. Se consideradas as rajadas de ventos, a velocidade média atinge cerca de 3,47 m/s.

Conforme pode ser observado na figura acima, obtida a partir do pré-processador meteorológico AERMET, a direção predominante dos ventos na área de influência do Projeto Vale do Rio Pardo é de sudeste (origem) para noroeste (destino).

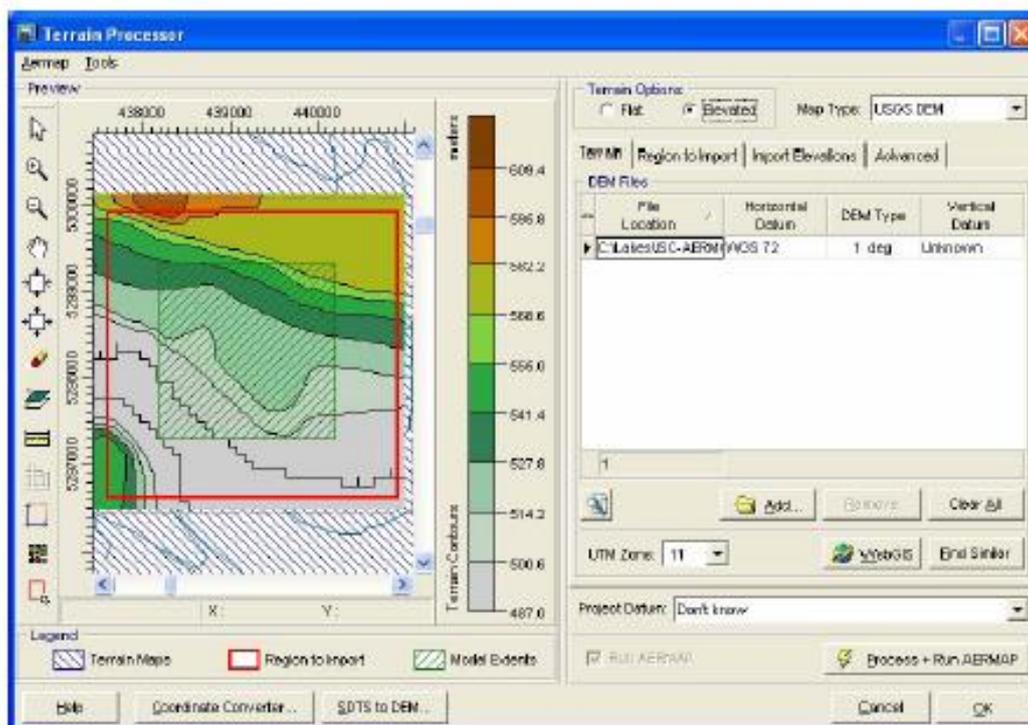
7 - BASE TOPOGRÁFICA

Além das informações relacionadas às fontes de emissão e dos dados meteorológicos específicos para a região em análise, o AERMOD necessita ser alimentado com uma base topográfica precisa, a partir da qual as equações internas do modelo permitem avaliar o relevo e sua rugosidade, dentre outros aspectos.

Assim como nos procedimentos realizados para preparação dos arquivos meteorológicos, o AERMOD possui um pré-processador de terreno que permitiu importar e processar dados de elevação para o projeto em questão. Esse pré-processador (AERMAP) importa dados de elevação em diversos formatos, sendo a mais usual os arquivos com pontos cotados e georreferenciados em coordenadas com projeção UTM.

A figura 7.1 a seguir mostra a tela do processador de terreno do AERMOD.

FIGURA 7.1 - Tela do processador de terreno do AERMOD



Terrain Processor

Fonte: AERMOD – Figura ilustrativa

Em relação à base topográfica, foi utilizado um domínio computacional de, aproximadamente, 38,2 km por 38,1 km, tendo como coordenada de origem o ponto extremo SW (721.822E / 8.182.459N - UTM SAD 69). O ponto extremo SW é a origem do plano cartesiano de modelagem. Trata-se do ponto com coordenada mais a sudoeste identificado na figura 7.2, a seguir.

As curvas de nível distam entre si 20m, sendo provenientes de restituição topográfica de imagens de satélite de alta resolução (Figura 7.2).

Em relação aos aspectos topográficos da região, verifica-se um relevo relativamente acidentado, com altitudes variando de 560 m até 1500 m, o que pode acarretar em algumas influências na microdinâmica dos ventos na região. Ressalta-se que na área do projeto, observa-se uma variação da altitude entre 650 m e 980 m, aproximadamente.

Salienta-se que as características de mesoescala predominantes são mantidas, com ventos de origem sudeste e menos comumente nordeste durante a maior parte do ano.

FIGURA 7.2 - Base topográfica utilizada no modelamento

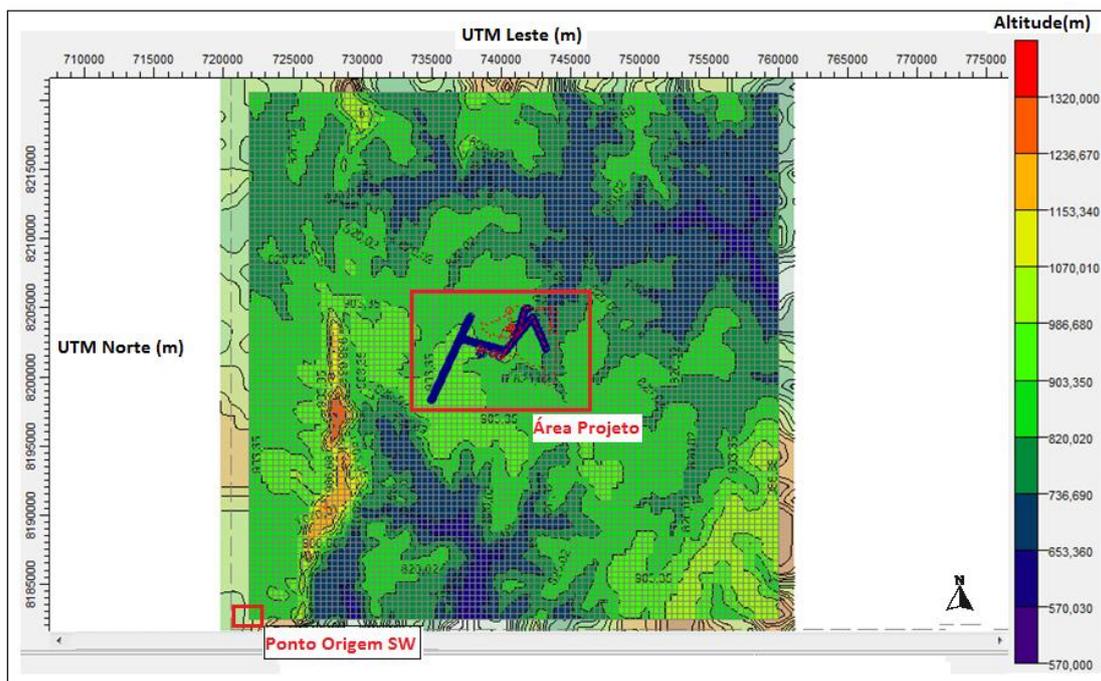


Figura ilustrativa (sem escala) - obtida do software de modelamento AERMOD

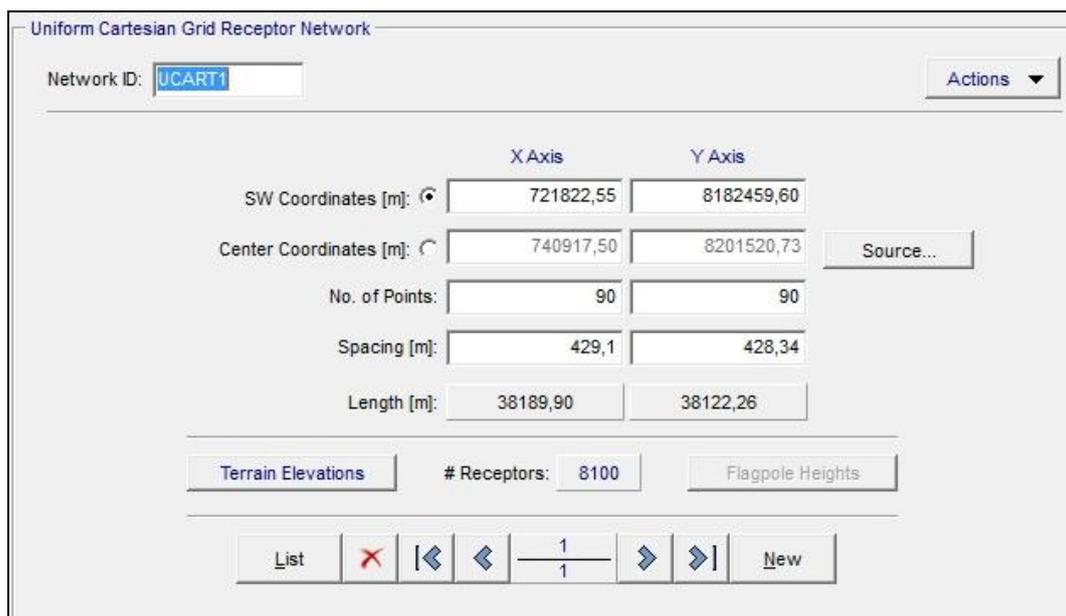
Fonte: AERMOD – Figura ilustrativa

8 - ÁREA DE MODELAMENTO

Para definição da área de modelamento potencialmente influenciada pelas atividades operacionais do Projeto Vale do Rio Pardo, foi estabelecido um sistema de coordenadas cartesianas, tendo como origem o ponto UTM 721.822E / 8.182.459N (extremo SW), ou seja, aquele localizado mais a sudoeste do plano cartesiano de modelagem identificado na figura 7.2.

A partir desse ponto, foi definida uma área de modelagem com aproximadamente 1.455 km² (38,2 km x 38,1 km) e 8.100 pontos receptores. Estes pontos receptores foram distribuídos numa malha com espaçamento de 429,1 m x 428,34 m, definido em função da disponibilidade de dados de topografia no entorno das fontes e com o intuito de varrer a maior parte possível da área de influência (figura 8.1).

FIGURA 8.1 - Sistema de coordenadas e pontos receptores



	X Axis	Y Axis
SW Coordinates [m]:	721822,55	8182459,60
Center Coordinates [m]:	740917,50	8201520,73
No. of Points:	90	90
Spacing [m]:	429,1	428,34
Length [m]:	38189,90	38122,26

Receptors: 8100

Fonte: AERMOD – Figura ilustrativa

9 - PADRÕES LEGAIS

Em Minas Gerais, os padrões primários de qualidade do ar são fixados pela Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 1981, sendo definidos como as concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

Em termos federais, referencia-se a Resolução CONAMA nº 03, de 1990, que além de definir padrões primários também define padrões secundários de qualidade do ar, definidos como as concentrações de poluentes que, abaixo das quais, é previsto o mínimo dano à fauna, flora, materiais e ao meio ambiente em geral.

Os quadros 9.1 e 9.2 a seguir apresentam os padrões para qualidade do ar para os parâmetros analisados neste estudo.

QUADRO 9.1 - Padrões primários e secundários para a Qualidade do Ar - PTS

Legislação	CONCENTRAÇÕES de PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *	
	Média de 24 h	Média do Período
Padrões Primários (CONAMA 03/90 e DN COPAM 01/81)	240	80
Padrões Secundários (CONAMA 03/90)	150	60

* Método de referência: método do amostrador de grandes volumes ou método equivalente.

QUADRO 9.2 - Padrões primários e secundários para a Qualidade do Ar - PM₁₀

Legislação	CONCENTRAÇÕES de PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) *	
	Média de 24 h	Média do Período
Padrões Primários e Secundários (CONAMA 03/90)	150	50

* Método de referência: método de separação inercial/filtração ou método equivalente.

10 - RESULTADOS

Os resultados dos modelamentos, sobrepostos em uma imagem de satélite e contendo as isolinhas de concentração de PTS e PM₁₀, em termos de máxima 24h e máxima do período de dados meteorológicos, são apresentados no anexo 1 deste documento. Os desenhos apresentados no anexo 1 permitem a visualização das áreas mais afetadas e os pontos de maiores concentrações.

A partir da visualização dos resultados, observa-se que foram obtidos valores superiores aos padrões primários e secundários estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 03, de 1990, e pela Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 1981. Ressalta-se, porém, que esses valores foram encontrados em áreas localizadas internamente aos limites operacionais do Projeto Vale do Rio Pardo, próximos às fontes de emissão. Desta forma, medidas de controle ocupacional também deverão consideradas pela SAM, como por exemplo, o uso de mascarar e óculos específicos para cada área da planta industrial.

Em relação à área externa do projeto, foram obtidas concentrações de PTS da ordem de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ até 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, em sua maioria, e de PM₁₀ da ordem de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ até 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, também em sua maioria. Contudo, é necessário ressaltar que os valores acima representam as piores condições atmosféricas dadas em um ano, ou seja, quando os ventos estiverem fortes, as temperaturas elevadas, a umidade baixa, ausência de chuva, a altura da camada de mistura baixa e outros fatores de instabilidade atmosférica.

Entende-se que o modelamento de dispersão atmosférica deve ser continuamente revisado, a partir do refinamento das informações utilizadas como dados de entrada no *software*, tanto em relação às fontes quanto aos dados meteorológicos. Paralelo a isso, a implementação do monitoramento da qualidade do ar torna-se uma importante ferramenta de validação e aperfeiçoamento do modelamento aqui apresentado. Em conjunto, o monitoramento da qualidade do ar e o modelamento da dispersão atmosférica são ferramentas de gestão que podem vir a ser utilizadas pelo Projeto Vale do Rio Pardo para acompanhamento e verificação da eficiência dos controles ambientais estabelecidos e inerentes às suas atividades operacionais.

QUADRO 10.1 - Resultados Calculados das Concentrações – PTS

Parâmetro	PTS - PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO	
	24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	7.058	
Coordenadas UTM do ponto identificado como de maiores concentrações	738.557E / 8.201.734N	
Parâmetro	PTS - PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO	
	Período ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.022	
Coordenadas UTM do ponto identificado como de maiores concentrações	738.557E / 8.201.734N	

QUADRO 10.2 - Resultados Calculados das Concentrações - PM₁₀

Parâmetros	PM ₁₀ - PARTÍCULAS INALÁVEIS	
	24 horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2.832	
Coordenadas UTM do ponto identificado como de maiores concentrações	738.557E / 8.201.734N	
Parâmetros	PM ₁₀ - PARTÍCULAS INALÁVEIS	
	Período ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Concentração $\mu\text{g}/\text{m}^3$	816	
Coordenadas UTM do ponto identificado como de maiores concentrações	738.557E / 8.201.734N	

11 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EPA - Environmental Protection Agency-AP-42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 13 - Miscellaneous Sources, subitem 13.2.5 Industrial Wind Erosion. 2006
- EPA - Environmental Protection Agency-AP-42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 13 - Miscellaneous Sources, subitem 13.2.2 Unpaved Roads.2006
- EPA - Environmental Protection Agency-AP-42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 13 - Miscellaneous Sources, subitem 13.2.1 Paved Road. 2011
- EPA - Environmental Protection Agency - AP -42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 13 - Miscellaneous Sources, subitem 13.2.4 - Aggregate Handling and Storage Piles. 2006
- EPA - Environmental Protection Agency - AP - 42 - Compilation of Air Pollutant Emission Factors, Fifth Edition, Volume I: Stationary Point and Area Sources. Chapter 11 - Mineral Products Industry, subitem 11.24 Metallic Minerals Processing. 1982.
- TURNER, D.B. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. PHS Publication No 999-AP-26, U.S. Department of Health, Education Welfare, National Air Pollution Control Administration, Cincinnati, Ohio,1970.

ANEXOS

ANEXO 1 - DESENHOS DAS PLUMAS DE DISPERSÃO