



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

**DIANÓSTICO AMBIENTAL SOBRE MATERIAL PARTICULADO
EM SUSPENSÃO NO ENTORNO DE PEDREIRA: UM ESTUDO DE
CASO EM JABOATÃO DO GUARARAPES/PE**

RÚTILO PINHEIRO DE MELO NETO

RECIFE
2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL

Diagnóstico ambiental sobre material particulado em suspensão no entorno
de pedreira: um estudo de caso em Jaboatão dos Guararapes/PE

por

RÚTILO PINHEIRO DE MELO NETO

RECIFE
2012

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SOBRE MATERIAL PARTICULADO EM
SUSPENSÃO NO ENTORNO DE PEDREIRA: UM ESTUDO DE CASO
EM JABOATÃO DOS GUARARAPES/PE

Submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral –
PPGMinas, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de

MESTRE EM ENGENHARIA MINERAL

Área de concentração: Minerais Industriais
Linha de pesquisa: Gestão Ambiental na Mineração

Rútilo Pinheiro de Melo Neto

RECIFE

2012



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL
PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA

DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE

RÚTILO PINHEIRO DE MELO NETO

“DIAGNÓSTICO AMBIENTAL SOBRE O MATERIAL PARTICULADO EM
SUSPENSÃO NO ENTORNO DE PEDREIRA: UM ESTUDO DE CASO EM
JABOATÃO DOS GUARARAPES/PE”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: MINERAIS INDUSTRIAIS

A comissão examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência
do Dr. Carlos Magno Muniz e Silva.

RÚTILO PINHEIRO DE MELO NETO, Aprovado.

Recife, 2 de Fevereiro de 2012.

Dr. CARLOS MAGNO MUNIZ E SILVA
Orientador (UFPE)

Dr. GILSON LÚCIO RODRIGUES
Examinador Externo (FUNDACENTRO)

Dr. JÚLIO CÉSAR DE SOUZA
Examinador Interno (UFPE)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Roberval (*in memoriam*) e Suely pelos princípios e valores, entre eles a importância da educação continuada; e para Mariana, minha filha, que tenha este exemplo de determinação na vida.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Júlio César, coordenador da Pós-Graduação em Engenharia Mineral – PPGEMinas/UFPE, pelo apoio e incentivo durante o desenvolvimento científico no Mestrado.

Aos professores do PPGEMinas, pela transmissão de conhecimentos acadêmicos, em particular ao professor Dr. Carlos Magno pela orientação durante o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Professor Dr. Maurício Santos do Laboratório de Materiais Poliméricos e Caracterização (LMPC) do Departamento de Engenharia Química – DEQ/UFPE, por disponibilizar a complementação dos instrumentos analíticos de laboratório e pelo envolvimento na pesquisa.

À equipe colaboradora do Departamento de Pós-Graduação – PPGEMinas/UFPE, em nome da secretária Voleide Barros, pela qualidade do atendimento às solicitações no decorrer dos anos do Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível superior – CAPES, pelo suporte financeiro e auxílios de bancada para o aprimoramento científico na vigência do Mestrado.

À coordenadora administrativa da Unidade Básica da Saúde – UBS, localizada na microrregião do Engenho Santana da Regional I – Jaboatão Centro, da prefeitura municipal de Jaboatão dos Guararapes pelo comprometimento com a pesquisa. Em especial, à agente comunitária de saúde pela efetiva participação durante a pesquisa de campo com determinação e presteza.

À professora da escola comunitária do Engenho Santana por ter fornecido o espaço físico como ponto de apoio para a pesquisa.

À Maria Luiza, bibliotecária do Centro de Tecnologia e Geociências – CTG/UFPE, pela qualidade no atendimento durante a formação inicial da base bibliográfica.

Ao Ricardo Lucena, consultor do Sindicato de extração e beneficiamento de pedras do Estado de Pernambuco – SINDIPEDRA, pela atenção e atualização do panorama das pedreiras no Estado.

À Francis Lacerda, meteorologista do Laboratório de Meteorologia do Estado de Pernambuco – LAMEPE pelas informações iniciais para a aquisição dos dados meteorológicos regionais básicos durante a pesquisa.

Aos diretores dos empreendimentos pela disponibilização de informações da linha de processo, da produção e da gestão aplicada.

Aos amigos Farah Diba, Eduardo Barreto e Tiago Silva pela construtiva interação ao longo dos anos da pós-graduação.

À família, sobretudo ao nosso núcleo, pelo apoio e incentivo em todas as fases do Mestrado.

A Deus por conceder estes importantes encontros, e ainda aos amigos e colegas colaboradores, mesmo que não mencionados acima, mas que de alguma forma contribuíram para a viabilização desta pesquisa.

EPÍGRAFE

“No momento que assumirmos um compromisso de maneira definitiva, a providência divina também se põe em movimento. Todo um fluir de acontecimentos, situações e decisões criam a nosso favor todo tipo de encontros, que nunca havíamos sonhado encontrar no nosso caminho. Qualquer coisa que possa fazer ou sonhar, pode começá-la.”

Goethe

RESUMO

O presente trabalho trata da avaliação de material particulado em suspensão, tomando como caso de estudo a comunidade do Engenho Santana no município de Jaboatão dos Guararapes/PE, onde ocorre a extração de rochas graníticas para a produção de brita (Pedreira), bem como a produção de asfalto (Usina). De modo geral, os processos de lavra e beneficiamento mineral das pedreiras provocam a emissão de material particulado, aumentando sua concentração no ar atmosférico. Assim, o estudo visou à avaliação dos particulados, partindo do diagnóstico ambiental sobre a qualidade do ar em área residencial do entorno desses empreendimentos, localizada no Engenho Santana. A metodologia da pesquisa aplicada nas avaliações, qualitativa e quantitativa, consistiu em visitas técnicas no período de julho a setembro de 2011, através de entrevistas de campo e análise de documentos. Outrossim, também se fez uso da técnica de Avaliação de Impactos Ambientais – AIA para a identificação das fontes emissoras de particulados, assim identificando posteriormente uma usina de asfalto como outra importante fonte emissora poluente do ar atmosférico. Dos procedimentos para as medições de campo, fez-se uso de Amostradores de Grande Volume – AGVs (ou *Hivol*) para medições de Partículas Totais em Suspensão – PTS e de Materiais Particulados Inaláveis – MP_{10} no ar atmosférico, conforme postulados pela legislação vigente (Resolução CONAMA nº 03/1990) e regido pelas normas técnicas da ABNT NBR nº 9547/1997 e NBR nº 13412/1995, respectivamente. Foram feitas medições que consistiram de um total de 12 amostras, sendo 6 para PTS com Limite de Tolerância – LT de 24 horas; em cujo padrão secundário ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado em apenas uma vez ($177.53\mu\text{g}/\text{m}^3$); e 6 para MP_{10} , com o mesmo LT de 24 horas, em cujo padrão secundário ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) foi inferior ao LT, atingindo o valor ($73.66\mu\text{g}/\text{m}^3$). Da análise da concentração de PTS, baseado no índice de qualidade do ar foi revelado que 66.6% das amostras foram classificadas como REGULAR, 16.7% como BOA e 16.7% como INADEQUADA; enquanto que, as concentrações de MP_{10} , obtiveram o percentual de 16.7% como REGULAR e 83.3% como BOA. Assim, pôde-se constatar que a área de estudo apresenta concentrações de particulados (PTS e MP_{10}) interferentes a qualidade do ar ambiente local. Portanto, os subsídios técnicos e ambientais apresentados neste trabalho servirão para o estabelecimento de medidas de monitoramento sistêmico e contínuo das emissões atmosféricas, visando à melhora da saúde e bem-estar da população local.

Palavras-chaves: PTS. PM_{10} . Emissões atmosféricas. Avaliação da qualidade do ar. Diagnóstico ambiental. Pedreira e usina de asfalto.

ABSTRACT

This thesis discusses for evaluation of particles in suspension, using the community of Engenho Santana in the Jaboatão dos Guararapes/PE municipality as a case study, where the extraction of granite occurs to produce crushed rock; as well as the production of asphalt to be processed at the factory. In general processes of quarrying and adding value to mineral production provoke the emission of particulates, always increasing their concentration in the atmosphere. Hence the study aimed to evaluate particle suspension by setting off from environmental diagnosis of air quality around businesses in the Engenho Santana community. The methods applied in qualitative and quantitative evaluations consisted of technical visits in the period from June to September 2011, using interviews and the analysis of documents. Besides this, Environmental Impact Evaluation techniques were used (AIA) to identify the sources of particle emission, in this way identifying, in the end, an asphalt factory as an important contributor to air pollution. Amongst the results achieved via qualitative evaluation, measurements in the field were produced using Large Volume Samplers (AGVs or *Hivol*) to measure the Total of Particles in Suspension (PTS) and inhalable particle materials (MP₁₀) in the atmosphere, taking into consideration CONAMA Resolution n^o 03/1990, following technical norms ABNT NBR n^o 9547/1997 and n^o 13412/1995 respectively. The measurements contained a total of 12 samples, having 6 for PTS with a Tolerance Limit (LT) of 24 hours - the secondary pattern (150µg/m³) was exceeded just once (177.53µg/m³); and 6 cases of MP₁₀, with the same LT of 24 hours, where within the secondary pattern (150 µg/m³) the value was inferior to the Tolerance Limit (73.66µg/m³). In the analysis for the concentration of PTS, based on the index of air quality, 66.6% of the samples were classified as REGULAR, 16.7% were GOOD, and 16.7% as INADEQUATE; while the concentrations of MP₁₀ were classified as REGULAR in 16.7% of cases, and 83.3% as GOOD. In the end, one is able to affirm that the area under study presents concentrations of particles (PTS and MP₁₀) which interfere in the quality of the air. We hope that the technical and environmental results presented in the evaluations contribute to establishing measures for the monitoring, systematically and continually, of atmospheric emissions to benefit the health and well being of local populations and their environment.

Key words: PTS. PM₁₀. Emissions in the atmosphere. Evaluation of air quality. Environmental diagnostic. Quarry and asphalt factory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da RMR com destaque para o município de Jabotão dos Guararapes mostrando as áreas regulamentadas para a exploração de substâncias minerais aplicadas na construção civil	19
Figura 2 – Fluxograma das principais etapas para o desenvolvimento da Dissertação	23
Figura 3 – Frente de lavra para a produção de brita do estudo de caso	25
Figura 4 – Pontos críticos na lavra da mineração de brita como fontes de particulados potenciais na geração das externalidades	29
Figura 5 – Pontos críticos do beneficiamento na pedra referente a fontes de particulados potenciais de externalidades	30
Figura 6 – Local de deposição das partículas no sistema respiratório humano	34
Figura 7 – Espacialização dos empreendimentos em estudo	42
Figura 8 – Modelo simplificado de avaliação de riscos para poluentes atmosféricos	46
Figura 9 – Caminho esquemático do fluxo no <i>Hivol</i> HVS 3000 e seções transversais dos <i>inlets</i>	47
Figura 10 – Componentes da mini-estação meteorológica da <i>Oregon scientific</i> WMR 968	48
Figura 11 – Esquema do processo de calibração do <i>Hivol</i> HVS 3000	50
Figura 12 – Georeferenciamento e perfil topográfico da área de mineração com os pontos de amostragem	53
Figura 13 – Localização dos pontos de amostragem e o perfil topográfico entre os AGVs	54
Figura 14 – Equipamentos e acessórios usados na avaliação do ar atmosférico (PTS e MP ₁₀)	55
Figura 15 – Poluentes atmosféricos emitidos do processo produtivo da pedra e usina	60
Figura 16 – Estação de avaliação com destaque para os AGVs (PTS e MP ₁₀)	63
Figura 17 – Níveis de ações para a aplicação do P+L	68
Figura 18 – Sistemas de controle utilizados na fonte para a redução da emissão de particulados	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Índice de conformidade geral pelo sistema em função dos resultados das entrevistas aplicadas na pedreira e usina de asfalto	58
Gráfico 2 – Estudo comparativo entre a concentração de PTS e a precipitação pluviométrica, com periodicidade de medição diária por data (dia da semana), durante as duas campanhas realizadas em setembro de 2011	64
Gráfico 3 – Distribuição lognormal das PTS	64
Gráfico 4 – Estudo comparativo entre a concentração de MP ₁₀ e a precipitação pluviométrica, com periodicidade de medição diária por data (dia da semana), durante as duas campanhas realizadas em setembro de 2011	65
Gráfico 5 – Distribuição lognormal das MP ₁₀	66
Gráfico 6 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 20/09/2011 (CAMPANHA 1) e para os próximos 3 dias	112
Gráfico 7 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 21/09/2011 (CAMPANHA 1) e para os próximos 3 dias	113
Gráfico 8 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 22/09/2011 (CAMPANHA 1) e para os próximos 3 dias	114
Gráfico 9 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 27/09/2011 (CAMPANHA 2) e para os próximos 3 dias	115
Gráfico 10 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 23/09/2011 (CAMPANHA 1) e para os próximos 3 dias	116
Gráfico 11 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 28/09/2011 (CAMPANHA 2) e para os próximos 3 dias	117
Gráfico 12 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 29/09/2011 (CAMPANHA 2) e para os próximos 3 dias	118
Gráfico 13 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 30/09/2011 (CAMPANHA 2) e para os próximos 3 dias	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ocorrência de afloramentos de granito na RMR	18
Tabela 2 – Percentual das ocorrências dos tipos de rocha na natureza	25
Tabela 3 – Classificação dos principais tipos de brita e suas aplicações na indústria da construção civil	26
Tabela 4 – Padrões nacionais de qualidade do ar e métodos analíticos de medição	38
Tabela 5 – Critérios para cenários críticos de poluição do ar	38
Tabela 6 – Faixas do Índice de Qualidade do ar – IQAr para padrão primário com as respectivas concentrações e a qualidade do ar atribuída	39
Tabela 7 – Classificação da qualidade do ar com os possíveis efeitos associados	40
Tabela 8 – Aplicação de valores numéricos aos atributos com referência ao tipo de efeito	44
Tabela 9 – Matriz para avaliação da Magnitude e Importância	45
Tabela 10 – Classificação dos impactos e seus respectivos significados	45
Tabela 11 – Média do período de avaliação e sua representatividade	51
Tabela 12 – Levantamento quantitativo de moradores por faixa etária e pelos principais tipos de doenças respiratórias na região da pesquisa com uma população total de 315 moradores	57
Tabela 13 – Pontuação dos dados das entrevistas de campo acerca do SGA praticado nos empreendimentos	58
Tabela 14 – Pontuação dos dados referente à gestão das emissões atmosféricas nos empreendimentos	58
Tabela 15 – Produção da usina de asfalto durante o período de avaliação	60
Tabela 16 – Produção diária do britador primário durante o período de avaliação	61
Tabela 17 – Locais gerais das fontes geradoras de externalidades por particulados	61
Tabela 18 – IQAr para o padrão secundário	62
Tabela 19 – Resultados da avaliação da qualidade do ar para os materiais particulados PTS e MP ₁₀ na comunidade Engenho de Santana	67
Tabela 20 – Dados meteorológicos básicos da estação de amostragem para os <i>hivols</i> PTS e MP ₁₀ durante a campanha 1	88
Tabela 21 – Dados meteorológicos básicos da estação de amostragem para os <i>hivols</i> PTS e MP ₁₀ durante a campanha 2	90

Tabela 22 – Dados analíticos num ambiente controlado para a determinação do fator de correção por gravimetria durante a campanha 1	93
Tabela 23 – Dados analíticos num ambiente controlado para a determinação da concentração das PTS e MP ₁₀ por gravimetria do material depositado na campanha 1	93
Tabela 24 – Dados analíticos num ambiente controlado para a determinação do fator de correção por gravimetria durante a campanha 2	94
Tabela 25 – Dados analíticos num ambiente controlado para a determinação da concentração das PTS e MP ₁₀ por gravimetria do material depositado na campanha 2	94
Tabela 26 – Análise estatística com grau de confiança de 95% para a determinação das exposições diárias a PTS durante o período total de amostragem, utilizando como referência o padrão secundário (60 µg/m ³ / MGA)	96
Tabela 27 – Análise estatística com grau de confiança de 95% para a determinação das exposições diárias a MP ₁₀ durante o período total de amostragem, utilizando como referência o padrão primário e secundário (50 µg/m ³ / MAA)	97
Tabela 28 – Valores de calibração do <i>hivol</i> PTS, número de série: 10-1009 para a campanha 1 com o CPV serial#: 470	101
Tabela 29 – Valores de calibração do <i>hivol</i> MP ₁₀ , número de série: 10-1008 para a campanha 1 com o CPV serial#: 470	101
Tabela 30 – Relatório do <i>hivol</i> PTS para a avaliação da qualidade do ar na campanha 1	102
Tabela 31 – Relatório do <i>hivol</i> MP ₁₀ para avaliação da qualidade do ar na campanha 1	104
Tabela 32 – Valores de calibração do <i>hivol</i> PTS, número de série: 10-1009 para a campanha 2 com o CPV serial#: 470	106
Tabela 33 – Valores de calibração do <i>hivol</i> MP ₁₀ , número de série: 10-1008 para a campanha 2 com o CPV serial#: 470	106
Tabela 34 – Relatório do <i>hivol</i> PTS para a avaliação da qualidade do ar na campanha 2	107
Tabela 35 – Relatório do <i>hivol</i> MP ₁₀ para a avaliação da qualidade do ar na campanha 2	109

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGV	Amostrador de Grande Volume – AGV ou <i>Hivol</i> (abreviatura de <i>High Volume Sampler</i>)
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CF	Constituição Federal
CPRM	Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais
CPV	Calibrador Padrão de Vazão
DAE	Diâmetro Aerodinâmico Equivalente
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
FIDEM	Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
IQAr	Índice de Qualidade do Ar
ISO	International Organization of Standardization
IVAS	Infecção das Vias Aéreas Superiores
LACAM	Laboratório de Controle Ambiental na Mineração
LAMEPE	Laboratório de Meteorologia do Estado de Pernambuco
MP	Material Particulado
MP ₁₀	Materiais Particulados Inaláveis ($\leq 10 \mu\text{m}$)
NBR	Norma Brasileira
NRM	Normas Regulamentadoras da Mineração
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
PTS	Partículas Totais em Suspensão
P+L	Produção mais Limpa
RMR	Região Metropolitana do Recife
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SINDIPEDRA	Sindicato da Indústria de Extração e Beneficiamento de Pedras do Estado de Pernambuco
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
UBS	Unidade Básica de Saúde

SUMÁRIO

Resumo	ix
Abstract	x
Lista de figuras	xi
Lista de gráficos	xii
Lista de tabelas	xiii
Lista de abreviaturas e siglas	xv
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	18
1.1 Generalidades	18
1.2 Justificativas	21
1.3 Objetivos: Geral e específicos	22
1.4 Metodologia proposta	23
1.5 Estrutura da Dissertação	24
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	25
2.1 A atividade de mineração – Pedreira para produção de brita	25
<i>2.1.1 Matéria-prima: granito e gnaisse</i>	25
<i>2.1.2 Aplicabilidade das britas para a construção civil</i>	26
2.2 Implicações ambientais	27
<i>2.2.1 Tipos de poluentes atmosféricos</i>	27
<i>2.2.2 Operações unitárias e riscos associados aos particulados</i>	29
<i>2.2.3 Dispersão atmosférica</i>	30
<i>2.2.4 Efeitos ambientais dos poluentes atmosféricos</i>	32
<i>2.2.5 Legislação ambiental e normas técnicas incidentes</i>	35
CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	41
3.1 Avaliação qualitativa dos riscos ambientais	42
<i>3.1.1 Entrevistas com os diretores dos empreendimentos</i>	43
<i>3.1.2 aplicação da técnica de AIA para a emissão de poluentes atmosféricos</i>	43
3.2 Avaliação quantitativa dos particulados ambientais	46
<i>3.2.1 A avaliação do material particulado no ar atmosférico</i>	48
<i>3.2.2 Mapeamento da poluição atmosférica</i>	53

<i>3.2.3 Localização dos pontos de amostragem</i>	54
<i>3.2.4 Equipamentos e acessórios para a medição de particulados</i>	55
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	56
4.1 Resultados das avaliações qualitativas (Etapa I)	56
<i>4.1.1 Entrevistas de campo com os diretores dos empreendimentos</i>	58
<i>4.1.2 Aplicação da técnica de avaliação de impactos ambientais para a emissão de particulados</i>	60
4.2 Resultados das avaliações quantitativas (Etapa II)	62
<i>4.2.1 Concentração de Particulados Totais em Suspensão (PTS)</i>	64
<i>4.2.2 Concentração dos Materiais Particulados Inaláveis (MP₁₀)</i>	65
<i>4.2.3 IQAr na Comunidade do Engenho Santana</i>	66
CAPÍTULO 5 – SISTEMAS DE CONTROLE PARA A REDUÇÃO DA EMISSÃO DE PARTICULADOS ORIUNDOS DE UMA PEDREIRA	68
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES	70
6.1 Considerações finais	70
6.2 Sugestões para trabalhos futuros	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
APÊNDICE A – Avaliação de desempenho do Sistema de Gestão Ambiental – SGA para uma pedreira e usina de asfalto	77
APÊNDICE B – Avaliação de desempenho da gestão de emissões atmosféricas de uma pedreira e usina de asfalto	82
APÊNDICE C – Tabela resumo dos dados meteorológicos local durante a amostragem	87
APÊNDICE D – Análise gravimétrica de particulados	92
APÊNDICE E – Percentagem do total de exposições para seis médias diárias para cada material particulado (PTS e MP ₁₀) utilizando uma análise estatística de distribuição lognormal com o grau de confiança de 95% no padrão secundário	95
APÊNDICE F – Declaração de anuência das atividades de campo desenvolvidas	98
ANEXO A – Relatório das condições operacionais e ambientais dos AVGs de particulados com o volume corrigido para as Condições Normais de Temperatura e Pressão – CNTP (25°C e 1 atm)	100
ANEXO B – Meteogramas do município do Jaboatão dos Guararapes no modelo Eta (12 x 12 Km) durante os dias das campanhas 1 e 2	111

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

1.1 Generalidades

A mineração é indispensável para a manutenção do nível de qualidade de vida e desenvolvimento econômico da sociedade moderna. Os bens minerais extraídos e beneficiados pela Indústria Mineral, são imprescindíveis para a maioria dos setores produtivos da economia, por possuírem incontáveis usos e aplicações.

A indústria brasileira de agregados para a construção civil vem crescendo ano a ano, impulsionada pelo crescimento da economia nacional e concentra a produção baseada no processamento de rochas obtidas principalmente por empresas de mineração a céu aberto (Pedreiras). Este segmento industrial concentra-se nas regiões urbanas das grandes cidades brasileiras, portanto, próximas aos centros consumidores refletindo negativamente na qualidade ambiental de seu entorno. Isto é decorrente da falta de planejamento e de zoneamento urbano e industrial corretos. Em adição, como estão instaladas próximas aos grandes centros urbanos, mesmo que em áreas afastadas, acabam por receber numerosa vizinhança que se instala em busca de empregos ou para instalação de pequenos estabelecimentos comerciais, ficando então expostos aos poluentes micro-particulados gerados pelas pedreiras (RODRIGUES, 2004).

Neste contexto, a Região Metropolitana do Recife – RMR, é composta por 14 municípios: Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista; São Lourenço da Mata e Recife (município-sede). Dentre os quais cada um apresenta diferenciações no que diz respeito à vocação mineral (FIDEM, 2007).

Na Tabela 1, estão localizadas as maiores ocorrências de granitos e gnaisses nos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Cabo e Moreno para o uso na produção de brita – pedreiras.

Tabela 1 – Ocorrência de afloramentos de granito na RMR (DNPM, 1995).

Municípios	Localização
Cabo de Santo Agostinho	Ponte dos Carvalhos no Engenho Caiongo – ocorrência de granito-gnaisse pouco fraturado, de textura média a grosseira.
Jaboatão dos Guararapes	Engenho Guarany, Muribeca, Santana e Comportas – concentração das principais pedreiras que abastecem a construção civil do Recife e de toda a RMR.
Moreno	Engenho Pinto – textura de fina a média e os cristais apresentam-se bem desenvolvidos.

A produção mineral de Pernambuco é composta, essencialmente, por minerais não-metálicos ou industriais. A maioria dos quais tem como consumidor final a indústria da construção civil. As perspectivas indicam num futuro próximo aumento da demanda das substâncias tradicionalmente produzidas e consequente ampliação da operação industrial de pedras britadas, gipsita etc (DNPM, 1999).

A Figura 1 ilustra o mapa de localização da RMR no estado de Pernambuco, bem como a localização dos principais empreendimentos de agregados para a construção civil situados no município de Jaboatão dos Guararapes, que reúne a maior parte das áreas de concessão e/ou em atividade.

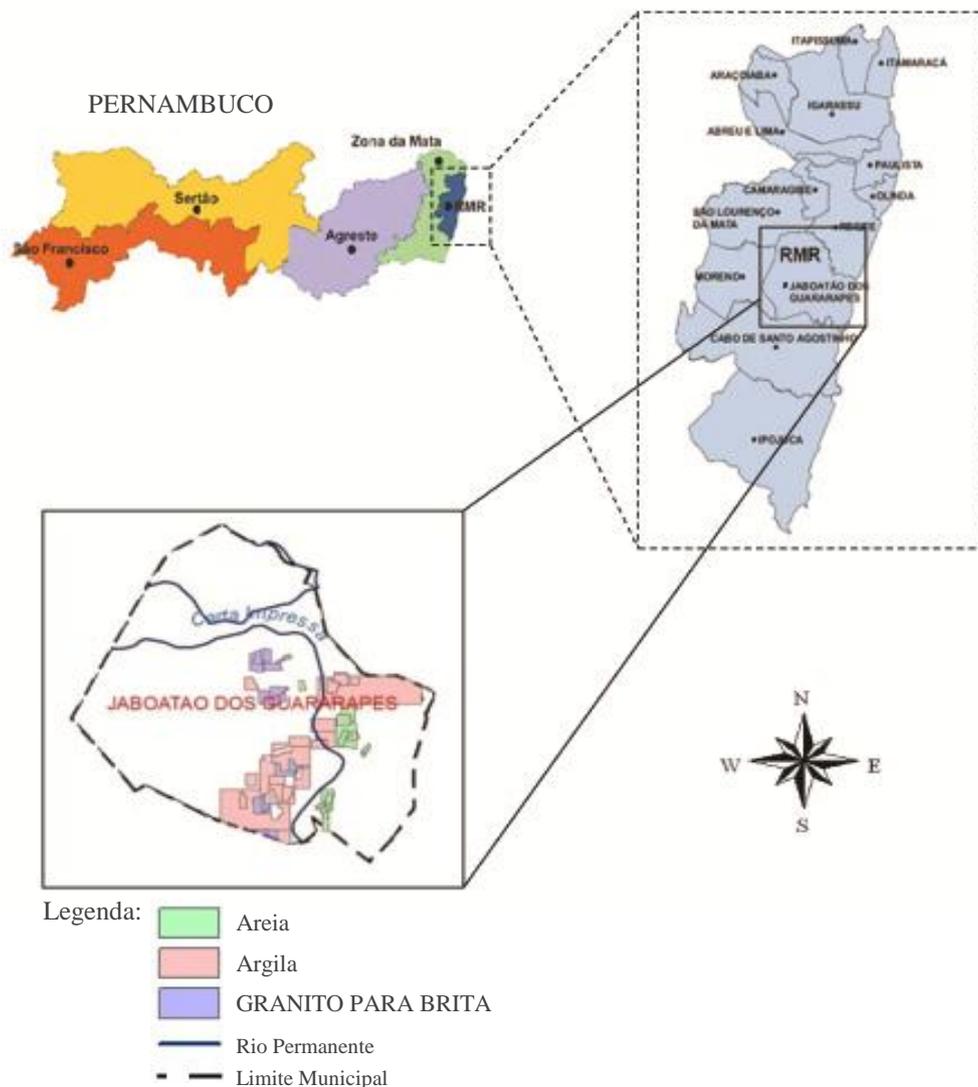


Figura 1 – Mapa da RMR com destaque para o município de Jaboatão dos Guararapes mostrando as áreas regulamentadas para a exploração de substâncias minerais aplicadas na construção civil.

Com base nas estimativas do Sindicato da Indústria de Extração e Beneficiamento de Pedras do Estado de Pernambuco – SINDIPEDRA via comunicações por *webmail* (LUCENA, R., 2011), há um universo de 30 pedreiras em atividade no Estado para produção de brita, das quais 11 são sindicalizadas. A RMR possui 8 pedreiras sindicalizadas, sendo 3 em Jaboatão dos Guararapes. Importante ressaltar que, todas as localidades, o número de pedreiras está subestimado pela grande parcela da economia informal desse segmento através das pedreiras de menor porte ou manuais.

As minerações em áreas urbanas, como no caso da RMR, possuem uma grande quantidade de extrações de minerais de uso na construção civil, a lavra e beneficiamento se processam a céu aberto e com alta velocidade de produção. Este aspecto pronuncia com grande rapidez e de forma objetiva, o lado prejudicial da atividade quando mal conduzida, pelos efeitos da ação antrópica sob a forma dos desmatamentos, desmoronamentos, erosões, impactos paisagísticos - poluição de caráter intangível, que varia de importância dependendo do espectador e de sua localização - ruídos, poluição do ar e sonora etc. Ao contrário, os seus efeitos positivos têm ação retardada e se apresentam de forma subjetiva, nem sempre percebidos pela sociedade. Esta situação desfavorável necessita de ações que visem reverter à imagem da mineração, coordenada pelas entidades públicas e privada que estão envolvidas, direta e/ou indiretamente, com o setor (CPRM, 2003).

Os tipos comerciais das britas em suas mais diversas granulometrias, visam atender as especificações da indústria da construção civil. Deve-se ressaltar que a atividade de extração e beneficiamento deste mineral necessita da adoção de medidas para impulsionar o desenvolvimento com sustentabilidade, tanto em nível do empreendimento como no meio ambiente local.

Com o crescimento da população e a proximidade de núcleos habitacionais dos empreendimentos de mineração (Pedreiras), tem levado as empresas a desenvolverem suas tecnologias que minimizem ou eliminem os impactos adversos ao meio ambiente. Para tanto, é importante controlar a geração de poluentes decorrentes das operações de lavra e beneficiamento dos minerais, aplicando corretamente nas atividades um Sistema de Gestão Ambiental – SGA. Daí torna-se, cada vez mais necessário, que as empresas incorporem métodos de trabalho corretos ao processo de produção, tendo como meta a convivência harmoniosa com a população do entorno, principalmente, com relação à emissão de particulados (pó/poeiras).

Conforme Fonseca (1989), quando a atividade mineral é tecnicamente mal conduzida, a sua interferência no meio ambiente pode ser sentida desde os trabalhos iniciais de preparação da lavra até a fase final de beneficiamento, destacando-se, em geral, a tecnologia inadequada aplicada à exploração dos bens minerais e a deficiência ou ausência do controle ambiental na fase de processamento.

Do exposto, é fundamental compatibilizar a produção econômica de um bem mineral com o meio ambiente e o bem-estar da população, dentro de um modelo de desenvolvimento sustentável.

A presente Dissertação tem o intuito de elaborar um diagnóstico sobre a situação ambiental da qualidade do ar, especificamente tomando no caso de estudo os problemas dos particulados oriundos de atividades minerárias de uma pedreira localizada no município de Jaboatão dos Guararapes/PE.

1.2 Justificativas

A indústria extrativa e de beneficiamento mineral para a produção de agregados da construção civil, são atividades geradoras de quantidade considerável de material particulado e ao existir ineficiência dos sistemas de controle de emissões pode ocorrer a geração de pó e poeiras acima dos limites de tolerância da legislação vigente, afetando a saúde pública da população circunvizinha. Acredita-se que esta pesquisa contribuirá para o estado da arte dos poluentes atmosféricos, através do diagnóstico ambiental sobre a exposição da população e do meio ambiente local aos particulados minerais decorrentes da operacionalidade de um empreendimento mineiro (Pedreira). Especificamente, serão tratadas nesta pesquisa as PTS definidas como partículas de diâmetro aerodinâmico equivalente menor que 50 μm (ABNT NBR nº 9547/1997); e as MP_{10} cujo diâmetro aerodinâmico equivalente é menor ou igual a 10 μm (ABNT NBR nº 13412/1995). Outrossim, ainda visa proporcionar subsídios técnicos e ambientais para a formação de indicadores de gerenciamento das emissões de poluentes atmosféricos, refletindo em ações preventivas e proativas de controle sistêmico e contínuo. Dentro dos ganhos múltiplos, destaca-se: Para a empresa, agregar um maior conhecimento sobre os fatores de riscos ambientais relacionados ao gerenciamento das emissões atmosféricas resultando em proposições de medidas corretas para a redução ou eliminação na fonte de particulados minerais, evitando as externalidades decorrentes; E para a comunidade do entorno, a melhora da saúde e bem-estar humano e do meio ambiente.

1.3 Objetivos: Geral e específicos

Geral:

Elaborar um diagnóstico situacional referente à exposição a poeiras resultantes da produção de brita, em áreas adjacentes a uma pedreira localizada em Jaboatão dos Guararapes/PE.

Específicos:

- Verificar a ocorrência de doenças respiratórias na população da área em estudo, através de levantamento na Unidade Básica de Saúde local;
- Analisar o SGA e a gestão de emissões atmosféricas por meio de avaliações qualitativas;
- Mapear o campo amostral para identificação dos pontos críticos referente ao predomínio de geração dos poluentes atmosféricos provenientes dos empreendimentos de mineração;
- Mensurar o nível de particulados totais em suspensão e partículas inaláveis incidente no maior aglomerado da comunidade no entorno dos empreendimentos;
- Comparar os resultados obtidos com os valores estabelecidos pela legislação ambiental; e
- Propor sugestões gerais de métodos de controle para o agente ambiental em estudo.

1.4 Metodologia proposta

A metodologia aplicada para o desenvolvimento para a presente Dissertação é mostrada no fluxograma da Figura 2.

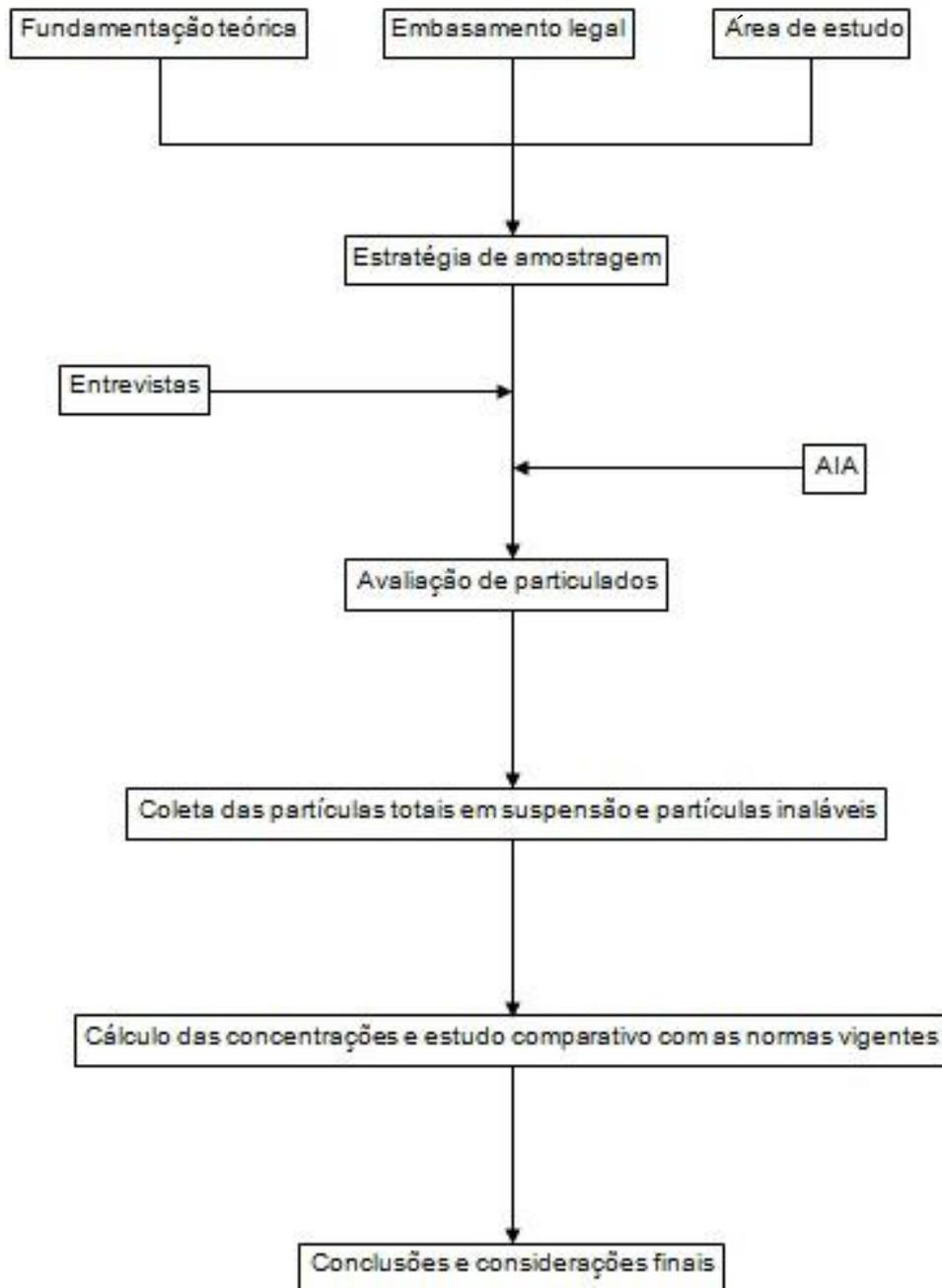


Figura 2 – Fluxograma das principais etapas do desenvolvimento da Dissertação.

1.5 Estrutura da Dissertação

A presente Dissertação está elaborada em 6 capítulos:

O Capítulo 1 corresponde ao aspecto introdutório sobre a produção mineral de agregados da construção civil no cenário pernambucano, e mais especificamente, para a mineração de brita no município de Jaboatão dos Guararapes, apontando as vantagens e possíveis desvantagens destas atividades de mineração.

No Capítulo 2, apresenta a base conceitual através da fundamentação teórica, atualizada durante toda a pesquisa e que visa proporcionar o detalhamento de informações da mineração de brita, abordando temáticas como a matéria-prima e aplicabilidade na construção civil, tipos de poluentes atmosféricos, fontes de emissoras, operações unitárias e risco associado aos particulados, dispersão atmosféricas, efeitos ambientais, legislação ambiental e normas técnicas vigentes.

O Capítulo 3, por sua vez, descreve a metodologia aplicada para a avaliação da poluição do ar por material particulado que incide na comunidade do entorno de um empreendimento de mineração de brita. A metodologia partiu da avaliação qualitativa de riscos ambientais utilizando entrevistas e técnica de avaliação de impactos ambientais. Na sequência, foi montado o plano de amostragem para a medição quantitativa dos particulados emitidos da mineração de brita para a determinação da concentração dos particulados na circunvizinhança (caso de estudo).

O Capítulo 4 apresenta as análises qualitativas através da síntese das entrevistas com diretores das empresas e da aplicação da técnica de avaliação de impactos ambientais, bem como os resultados quantitativos com os seus tratamentos estatísticos e interpretações, compatibilizando com a legislação em vigor.

O Capítulo 5 que compõe subsídios técnico-ambientais para utilização de sistemas de controle para emissão de particulados.

Por fim, no Capítulo 6 constam as conclusões e considerações finais da pesquisa, destacando a contribuição da Dissertação, e ainda apresentando as perspectivas para possíveis trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A atividade de mineração – Pedreira para mineração de brita

2.1.1 Matéria-prima: granito e gnaiss

Os principais tipos de rochas para a produção de brita encontrados na natureza são os granitos e gnaisses. A participação dos tipos de rocha utilizada na produção de brita, consta na Tabela 2.

Tabela 2 – Percentual das ocorrências dos tipos de rocha na natureza (PORMIN, 2011).

Tipos de rocha	Percentual (%)
Granito e gnaiss	85
Calcário e dolomito	10
Basalto e diabásio	05

O granito é caracterizado físico-químico como uma rocha ígnea, intrusiva, de textura granular, contendo em sua composição minerais essenciais como o feldspato e quartzo. Os principais modos de ocorrência dos granitos são sob formas de batólitos, lacólitos, entre outros.

O gnaiss (ou para-gnaiss), ou ainda, orto-gnaiss é de origem metamórfica provenientes de depósitos sedimentares ou de origem ígnea. Apresenta praticamente a mesma composição mineralógica do granito. No entanto, a distribuição dos minerais tem uma orientação definida.

No município de Jaboatão dos Guararapes estão concentradas as principais pedreiras que abastecem o segmento da construção civil de toda a RMR, e que também detém as maiores reservas lavráveis deste mineral, estimada em cerca de 19.976.926 toneladas (DNPM, 2006). As pedreiras destes minerais têm lajeiro aflorante, sendo assim, lavrados a céu aberto, com taludes ou bancadas de 17 m em média, conforme vista na Figura 3.



Figura 3 – Frente de lavra para a produção de brita do estudo de caso.

A exploração mineral próximo a áreas urbanas se constitui numa atividade importante para o desenvolvimento das cidades, especialmente quando se trata da oferta de matérias-primas utilizadas diretamente ou indiretamente na construção civil. Considerando-se que essas matérias-primas geralmente apresentam baixos valores unitários, há uma forte tendência de aproximação entre locais de produção e de consumo (RUIZ, 1989).

Neste contexto, a viabilidade da extração e beneficiamento destas substâncias minerais para a produção de brita em sua área fonte (batólitos e outras intrusões graníticas) depende basicamente de três fatores: a qualidade do minério, o volume útil e a localização geográfica da jazida.

2.1.2 Aplicabilidade das britas para a construção civil

Os agregados para a indústria da construção civil são insumos muito consumidos em Pernambuco. A brita é um material classificado como agregado de origem artificial, pois a rocha é extraída em forma de blocos para serem, posteriormente, cominuídos. Os produtos finais destas reduções granulométricas são os diferentes tipos de brita, e ainda o pó de pedra; ambos bastante utilizados como agregados para a construção civil, devido às propriedades de resistência à compressão simples, não reatividade, resistência ao intemperismo e trabalhabilidade. No setor da construção civil, a brita tem importantes aplicações na fabricação de concreto e na pavimentação.

Existem basicamente quatro tipos de britas comerciais, com diferentes aplicações na Indústria da Construção Civil. A Tabela 3 apresenta as especificações das britas e suas respectivas aplicabilidades.

Tabela 3 – Classificação dos principais tipos de brita e suas aplicações na indústria da construção civil (MME,2011).

Tipos de brita	Granulometria (mm)	Aplicações
Pó de pedra	< 4.8	Assentamento de bloquetes, tubulações em geral, tanques, além de fazer parte na composição do concreto e asfalto.
Brita 1	4.8 - 12.5	Fabricação de asfalto, lajota, bloquetes, intertravadores, lajes, jateamento de túneis e acabamentos em geral.
Brita 2	12.5 - 25	Fabricação de concreto para obras, como: pontes, edificações e grandes lajes.
Brita 3 e 4	25 - 76	Fabricação de concreto para obras pesadas.

2.2 Implicações ambientais

Poluente pode ser classificado como qualquer substância presente no ar que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde humana; causando inconveniente ao bem-estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade (CETESB, 2011).

O nível de poluição atmosférica é medido pela quantidade de substâncias poluentes presente no ar. A variedade das substâncias que podem ser encontradas na atmosfera é muito grande, o que torna difícil a tarefa de classificação.

2.2.1 Tipos de poluentes atmosféricos

As partículas sólidas ou líquidas emitidas por fontes de poluição do ar ou mesmo àquelas formadas na atmosfera são denominadas de material particulado e, quando dispersas no ar, formam os chamados aerossóis. Quanto à origem, podem ser provenientes tanto de fontes naturais como as antropogênicas, podendo ser emitidos diretamente por essas fontes (partículas primárias), bem como serem formadas na atmosfera a partir da interação com compostos pré-existentes (partículas secundárias). Estas partículas variam consideravelmente em tamanho, morfologia, composição química e propriedades físicas (GODISH, 1991).

A interação entre as fontes de poluição e a atmosfera vai definir o nível de qualidade do ar, que determina, por sua vez, o surgimento de efeitos adversos da poluição do ar sobre os receptores, que podem ser o homem, os animais, as plantas e os materiais. A medição sistemática da qualidade do ar é restrita a um número de poluentes, definidos em função de sua importância e dos recursos disponíveis para seu acompanhamento.

A caracterização do grupo de poluentes serve como indicador da qualidade do ar, adotado universalmente e escolhido em função da frequência de ocorrência e de seus efeitos adversos. Desta forma, os principais poluentes foram agrupados por grupo químico de origem: Material Particulado (MP); Compostos de enxofre (SO_x , H_2S , mercaptanas); Compostos de nitrogênio (NO_x , NH_3 , HNO_3), Monóxido de carbono (CO); Compostos orgânicos (hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas) e Oxidante Fotoquímico (O_3).

Para o MP, têm-se um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumos, fumaças e mistura de compostos no estado sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho. As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, arrasto

eólico de poeira e/ou solo exposto, poeiras fugitivas de processos e manuseio, entre outros. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar.

O tamanho das partículas está diretamente associado a sua potencial nocividade para a saúde. Tanto quanto menores os particulados, representa que serão mais graves os efeitos provocados. Outrossim, este material em suspensão poderá reduzir a visibilidade na atmosfera.

O material particulado presente no ar ambiente pode ser classificado como Partículas Totais em Suspensão – PTS e Materiais Particulados Inaláveis – MP₁₀. Segundo a ABNT NBR nº 9547/1997, as PTS podem ser definidas, de maneira simplificada, como àquelas cujo diâmetro aerodinâmico equivalente é menor que 50 µm. Pela ABNT NBR nº 13412/1995, uma parcela mais fina destas partículas são os MP₁₀, com diâmetro aerodinâmico equivalente menor ou igual a 10 µm. Os MP₁₀ podem causar males à saúde, bem como podem afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade.

A Fumaça (FMC), por sua vez, está associada ao PTS proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça é baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera.

(i) Emissões de processamento e fugitivas nas pedreiras

No caso da mineração de brita, atividades de lavra a céu aberto, produzem em suas operações unitárias a emissão de gases e materiais particulados na atmosfera. As operações unitárias de perfuração e desmonte de rocha com o uso de explosivos (desmonte primário) e “fogacho” dos blocos (desmonte secundário), bem como as operações de britagem são grandes geradores de particulados e gases. Em menor proporção estão as operações de manuseio e movimentação de material.

Segundo Braille (1988), as fontes de emissões são classificadas em dois grandes grupos:

- **As emissões de processamento (fontes fixas):** O *Run Of Mine* (ROM) inicia com o descarregamento da matéria-prima dos caminhões basculantes no alimentador do britador

primário, sequenciando-se nas operações de britagem, transferência em geral (correias sem coberturas) e classificação.

- **As emissões fugitivas (fontes móveis):** São provenientes das operações não fixas, de difícil solução, devido à natureza das operações geradoras, como por exemplo: operações de perfuração e desmonte de rocha; movimentação de veículos automotores industriais e pilhas de estocagem que representam uma significativa contribuição em termos de poeira total gerada numa pedreira.

2.2.2 Operações unitárias e riscos associados aos particulados

A lavra de granito, gnaiss, dentre outros tipos de minerais para a produção de brita é executada a céu aberto. A operação unitária inicial é a perfuração do maciço rochoso, que é preparado para a alocação da carga de explosivo(s), na sequência ocorre o desmonte que consiste na detonação da carga explosiva visando à fragmentação da rocha, conforme ilustrado na Figura 4. A carga secundária (“fogacho”) consiste no desmonte de blocos do maciço rochoso, utilizando explosivos de categoria inferior, pólvora negra e o consequente desdobramento, com uso de perfuratrizes manuais.



(a) Operação unitária de perfuração com perfuratriz pneumática.



(b) Efeito do desmonte secundário.

Figura 4 – Pontos críticos na lavra da mineração de brita como fontes de particulados potenciais na geração das externalidades.

A etapa de beneficiamento, por sua vez, pode emitir uma quantidade importante de material particulado, aumentando a concentração destes no ar. Dependendo da quantidade liberada a alteração pode ser significativa, contribuindo para a poluição atmosférica (IBRAM, 1984).

Na produção de brita existem vários pontos importantes de emissão de particulados em todas as fases da produção, visto que é um processo que consiste na redução granulométrica da rocha desmontada, carregamento e transporte para a produção de brita padronizada para atendimento das especificações do mercado consumidor.

A Figura 5 ilustra as operações unitárias que visam o beneficiamento desenvolvido em pedreiras como potenciais fontes geradoras de material particulado para o meio ambiente local.



(a) Transporte de ROM para o britador primário.



(b) Britagem primária com britador de mandíbulas.



(c) Formação das pilhas de brita produzida.



(d) Expedição para o mercado consumidor.

Figura 5 – Pontos críticos do beneficiamento em pedreira referente a fontes de particulados potenciais de externalidades.

2.2.3 *Dispersão atmosférica*

O ar atmosférico tem em sua composição, principalmente: nitrogênio (78,10%), oxigênio (20,94%), argônio (0,93%) e gás carbônico (0,03%). É o meio de propagação dos poluentes atmosféricos e, através dos condicionantes atmosféricos são determinadas a frequência, a duração e a concentração dos poluentes sobre os receptores. Neste caso, a meteorologia possibilita estabelecer uma inter-relação entre a fonte poluidora e o receptor,

tendo como referência o transporte e a dispersão dos poluentes. Com base em Erthal (1984), as condições meteorológicas e topográficas do local são fatores fundamentais na distribuição dos poluentes atmosféricos. Ressalta-se também a influência da topografia através da distribuição das unidades topográficas (várzeas, colinas e morros). Dentre os parâmetros meteorológicos básicos do ponto de vista ambiental, pode-se destacar: velocidade e direção do vento, temperatura do ar, nível de precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar.

(i) Ventos: velocidade e direção

A dispersão de poluentes ocorre predominantemente na direção dos ventos. O vento é o principal mecanismo de diluição sobre as concentrações de poluentes. A difusão dos poluentes é mais fraca quando a velocidade do vento é mais reduzida; os poluentes se deslocam lentamente até grandes distâncias em uma camada de ar pouco espessa e situam-se habitualmente nas alturas. Ao contrário, quanto maior a velocidade do ar, os poluentes são rebatidos ao solo e se espalham rapidamente em um grande volume de ar.

A turbulência da atmosfera exerce um papel importante no transporte e difusão e consequente dispersão da poluição atmosférica. De modo geral, a turbulência da atmosfera é determinada pela velocidade dos ventos e pelo perfil vertical de temperatura. A movimentação na direção vertical pode ser atribuída à turbulência térmica resultante de parcelas de ar aquecido que ascende da superfície terrestre, sendo substituídas pelo ar mais frio em sentido descendente. A movimentação dos poluentes na direção horizontal é determinada pela turbulência mecânica provocada pelo vento na sua instabilidade direcional e de velocidade, associada às características topográficas da região (ALMEIDA, 1999).

Assim, com o aumento da velocidade dos ventos ocorre o deslocamento da corrente de ar em movimento lançado por uma fonte, num dado período de tempo, também aumenta de forma proporcional.

(ii) Temperatura do ar

As diferenças de temperatura sobre as grandes superfícies determinam a produção dos ventos e, por consequência, a movimentação do ar.

O fenômeno mais importante causado pela temperatura é a convecção sobre a verticalidade, que representa a ascensão do ar de uma camada inferior da atmosfera próxima ao solo, em consequência de seu aquecimento pelo sol. A convecção ascendente é função da

diferença entre o nível da temperatura do ar próximo ao solo e aquela existente nas camadas elevadas da atmosfera. Em certas épocas do ano, esta situação se inverte com o fenômeno da inversão térmica. A queda da temperatura em camadas baixas, camadas mais elevadas da atmosfera são ocupadas com ar relativamente mais quentes, que não conseguem descer. Ocorre assim, uma estabilização momentânea da circulação atmosférica em escala local, caracterizada por uma inversão de camadas: o ar frio fica embaixo e o ar quente acima, fenômeno definido como inversão térmica, dificultando a convecção ascendente e consequente carreamento do ar poluído.

(iii) Precipitação pluviométrica

Em dias com baixa de umidade pode resultar no aumento das concentrações de material particulado devido à suspensão das poeiras da superfície. Entretanto, numa maior umidade relativa do ar, que se define pela relação entre a quantidade de água que evapora e a quantidade de água que condensa, estabelece uma maior relação entre as partículas de poeira por higroscopia.

O principal efeito da higroscopia sobre os poluentes é a sua remoção, uma vez que ocorre a deposição úmida por parte do material particulado e dos gases solúveis em água sendo incorporada às gotas, ocorrendo o carreamento para o solo das impurezas do ar. Vale ressaltar, que a presença de vapores d'água na atmosfera é considerada como um fator meteorológico desfavorável ao fenômeno de autopurificação, pois impede a difusão das impurezas, como também podem reagir na atmosfera e resultar em impurezas mais agressivas.

2.2.4 Efeitos ambientais dos poluentes atmosféricos

A poluição atmosférica consiste de gases, líquidos ou sólidos presentes na atmosfera em níveis elevados o suficiente que possa causar danos à saúde e bem-estar da população, como também, afetar, desfavoravelmente, a flora e da fauna do meio ambiente local próximo às atividades mineiras (ALMEIDA, 1994). A seguir, serão descritos os efeitos de poluição atmosférica nos principais meios de incidência:

(i) À saúde humana

As partículas em suspensão são extremamente finas, de grande dispersão, podendo ser carregadas a longas distâncias. Têm grande poder de penetração no sistema respiratório, podendo atingir até os alvéolos, o que as torna altamente prejudiciais à saúde. Para que haja

retenção de partículas no trato respiratório é necessário que o diâmetro das partículas seja inferior a 10 μm (ALGRANTI, 1995). A retenção de poeira nos brônquios e alvéolos será mais intensa, dependendo da natureza da poeira e para as partículas cujo diâmetro varia de 0.5 a 3.0 μm . Acredita-se que as partículas com tamanho em torno 1,0 μm podem ser as mais patogênicas (BASTARACH, 2002).

Os efeitos da poluição do ar podem provocar alterações nas superfícies do sistema respiratório. Dependendo de fatores determinantes como: tipo e tamanho das partículas, quantidade inalada, tempo de exposição e susceptibilidade individual; podem representar alterações temporárias ou permanentes. Estes efeitos biológicos podem ser correlacionados, direta ou indiretamente, com a poluição do ar por estudos epidemiológicos. De acordo com Almeida (1999), alguns desses efeitos incluem irritação dos olhos e das vias respiratórias, redução da capacidade pulmonar, aumento da susceptibilidade a infecções virais e doenças cardiovasculares, redução da capacidade física, dores de cabeça, alterações motoras e enzimáticas, agravamento de doenças crônicas do aparelho respiratório tais como asma, bronquite, enfisema, pneumoconioses; danos ao sistema nervoso central, alterações genéticas e câncer.

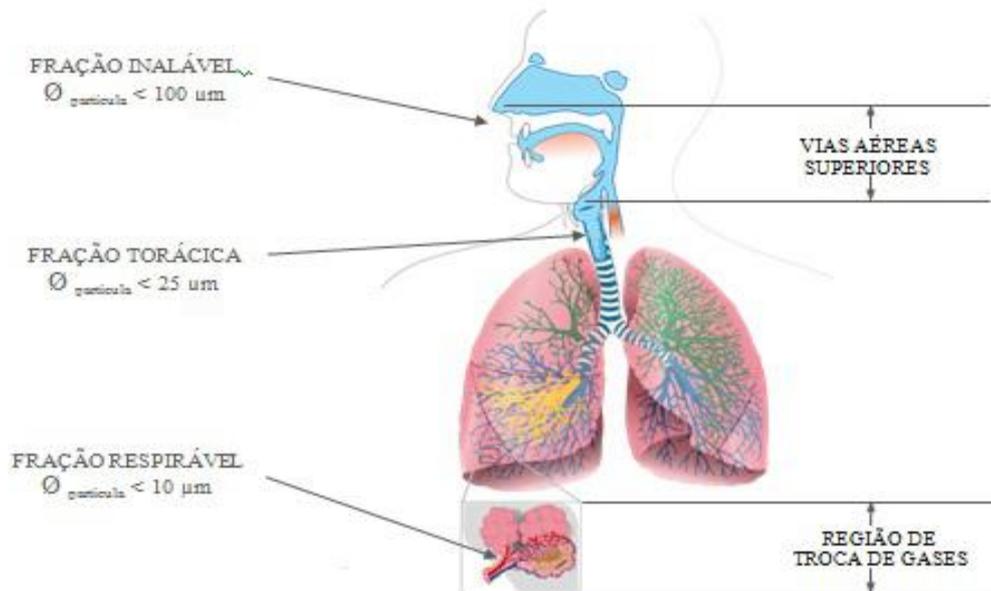
Dentre as pneumoconioses encontra-se a silicose decorrente da exposição ao agente causal sílica livre cristalizada em frações inaláveis ($< 10 \mu\text{m}$). A inalação deste agente químico gera um processo de fibrose pulmonar irreversível. É uma doença eminentemente ocupacional, podendo afetar a população pela proximidade, pela concentração e pelo tamanho dos particulados emitidos por atividades minerárias, por exemplo. Importante Ressaltar que quanto menor ou mais fina a partícula de sílica, maior será a gravidade dos seus efeitos.

As partículas funcionam como agentes transportadores de substâncias tóxicas aos pulmões. Se estas substâncias tóxicas forem levadas às vias respiratórias através de partículas de poeira, elas penetram mais profundamente no pulmão, onde a absorção pelas vias sanguíneas se processa muito mais facilmente que nas vias respiratórias superiores. Assim se explica porque uma série de substâncias tóxicas tem ação mais tóxica em atmosfera contendo partículas em suspensão do que em ar puro (FELENBERG, 1980).

Segundo Santos (2001), para melhor compreensão das frações das partículas, o trato respiratório pode ser dividido em regiões consideradas bases anatômicas para a identificação das frações de partículas relevantes.

O tamanho dos particulados é um dos fatores que influi diretamente para a determinação da região de deposição das partículas no trato respiratório humano, de acordo

com Bon (2002). A Figura 6 ilustra o local de deposição das partículas em função dos diâmetros aerodinâmicos equivalentes das partículas.



Fonte: Adaptado de Bon (2002)

Figura 6 – Local de deposição das partículas no sistema respiratório humano.

(ii) Ao Meio biótico

Da mesma forma que os seres humanos, a superfície do sistema respiratório dos animais é alterada devido às concentrações de particulados.

Os efeitos da poeira na vegetação podem ser causados de duas formas: primeiro pela deposição direta da poeira nas plantas e pela acumulação de poeira no solo; e posterior absorção pelas plantas. Poeiras que contêm óxido de magnésio, óxido de ferro, dentre outros óxidos, estão entre as que contribuem para os efeitos danosos à vegetação. Os efeitos podem incluir perda ou acúmulo de poluentes na colheita, prejuízos à paisagem e danos ao ecossistema de outros organismos que dependem das plantas (ENSINK, 1987).

As ações humanas sobre os ecossistemas naturais têm provocado a constante degradação desses ambientes, ocasionando alterações de estruturas e processos biológicos que repercutem diretamente nos componentes físico-químicos dos mesmos. Como resultado, se observa uma acentuada diminuição da capacidade desses ecossistemas em manter sua produtividade de acordo com o ambiente onde se desenvolveram, dando lugar a áreas degradadas com baixa sustentabilidade (ESTELRICH, 1998).

(iii) Aos materiais

O acúmulo de material é o primeiro efeito visível da poluição atmosférica por deposição de poeira e fumaça, bem como fatores corrosivos do patrimônio físico: construções, maquinaria, equipamentos. Os efeitos dessa deposição sobre estas estruturas incluem basicamente: descoloração, deteriorização, e decomposição de materiais de construção.

2.2.5 Legislação ambiental e normas técnicas incidentes

Os problemas ambientais podem ser considerados como fenômenos provocados significativamente pela sociedade, pois são decorrentes das atividades antrópicas. Em consequência disto, manter a saúde humana e preservar a qualidade ambiental é a base de postulados da legislação e normas vigentes para conduzir as tomadas de decisões em todos os níveis. No Brasil, entre os requisitos técnicos e legais destacam-se:

- ✓ Constituição Federal do Brasil de 1988;
- ✓ Constituição do Estado de Pernambuco de 1989 e Lei Estadual nº 12.916/2005;
- ✓ Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA;
- ✓ Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT; e
- ✓ Normas Regulamentadoras da Mineração – NRM.

A partir de agosto de 1981 a questão ambiental no Brasil passou a ser exigida pela Lei nº 6.938/1981, cujo principal objetivo foi tornar o desenvolvimento econômico e social do país compatível com a preservação do meio ambiente e do equilíbrio ecológico. Nessa lei, foram estabelecidas a estrutura e as regras gerais da Política Ambiental Brasileira, bem como a criação do Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA.

Inicialmente, a influência da atividade humana se restringia a intensidades relativamente limitadas. Porém, na atualidade, diversas atividades colocadas em prática pela sociedade têm sido consideradas responsáveis pelo empobrecimento da natureza. Dentre essas atividades, a mineração representa, na maioria das vezes, uma ameaça ao equilíbrio ambiental, conforme Guidueli (1985). A Resolução CONAMA nº 001/1986, art. nº 1, define o impacto ambiental associado as atividades humanas como:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - A saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - As atividades sociais e econômicas;
- III - A biota;
- IV - As condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - A qualidade dos recursos ambientais”.

A Constituição Federal do Brasil de 1988, Capítulo II: Da União, no art. nº 23, item VI, estabelece que a proteção ao meio ambiente e o combate à poluição em qualquer de suas formas. No item VII, estabelece a preservação da fauna, flora e florestas. É de competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, tendo em vista o equilíbrio do desenvolvimento e do bem-estar no âmbito nacional. De acordo com o Capítulo VI: Do Meio Ambiente, no art. nº 225, determina que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial para qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A partir de 1989, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) procurou estimular medidas a favor da redução de emissões, de resíduos, de efluentes, economia de água e de energia elétrica nos processos produtivos industriais, com ênfase no conceito de Produção Mais Limpa – P+L (FURTADO, 2001). Consiste na aplicação de uma estratégia ambiental, contínua e sistêmica, de prevenção da poluição como parte integrante dos processos e produtos da indústria ou serviço com benefícios ambientais e econômicos para os processos produtivos.

Para a Constituição do Estado de Pernambuco de 1989, Capítulo IV: Do meio ambiente, Seção I da Proteção ao Meio ambiente, art. nº 204, postula que o desenvolvimento deve conciliar-se com a proteção ao meio ambiente, obedecidos os seguintes princípios: (I) preservação e restauração dos processos ecológicos essenciais; (II) conservação do manejo ecológico das espécies dos ecossistemas; (III) proibição de alterações físicas, químicas ou biológicas, direta ou indiretamente nocivas à saúde, à segurança e ao bem-estar da comunidade e (IV) proibição de danos à fauna, à flora, às águas, ao solo e à atmosfera.

Outrossim, a Lei pela Estadual nº 12.916/2005, no art. nº 1, dispõe sobre a Política Estadual do Meio Ambiente e de Recursos Hídricos para o exercício da função de proteção e conservação dos recursos naturais do Estado, bem como atuar em pesquisas em controle ambiental.

A base da prevenção da poluição atmosférica no Brasil é regida pela Resolução CONAMA nº 005/1989, a qual instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar – PRONAR, cujo objetivo é contribuir para a gestão ambiental e o desenvolvimento socioeconômico do país, estabelecendo padrões de qualidade do ar e padrões de emissão.

Neste contexto, a Resolução CONAMA nº 005/1989, estabelece padrões primários e secundários para os poluentes legislados nacionalmente para o controle da qualidade do ar, de forma a garantir a proteção da saúde e do meio ambiente. São baseados em estudos científicos os efeitos produzidos por poluentes específicos e fixados em níveis que possam propiciar a margem de segurança adequada. São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar:

- **Padrões primários de qualidade do ar:** concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

- **Padrões secundários de qualidade do ar:** concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes, constituindo-se em meta de longo prazo.

Neste sentido, o objetivo do estabelecimento dos padrões é formar uma base de prevenção e gestão quanto à degradação da qualidade do ar do local e entorno para a comparação com os valores estabelecidos pela legislação ambiental vigente, e como linha de avaliação conservadora foi adotado o padrão secundário por ser mais rígido.

A Resolução CONAMA nº 003/1990, é considerada mais importante para o contexto da presente pesquisa pelo estabelecimento dos níveis dos padrões primários e secundários nacionais da qualidade do ar e os métodos de análise para aferição da qualidade do ar, cujos parâmetros regulamentados encontram-se nas Tabelas 4 e 5, mostradas a seguir.

Tabela 4 – Padrões nacionais de qualidade do ar e métodos analíticos de medição (CONAMA nº 03/1990).

POLUENTE	TEMPO DE AMOSTRAGEM	PADRÃO PRIMÁRIO	PADRÃO SECUNDÁRIO	MÉTODO DE ANÁLISE
		($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Partículas Totais em Suspensão	24 horas ⁽¹⁾	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA ⁽²⁾	80	60	
Dióxido de Enxofre	24 horas	365	100	Pararosanilina
	MAA ⁽³⁾	80	40	
Monóxido de Carbono	1 hora ⁽¹⁾ 8 horas	40.000	40.000	Infravermelho não dispersivo
		35 ppm	35 ppm	
		10.000 (9 ppm)	10.000 (9 ppm)	
Ozônio	1 hora ⁽¹⁾	160	160	Quimiluminescência
Fumaça	24 horas ⁽¹⁾	150	100	Refletância
	MAA ⁽³⁾	60	40	
Partículas Inaláveis	24 horas ⁽¹⁾	150	150	Separação Inercial / Filtração
	MAA ⁽³⁾	50	50	
Dióxido de Nitrogênio	1 hora ⁽¹⁾	320	190	Quimiluminescência
	MAA ⁽³⁾	100	100	

Legenda: ⁽¹⁾ Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

⁽²⁾ Média geométrica anual.

⁽³⁾ Média aritmética anual.

Para episódios agudos de poluição do ar relacionados a concentrações excessivas de poluentes atmosféricos e que exigem medidas urgentes para evitar maiores danos à população e ao meio ambiente, são enquadrados em níveis de atenção, alerta e emergência. Na Tabela 5, estão estabelecidos esses critérios.

Tabela 5 – Critérios para cenários críticos de poluição do ar (CONAMA nº 03/1990).

PARÂMETROS DE MEDIÇÃO	NÍVEIS		
	ATENÇÃO	ALERTA	EMERGÊNCIA
Dióxido de Enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 h	800	1.600	2.100
Partículas Totais em Suspensão (PTS) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 h	375	625	875
SO ₂ X PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 h	65.000	261.000	393.000
Monóxido de Carbono (ppm) – 8 h	15	30	40
Ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 1 h	400*	800	1000
Partículas Inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 h	250	420	500
Fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24h	250	420	500
Dióxido de Nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 1h	1.130	2.260	3.000

O Índice de Qualidade do Ar – IQAr, simplifica a divulgação da informação sobre a qualidade do ar e padroniza todas as substâncias em uma única escala. É um indicador utilizado por órgãos ambientais com o objetivo de diagnosticar a qualidade do ar em nível local e regional em função de cada um dos diversos poluentes atmosféricos que podem afetar consideravelmente a saúde e o bem-estar da população (IAP, 2008).

Este índice se relaciona com a concentração gravimétrica de um dado poluente por meio de funções lineares segmentadas de modo que os valores críticos assumem um comportamento de linearidade. Utiliza-se a interpolação da Expressão 1 (IAP, 2008), obtendo-se o IQAR, um número adimensional.

$$IQAr = \left(\frac{I_2 - I_1}{C_2 - C_1} \right)^2 \times (C_p - C_1) + I_1 \quad (1)$$

Onde:

$IQAr$ = IQAr do poluente

C_p = Concentração medida do poluente p

C_2 = Concentração de mudança acima de C_p

C_1 = Concentração de mudança abaixo de C_p

I_2 = Valor do IQAr correspondente à concentração C_2

I_1 = Valor do IQAr correspondente à concentração C_1

Os níveis de atenção, alerta e emergência estão associados às classes inadequada, ruim e péssima, respectivamente, pelo código de cor, conforme demonstrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Faixas do IQAr para padrão primário com as respectivas concentrações e a qualidade do ar atribuída (IAP, 2008).

CLASSIFICAÇÃO	IQAr	PTS 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP ₁₀ 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	FMC 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO 8h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ 1 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ 1 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
BOA	0-50	0-80	0-50	0-60	0-80	0-4.5	0-80	0-100
REGULAR	51-100	81-240	51-150	61-150	81-365	4.6-9.0	81-160	101-320
INADEQUADA	101-199	241-375	151-250	151-250	366-800	9.1-15	161-400	321-1130
MÁ	200-299	376-625	251-420	251-420	801-1600	16-30	401-800	1131-2260
PÉSSIMA	>300	626-875	421-500	421-500	1601-2100	31-40	801-1000	2261-3000

A Tabela 7 apresenta a classificação da qualidade do ar relacionada ao valor do índice e aos efeitos esperados da concentração do poluente medida na população exposta.

Tabela 7– Classificação da qualidade do ar com os possíveis efeitos associados (CETESB,1999).

QUALIDADE DO AR	NÍVEIS DE CAUTELA	EFEITOS SOBRE A SAÚDE
BOA	-	Praticamente não há riscos à saúde.
REGULAR	-	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população em geral não é afetada.
INADEQUADA	ATENÇÃO	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
MÁ	ALERTA	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz, garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com problemas cardiovasculares).
PÉSSIMA	EMERGÊNCIA	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

A avaliação da qualidade do ar atmosférico é feita normalmente pelo método indireto, através de Amostrador de Grande Volume – AGV, com amostragens realizadas em locais distantes da fonte de emissão com o intuito de avaliar o nível de concentração dos poluentes atmosféricos (particulados) à exposição humana. Os critérios brasileiros para determinação da concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dos poluentes atmosféricos utilizam como referência normativa o método de amostrador de grande volume para poeira total (ABNT NBR nº 9547/1997) e para partículas inaláveis (ABNT NBR nº 13412/1995). Segundo Bon (2002) mostrado na Figura 6, os materiais particulados com Diâmetro Aerodinâmico Equivalente – DAE de 10 micrômetros ou inferior são denominados de fração respirável. Todavia, será adotada neste trabalho a denominação postulada pela Norma Brasileira – NBR, em vigor, a nomenclatura de partículas inaláveis para este tamanho de DAE.

Vale ressaltar também a Portaria nº 12/2002 que institui as NRM, especificamente, a NRM nº 9 que trata sobre a prevenção de poeiras minerais nos locais onde haja geração de particulados. Isto ressalta a importância de ser realizado o monitoramento periódico através dos grupos homogêneos de exposição e das medidas de controle adotadas. A redução na fonte dos poluentes atmosféricos pelos empreendimentos deve ser priorizada, pois, propicia uma produção mais limpa, preservando assim, a saúde e segurança dos operadores, bem como, a diminuição da dispersão dos materiais particulados para a comunidade e meio ambiente local.

CAPÍTULO 3 – DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A investigação científica que avalia um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos; enfrenta uma situação tecnicamente única em que haverá muito mais variáveis de interesse do que pontos de dados e, como resultado, baseia-se em várias fontes de evidência (YIN, 2001).

A presente pesquisa foi baseada em *Checklists*, entrevistas, observações, análise de documentos. Ainda segundo a metodologia desenvolvida por Yin (2001), estas fontes de informação participativa serviram para a avaliação qualitativa e quantitativa do estudo de caso, através da elaboração de instrumentos de gestão centrados em ações de melhorias contínuas.

O levantamento de dados consistiu em visitas técnicas referente aos aspectos e impactos emitidos por atividades de mineração – Pedreira situada em área urbanizada –, bem como por uma usina de asfalto como partes integrantes da presente pesquisa no tocante a emissão de particulados. Estão localizados no município de Jaboatão dos Guararapes/PE.

De acordo com a Lei complementar nº 123/2006, capítulo II, Art. 3º, referente ao enquadramento quanto ao porte das empresas, a pedreira está categorizada como Empresa de Pequeno Porte (EPP), enquanto que a usina de asfalto está inserida como Microempresa (ME).

A primeira parte da pesquisa, consiste em utilizar a avaliação qualitativa dos poluentes atmosféricos por meio da identificação dos aspectos e impactos dos particulados na área-objeto do estudo (Pedreira), determinando-se as principais fontes potencialmente geradoras de externalidades; e na sequência, a avaliação quantitativa das PTS e MP₁₀; ambos na comunidade do entorno.

Para tanto, foram planejadas 02 (duas) etapas para a elaboração de um diagnóstico situacional sobre a qualidade do ar no entorno dos empreendimentos:

- Etapa I: Análise qualitativa dos riscos para o meio ambiente pelos poluentes atmosféricos.

- Entrevistas com os diretores dos empreendimentos; e
- Aplicação da técnica de avaliação de impacto ambiental para a emissão de poluentes atmosféricos.

- Etapa II: Análise quantitativa dos particulados.

- Avaliação do material particulado no ar atmosférico.

3.1 Avaliação qualitativa dos riscos ambientais

O levantamento qualitativo de campo foi no período de julho a setembro do ano de 2011. Consistiu em visitas técnicas aos empreendimentos: o primeiro, uma pedreira previamente selecionada; e o outro, uma usina de asfalto, ambos na mesma localidade do município de Jaboatão dos Guararapes/PE, distantes entre si de aproximadamente 82 m, conforme ilustrado na Figura 7.



Figura 7 – Espacialização dos empreendimentos em estudo.

A *Etapa I* foi inicializada com a avaliação qualitativa dos riscos ambientais, enfocando particulados dentre os poluentes atmosféricos. Esta identificação prévia das possíveis fontes de riscos ambientais foi através de entrevistas gerenciais e observação de campo com registros fotográficos digitais dos empreendimentos em análise. Das condições do entorno, foram avaliados a relação de número de pessoas por faixa etária e por localidade, bem como se realizou um levantamento epidemiológico das doenças respiratórias na região em estudo referente ao mês de setembro dos anos de 2009, 2010 e 2011. No segundo momento desta etapa, realizou-se o levantamento qualitativo dos potenciais riscos com a aplicação da técnica de Avaliação de Impacto Ambiental – AIA, sendo possível traçar o cenário inicial referente aos fatores ambientais mais impactantes das atividades através da elaboração de uma matriz de interações.

3.1.1 Entrevistas com os diretores dos empreendimentos

Para a caracterização inicial das situações locais foram aplicadas 2 entrevistas nas visitas técnicas. A primeira entrevista (13 questões, Apêndice A) foi direcionada ao diretor da pedreira e ao diretor da usina de asfalto, para a avaliação de desempenho do Sistema de Gestão em Ambiental – SGA com elaboração baseada no art. nº 225 da CF/1988, ABNT NBR ISO nº 31000/2009 e Norma ISO nº 19011/2003, na análise documental e observações. A segunda entrevista (11 questões, Apêndice B), ainda aplicada com o diretor da pedreira e diretor da usina de asfalto, abrangeu a avaliação de desempenho da gestão de emissões atmosféricas referente à ABNT NBR ISO nº 31000/2009, Norma ISO nº 19011/2003 e NRM nº 09/2002. Deve-se ressaltar que, as 2 entrevistas visaram à verificação inicial para a formação do diagnóstico situacional do gerenciamento dos poluentes atmosféricos, especialmente dos particulados gerados pela pedreira e usina de asfalto.

3.1.2 Aplicação da técnica de AIA para a emissão de poluentes atmosféricos

Os impactos ambientais da poluição atmosférica se caracterizam tanto pela alteração de condições consideradas normais como pelo aumento de problemas preexistentes. Esses efeitos podem ser tanto globais como podem em nível local e regional. De acordo com Mota (2002), os impactos ambientais estão relacionados com a degradação dos solos, a poluição do ar e das águas.

A técnica para avaliação de impactos determina os fatores ambientais mais impactantes de uma atividade. As áreas de influência do empreendimento foram definidas considerando as variáveis ambientais susceptíveis a efeitos diretos e/ou indiretos.

Para a avaliação de impactos, devem-se realizar as seguintes etapas: interações entre as ações implementadas e os fatores ambientais por elas atingidos; tipificação dos impactos ambientais identificados e aplicação de valores aos atributos de cada ação impactante. A partir daí, os impactos são qualificados em seus atributos relativamente à ação (relação de causa-efeito); à ignição (temporalidade); criticidade (interatividade entre os fatores gerando sinergia); extensão (abrangência do impacto); periodicidade (manifestação do efeito em relação à ação) e a intensidade (quantificação da ação). Para tanto, se faz necessário a elaboração da matriz de interações com base na *Magnitude* e *Importância* que estão demonstradas nas Expressões 2 e 3.

- Cálculos para os parâmetros de Magnitude (M) e de Importância (I)

$$M = \sum (e, p, i) \quad (2)$$

Onde:

e = extensão (abrangência do impacto)

p = periodicidade (manifestação de um efeito em relação a ação)

i = intensidade (quantificação da ação)

$$I = \sum (M, a, ig, c) \quad (3)$$

Onde:

a = ação (relação causa-efeito)

ig = ignição (temporalidade)

c = criticidade (interatividade, sinergia)

De acordo com Ramos Filho (2008), os valores dos atributos dos impactos qualificados com suas escalas nominais (alto, médio, baixo), possibilitam uma melhoria da análise e facilitam a compreensão dos impactos. Para esta medida procede-se de maneira subjetiva, pois cabe ao avaliador indicar os valores dos atributos dos impactos relacionando com seus efeitos, conforme a Tabela 8.

Tabela 8 – Aplicação de valores numéricos aos atributos com referência ao tipo de efeito (RAMOS FILHO, 2008).

ATRIBUTO	TIPO DE EFEITO	VALOR NUMÉRICO
Ação	Primário	3
	Secundário	2
	Terciário	1
Ignição	Imediata	1
	Médio	2
	Longo prazo	3
Criticidade	Alta	3
	Média	2
	Baixa	1
Intensidade	Baixa	1
	Média	2
	Alta	3
Extensão	Maior	3
	Igual	2
	Menor	1
Periodicidade	Permanente	3
	Variável	2
	Temporária	1

Para os parâmetros de *Magnitude e Importância*, consta na Tabela 9 a faixa numérica.

Tabela 9 – Matriz para avaliação da Magnitude e Importância (RAMOS FILHO, 2008).

PARÂMETROS	VALOR	IMPACTO
MAGNITUDE	3	BAIXO
	4-5	MÉDIO-BAIXO
	6	MÉDIO
	9	MÉDIO-ALTO
IMPORTÂNCIA	7	ALTO
	8-9	BAIXO ALTO
	10-11-12	MÉDIO- BAIXO
	13-14-15	MÉDIO-MÉDIO
	16-17-18	MÉDIO-ALTO
	19-20	ALTO
	>20	ALTO-ALTO

A Tabela 10, por sua vez, apresenta as classes dos impactos e as respectivas interpretações.

Tabela 10 – Classificação dos impactos e seus respectivos significados (RAMOS FILHO, 2008).

CLASSES DE IMPACTOS	SIGNIFICADOS
IMPACTO BAIXO	Aquele que não causa danos ambientais.
IMPACTO MÉDIO-BAIXO	Pode causar danos ambientais.
IMPACTO MÉDIO E MÉDIO-ALTO	Causa danos, porém são reversíveis.
IMPACTO ALTO	Causa danos ambientais dificilmente reversíveis.

3.2 Avaliação quantitativa dos particulados ambientais

Em geral, a avaliação de qualidade do ar pode ser realizada em nível local, regional, nacional e internacional. Para tanto, é feita estimativas de emissões dos principais poluentes com a aplicação de modelos matemáticos e medição das concentrações ambientais dos mesmos, conforme ilustrado na Figura 8.

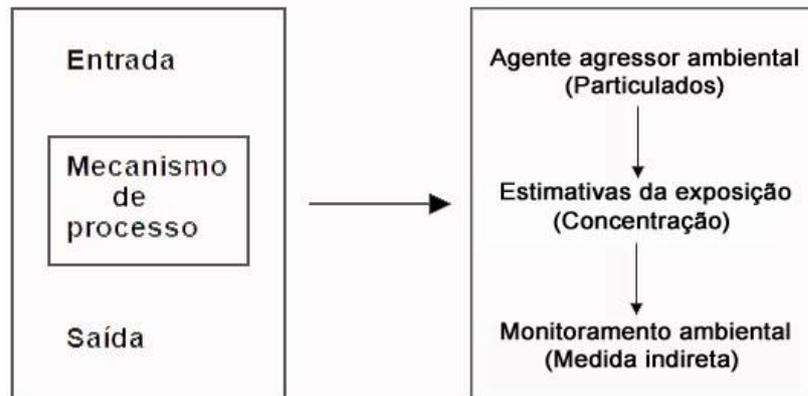


Figura 8 – Modelo simplificado de avaliação de riscos para poluentes atmosféricos.

Para a análise quantitativa foi realizada a avaliação de material particulado em suspensão na circunvizinhança dos empreendimentos objetos de estudo: uma pedreira e usina de asfalto. A continuidade da pesquisa deu-se com o detalhamento das áreas-alvo, identificando os locais de maior geração de poeiras, e, por conseguinte, a medição da concentração dos particulados, para então configurar o diagnóstico ambiental.

A estratégia de amostragem para os particulados levou em consideração variáveis como: parâmetros meteorológicos locais (umidade, pluviosidade, pressão barométrica direção e velocidade do vento), dia, horário, número de amostragens, georeferenciamento da fonte poluente e densidade demográfica do local receptor.

O período de amostragem foi definido para o mês de setembro, por ser caracterizado como o mês de início de estiagem regional (Pernambuco) e de retorno a alta produção da pedreira em estudo. As coletas aconteceram em duas séries de amostragens (Campanhas) entre os dias 20 a 30 de setembro de 2011, durante duas semanas seguidas coincidindo nos dias de terças a sextas-feiras para evitar as atipicidades do segmento de estudo, ocorridas normalmente, nos dias de segundas-feiras e sábados pela redução normal de produção. Sendo assim, foi possível inferir sobre uma situação crítica referente às condições de alta temperatura, de estiagem, de expressiva produção nas pedreiras em dias-alvo da semana e em local de maior exposição.

As estações de avaliação para a aferição da qualidade do ar atmosférico foi composta por um AGV PTS e um AGV PM₁₀, ambos os equipamentos da fabricante Ecotech, pertencentes ao Laboratório de Controle Ambiental na Mineração – LACAM da Universidade Federal de Pernambuco. A Figura 9 está mostrando o caminho de fluxo descendente.

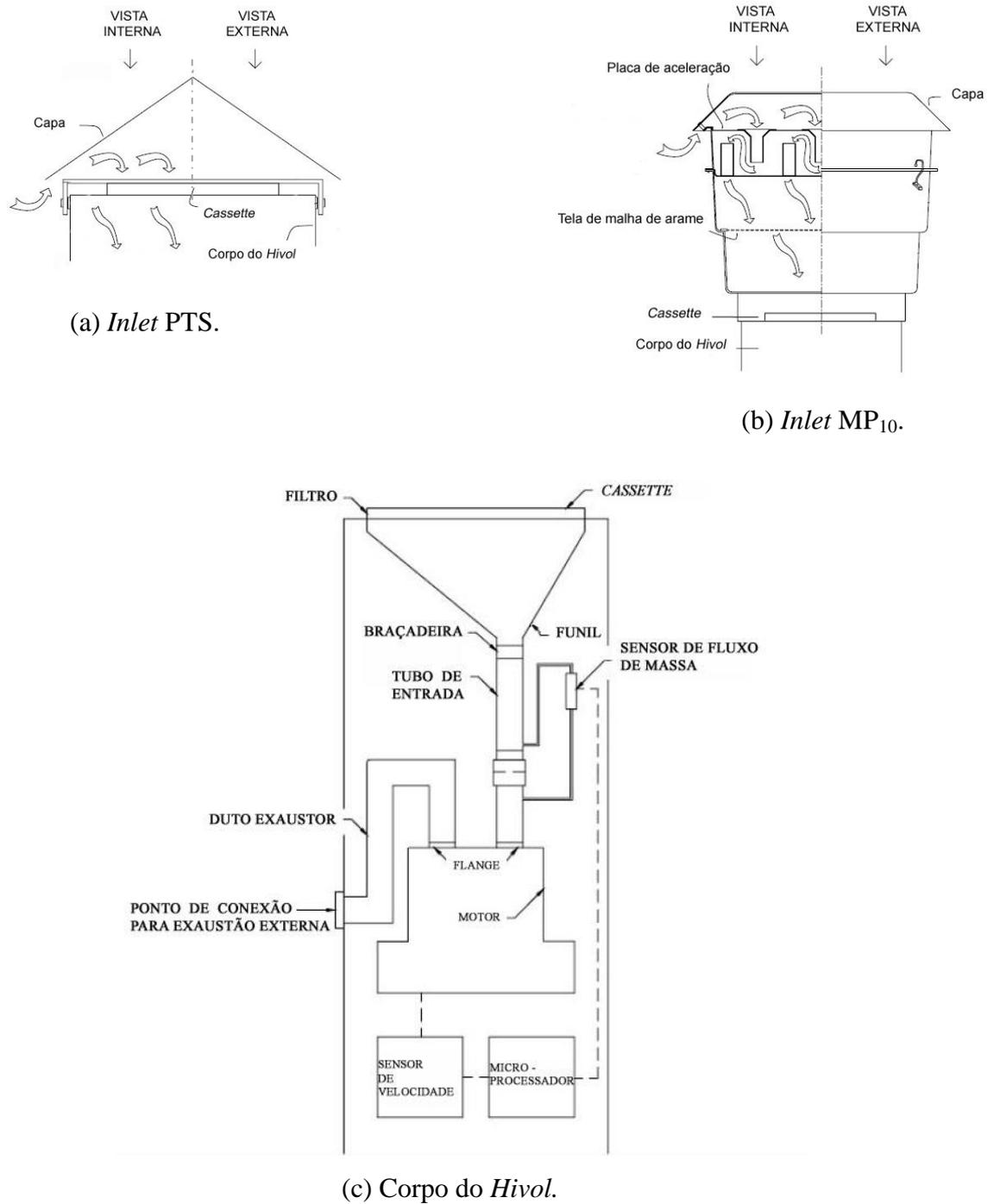


Figura 9 – Caminho esquemático do fluxo no *Hivol* HVS 3000 e seções transversais dos *inlets*.

3.2.1 A avaliação do material particulado no ar atmosférico

Nas atividades de mineração como parte integrante de um sistema de gestão ambiental a ser praticado, está a realização de estudos analíticos para evidenciar as condições de um determinado cenário e/ou situação.

A avaliação ambiental de particulados atmosféricos realizada nesta pesquisa, ocorreu em área residencial na comunidade do Engenho Santana. Foram utilizados para análise dois amostradores de grandes volumes. Os AGVs PTS e MP₁₀ que possuem microprocessador contendo *data logger* interno para gerar e armazenar informações durante o seu funcionamento, como a temperatura do ar ambiente e a pressão barométrica, os valores de fluxo volumétrico total e corrigido para as Condições Normais de Temperatura e Pressão – CNTP no ponto de medição local (25°C e 1atm). Por meio do *xVol communicator* é possível realizar a transferência dos dados para o *laptop*. Neste caso de estudo, será configurado para as aquisições de dados as médias horárias e vazão mínima de amostragem de 1.1 m³/min (Filtro carregado) e vazão máxima de 1.7 m³/min (Filtro limpo), de acordo com as normas técnicas ABNT NBR n^o 9547/1997 e n^o 13412/1995.

Para a caracterização dos parâmetros atmosféricos como temperatura, pressão barométrica, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos; foi utilizado uma mini-estação meteorológica, Oregon *scientific* WMR 968, mostrado na Figura 10.

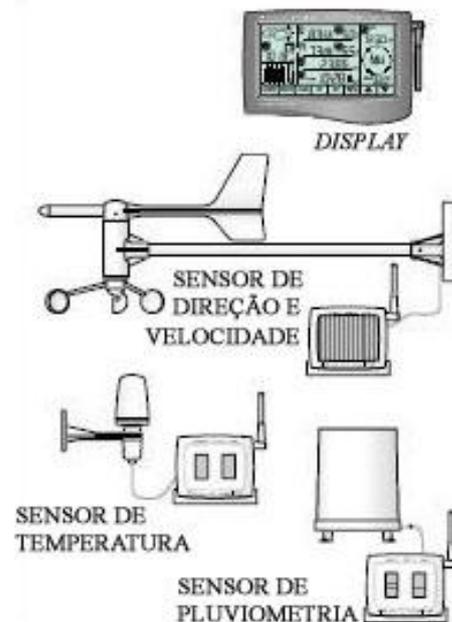


Figura 10 – Componentes da mini-estação meteorológica da Oregon *scientific* WMR 968.

Do exposto, foram feitas simulações antes de ir ao *site*, para a montagem e o alinhamento do *cassette* de maneira a garantir a vedação adequada dos AGVs, investigando também os possíveis pontos de fugas; Para a instalação da balança analítica, foi escolhido um local de baixa influência da corrente de ar direta, bem como foi observado o nivelamento de bolha para a melhor precisão e exatidão das medições, como exemplos.

O meio filtrante utilizado foi filtro de fibra de vidro da Pallflex com dimensões de 200 mm x 250 mm e com porosidade de 0.3 μm , ou seja, foram coletados particulados, que dependendo do *cut point* do equipamento, poderá ser de 0.3 a 100 μm . A escolha do filtro de campo, bem como do branco de laboratório consistiu na verificação da integridade quanto a presença de furos ou não conformidades nas bordas do filtro.

A partir daí, os filtros foram encaminhados para uma pré-estabilização, permanecendo no interior de um dessecador com termo-higrômetro por 24 horas para controle do ambiente.

De posse dos filtros estabilizados, os mesmos foram pesados em balança analítica; e na sequência, os filtros de campo foram selados em bolsa hermética *zip-lock*, envelopados e identificados para transporte. Enquanto que o filtro de branco permaneceu no laboratório em condições de estabilização para o cálculo do fator de correção (f).

No local de amostragem previamente escolhido para ser avaliada a qualidade do ar, foram instalados nos *cassettes* os filtros com a face rugosa voltado para cima e em ambiente isento de impurezas, dando início à avaliação do ar. Fantazzini (2010) recomenda que entre 6 a 10 amostras deve ser a quantidade suficiente para ser tomar decisões quanto à exposição, principalmente, ao se tratar de pontos mais representativos dentro de uma amostragem em momento e local mais crítico.

Após o período de amostragem de 24 horas (ABNT NBR nº 9547/1997 e nº 13412/1995), os filtros foram retirados com luvas plásticas de látex. Os filtros foram novamente selados, envelopados e identificados para transporte. De volta ao laboratório, foram preparados para a pós-estabilização por 24 horas e só depois foram efetuadas as pesagens finais. Também foi pesado o filtro de branco estabilizado para verificar possíveis alterações do ambiente interno do dessecador com o termo-higrômetro, sendo aferido em gramas o fator de correção.

Os procedimentos acima descritos, foram repetidos para a campanha 1 por seis vezes, perfazendo um total de 3 filtros para o AGV PTS e 3 filtros para AGV MP₁₀, pois ambos operaram simultaneamente. Para a campanha 2, seguiu-se os mesmos procedimentos.

Durante o período de amostragem no mês de setembro de 2011, especificamente nos dias 20 a 23 para a Campanha 1 e dias 27 a 30 para a Campanha 2, também foi utilizada a mini-estação meteorológica e acessórios complementares, sendo possível medir parâmetros meteorológicos básicos locais para cada amostrador durante os dias de monitoramento em função do posicionamento dos AGVs. Para efeito de comparação, também foram avaliados, para o mesmo período das campanhas, os dados em nível regional por meio dos meteogramas do município de Jaboatão dos Guararapes/PE. Estes meteogramas aplicam o modelo Eta (12 x 12 km), adquiridos via *site* do Laboratório de Meteorologia do Estado de Pernambuco – LAMEPE. Para iniciar a avaliação do ar propriamente dito, foi efetuado o processo de calibração dos AGVs na campanha 1. Para a campanha 2, realizada na segunda semana de avaliação, foram recalibrados por terem sido retirados do *site* e guardados por motivos de segurança e integridade física dos equipamentos. Através do termo-higro-anemômetro, equipamento certificado, obteve-se o valor da temperatura do ar ambiente no local de calibração/avaliação e uso de Calibrador Padrão de Vazão – CPV. E para efetuar o cálculo do fluxo volumétrico, utilizou-se um manômetro d’água em tubo em “U”. A Figura 11 ilustra o processo de calibração, e como alternativa, a utilização do manômetro digital.

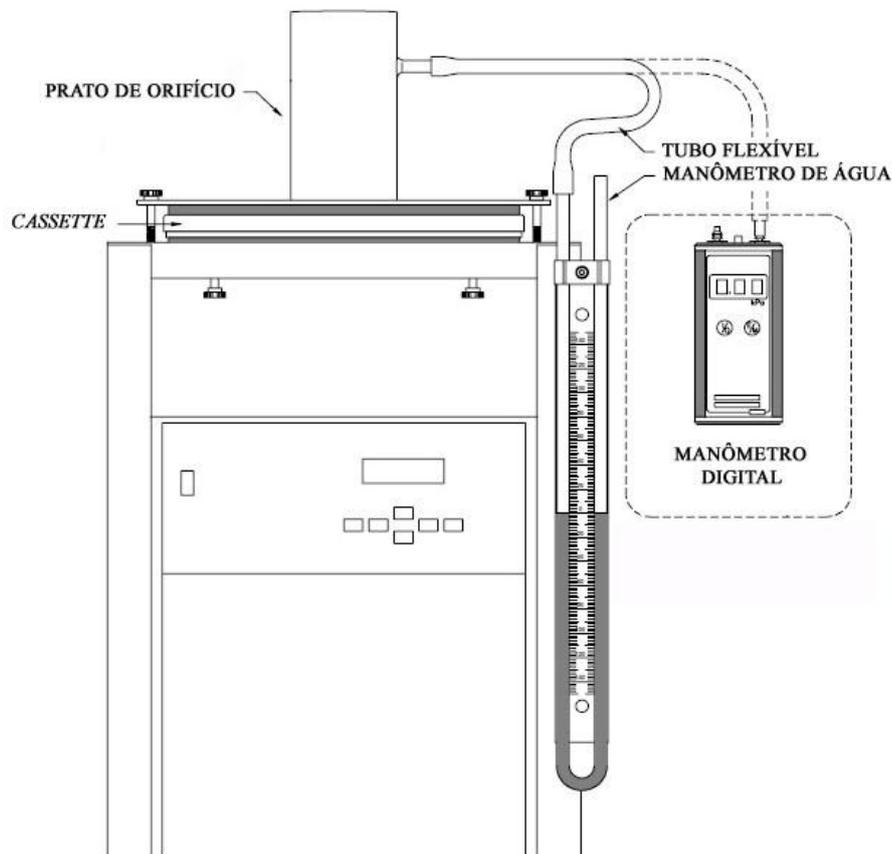


Figura 11 – Esquema do processo de calibração do *Hivol* HVS 3000.

No tocante ao cálculo para calibração do fluxo volumétrico, no ponto de amostragem, verificou-se o fluxo volumétrico de cada um dos dois AGVs, para os fluxos de 60 m³/h, 70 m³/h e 80 m³/h. Verificando a diferença de nível do manômetro de coluna d'água com base na temperatura do ar ambiente e pressão barométrica locais, sendo possível obter a voltagem associada para cada um dos fluxos. A calibração do fluxo pode ser obtida pela Expressão 4.

$$\Delta H = \left(\frac{Q}{c} \right)^2 \times \frac{P_a}{T_a} \quad (4)$$

Onde:

ΔH = Diferença de nível no manômetro (mmH₂O)

Q = Taxa volumétrica indicada no *display* do amostrador (m³/h)

P_a = Pressão ambiente (Kpa)

T_a = Temperatura ambiente (K)

c = Constante do orifício (serial #: 470)

Efetuada-se o processo de calibração, os AGVs foram programados para iniciarem a avaliação quantitativa do ar, operando com a taxa de fluxo volumétrico de 67.8 m³/h (1.13 m³/min) \pm 10%. No decorrer do funcionamento dos AGVs, estes podem apresentar desvios na própria calibração ou na manutenção, ou ainda, pela simples falta do fornecimento de energia elétrica. Se estes desvios apresentarem variações maiores que 2 m³/h entre o fluxo inicial e final, podem indicar uma sobrecarga de partículas que excedeu a capacidade de compensação do controlador de fluxo e poderão afetar o cálculo das médias, caso os valores válidos para a média fiquem abaixo de um limite estabelecido de representatividade. Nesta pesquisa, utilizaram-se médias horárias numa avaliação diária (24 h \pm 1 h). O limite de representatividade para cada média está apresentado na Tabela 11.

Tabela 11 – Média do período de avaliação e sua representatividade (IAP, 2008).

Média	Critério de representatividade
Horária	Pelo menos uma média de 30 minutos válida
8 horas	Pelo menos 6 médias horárias válidas
Diária	Pelo menos 16 médias horárias válidas
Mensal	Pelo menos 2/3 médias diárias válidas
Quadrimestral	Pelo menos a metade das médias diárias válidas
Anual	Todas as médias quadrimestrais (Jan-Abr, Mai-Ago, Set-Dez) válidas

Cumprido o critério de representatividade e, por conseguinte, com as amostras validadas, iniciou-se o processo de gravimetria para determinação da concentração dos materiais particulados, PTS e PM₁₀, retidos no filtro de fibra de vidro.

O processo gravimétrico é um método de quantificação de particulados não-destrutivo para se determinar a massa final do Material Particulado – MP, coletado no filtro com auxílio de uma balança analítica de precisão. O princípio de funcionamento consiste na pesagem dos filtros antes e depois de cada amostragem com o intuito de determinar a massa corrigida de material particulado coletado. De acordo com a Norma ABNT NBR nº 9547/1997, os filtros antes da amostragem, bem como os já amostrados, são acondicionados 24 horas antes de cada pesagem em dessecadores, que tem a função de manter a temperatura entre 15 e 35°C e a umidade relativa abaixo de 50%. A concentração de material particulado pode ser calculada a partir da Expressão 5.

$$M_{\text{corr}} = (M_{f \text{ filtro m}} - M_{i \text{ filtro m}}) \pm f \quad \therefore \quad C = \left(\frac{M_{\text{corr}}}{V_{\text{corr}}} \right) \times 10^6 \quad (5)$$

Onde:

M_{corr} = Massa corrigida (g)

$M_{f \text{ filtro m}}$ = Massa do filtro média após a amostragem (g)

$M_{i \text{ filtro m}}$ = Massa do filtro média antes da amostragem (g)

f = Fator de correção do branco de laboratório (g)

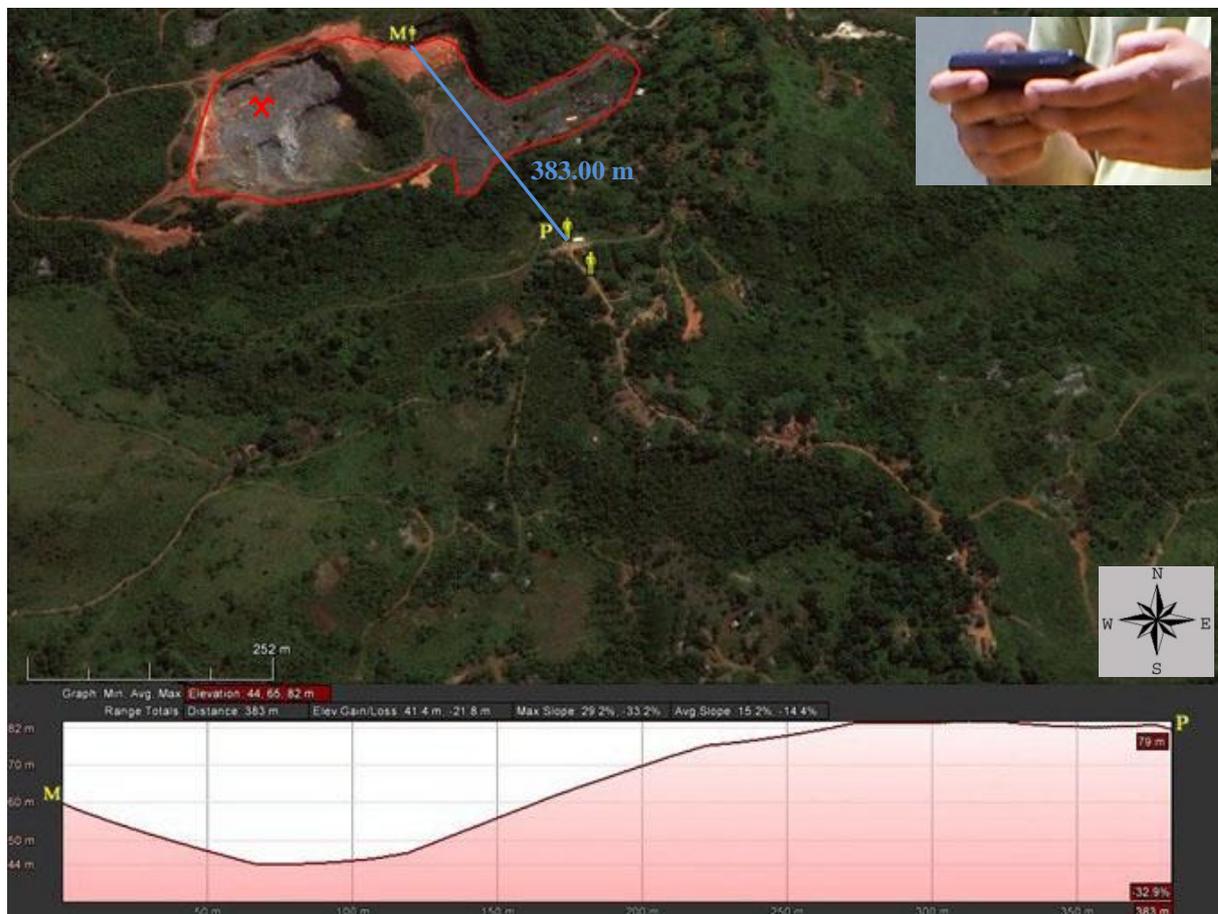
C = Concentração nas condições-padrão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

V_{corr} = Volume de ar amostrado nas condições-padrão (m^3)

10^6 = Fator de conversão para micrômetros

3.2.2 Mapeamento da poluição atmosférica

As atividades de mapeamento do campo amostral iniciaram em julho de 2011 (Apêndice F). Foram identificadas as fontes emissoras de particulados (fixas e móveis), avaliada a predominância de dispersão desses poluentes, a área mais povoada e o ambiente mais afetado no entorno dos empreendimentos vizinhos (Pedreira e usina de asfalto). Na Figura 12 é mostrado o mapeamento para a alocação dos AGVs que irão monitorar a comunidade da zona rural do Engenho Santana, que dista de 383.00 m, com elevação aproximada de 40 m acima dos pontos críticos de emissão de particulados. Importante destacar que, ao longo desta distância, há a presença de vegetação densa e alta, funcionando em princípio, como uma barreira natural para retenção de PTS.



Fonte: Adaptado de Google earth™ (2010)

Legenda: M – Mapeamento de área com georeferenciamento
P – Ponto de amostragem georeferenciado

Figura 12 – Georeferenciamento e perfil topográfico da área de mineração com os pontos de amostragem.

3.2.3 Localização dos pontos de amostragem

A partir das observações do mapeamento da área de estudo, retornou-se ao local do ponto de amostragem para detalhar as condições de funcionamento dos AGVs. Estiveram entre as diretrizes a infra-estrutura de acesso, a segurança dos equipamentos e o fornecimento de energia elétrica (estável). Na Figura 13 pode ser vista a espacialização dos pontos de amostragens com afastamento de 42.7 m e elevação de 7 m entre si, bem como os locais de fornecimento de energia. A avaliação do ar foi realizada em duas campanhas, nos dias de 20 a 23 e 27 a 30, ambos no mês de setembro de 2011.



Fonte: Adaptado de Google earth™ (2010)

- Legenda:
- Partículas Totais em Suspensão (PTS)
 - Material Particulado na fração respirável (MP₁₀)
 - 🏠 Novas moradias construídas e C2 (Escola comunitária para fornecimento de energia elétrica)
 - 🏠 Residência/mercado (Ponto de fornecimento de energia elétrica)

Figura 13 – Localização dos pontos de amostragem e o perfil topográfico entre os AGVs.

3.2.4 Equipamentos e acessórios para medição de particulados

Foram utilizados dois Amostradores de Grande Volume – AGVs ou *HiVols*, abreviação de *High Volume Samplers*. Os demais equipamentos e acessórios, tidos como complementares, também auxiliaram nas medições, tais como balança analítica de precisão, termo-higrômetro e mini-estação meteorológica. Os instrumentos de campo e de escala laboratorial foram devidamente calibrados e estão mostrados na Figura 14.



(a) AGV PTS ECOTECH-HVS 3000.



(b) AGV MP₁₀ ECOTECH-HVS 3000.



(c) Dessecador e termo-higrômetro, Icel HT-209.



(d) Balança analítica XS 105, Mettler Toledo.



(e) Mini-estação meteorológica *, Oregon scientific WMR 968.



(f) Calibrador padrão de vazão PV 470 e manômetro de coluna d'água em forma de "U".

Figura 14 – Equipamentos e acessórios usados na avaliação do ar atmosférico (PTS e MP₁₀).

* Acoplado um termo-higro-anemômetro Icel WM-1850, pluviômetro Incoterm 4749 e bússola HECF DC45-2B

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Resultados das avaliações qualitativas (*Etapa I*)

A coleta de dados para a medida de desempenho do SGA na entrevista 1, e para a gestão das emissões atmosféricas na entrevista 2, foi realizada mediante entrevista com os diretores dos empreendimentos através de perguntas fechadas com setor para observações. As entrevistas foram fundamentadas na confiabilidade das respostas tendo como princípio a autodeclaração e a ética para a formação do indicador para construção de medidas. Na primeira entrevista foram aplicadas 13 questões com elaboração baseada no art. nº 225 da CF/1988, ABNT NBR ISO nº 31000/2009 e Norma ISO nº 19011/2003, enquanto que na segunda, foram 11 questões referente à ABNT NBR ISO 31000/2009, Norma ISO nº 19011/2003 e NRM nº 09/2002, e visou ao complemento do cenário inicial para a formação do diagnóstico de situação sobre o gerenciamento dos poluentes atmosféricos, especialmente com relação a emissão dos particulados ambientais.

Pelo levantamento epidemiológico simplificado para as doenças respiratórias mais frequentes por faixa etária na região de estudo, constatou-se através dos dados levantados junto a Unidade Básica de Saúde – UBS do Engenho Santana (Tabela 12), que durante o mês de setembro dos anos 2009, 2010 e 2011, houve, especificamente para os moradores do entorno dos empreendimentos, uma maior incidência de doenças respiratórias nas crianças. A Infecção das Vias Aéreas Superiores – IVAS nas faixas de 1 a 4 anos e, principalmente, de 5 a 14 anos. Percebe-se ainda que os números de atendimentos foram declinando no mês de setembro ao longo dos anos em estudo. Paralelamente, foi observado que houveram melhorias nos empreendimentos (Apêndices A e B), como exemplo: Em Mar/2010, na pedreira foi instalado ponto de umidificação na esteira transportadora para formação de pilhas; Em Nov/2010, na usina de asfalto foi instalado o terceiro bico no sistema de lavagem de gases. Fatos estes que reduziram a emissão de particulados. Por outro lado, é importante destacar que o quantitativo de ocorrências e/ou atendimentos na UBS, pode estar subnotificado pelos registros de tratamento do sintoma associado aos poluentes atmosféricos, tais como: irritação nos olhos, infecções virais e doenças cardiovasculares, dores de cabeça; bem como pelo agravamento de doenças crônicas do aparelho respiratório (Asma, bronquite, enfisema, pneumoconioses, danos ao sistema nervoso central, alterações genéticas e câncer); ou ainda, por motivo de férias ou pela gravidade da situação, é procedido o encaminhamento de alguns pacientes para a unidade de referência e/ou hospitais da região.

A Tabela 12 apresenta a síntese da avaliação epidemiológica da comunidade mais próxima aos empreendimentos em termos de número de moradores atendidos na Unidade Básica de Saúde – UBS, da faixa etária e das doenças respiratórias mais frequentes na região da pesquisa, no mês de setembro nos anos de 2009, 2010 e 2011 com base no sistema de atenção básica e na ficha de visita familiar coletados em 16/08/2011. A Tabela citada indica uma maior incidência de doenças respiratórias acima de 70% entre as crianças de 1 a 14 anos.

Tabela 12 – Levantamento quantitativo de moradores por faixa etária e pelos principais tipos de doenças respiratórias na região da pesquisa com uma população total de 315 moradores.

Período da avaliação	Tipo da doença respiratória	Faixa etária (anos)	Nº de pessoas atendidas	Percentual de atendimentos por mês
Setembro/2009	IVAS	< 1	2	10.5
		1 a 4	6	31.6
		5 a 14	8	42.1
	IRA	15 a 49	3	15.8
		>50	0	0
Setembro/2010	IVAS	< 1	0	0
		1 a 4	14	40.0
		5 a 14	15	42.9
	IRA	15 a 49	0	0
		>50	6	17.1
Setembro/2011	IVAS	< 1	0	0
		1 a 4	4	36.4
		5 a 14	5	45.4
	IRA	15 a 49	1	9.1
		>50	1	9.1

Legenda: IVAS - Infecção das Vias Aéreas Superiores
IRA - Infecção Respiratória

Contudo, por informação verbal (CARLOS, M. D. N., 2011), vale frisar que do total geral de atendimentos na UBS e encaminhamentos para a Unidade de Pronto-Atendimento–UPA e/ou para hospitais de referência, aproximadamente 80% se refere a doenças respiratórias, desta forma podem estar relacionadas com a presença de poeiras e fumaça no ar ambiente.

4.1.1 Entrevistas de campo com os diretores dos empreendimentos

Entrevista 1:

Na Tabela 13 é mostrado o resumo de dados da entrevista realizada. Os dados completos encontram-se no Apêndice A.

Tabela 13 – Pontuação dos dados das entrevistas de campo acerca do SGA praticado nos empreendimentos.

Empreendimento (Setor avaliado)	Pontos alcançados	Pontos possíveis	Requisitos
(I) Pedreira (Administrativo e Produção)	12	13	Artigo nº 225 da CF/1988, ABNT NBR ISO 31000/2009 & Norma ISO 19011/2003
(II) Usina de asfalto (Administrativo e Produção)	12	13	Artigo nº 225 da CF/1988, ABNT NBR ISO 31000/2009 & Norma ISO 19011/2003

Entrevista 2:

A Tabela 14 apresenta a síntese do resultados da entrevista com diretores. Os dados completos encontram-se no Apêndice B.

Tabela 14 – Pontuação dos dados referente à gestão das emissões atmosféricas nos empreendimentos.

Empreendimento (Setor avaliado)	Pontos alcançados	Pontos possíveis	Requisitos
(I) Pedreira (Produção)	6	11	ABNT NBR ISO 31000/2009, Norma ISO 19011/2003 & NRM 09/2002
(II) Usina de asfalto (Produção)	5	11	ABNT NBR ISO 31000/2009, Norma ISO 19011/2003 & NRM 09/2002

Para a melhor visualização da situação de conformidade com os sistemas, a partir das Tabelas 13 e 14 foi plotado o Gráfico 1 que apresenta, num contexto geral, o nível de atendimento aos requisitos e às normas para o desempenho de um SGA nos setores de produção e administrativo, bem como foi constatado o nível de conformidade específico para a gestão das emissões atmosféricas.

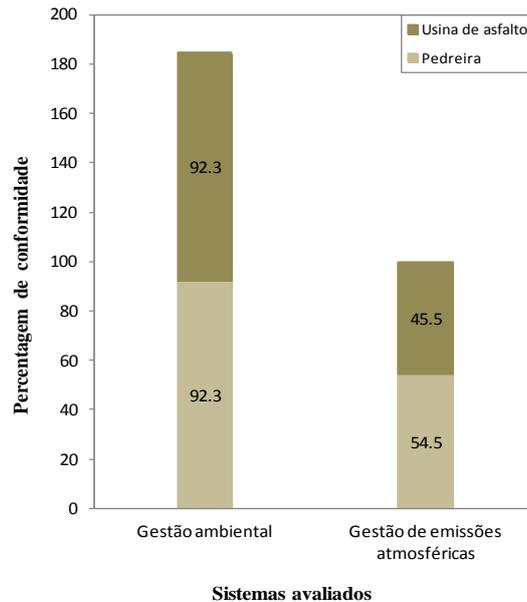


Gráfico 1 – Índice de conformidade geral pelo sistema em função dos resultados das entrevistas aplicadas na pedreira e usina de asfalto.

Do Gráfico 1, constata-se que apesar das empresas apresentarem percentuais de 92.3% de desempenho do SGA, ocorrem problemas de gerenciamento nas mesmas com relação a documentos em revisão fora da empresa, informações sem registros ou desatualizadas e divulgação de informações apenas face a face. Contudo nesta primeira entrevista, o ponto de maior criticidade identificado foi a inexistência da monitoração sistêmica e contínua das emissões, efluentes e resíduos. Fato que decorreu na elaboração da segunda entrevista para a verificação da gestão de emissões atmosféricas. Esta segunda entrevista, resultou em baixos índices de conformidade: 54.4% para a pedreira e de 45.5% para a usina de asfalto. Ambos os resultados foram dentro do esperado. As gestões das emissões, efluentes e resíduos dos empreendimentos possuem pontos críticos pela falta de caracterização; precariedade para verificação de produção de poeiras; sem monitoramento nem medições periódicas; falta de procedimentos operacionais padrão e ausência de controle da emissão de particulados e /ou gases para evitar externalidades. As respostas completas do desempenho do SGA (Apêndice A) e da gestão de emissões de particulados (Apêndice B).

Diante dos dados fica evidenciado, que os empreendimentos encontram-se com a gestão das emissões atmosféricas inexistente na forma efetiva. Nesse sentido, ficou sinalizado que os empreendimentos em questão, precisam adequar seus procedimentos quanto ao gerenciamento ambiental, considerando os aspectos da proatividade, da prevenção e do controle no processo produtivo.

4.1.2 Aplicação da técnica de avaliação de impactos ambientais para a emissão de particulados

Com a técnica de AIA para a emissão de poluentes atmosféricos analisamos especificamente as atividades desenvolvidas relacionadas à emissão de particulados na pedreira. A Figura 15, ilustra uma vista geral das fontes de particulados mais próximas da comunidade identificadas durante o reconhecimento de campo. Vale ressaltar que a usina de asfalto fez parte da pesquisa como uma importante fonte poluidora fixa e móvel pela geração de particulados e gases químicos.



Figura 15 – Poluentes atmosféricos emitidos do processo produtivo da pedreira e usina.

Diante da situação de área estratificada no reconhecimento de campo, ficou evidenciada a possibilidade de impactos oriundos dos empreendimentos em análise, enquanto geradores de particulados pela operação no processamento, conforme apontado na Figura 15.

Assim, avaliações de campo tiveram como áreas-objeto os empreendimentos selecionados apresentaram as seguintes produções (Tabela 15 e 16) no período de avaliação.

Tabela 15 – Produção da usina de asfalto durante o período de avaliação.

Data	Dia da semana	Turno	Produção (VS)
20.09.2011	Ter	Dia	06
27.09.2011	Ter	Dia	10
29.09.2011	Qui	Noite	01

Legenda: VS – Viagem com 14ton de asfalto.

Pela Tabela 16, está indicado que a pedreira teve uma produção média de 620 m³ durante a avaliação da campanha 1 e de 650 m³ para a campanha 2.

Tabela16 – Produção diária do britador primário durante o período de avaliação.

Data	Dia da semana	Turno	Produção (m ³)
20.09.2011	Ter	Dia	570
21.09.2011	Qua	Dia	650
22.09.2011	Qui	Dia	610
23.11.2011	Sex	Dia	660
27.09.2011	Ter	Dia	500
28.09.2011	Qua	Dia	720
29.09.2011	Qui	Dia	770
30.09.2011	Sex	Dia	600

Como foi apresentado 2.2.3 da dispersão atmosférica, a difusão do pó e de poeiras no ar podem provocar desde desconfortos até efeitos deletérios para a comunidade do entorno, bem como afetar o meio biótico local.

Através da metodologia de AIA para particulados, descrita no capítulo 3, foi aplicado o valor a cada atributo de impacto, conforme consta na Tabela 17.

Tabela 17 – Locais gerais das fontes geradoras de externalidades por particulados.

EMPREENHIMENTO	IMPACTO	ATRIBUTOS					
		a	Ig	c	i	e	P
Pedreira	Emissão de particulados	3	3	1	2	3	3
Usina de asfalto	Emissão de particulados	3	2	3	2	3	2

Legenda: ac = Ação

ig = Ignição

c = Criticidade

i = Intensidade

e = Extensão

P = Periodicidade

Da Tabela 17, a emissão de particulados resultou em:

Pedreira: $\underline{M=8}$ ($e \rightarrow 3 + p \rightarrow 3 + i \rightarrow 2$); $\underline{I=15}$ ($M \rightarrow 8 + ac \rightarrow 3 + ig \rightarrow 3 + c \rightarrow 1$)

Usina de Asfalto: $\underline{M=7}$ ($e \rightarrow 3 + p \rightarrow 2 + i \rightarrow 2$); $\underline{I=15}$ ($M \rightarrow 7 + ac \rightarrow 3 + ig \rightarrow 2 + c \rightarrow 3$)

De forma subjetiva, através dos resultados obtidos a partir da matriz de interações, e a avaliação da *Magnitude* e *Importância*, pode-se interpretar pela Tabela 10 que, ambos os empreendimentos em termos de emissões atmosféricas, poderão produzir um impacto médio, significando geração de danos, porém reversíveis.

Assim sendo, uma gestão ambiental mais aprimorada dos particulados ambientais, faz-se necessária a comprovação pela avaliação quantitativa das emissões nos empreendimentos alvo.

4.2 Resultados das avaliações quantitativas (Etapa II)

Nesta etapa da pesquisa, apresenta-se o resultado da avaliação utilizando os AGVs PTS e PM₁₀ para obtenção das concentrações desses particulados, levando-se em consideração os parâmetros meteorológicos locais e regionais, bem como a produção dos empreendimentos durante a amostragem. Ambas as medições foram configuradas na forma de médias horárias de curto prazo (24 horas) e, complementarmente, foi feita uma extrapolação para a média de longo prazo (anual) com o intuito de verificar o nível de atendimento a legislação ambiental em vigor para a qualidade do ar, no tocante aos particulados atmosféricos.

Com base na Resolução CONAMA nº 003/1990, foi aplicado o padrão secundário por ser um parâmetro conservador, portanto com uma rigidez maior.

Na Tabela 18, consta o IQAr para as condições de padrão secundário das PTS.

Tabela 18 – IQAr para o padrão secundário.

CLASSIFICAÇÃO	IQAr	PTS 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	MP ₁₀ 24 h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
BOA	0-50	0-60	0-50
REGULAR	51-100	61-150	51-150
INADEQUADA	101-199	151-285	151-250
MÁ	200-299	286-535	251-420
PÉSSIMA	>300	536-785	421-500

Fonte: Adaptado da Tabela 6.

Em síntese, os filtros estabilizados de campo para a gravimetria, bem como o filtro de branco utilizados nas Campanha 1 e 2, têm seus valores médios de massa (pré e pós amostragem) estão listados no Apêndice D. O fator de correção (f) obtido para as duas campanhas foi ínfimo, com variação a partir da quarta casa decimal, significando que o ambiente foi realmente controlado em termos de temperatura, pressão e umidade relativa.

Os dados meteorológicos básicos locais (temperatura do ar ambiente, umidade relativa, direção e velocidade do vento e pluviosidade) do ponto de amostragem no Apêndice C, foram as principais informações utilizadas na pesquisa para se inferir nas condições ambientais reais do microclima. Nas campanhas 1 e 2, a predominância dos ventos durante as medições foi na direção sudoeste e a velocidade do vento mais acentuada foi no turno da tarde. O meteograma regional para o município de Jaboatão dos Guararapes nos dias

de avaliação teve divergências, naturalmente pelas condições diferentes na aquisição dos dados provocada pela altitude, temperatura e pressão, mesmo assim no Anexo B, encontram-se esses meteorogramas.

Os relatórios com informações operacionais e ambientais por média horária durante as 24 horas de avaliação, como também os dados de calibração estão apresentados no Anexo A. Embora tenha ocorrido em alguns relatórios uma variação maior que 2 m³/hora, apenas significou um tempo menor que 1 hora para a integração na partida e, conseqüentemente, na finalização de funcionamento do equipamento. E quanto à calibração, a diferença foi de aproximadamente de 0.3 V entre as voltagens dos fluxos em teste, significando a eficácia da calibração com equipamento pronto para a avaliação do ar. Outro ponto importante é a disponibilidade dos equipamentos ficou acima de 99%.

Durante a avaliação, ocorreu um interferente maior e outros menores com relação a particulados. O maior foi o funcionamento de uma usina de asfalto com emissão de gases e particulados. Um dos interferentes menores foi a presença de insetos no filtro dos dois AGVs. É certo que no AGV PM₁₀ a quantidade foi menor por este possuir uma tela interna de malha fina em alumínio para evitar a entrada dos mesmos. Como a presença dos insetos nos filtros contabilizou um número inferior a 10 unidades e massa total desprezível, foram desconsiderados. Outro interferente menor foi a movimentação de veículos automotores, inferior a 5 (caminhões, carros, motos) por dia na via pública, onde foram instalados os amostradores.

A seguir, na Figura 16, estão os AGVs posicionados para a realização do avaliação da qualidade do ar na comunidade da zona rural do Engenho Santana.



Figura 16 – Estação de avaliação com destaque para os AGVs (PTS e MP₁₀).

4.2.1 Concentração dos Particulados Totais em Suspensão (PTS)

O Gráfico 2 mostra as concentrações coletadas do AGV PTS em função do dia da semana e da pluviosidade, obtidas durante o período de avaliação do ar. Pode-se notar que o Limite de Tolerância – LT para o padrão secundário ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) da Tabela 4, foi ultrapassado em apenas 1 das seis amostras válidas ($177.53\mu\text{g}/\text{m}^3$) da Tabela 19. Pode-se observar também, que a pluviosidade é um dos fatores que está relacionado com a diminuição da concentração de particulados no ar.

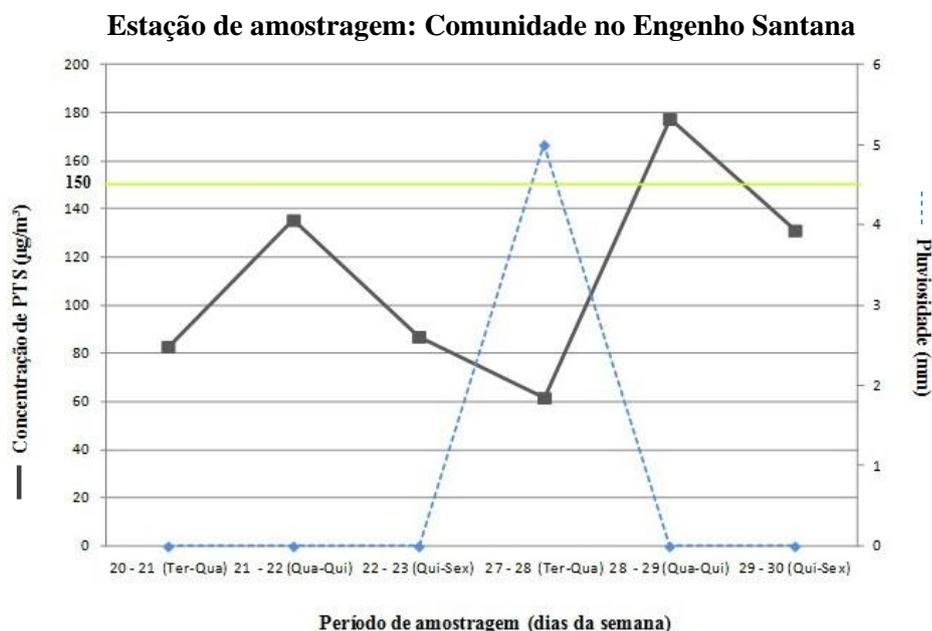


Gráfico 2 – Estudo comparativo entre a concentração de PTS e a precipitação pluviométrica, com periodicidade de medição diária por data (dia da semana), durante as duas campanhas realizadas em setembro de 2011.

Suplementarmente, através da média de concentração, foi ajustada uma distribuição lognormal para retirar informações sobre as exposições diárias para as 6 amostras validadas de PTS. A análise estatística com grau de confiança de 95% para a estação de avaliação do ar foi utilizado como referência o padrão secundário ($60\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{MGA}$). A concentração média de PTS no período das duas campanhas foi de $105.85\mu\text{g}/\text{m}^3$, portanto superior ao estabelecido na legislação. O perfil lognormal é mostrado no Gráfico 3 indica que ao longo dos dias, mais de 90% das exposições estão acima do LT (Tratamento estatístico no Apêndice E).

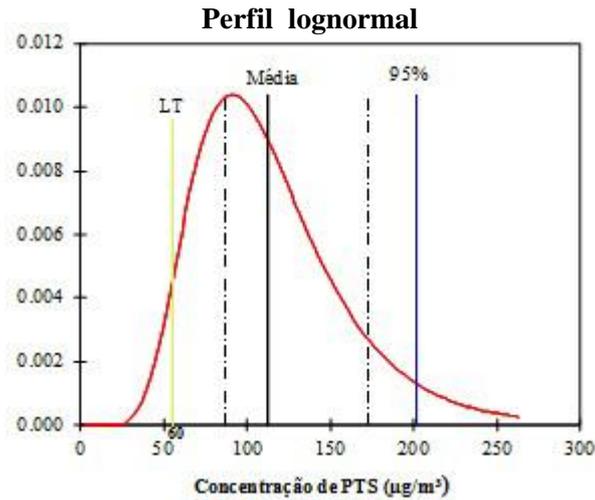


Gráfico 3 – Distribuição lognormal das PTS.

4.2.2 Concentração dos Materiais Particulados Inaláveis (MP_{10})

O Gráfico 4 mostra as concentrações coletadas do AGV MP_{10} em função do dia da semana e da pluviosidade, obtidas durante as duas campanhas de avaliação do ar. Pode-se notar que o LT para o padrão secundário ($150\mu\text{g}/\text{m}^3$) da Tabela 4, não foi ultrapassado. O valor máximo ($73.66\mu\text{g}/\text{m}^3$) da Tabela 19. Pode-se observar também, que a pluviosidade é um dos fatores que está relacionado com a diminuição da concentração de particulados no ar.

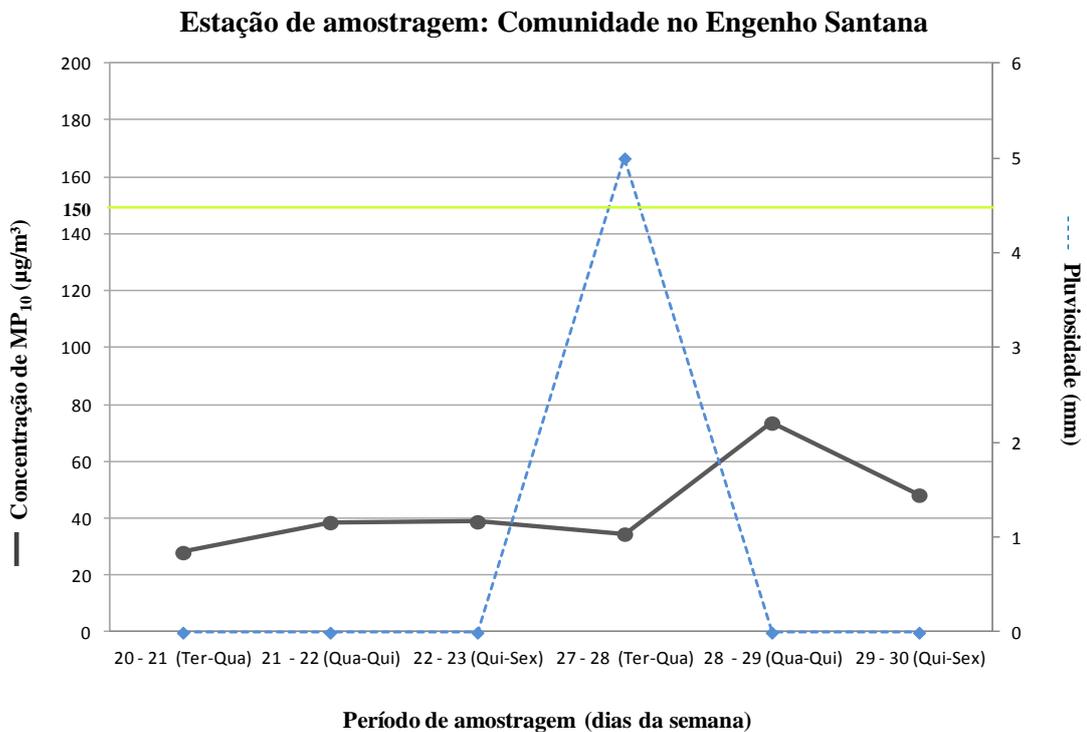


Gráfico 4 – Estudo comparativo entre a concentração de MP_{10} e a precipitação pluviométrica, com periodicidade de medição diária por data (dia da semana), durante as duas campanhas realizadas em setembro de 2011.

Suplementarmente, através da média de concentração, foi ajustada uma distribuição lognormal para retirar informações sobre as exposições diárias para as 6 amostras validadas de MP_{10} . A análise estatística com grau de confiança de 95% para a estação de avaliação do ar foi utilizado como referência o padrão secundário ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{MAA}$). A concentração média de MP_{10} no período das duas campanhas foi de $43.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$, portanto inferior ao estabelecido na legislação. O Perfil lognormal é mostrado no Gráfico 5 indica que ao longo dos dias, 29% das exposições na comunidade excedem o LT (Tratamento estatístico no Apêndice E).

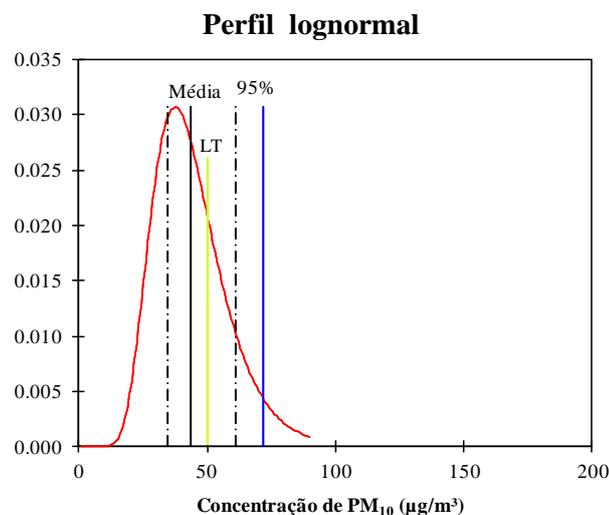


Gráfico 5 – Distribuição lognormal das MP_{10} .

4.2.3 IQAr na Comunidade do Engenho Santana

Em síntese, na Tabela 19 a seguir, está demonstrada a tendência que, nos dias de quartas a quintas-feiras, as concentrações obtiveram os maiores valores ao longo da avaliação. Analisando-se os PTS, pode-se observar que 66.6% das amostras foram classificadas de REGULAR, 16.7% de BOA e 16.7% de INADEQUADA, enquanto os MP_{10} tiveram o percentual de 16.7% de classificação REGULAR e 83.3% de BOA.

Tabela 19 – Resultados da avaliação da qualidade do ar para os materiais particulados PTS e MP_{10} na comunidade Engenho de Santana.

Campanha	Data	Dia da semana	AGV PTS Nº do filtro	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Índice de Qualidade do Ar	Classificação da qualidade do Ar
1	20.09 – 21.09	Ter - Qua	001	82.93	63	REGULAR
	21.09 – 22.09	Qua - Qui	003	135.53	92	REGULAR
	22.09 – 23.09	Qui - Sex	005	87.03	65	REGULAR
2	27.09 – 28.09	Ter - Qua	007	61.70	41	BOA
	28.09 – 29.09	Qua - Qui	009	177.53	113	INADEQUADA
	29.09 – 30.09	Qui - Sex	011	131.26	90	REGULAR
Campanha	Data	Dia da semana	AGV PM_{10} Nº do filtro	Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Índice de Qualidade do Ar	Classificação da qualidade do Ar
1	20.09 – 21.09	Ter - Qua	002	28.14	28	BOA
	21.09 – 22.09	Qua - Qui	004	38.68	39	BOA
	22.09 – 23.09	Qui - Sex	006	38.96	39	BOA
2	27.09 – 28.09	Ter - Qua	008	34.63	35	BOA
	28.09 – 29.09	Qua - Qui	010	73.66	62	REGULAR
	29.09 – 30.09	Qui - Sex	012	48.32	48	BOA

CAPÍTULO 5 – SISTEMAS DE CONTROLE PARA A REDUÇÃO DA EMISSÃO DE PARTICULADOS ORIUNDOS DE UMA PEDREIRA

A avaliação das fontes geradoras de desperdícios é parte integrante da estratégia do sistema de gestão, integrando os programas de qualidade, saúde, meio ambiente e segurança.

Com os dados coletados da geração de emissões atmosféricas é possível identificar as oportunidades de melhorias por meio da aplicação das ferramentas da P+L. A Figura 17 ilustra o fluxograma dos níveis de ação, baseado na análise das oportunidades identificadas.

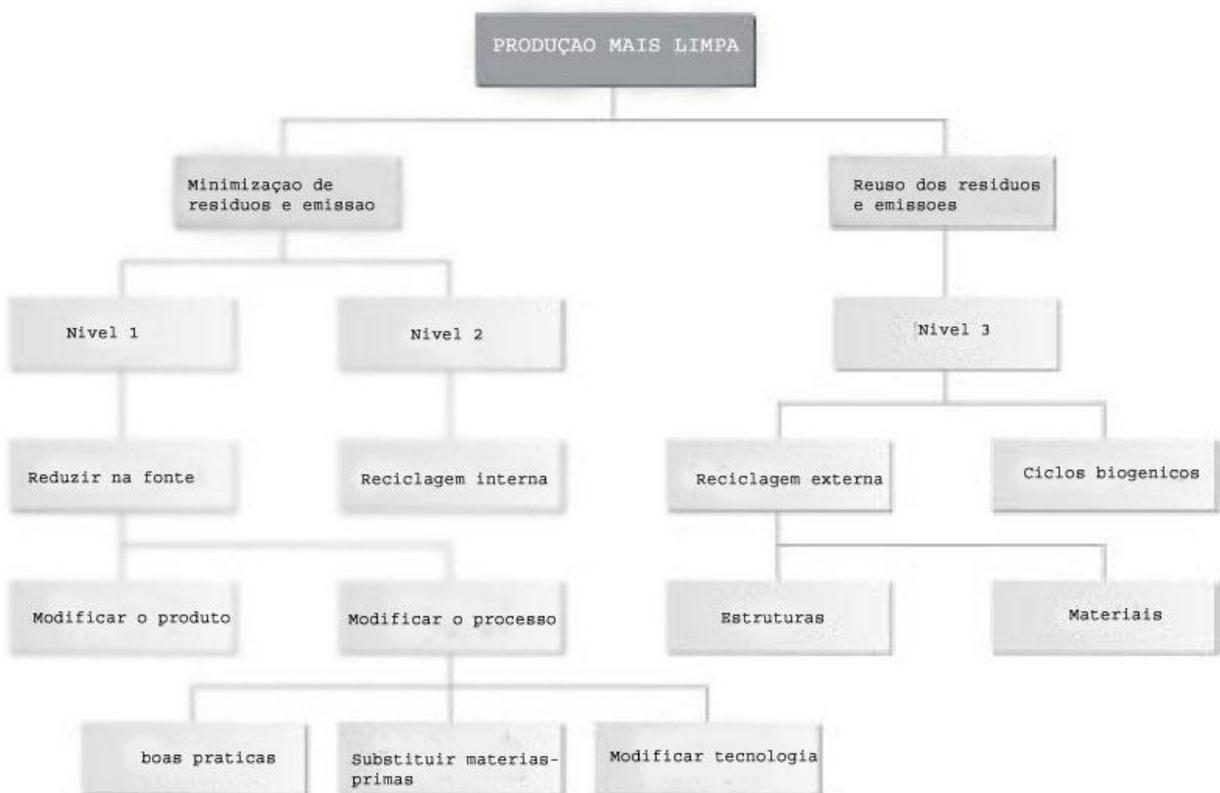


Figura 17 – Níveis de ações para a aplicação do P+L (CEBDS, 2011).

A partir da avaliação dos aspectos e impactos ambientais dos empreendimentos em análise é possível iniciar a avaliação dos dados e seleção de oportunidades. Os conceitos de produção mais limpa e a implantação de programas de P + L fornecerão novos critérios para selecionar oportunidades e promover a priorização das tratativas.

Os pontos críticos de processo analisados revelaram o enquadramento de oportunidade de melhoria de nível 1, redução na fonte, para aplicação tanto na lavra como no beneficiamento das pedreiras, já para a usina de asfalto, processamento a quente, significando

que a umidade deve ser controlada, principalmente referente à matéria-prima. A Figura 18 ilustra exemplos de equipamentos com o sistema de antipoluição para redução na fonte de particulados que podem ser utilizados em pedreira, bem como em alguns pontos de uma usina de asfalto.



(a) Perfuratriz com o coletor de pó.



(b) Britador com aspersores.



(c) Correia transportadora com aspersores.



(d) Pátio de estocagem com aspersores.



(e) Via de acesso com aspersores.



(f) Lavagem dos veículos com aspersores.

Figura 18 – Sistemas de controle utilizados na fonte para a redução da emissão de particulados (LAVRITA, 2011).

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES

6.1 Considerações finais

Conforme evidenciado, esta pesquisa de dissertação relaciona os problemas ambientais por emissão de poluentes atmosféricos como fenômenos provocados, significativamente, pelas atividades de mineração, enquanto que mal conduzidas.

No desenvolvimento inicial da pesquisa, para fundamentação legal foram utilizadas legislações federais, estaduais, resoluções e normas ambientais vigentes. E no contexto geral, os objetivos propostos foram satisfatoriamente alcançados para a elaboração do diagnóstico ambiental sobre a poluição atmosférica por materiais particulados.

Quanto às avaliações qualitativas dos riscos dos particulados foram realizadas entrevistas com os diretores dos empreendimentos, *checklists*, observações e análise de documentos. Evidenciaram-se os seguintes pontos:

- Apesar dos empreendimentos apresentarem na primeira entrevista sobre o desempenho do SGA, percentuais de conformidade acima de 90%, possuem vários pontos críticos com relação a documentos em revisão fora da empresa, informações sem registros ou desatualizadas, divulgação dos resultados praticada face a face. Na segunda entrevista, elaborada para a variável específica da gestão de emissões atmosféricas, resultou em baixos índices de conformidade com 54.4% para a pedreira e 45.5% para a usina de asfalto, refletindo a inexistência da gestão de particulados por parte das empresas em análise, pela falta de monitoramento de suas emissões. Assim, foi evidenciada a falta de caracterização dos poluentes gerados, principalmente com relação às emissões atmosféricas, além de sistemas precários para a verificação de pó/poeiras, falta de monitoramento nem medições periódicas, ausência de procedimentos operacionais padrão, e ainda ausência de controle de emissão de particulados e/ou gases para evitar as externalidades.
- A aplicação da técnica de AIA foi fundamental para identificação geral das fontes emissoras, bem como avaliações iniciais de cenários com os prováveis efeitos. Vale ressaltar que a usina de asfalto foi incluída na pesquisa como outra significativa fonte poluidora de particulados e gases.

- Foi realizado também, um simples levantamento epidemiológico para as doenças respiratórias mais frequentes no mês de setembro de 2009, 2010 e 2011 e houve uma maior incidência de doenças respiratórias acima de 70% entre as crianças de 1 a 14 anos; muito embora os números de atendimentos na UBS possam estar subnotificados referente ao encaminhamento para outras clínicas de referência, ou à falta de registro no prontuário pelo profissional qualificado, ou ainda ser registrado para o tratamento de sintomas associados aos poluentes atmosféricos.

Quanto à avaliação quantitativa, foram desenvolvidos procedimentos para a medição da quantidade de Partículas Totais em Suspensão – PTS e dos Materiais Particulados Inaláveis – MP₁₀ no ar atmosférico, comparativamente ao estabelecido na legislação brasileira pela Resolução CONAMA nº 03/1990.

Pode-se observar, que os parâmetros meteorológicos locais influenciam na dispersão dos particulados no ar ambiente, como exemplo o período avaliado foi influenciado pela pluviosidade, em que as menores concentrações coincidiram com o índice maior de precipitação, podendo estar significando entre outros fatores, um abatimento do pó/poeiras. Foi observado também, a tendência que, nos dias de quartas a quintas-feiras, as concentrações obtiveram os maiores valores ao longo da avaliação. Os valores encontrados foram:

- Para as amostras de PTS, o Limite de Tolerância – LT para 24 horas no padrão secundário ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) foi ultrapassado uma vez, com o valor encontrado de $177.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Suplementarmente, através da média de concentração, foi ajustada uma distribuição lognormal para retirar informações sobre as exposições diárias para as 6 amostras validadas de PTS. A análise estatística com grau de confiança de 95% para a estação de avaliação utilizou como referência o padrão secundário ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{MGA}$). A concentração média no período encontrada das duas campanhas foi de $105.85 \mu\text{g}/\text{m}^3$, portanto superior ao estabelecido na legislação e do tratamento estatístico indica que ao longo dos dias, estão acima do LT mais de 90% das exposições.
- Para as amostras de MP₁₀, o LT para 24 horas para o padrão secundário ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$), e embora os resultados tenham sido inferior ao LT, um dos valores obtido foi de $73.66 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Suplementarmente, através da média de concentração, foi ajustada uma distribuição lognormal para retirar informações sobre as exposições diárias para as 6 amostras validadas de MP₁₀. A análise estatística com

grau de confiança de 95% para a estação de avaliação utilizou como referência o padrão secundário ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{MAA}$). A concentração média no período encontrada das duas campanhas foi de $43.73 \mu\text{g}/\text{m}^3$, portanto inferior ao estabelecido na legislação. Do tratamento estatístico indica que ao longo dos dias, excedem o LT em 29% das exposições.

Analisando-se os resultados das concentrações das amostras de PTS, pode-se classificar pelo índice de qualidade do ar que 66.6% como REGULAR, 16.7% como BOA e 16.7% como INADEQUADA; enquanto que as amostras de MP_{10} , obtiveram a classificação de 16.7% como REGULAR e 83.3% como BOA.

Nesse sentido, pode-se inferir que o local apresenta poluentes atmosféricos por PTS e MP_{10} , provocando alterações na qualidade do ar ambiente. Espera-se que os subsídios técnicos e ambientais apresentados nas avaliações contribuam para o estabelecimento de medidas de monitoramento, sistêmico e contínuo, das emissões atmosféricas para a melhora da saúde e bem-estar da população, da fauna e da flora local. Assim, é necessário o comprometimento dos colaboradores para a introdução de P+L no processo produtivo, bem como uma política gerencial que esteja alinhada com a saúde pública e responsabilidade ambiental.

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

Na perspectiva de contribuir para o aperfeiçoamento dos dados para a formação do diagnóstico da qualidade do ar na comunidade do Engenho Santana, sugere-se o aumento do período de amostragem para abranger a sazonalidade ao longo do ano com as variações de produtividade da pedreira e usina de asfalto para se inferir com uma maior representatividade o cenário global, inclusive com o monitoramento de outros pontos de amostragem.

Visando o detalhamento dos impactos ambientais com relação aos particulados na região em análise, é importante ressaltar outras considerações como proposição de estudos futuros:

- Realizar estudos epidemiológicos de longo prazo dos efeitos com uma monitorização biológica para obtenção de maiores informações sobre a detecção de todas as vias de introdução; exposição total (várias fontes de exposição); exposição relativa a um período prolongado e descrição da movimentação das pessoas no ambiente urbano circunvizinho aos empreendimentos.

- Realizar avaliação qualitativa das amostras coletadas de material particulado desta associados à população e ao meio ambiente local;
- Analisar a composição química e mineralógica do material particulado dos pontos passíveis de emissão poluentes atmosféricos nas diversas operações de lavra e beneficiamento na pedreira, bem como no processamento da usina de asfalto.
- Medir quantitativamente com o *Hivol* as concentrações de materiais particulados na fração respirável (MP_{2,5}) e qualificá-los;
- Modelar a pluma de dispersão dos particulados na área do entorno aos empreendimentos;
- Efetuar medição complementar de ambientes internos com o auxílio do um amostrador de pequeno volume – *Microvol*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, I. T. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. Dissertação (Mestrado) da Escola Politécnica de São Paulo, Departamento de Engenharia de Minas, 1999.

ALGRANTI, E. et al. Sistema respiratório. In: **Patologia do trabalho**. Rio de Janeiro, 1995. p. 89-137.

ÁLVARES JÚNIOR, O. M.; LACAVAL, C. I.V.; FERNANDES, P. S. **Emissões atmosféricas**. Brasília: SENAI/DN, 2002. p. 23- 70.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 19011/2002. **Diretrizes para auditoria de sistema de gestão da qualidade e/ou ambiental**. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 14724/2011. **Informação e documentação: Trabalhos acadêmicos – Apresentação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9547/1997. **Material particulado em suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 13412/1995. **Material particulado em suspensão na atmosfera – Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

BON, A. M. T. **Sílica**. São Paulo: Fundacentro, 2002.

BARBOSA FILHO, A. N. **Segurança do trabalho e gestão ambiental**. 2ª. edição. São Paulo: Atlas, 2008. 238p.

BASTARACH, E. **Silicose et déspitage**. Disponível em:
<<http://www.digitalfire.com/education/toxicity/silise.ht>> Acessado em: 21/07/2011.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª. edição. São Paulo: Editora Pearson Prentice Hall, 2005.318p.

BRAILE, V. **Poluição do ar causado pela operação de pedreiras no Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1988. 14 p.

CEBDS. Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **GUIA DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA – Faça você mesmo**. Disponível em:
<<http://www.cebds.org.br/cebds/pub-docs/pub-resp-guia-da-pmais1.pdf>> Acessado em 01/05/ 2011.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo**. São Paulo, 1999.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Histórico sobre a qualidade do ar**. Disponível em:

<<http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/informacoes-basicas/20-historico>> Acessado em: 08/09/2011

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001/1986. **Define as situações e estabelece os requisitos e condições para desenvolvimento de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental**. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>> Acessado em: 26 ago. 2010.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 005/1989. **Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR**. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>> Acessado em: 26 ago. 2010.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 003/1990. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR**. Disponível em:

<<http://www.mma.gov.br/port/conama/index.cfm>> Acessado em: 26 ago. 2010.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Sistema de informação geoambientais da região metropolitana do Recife**. 2003.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Plano diretor para a região metropolitana do Recife**. 4º Distrito. Recife, 1995. 177P.

ENSINK, T. Dust supression and environment. In: Seminário brasileiro sobre técnicas exploratórias em geologia. **Anais....** São Paulo: [s.n.], 1987. p.647-658.

ERTHAL, F. Mineração em áreas urbanas: O caso de pedreiras da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e seus desdobramentos. In: Congresso brasileiro de geologia. Rio de Janeiro, 1984. **Anais....** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984. p.5107-5115.

ESTELRICH, H. D. **Introducción. In: Programa cooperativo para el desarrollo tecnológico agropecuario del cono sur: recuperación y manejo de ecossistemas degradados/IICA – Procisur**, 1998. 112p

FANTAZZINI, M. L. **Introdução a estratégia de amostragem**. Apostila. São Paulo, 2010.

FELLENBERG, G. **Introdução aos problemas da poluição ambiental**. Tradução Dejurgen Heinrich Maar. Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

FIDEM. Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco – **CONDEPE/FIDEM**. 2007.

FONSECA, F. **Os efeitos da mineração sobre o meio ambiente. Brasil Mineral. São Paulo**. p.74-80. 1989.

GODISH, T. **Air quality**. 2. ed. Chelsea, Lewis, 1991.

GUIDUELI, M. M. B. **A problemática ambiental das atividades de mineração à céu aberto.** Revista Geográfica, São Paulo, n.4, p.69-73, 1985.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. **Relatório da qualidade do ar na região metropolitana de Curitiba.** Curitiba, 2008. 55 p.

IBRAM, Instituto Brasileiro de Mineração. **Mineração e meio ambiente:** impactos previsíveis e formas de controle. Belo Horizonte, 1984. 63 p.

LAVRITA. **Catálogo de engenharia de equipamentos industriais.** São Paulo, 2011.

MOTA, A. C. S. **Mineração nos municípios do Recife e Jaboatão dos Guararapes.** Dissertação (Mestrado) da Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2002. 70p

PORMIN. Portal de apoio ao pequeno produtor mineral do Ministério de Minas e Energia. **Agregados minerais para a construção civil:** Areia, brita e cascalho. Disponível em: <http://www.pormin.gov.br/informacoes/arquivo/agregados_minerais_propiedades_aplicabilidade_ocorrencias.pdf> Acessado em 26/09/2011.

PHILIPPI JÚNIOR A. et al. **Curso de gestão ambiental.** São Paulo: Editora Manole, 2004. p.101-154

RAMOS FILHO, J. C. et al. **Estudo de impacto ambiental – EIA.** PLANEP, 2008. p. 255-276.

RODRIGUES, G. L. **Poeira e ruído na produção de brita a partir de basalto e gnaiss nas regiões de Londrina e Curitiba, Paraná:** Incidência sobre trabalhadores e meio ambiente. Tese (Doutorado) da Universidade Federal do Paraná, Departamento de Geologia, 2004.

RUIZ, M. S. **O Conflito entre urbanização e mineração de argilas no município de Campinas estudo de caso:.** Dissertação (Mestrado) da Universidade Estadual de Campinas. São Paulo, 1989. 148p

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental:** conceitos e métodos. 1^a. edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. v. 1. p. 257- 361

SANTOS, A. M. A. **O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho.** São Paulo: Fundacentro, 2001.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e métodos.** 2a. edição. Porto Alegre: Bookman, 2001.

APÊNDICE A – Avaliação de desempenho do Sistema de Gestão Ambiental – SGA para uma pedreira e usina de asfalto.

**AUDITORIA DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL APLICADA EM UMA
PEDREIRA E USINA DE ASFALTO**

**CHECKLIST BASEADO NA ENTREVISTA COM O DIRETOR DA PEDREIRA PARA MEDIDA DE
DESEMPENHO DO SGA**

SETOR:	(*) Administrativo	(*) Produção	REQUISITO LEGAL: Artigo nº 225 da CF/1988, ABNT NBR ISO 31000/2009 & Norma ISO 19011/2003.
---------------	--------------------	--------------	---

TIPOLOGIA: Indústria extrativa e de beneficiamento mineral

DATA: 19/10/2011

TURNO: Diurno

JORNADA DE TRABALHO: 54 horas/semana

ATIVIDADE PRINCIPAL: Pesquisa, extração mineral e produção de agregados para construção civil

GRADAÇÃO DA ATIVIDADE: Nível 2 - Extração mineral sob condicionantes ambientais (PLANO DIRETOR, 1995)

NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS: 34 e 3(administrativo) = 37

SITUAÇÃO		S	N	N.A
A	Existe a preocupação com a melhoria contínua em SGA?	X		
B	Os valores de SGA fazem parte das atividades de produção, vendas, distribuição, contratos, fornecedores e vendedores?	X		
C	Existe procedimento operacional para desenvolvimento das atividades?	X, <i>Checklist</i>		
D	Os requisitos técnicos e legais estão contemplados nos procedimentos?	X		
E	Existe programação de inspeção sistemática e de rotina em SGA?	X, <i>Sem registros</i>		
F	Existe plano de ação para prevenir ou limitar riscos ambientais como medida administrativa e operacional?	X		
G	As sugestões de funcionários são implementadas?	X		
H	A verificação da eficácia é feita para as melhorias sugeridas?	X		
I	A evolução dos resultados é apresentada aos funcionários?	X, <i>face a face</i>		
J	A geração de emissões, efluentes e resíduos são monitorados de forma contínua e sistêmica?		X	
K	Em casos de danos ao meio ambiente, ocorre a realização de reuniões de análise crítica com a participação da alta administração?	X		
L	Existe avaliação sobre o comportamento dos trabalhadores para identificar práticas de trabalho abaixo ou fora do padrão em relação à preservação com o meio ambiente local?	X		
M	Existe a comparação com novas tecnologias e métodos empregados em outras organizações?	X		

OBSERVAÇÕES:		
<p>(A) Para redução de pó/poeiras foi instalado sistema de umidificação em dois pontos do processo, sendo o primeiro na peneira intermediária no britador secundário e o segundo, em Mar/2010, na esteira transportadora para formação da pilha de brita corrida (ou graduada). Estão em projeto mais dois outros pontos, um no britador primário e o segundo na via principal para redução de pó/poeiras provocados pela movimentação de veículos, com a intenção de reduzir a geração de poeira para 90%.</p> <p>(B) O desenvolvimento das atividades está baseado no plano de impacto ambiental, como exemplo recolocamos a camada de solo orgânica removida no decapeamento, bem como reciclamos o óleo lubrificante descartado na oficina, sendo encaminhado para utilização na usina de asfalto como óleo térmico da linha do CAP. A empresa não possui Sistema de Gestão Ambiental – SGA nem Programa de Gerenciamento de Riscos – PGR.</p> <p>(F) Reunião dos diretores semanal e com a produção mensal, como tema principal a utilização dos Equipamentos de Proteção Individual – EPI para a poeira e ruído.</p> <p>(G) As sugestões dos funcionários são levadas as reuniões e avaliadas para verificar a viabilidade das mesmas.</p> <p>(I) A divulgação dos resultados da melhoria é verbal, e tão somente. Resultados em destaque refletem oportunidades de promoção e no final de cada ano ocorrem premiações.</p> <p>(K) Reunião semanal com a diretoria da empresa para a verificação do processo produtivo com a determinação de possíveis melhorias e avaliação da produção final.</p> <p>(L) Acompanhamento do funcionário no processo produtivo. Por exemplo, o operador do britador secundário observa o auxiliar que é responsável pela abertura e regulagem do sistema de umidificação. Vamos aplicar melhorias neste ponto, instalando uma bomba automática na caixa de alimentação de água.</p> <p>(M) Participação em treinamentos interestaduais e visitação em outras pedreiras da região.</p>	LEGENDA	<p>S Sim</p> <p>N Não</p> <p>N.A Não aplicável</p>

AUDITORIA DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL APLICADA EM UMA PEDREIRA E USINA DE ASFALTO

**CHECKLIST BASEADO NA ENTREVISTA COM O DIRETOR DA USINA DE ASFALTO PARA MEDIDA DE
DESEMPENHO DO SGA**

SETOR: (*) Administrativo (*) Produção	REQUISITO LEGAL: Artigo nº 225 da CF/1988, ABNT NBR ISO 31000/2009 & Norma ISO 19011/2003.		
TIPOLOGIA: Usina de asfalto DATA: 18/10/2011 TURNO: Diurno JORNADA DE TRABALHO: 40 horas/semana ATIVIDADE PRINCIPAL: Fabricação de asfalto para regularização e recapeamento GRADAÇÃO DA ATIVIDADE: Nível 2 - Extração mineral sob condicionantes ambientais (PLANO DIRETOR, 1995) NÚMERO DE FUNCIONÁRIOS: 6 e 3 (administrativo)			
SITUAÇÃO	S	N	N.A
A	Existe a preocupação com a melhoria contínua em SGA?	X	
B	Os valores de SGA fazem parte das atividades de produção, vendas, distribuição, contratos, fornecedores e vendedores?	X, Em revisão	
C	Existe procedimento operacional para desenvolvimento das atividades?	X, Em revisão	
D	Os requisitos técnicos e legais estão contemplados nos procedimentos?	X	
E	Existe programação de inspeção sistemática e de rotina em SGA?	X, Desatualizado	
F	Existe plano de ação para prevenir ou limitar riscos ambientais como medida administrativa e operacional?	X, Sem registro	
G	As sugestões de funcionários e colaboradores são implementadas?	X	
H	A verificação da eficácia é feita para as melhorias sugeridas?	X	
I	A evolução dos resultados é apresentada aos funcionários e colaboradores?	X face a face	
J	A geração de emissões, efluentes e resíduos são monitorados de forma contínua e sistêmica?		X
K	Ocorre a realização de reuniões de análise crítica com a participação da alta administração?	X	
L	Existe avaliação sobre o comportamento dos trabalhadores para identificar práticas de trabalho abaixo ou fora do padrão em relação à preservação com o meio ambiente local?	X, Sem registro	
M	Existe a comparação com novas tecnologias e métodos empregados em outras organizações?	X	

OBSERVAÇÕES:		
<p>(A) A poeira gerada na secagem e mistura antes de passar na chaminé é molhada pelo sistema de lavagem, composto de 3 três chuveiros, a lama produzida segue para as piscinas de decantação (uma acumula a lama e a outra para o efluente líquido sobrenadante, ambos os rejeitos são recolhidos por empresa autorizada ambientalmente). Existe um projeto da empresa em desativar a usina em no máximo 3 (três) anos e investir numa usina de asfalto mais moderna.</p> <p>(B) Possui o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais – PGRSI 2009, muito embora o mais atual estivesse em revisão no escritório central, bem como o Plano de Qualidade da Obra – PQO. A empresa é certificada na ISO 9000.</p> <p>(C) Na pasta de qualidade que tinha sido levada para revisão.</p> <p>(E) Plano de manutenção preventiva (diária, mensal e anual) estava desatualizado. Acompanham as máquinas e equipamentos de produção através da manutenção preditiva.</p> <p>(F) Todos os funcionários eles são treinados para melhorar continuamente</p> <p>(I) A divulgação dos resultados da melhoria é verbal, um a um.</p> <p>(K) Ocorre reuniões e uma ocorrência foi no tanque de armazenamento do RR1C por causa da válvula danificada e esta foi, imediatamente, substituída e a referida substância ficou contida na bacia e houve o reaproveitado.</p> <p>(L) No início do turno, o funcionário realiza a inspeção geral na usina para iniciar o funcionamento. Verificar o sem-fim, pois se entupido, gera muita fumaça.</p> <p>(M) Novas tecnologias são apresentadas por comercial de empresas, inclusive apresentando manuais de usinas de asfalto com linha automática, sistema com filtros de manga, lavador de gás e alarmes para sinalizar qualquer tipo de desvio.</p>	LEGENDA	<p>S Sim</p> <p>N Não</p> <p>N.A Não aplicável</p>

APÊNDICE B – Avaliação de desempenho da gestão de emissões atmosféricas de uma pedreira e usina de asfalto.

OBSERVAÇÕES:		
<p>(A) No processo produtivo ocorre a emissão de pó/poeira nas perfuratrizes, no desmonte com explosivos, nos britadores, nos transportadores de correia, no traço e carregamento e nas vias internas pela movimentação dos veículos. Para os veículos (caminhões, retroescavadeira, pá mecânica) há ainda a emissão de gases pela queima do óleo diesel. Mesmo com a emissão de poeiras ao redor do processo produtivo tem grandes árvores que retêm essas poeiras, ficam até com o aspecto cinzento. Sabemos que é preciso reduzir a geração dessas poeiras, estamos com projetos nesse sentido.</p> <p>(D) <i>Checklist</i> semanal para manutenção de máquinas e equipamentos. Bicos em perfeito estado: um “chuveiro” na peneira do britador secundário - tipo mandíbulas, para formação das pilhas de brita 12, 19, 25 e pó de pedra; e o outro instalado em Mar/2010, na transportador de correia na saída do britador terciário - tipo cone, para formação de brita corrida.</p> <p>(G) Acompanhamento visual, se a quantidade de poeira está alta é aberto o fornecimento de água para os bicos, ou mesmo, é feito a modulação manual de água para aumentar a quantidade de água no processo. Esta operação de liga, modula e desliga da bomba é feita por operador ajudante de ambos os britadores, pois não possuem bomba automática no processo produtivo.</p> <p>(J) Pela experiência de outras tecnologias que pensamos em estar implementando no nosso processo, temos a intenção de reduzir em 90% a emissão de pó/poeiras com o projeto de um sistema de umidificação no britador primário, bem como na via principal, com a instalação de um bico de água giratório para redução de pó/poeira com o início de funcionamento em no máximo 3 meses.</p>	LEGENDA	<p>S Sim</p> <p>N Não</p> <p>N.A Não aplicável</p>

**AUDITORIA APLICADA SOBRE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS EM UMA
PEDREIRA E USINA DE ASFALTO**

**CHECKLIST BASEADO NA ENTREVISTA COM O DIRETOR DA USINA DE ASFALTO PARA MEDIDA DE
DESEMPENHO DA GESTÃO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS**

SETOR: (*) Administrativo (*) Produção		REQUISITO LEGAL: ABNT NBR ISO 31000/2009, Norma ISO 19011/2003 & NRM 09/2002		
TIPOLOGIA: Usina asfáltica DATA: 19/10/2011 TURNO: Diurno JORNADA DE TRABALHO: 40 horas/semana ATIVIDADE PRINCIPAL: Fabricação de asfalto para regularização e recapeamento GRADAÇÃO DA ATIVIDADE: Nível 2 - Extração mineral sob condicionantes ambientais(PLANO DIRETOR, 1995) NUMERO DE FUNCIONÁRIOS: 06 e 03(administrativo) = 09				
SITUAÇÃO		S	N	N.A
A	As fontes de emissões atmosféricas (particulados e gases) estão identificadas ao longo do processo produtivo?	X		
B	As fontes estão devidamente caracterizadas?		X	
C	A empresa realiza o monitoramento dos poluentes atmosféricos oriundos da operação?		X	
D	As máquinas e equipamentos para controle de emissões estão em perfeito funcionamento?	X		
E	Existem planos de manutenção periódica dos equipamentos?	X		
F	Os procedimentos de manutenção são registrados?	X, Desatualizado		
G	É feita a verificação da eficiência dos controladores de emissão, periodicamente?		X	
I	São realizadas medições periódicas dos poluentes atmosféricos para verificar se as emissões estão dentro da especificação da legislação vigente?		X	
J	Há metas para redução das emissões?	X		
K	Os procedimentos operacionais mais críticos com relação à geração de poluentes atmosféricos contemplam o controle meteorológico para o desenvolvimento das atividades?		X	
L	Existe controle de particulados e/ou gases na área externa da empresa?		X	

OBSERVAÇÕES:		
<p>(A) Tiveram reclamações da comunidade, de forma que identificamos os pontos críticos de emissão atmosférica, e fizemos as tratativas. Iniciando em Nov/2010 com a instalação do 3^o bico no sistema de lavagem de gases, fato este que significou uma redução das emissões em cerca de 60% e com a instalação do 4^o bico na saída da chaminé, prevista para 2012, tem-se a estimativa de redução para 90%. No máximo em 3 anos, terá a instalação de uma usina nova usina de asfalto com tecnologia mais moderna. A empresa possui uma operação de alta geração de pó/ poeiras que é momento do traço que consiste em dosar na proporção adequada diferentes tipos de brita com pó de rocha na proporção adequada para a produção de asfalto. Ainda não temos projeto para a umidificação das pilhas de matérias-primas, uma vez que a umidade é prejudicial para o nosso processo que trabalha a seco. Temos um paliativa que é a cobertura vegetal próxima que retém o pó gerado, sabemos que afeta as plantas e animais, vamos analisar outras mais alternativas de controle de emissões para melhorar isso.</p> <p>(B) É acompanhado ao longo dos anos de operação (15 anos) o aspecto visual da fumaça. Depois da utilização de combustíveis, como: asfalto diluído CM -30, óleo BPF, óleo diesel e o combustível há cinco anos utilizado e atualmente, o GLP reduziu bastante a quantidade de pó. Os efluentes e resíduos gerados do sistema de lavagem vão para a piscina de gases, sendo separados a borra e o líquido. Estes rejeitos são recolhidos periodicamente por uma empresa autorizada ambientalmente para dar a destinação correta. A Ficha de Inspeção de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) se encontrava fora da unidade, no escritório central.</p> <p>(F) Manutenção periódica quinzenal dos bicos, incluindo procedimentos de verificação dos rolamentos do parafuso sem fim e averiguação da quantidade de poeira pela porta de inspeção do secador.</p> <p>(J) Atualmente, tem-se o planejamento de instalação de um 4^o bico na saída da chaminé com previsão para instalação em no máximo de 6 meses. E num futuro próximo, máximo em três anos, a produção modernizada com uma nova usina de asfalto.</p> <p>(K) Não há controle meteorológico, no entanto ao rodar a usina de asfalto no turno da noite, houve uma diminuição da dispersão, sendo percebida pelo aumento de particulados na área da usina de asfalto.</p>	LEGENDA	<p>S Sim</p> <p>N Não</p> <p>N.A Não aplicável</p>

APÊNDICE C – Tabela resumo dos dados meteorológicos local durante a amostragem.

Tabela 20 – Dados meteorológicos básicos da estação de amostragem para os *hivos* PTS e MP₁₀ durante a campanha 1.

Data	Hora	Parâmetro	Dados meteorológicos										Pluviosidade (mm)	Comentários
			Temperatura (°C)		Umidade relativa (%)			Velocidade do vento (m/s)			Direção do vento			
			Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio		Máximo		
20/09/2011	16:30	PTS	32.2	59.0	61.3	63.5	0.0	0.9	2.0	ESE	0	Fogacho às 17:05		
		MP ₁₀	28.9	68.0	70.0	71.9	0.0	1.2	1.9	ESE				
	17:30	PTS	24.5	73.3	75.1	76.8	0.0	0.0	0.0	-				
		MP ₁₀	24.2	68.8	70.5	72.2	0.0	0.0	0.0	-				
	20:00	PTS	24.6	70.5	71.5	72.5	0.0	0.3	0.6	SE				
		MP ₁₀	25.1	70.3	72.9	75.4	0.0	0.5	0.9	SE				
	22:00	PTS	24.2	69.9	71.1	72.2	0.0	0.2	0.4	SE				
		MP ₁₀	23.7	68.5	70.3	72.0	0.0	0.0	0.0	-				
	4:10	PTS	22.3	84.2	85.1	86.0	0.0	0.0	0.0	WSW				
		MP ₁₀	20.9	86.1	88.2	90.2	0.0	0.9	1.3	WSW				
21/09/2011	7:40	PTS	33.5	33.7	39.6	45.5	0.0	0.7	0.8	WSW	ND (ocorrência às 4:00)	Fogacho às 17:05 Chuva leve		
		MP ₁₀	31.9	56.4	67.7	78.9	0.0	0.9	1.3	WSW				
	15:00	PTS	36.5	34.8	39.7	44.6	0.0	1.5	4.0	WSW				
		MP ₁₀	35.7	40.5	42.8	45.1	0.0	1.3	3.8	WSW				
	17:50	PTS	25.6	55.6	57.1	58.5	0.0	0.0	0.0	-				
		MP ₁₀	25.1	51.2	57.3	63.3	0.0	0.0	0.0	-				
	19:40	PTS	22.8	75.1	77.1	79.1	0.0	0.0	0.0	-				
		MP ₁₀	23.6	74.2	75.3	76.3	0.0	0.0	0.0	-				
	21:40	PTS	23.5	77.0	78.4	79.7	0.0	0.0	0.0	-				
		MP ₁₀	23.2	75.6	77.9	80.1	0.0	0.0	0.0	-				

Continuação da Tabela 20:

22/09/2011	4:50	PTS	22.2	84.1	85.0	85.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-	ND (ocorrência às 17:55)	Fogacho às 17:05 Chuva leve
		MP ₁₀	22.0	82.9	83.9	84.8	0.0	0.1	0.3	WSW			
	8:00	PTS	35.3	42.1	46.8	51.5	0.0	1.0	1.6	WSW			
		MP ₁₀	29.8	53.9	55.5	57.0	0.0	0.6	1.0	WSW			
	15:00	PTS	30.2	53.9	55.3	56.7	0.0	1.1	1.9	SW			
		MP ₁₀	29.8	59.2	60.1	61.0	0.0	0.9	1.7	SW			
	17:30	PTS	27.0	71.5	72.7	73.8	0.0	0.2	0.4	WSW			
		MP ₁₀	26.0	71.5	72.3	73.1	0.0	0.8	1.4	WSW			
	19:15	PTS	25.5	77.4	79.0	80.5	0.0	0.5	0.8	SSW			
		MP ₁₀	25.4	78.5	80.5	82.4	0.0	0.4	1.2	SSW			
	21:40	PTS	25.5	79.5	80.8	82.1	0.0	0.7	1.3	SSW			
		MP ₁₀	25.3	80.1	81.4	82.6	0.0	1.1	2.4	SSW			
23.09.2011	5:00	PTS	23.6	85.7	87.8	89.9	0.0	0.0	0.0	-		0	Finalização do monitoramento às 17:04
		MP ₁₀	23.4	87.6	88.7	89.7	0.0	0.0	0.0	-			
	8:20	PTS	30.8	52.3	56.3	60.3	0.0	0.8	2.2	SSW			
		MP ₁₀	29.3	46.0	49.9	53.7	0.0	1.2	3.4	SSW			
	14:40	PTS	30.9	56.6	59.4	62.2	0.0	1.2	2.8	SSW			
		MP ₁₀	29.6	56.7	58.2	59.6	0.0	0.9	1.6	SSW			

Legenda: PTS - Partículas Totais em Suspensão
 MP₁₀ - Material particulado com DAE ≤ 10 microns
 ESE - Leste - Sudeste
 SE - Sudeste
 WSW - Oeste - Sudoeste
 SW - Sudoeste
 SSW - Sul - Sudoeste
 ND - Ocorrência de chuva Não Detectável (< 2mm)

Tabela 21 – Dados meteorológicos básicos da estação de amostragem para os *Arvois* PTS e MP₁₀ durante a campanha 2.

Data	Hora	Parâmetro	Dados meteorológicos								Pluviosidade (mm)	Comentários
			Temperatura (°C)		Umidade relativa (%)			Velocidade do vento(m/s)		Direção do vento		
			Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo				
27/09/2011	16:30	PTS	27.2	75.1	82.2	0.0	0	0.0	-			
		MP ₁₀	26.7	73.7	76.6	0.0	0.3	0.5	SW			
	17:45	PTS	25.1	82.8	86.3	0.0	0.3	0.5	SW			
		MP ₁₀	24.8	83.3	87.0	0.0	0.2	0.3	SW			
	20:50	PTS	24.8	85.0	88.1	0.0	0.0	0.0	-			
		MP ₁₀	24.5	85.8	88.9	0.0	0.0	0.0	-			
	22:15	PTS	24.9	85.3	88.7	0.0	0.0	0.0	-			
		MP ₁₀	23.5	85.4	88.3	0.0	0.0	0.0	-			
	6:30	PTS	31.7	64.2	68.7	0.0	0.7	1.4	SSW			
		MP ₁₀	29.2	63.8	66.7	0.0	0.9	2.5	SSW			
28/09/2011	9:50	PTS	34.1	51.4	54.6	0.0	1.2	2.9	SW			
		MP ₁₀	32.6	59.7	65.5	0.0	0.8	1.3	SW			
	16:30	PTS	26.4	71.7	73.7	0.0	0.9	1.6	SW			
		MP ₁₀	26.6	69.4	72.1	0.0	1.3	2.1	SW			
	18:05	PTS	25.6	76.9	79.1	0.0	0.3	0.6	SW			
		MP ₁₀	25.3	73.6	77.8	0.0	0.5	0.8	SW			
	19:50	PTS	25.9	76.6	80.4	0.0	0	0.0	-			
		MP ₁₀	25.4	77.4	80.8	0.0	0.7	1.1	SW			
	21:30	PTS	25.1	76.6	78.0	0.0	0.5	0.9	SW			
		MP ₁₀	24.9	77.0	78.4	0.0	0.5	1.0	SW			

Fogacho às 17:05

0

Fogacho às 17:05

0

Continuação da Tabela 21:

29/09/2011	5:40	PTS	25.5	77.6	85.2	0.0	0	0.0	-
		MP _{1.0}	25.7	82.7	85.2	0.0	0	0.0	-
9:20		PTS	31.7	52.8	57.1	0.0	2.3	4.2	SW
		MP _{1.0}	30.5	59.0	62.3	0.0	0.6	1.1	SW
14:40		PTS	31.8	55.0	60.2	0.0	1.4	3.3	SW
		MP _{1.0}	31.2	58.0	60.9	0.0	1	2.2	SW
16:55		PTS	27.4	68.0	69.9	0.0	0.7	1.6	SW
		MP _{1.0}	27.3	67.2	69.6	0.0	0.3	0.5	SW
19:15		PTS	25.5	75.9	78.8	0.0	0	0.0	-
		MP _{1.0}	26.0	75.1	79.0	0.0	0	0.0	-
21:30		PTS	25.3	78.9	83.2	0.0	0	0.0	-
		MP _{1.0}	25.6	76.4	79.6	0.0	0	0.0	-
6:40		PTS	27.3	72.6	74.1	0.0	0	0.0	-
		MP _{1.0}	28.3	72.2	74.3	0.0	0	0.0	-
10:40		PTS	34.5	42.7	50.9	0.0	1.4	2.5	WSW
		MP _{1.0}	33.2	55.7	58.8	0.0	1.1	1.9	WSW
15:40		PTS	31.7	57.8	61.3	0.0	0.4	0.9	SW
		MP _{1.0}	30.3	60.0	63.1	0.0	0.9	1.9	SW
5 (ocorrência às 3:00)									
0									
Fecho às 17:05 Chuva torrencial									
Finalização do monitoramento às 16:34									

Legenda: PTS - Partículas Totais em Suspensão
 MP_{1.0} - Material particulado com DAE ≤ 10 microns
 SW - Sudoeste
 SSW - Sul - Sudoeste
 WSW - Oes - Sudoeste
 ND - Ocorrência de chuva Não Detectável (< 2mm)

APÊNDICE D – Análise gravimétrica de particulados.

Tabela 22 – Da dos analíticos num ambiente controlado para a determinação do fator de correção por gravimetria durante a campanha 1.

Data	Nº do filtro	UR (%)	T (°C)	Pesoagem inicial do testemunho (g)		Data	UR (%)	T (°C)	Peso final do testemunho (g)		Fator de correção
				M _{f branco}	M _{f branco m}				M _{f branco}	M _{f branco m}	
20/09/2011	BRANCO	13	22.0	2.66941	2.66943	26/09/2011	11	21.1	2.66948	2.66958	0.00011

Tabela 23 – Da dos analíticos num ambiente controlado para a determinação da concentração das PTS e MP₁₀ por gravimetria do material depositado na campanha 1.

Nº do filtro	Ponto de corte	Período de amostragem	UR (%)	T (°C)	Pesoagem inicial do filtro (g)			UR (%)	T (°C)	Pesoagem final do filtro (g)			Volume corrigido (m³)	Concentração (µg/m³)	
					M _{f filtro}	M _{f filtro m}	M _{f filtro m}			M _{f filtro}	M _{f filtro m}	M _{f filtro m}			
00001	PTS	20/09/2011 - 21/09/2011			2.69878	2.69882	2.69880			2.83215	2.83231	2.83223	0.133540	1610.34	82.93
00002	MP ₁₀				2.67898	2.67909	2.67904			2.72485	2.72479	2.72482	0.045895	1631.10	28.14
00003	PTS	21/09/2011 - 22/09/2011	13	22.0	2.72974	2.73991	2.73483	11	21.1	2.95343	2.95354	2.95349	0.218770	1614.24	135.53
00004	MP ₁₀				2.68926	2.68935	2.68931			2.75128	2.75135	2.75132	0.062120	1606.12	38.68
00005	PTS	22/09/2011 - 23/09/2011			2.68310	2.68314	2.68312			2.82206	2.82202	2.82204	0.139030	1597.41	87.03
00006	MP ₁₀				2.67191	2.67184	2.67188			2.73436	2.73445	2.73441	0.062640	1607.72	38.96

Tabela 24 – Dados analíticos num ambiente controlado para a determinação do fator de correção por gravimetria durante a campanha 2.

Data	Nº do filtro	UR (%)	T (°C)	Pesagem inicial do testemunho (g)		Data	UR (%)	T (°C)	Peso final do testemunho (g)		Fator de correção
				M _f branco	M _f filtro				M _f branco	M _f filtro	
27/09/2011	BRANCO	11	23	2.66962	2.66964	3/10/2011	11	25.9	2.67023	2.67012	0.00055

Tabela 25 – Dados analíticos num ambiente controlado para a determinação da concentração das PTS e MP₁₀ por gravimetria do material depositado na campanha 2.

Nº do filtro	Ponto de corte	Período de amostragem	UR (%)	T (°C)	Pesagem inicial do filtro (g)		Data	UR (%)	T (°C)	Pesagem final do filtro (g)		Massa corrigida (g)	Volume corrigido (m³)	Concentração (µg/m³)	
					M _f filtro	M _f branco				M _f filtro	M _f branco				
00007	PTS	27/09/2011 - 28/09/2011			2.66562	2.66625	2.66594			2.76318	2.76340	2.76329	0.098900	1602.87	61.70
00008	MP ₁₀				2.66967	2.66992	2.66980			2.72287	2.72286	2.72287	0.055795	1611.31	34.63
00009	PTS	28/09/2011 - 29/09/2011	11	23.0	2.74432	2.74475	2.74454	11	27.4	3.02693	3.02679	3.02686	0.284515	1602.64	177.53
00010	MP ₁₀				2.67194	2.67211	2.67203			2.78533	2.78530	2.78532	0.117615	1596.63	73.66
00011	PTS	29/09/2011 - 30/09/2011			2.67749	2.67775	2.67762			2.88265	2.88256	2.88261	0.206995	1577.00	131.26
00012	MP ₁₀				2.66744	2.66772	2.66758			2.73988	2.73987	2.73988	0.076815	1589.68	48.32

APÊNDICE E - Percentagem do total de exposições para seis médias diárias para cada material particulado (PTS e MP₁₀) utilizando uma análise estatística de distribuição lognormal com o grau de confiança de 95% no padrão secundário.

Tabela 26 – Análise estatística com grau de confiança de 95% para a determinação das exposições diárias a PTS durante o período total de amostragem, utilizando como referência o padrão secundário ($60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ / MGA).

LT	DADOS ESTATÍSTICOS	
60	Número de amostras (n)	6
	Máximo	177.53
	Mínimo	61.7
	Amplitude total	115.83
	Percentual acima LT (%>LT)	100.000
	Média aritmética (MA)	112.663
	Mediana	109.145
	Desvio padrão	42.930
	Média da lognormal (LN)	4.662
	Desvio padrão da lognormal (DLN)	0.391
	Média Geométrica (MG)	105.848
	Desvio padrão da Média Geométrica (DMG)	1.478
	TESTE PARA DISTRIBUIÇÃO FIT	
	W-teste da lognormal (LN)	0.963
	Lognormal (a = 0.05)?	Yes
	W-teste	0.951
	Normal (a = 0.05)?	Yes
	PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL	
	Média aritmética estimada na lognormal	112.742
	LCL _{1,95%}	86.112
	UCL _{1,95%}	172.757
	Percentual de confiança 95%	201.347
	UTL _{95%,95%}	450.812
	Percentual acima do LT (%>LT)	92.678
	LCL _{1,95%} %>LT	65.986
	UCL _{1,95%} %>LT	99.183
	PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL	
	Média	112.663
	LCL _{1,95%}	77.348
	UCL _{1,95%}	147.979
	Percentual de confiança 95% - Z	183.283
	UTL _{95%,95%}	271.80
	Percentual acima do LT (%>LT)	89.004

Tabela 27 – Análise estatística com grau de confiança de 95% para a determinação das exposições diárias a MP₁₀ durante o período total de amostragem, utilizando como referência o padrão primário e secundário (50 µg/m³ / MAA).

LT	DADOS ESTATÍSTICOS	
50	Número de amostras (n)	6
Amostras (Máx. n = 50)	Máximo	73.664531
	Mínimo	28.137453
	Amplitude total	45.527078
	Percentual acima LT (%>LT)	16.667
	Média aritmética (MA)	43.732
	Mediana	38.820
	Desvio padrão	16.071
	Média da lognormal (LN)	3.729
	Desvio padrão da lognormal (DLN)	0.330
	73.66	Média Geométrica (MG)
48.32	Desvio padrão da Média Geométrica (DMG)	1.391
	TESTE PARA DISTRIBUIÇÃO FIT	
	W-teste da Lognormal	0.941
	Lognormal (a = 0.05)?	Sim
	W-teste	0.857
	Normal (a = 0.05)?	Sim
	PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO LOGNORMAL	
	Média aritmética estimada na lognormal	43.581
	LCL _{1,95%}	34.550
	UCL _{1,95%}	61.226
	Percentual de confiança 95%	71.710
	UTL _{95%,95%}	141.663
	Percentual acima do LT (%>LT)	29.019
	LCL _{1,95%} %>OEL	10.454
	UCL _{1,95%} %>OEL	57.872
	PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO NORMAL	
	Média	43.732
	LCL _{1,95%}	30.511
	UCL _{1,95%}	56.952
	Percentual de confiança 95% - Z	70.169
	UTL _{95%,95%}	103.31
	Percentual acima do LT (%>LT)	34.825

APÊNDICE F – Declaração de anuência das atividades de campo desenvolvidas.



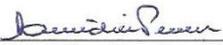
DECLARAÇÃO

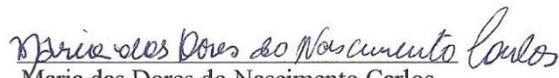
Declaro para os devidos fins, que RÚTILO PINHEIRO DE MELO NETO, CPF 027574324-19, aluno do PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MINERAL – PPGMINAS 2009/UFPE, visitou o posto de saúde do lote 19/31 e a micro-área circunvizinha nos dias 19/07(manhã), 22/07(manhã), 16/08, 26/08, 08/09(manhã), 10/09, 17/09, 18/09(manhã) e 04/10, bem como realizou atividades práticas para o monitoramento do ar no Engenho Santana nos dias 20/09, 21/09, 22/09, 23/09, 27/09, 28/09, 29/09, 30/09. Total geral: 120horas. Esta pesquisa de campo é parte integrante da elaboração da dissertação de Mestrado, tendo como título preliminar: PROPOSIÇÃO DE MODELO DE MONITORAMENTO DOS PARTICULADOS APLICÁVEL NA COMUNIDADE DO ENTORNO DE UMA PEDREIRA DE JABOATÃO DOS GUARARAPES EM PERNAMBUCO.

Foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- ✓ Reconhecimento de área através de análise da ficha de visita familiar para relação de número de pessoas por faixa etária e por localidade;
- ✓ Análise documental para o levantamento epidemiológico referente à ocorrência de doenças respiratórias da região em pesquisa para determinação das áreas- alvo;
- ✓ Mapeamento do campo amostral para identificação dos pontos críticos referente ao predomínio de dispersão dos poluentes atmosféricos provenientes do empreendimento de mineração;
- ✓ Registros fotográficos digitais do empreendimento em análise com as principais fontes fixas e móveis (pontos de monitoramento);
- ✓ Reuniões para o envolvimento da comunidade (zona rural de Jaboatão dos Guararapes) com a pesquisa e para a integridade e guarda dos equipamentos e acessórios;
- ✓ Amostragem de Particulados Totais em Suspensão (PTS) e Materiais Particulados inaláveis (MP₁₀) medidos na comunidade do entorno do empreendimento de mineração através dos equipamentos: Amostrador de pequeno volume *indoor* – Microvol 1100, amostrador de grande volume – Hivol HVS 3000 PTS, amostrador de grande volume – Hivol HVS 3000 PM10; e
- ✓ Caracterização das condições ambientais locais com uso de mini-estação meteorológica móvel *Oregon Scientific* WMR 968 e termo-higro-anemômetro ICEL WM 1850: temperatura, umidade relativa, pressão barométrica, velocidade e direção predominante dos ventos.

Recife, 11 de outubro de 2011


 Lenídice Cavalcanti de A. Pereira
 Coordenadora administrativa, Mat.58.746-7


 Maria das Dores do Nascimento Carlos
 Agente Comunitário de Saúde, Mat. 175.811

ANEXO A – Relatório das condições operacionais e ambientais dos AVGs de particulados com o volume corrigido para as Condições Normais de Temperatura e Pressão – CNTP (25°C e 1 atm).

ENGENHO SANTANA

HIVOL PTS: Amostrador de grande volume para a avaliação de partículas totais em suspensão

Modelo: ECO-HVS 3000

Número de série: 10-1009

HIVOL MP₁₀: Amostrador de grande volume para avaliação de partículas inaláveis

Modelo: ECO-HVS 3000

Número de série: 10-1008

Local: **Comunidade do Engenho Santana**Período: **20/09/2011 – 23/09/2011 (CAMPANHA 1)**

Comentários: **Pontos de amostragens identificados na Figura 13; Nos dias 21 e 22, ocorrência de chuva leve ND (< 2mm); Nos dias 20, 21 e 22, ocorreu fogacho às 17:05h; Presença de insetos nos filtros em quantidade ínfima (< 10 insetos, de massa desprezível); Funcionamento da usina de asfalto no dia 20 (06 VS), cada viagem(VS) com 14 ton e a pedreira com produção média de 620m³ durante a avaliação.**

Calibração dos Hivols

Tabela 28 – Valores de calibração do *hivol* PTS, número de série: 10-1009 para a campanha 1 com o CPV serial#: 470.

Temperatura (°C)	Pressão barométrica (mmHg)	Fluxo volumétrico (m ³ /h)	ΔH (mm H ₂ O)	Voltagem (V)
32.2 ~ 30	757	60	116	2.4847
		70	158	2.8450
		80	207	3.1607

Tabela 29 – Valores de calibração do *hivol* MP₁₀, número de série: 10-1008 para a campanha 1 com o CPV serial#: 470.

Temperatura (°C)	Pressão barométrica (mmHg)	Fluxo volumétrico (m ³ /h)	ΔH (mm H ₂ O)	Voltagem (V)
28.9 ~ 30	757	60	116	2.5033
		70	158	2.8518
		80	207	3.1892

Relatórios das amostragens:

<u>Início</u>	<u>Final</u>	<u>Tempo de execução</u>	<u>Parâmetro</u>
20/09/2011 15:00	21/09/2011 14:59	23.97 h	PTS
20/09/2011 16:30	21/09/2011 16:29	23.98 h	MP ₁₀
21/09/2011 15:30	22/09/2011 15:29	23.98 h	PTS
21/09/2011 16:50	22/09/2011 16:49	23.98 h	MP ₁₀
22/09/2011 15:55	23/09/2011 15:54	23.98 h	PTS
22/09/2011 17:05	23/09/2011 17:04	23.98 h	MP ₁₀

Tabela 30 – Relatório do *hivol* PTS para a avaliação da qualidade do ar na campanha 1.

Data	Hora	Pressão barométrica (mmHg)	Temperatura (°C)	Taxa de fluxo volumétrico (m³/h)	Volume total (m³)	Volume corrigido (m³)
20/9/2011	16:00	753.54	27.49	67.50	67.78	66.31
20/9/2011	17:00	755.11	26.16	67.75	135.57	133.15
20/9/2011	18:00	756.17	24.99	67.75	203.33	200.35
20/9/2011	19:00	756.19	24.66	67.75	271.12	267.72
20/9/2011	20:00	756.19	24.65	67.75	338.95	335.19
20/9/2011	21:00	756.19	24.26	67.76	406.74	402.72
20/9/2011	22:00	756.19	24.39	67.76	474.54	470.26
20/9/2011	23:00	756.19	23.98	67.75	542.34	537.89
21/9/2011	00:00	756.19	23.24	67.75	610.12	605.67
21/9/2011	01:00	756.19	22.89	67.76	677.91	673.54
21/9/2011	02:00	756.18	22.50	67.75	745.70	741.50
21/9/2011	03:00	756.08	22.35	67.76	813.50	809.50
21/9/2011	04:00	756.05	22.05	67.76	881.32	877.59
21/9/2011	05:00	756.15	22.01	67.76	949.12	945.68
21/9/2011	06:00	756.17	21.94	67.76	1016.88	1013.76
21/9/2011	07:00	756.19	23.16	67.75	1084.67	1081.61
21/9/2011	08:00	756.19	26.73	67.76	1152.47	1148.71
21/9/2011	09:00	756.19	29.66	67.76	1220.27	1215.17
21/9/2011	10:00	756.19	29.58	67.75	1288.06	1281.63
21/9/2011	11:00	756.19	31.27	67.75	1355.87	1347.76
21/9/2011	12:00	755.90	31.49	67.75	1423.67	1413.78
21/9/2011	13:00	753.54	31.64	67.76	1491.50	1479.61
21/9/2011	14:00	752.78	31.48	67.75	1559.30	1545.38
21/9/2011	15:00	752.75	30.85	66.44	1624.85	1610.34
21/9/2011	16:00	752.73	31.66	32.36	33.88	32.07
21/9/2011	17:00	753.63	27.21	67.76	101.69	98.83
21/9/2011	18:00	755.25	24.91	67.76	169.52	166.24
21/9/2011	19:00	756.14	23.62	67.76	237.30	233.98
21/9/2011	20:00	756.19	22.93	67.76	305.10	301.89
21/9/2011	21:00	756.19	22.69	67.76	372.90	369.85
21/9/2011	22:00	756.19	22.38	67.76	440.72	437.91
21/9/2011	23:00	756.19	22.11	67.76	508.52	506.00
22/9/2011	00:00	756.19	21.82	67.75	576.31	574.15
22/9/2011	01:00	756.14	22.09	67.76	644.11	642.25
22/9/2011	02:00	754.71	22.48	67.76	711.91	710.14
22/9/2011	03:00	753.91	22.25	67.75	779.70	778.00
22/9/2011	04:00	755.43	22.28	67.75	847.50	845.99
22/9/2011	05:00	756.18	22.39	67.75	915.28	914.01
22/9/2011	06:00	756.19	22.72	67.76	983.08	981.98
22/9/2011	07:00	756.19	24.27	67.75	1050.85	1049.57
22/9/2011	08:00	756.19	28.53	67.75	1118.63	1116.22
22/9/2011	09:00	756.19	30.85	67.76	1186.44	1182.39
22/9/2011	10:00	756.19	31.83	67.76	1254.22	1248.30

Continuação da Tabela 30:

22/9/2011	11:00	756.19	32.88	67.76	1322.04	1314.03
22/9/2011	12:00	756.04	31.61	67.76	1389.83	1379.98
22/9/2011	13:00	753.67	31.47	67.76	1457.64	1445.79
22/9/2011	14:00	752.75	31.68	67.76	1525.44	1511.47
22/9/2011	15:00	752.75	30.41	67.76	1593.27	1577.44
22/9/2011	16:00	752.74	30.58	37.50	1631.67	1614.24
22/9/2011	17:00	752.76	27.50	67.75	67.81	66.61
22/9/2011	18:00	753.50	26.32	67.75	135.63	133.57
22/9/2011	19:00	755.83	25.29	67.75	203.46	200.95
22/9/2011	20:00	756.18	25.39	67.75	271.21	268.27
22/9/2011	21:00	756.19	25.56	67.76	339.02	335.60
22/9/2011	22:00	756.19	25.4	67.75	406.80	402.95
22/9/2011	23:00	756.19	25.03	67.75	474.59	470.39
23/9/2011	00:00	756.19	24.84	67.75	542.37	537.85
23/9/2011	01:00	755.70	24.81	67.76	610.16	605.30
23/9/2011	02:00	753.39	24.20	67.76	677.97	672.69
23/9/2011	03:00	752.88	23.93	67.76	745.79	740.11
23/9/2011	04:00	753.30	23.67	67.76	813.58	807.59
23/9/2011	05:00	755.64	23.41	67.76	881.39	875.36
23/9/2011	06:00	756.17	23.99	67.76	949.15	943.00
23/9/2011	07:00	756.19	25.28	67.76	1016.96	1010.40
23/9/2011	08:00	756.19	27.42	67.76	1084.76	1077.33
23/9/2011	09:00	756.19	30.31	67.75	1152.54	1143.59
23/9/2011	10:00	756.19	31.42	67.76	1220.34	1209.62
23/9/2011	11:00	756.18	32.12	67.76	1288.14	1275.50
23/9/2011	12:00	753.99	32.21	67.76	1355.91	1341.14
23/9/2011	13:00	752.77	31.99	67.76	1423.70	1406.73
23/9/2011	14:00	752.75	32.31	67.76	1491.54	1472.31
23/9/2011	15:00	752.75	30.78	67.76	1559.34	1538.18
23/9/2011	16:00	752.75	28.90	61.00	1619.22	1597.41

Tabela 31 – Relatório do *hivol* MP₁₀ para a avaliação da qualidade do ar na campanha 1.

Data	Hora	Pressão barométrica (mmHg)	Temperatura (°C)	Taxa de fluxo volumétrico (m ³ /h)	Volume total (m ³)	Volume corrigido (m ³)
20/9/2011	17:00	753.58	24.73	31.65	33.93	33.67
20/9/2011	18:00	754.57	23.24	67.76	101.67	101.22
20/9/2011	19:00	756.01	22.95	67.75	169.49	169.08
20/9/2011	20:00	756.70	22.97	67.75	237.29	237.01
20/9/2011	21:00	756.70	22.68	67.75	305.12	305.04
20/9/2011	22:00	756.70	22.67	67.76	372.94	373.08
20/9/2011	23:00	756.71	22.44	67.76	440.73	441.14
21/9/2011	0:00	756.70	21.95	67.75	508.53	509.32
21/9/2011	1:00	756.25	21.67	67.75	576.32	577.52
21/9/2011	2:00	754.44	21.13	67.75	644.14	645.72
21/9/2011	3:00	754.10	20.98	67.75	711.94	713.91
21/9/2011	4:00	754.04	20.73	67.75	779.75	782.14
21/9/2011	5:00	754.23	20.59	67.76	847.56	850.44
21/9/2011	6:00	755.39	20.62	67.76	915.36	918.81
21/9/2011	7:00	756.65	21.05	67.75	983.15	987.21
21/9/2011	8:00	756.70	24.94	67.75	1050.93	1054.72
21/9/2011	9:00	756.70	28.29	67.76	1118.72	1121.49
21/9/2011	10:00	756.71	27.83	67.75	1186.53	1188.38
21/9/2011	11:00	756.69	29.80	67.76	1254.37	1254.86
21/9/2011	12:00	755.23	29.69	67.76	1322.18	1321.21
21/9/2011	13:00	752.94	29.80	67.76	1389.98	1387.32
21/9/2011	14:00	752.92	29.88	67.76	1457.77	1453.41
21/9/2011	15:00	752.92	29.17	67.76	1525.56	1519.64
21/9/2011	16:00	752.92	26.08	67.76	1593.35	1586.57
21/9/2011	17:00	753.49	25.96	25.84	1638.57	1631.10
21/9/2011	18:00	753.73	23.09	67.76	67.81	67.68
21/9/2011	19:00	754.75	22.07	67.76	135.63	135.68
21/9/2011	20:00	756.41	21.53	67.76	203.44	203.94
21/9/2011	21:00	756.70	21.25	67.75	271.23	272.27
21/9/2011	22:00	756.70	21.10	67.76	339.02	340.62
21/9/2011	23:00	756.70	21.07	67.76	406.83	409.01
22/9/2011	0:00	756.62	21.00	67.76	474.62	477.38
22/9/2011	1:00	754.51	21.02	67.76	542.40	545.57
22/9/2011	2:00	752.94	21.34	67.76	610.17	613.53
22/9/2011	3:00	752.92	21.18	67.76	677.98	681.58
22/9/2011	4:00	753.64	21.18	67.76	745.75	749.64
22/9/2011	5:00	754.82	21.25	67.75	813.55	817.82
22/9/2011	6:00	756.19	21.35	67.76	881.30	886.05
22/9/2011	7:00	756.70	22.33	67.76	949.12	954.17
22/9/2011	8:00	756.70	26.49	67.75	1016.92	1021.35
22/9/2011	9:00	756.70	29.60	67.76	1084.69	1087.80
22/9/2011	10:00	756.70	30.39	67.76	1152.51	1154.12
22/9/2011	11:00	756.11	31.45	67.76	1220.31	1220.14
22/9/2011	12:00	754.30	29.94	67.76	1288.16	1286.38

Continuação Tabela 31:

22/9/2011	13:00	752.93	29.68	67.75	1355.97	1352.53
22/9/2011	14:00	752.92	29.87	67.75	1423.80	1418.64
22/9/2011	15:00	752.92	28.43	67.76	1491.60	1485.05
22/9/2011	16:00	752.92	26.80	67.76	1559.41	1551.84
22/9/2011	17:00	752.92	26.06	55.04	1614.50	1606.12
22/9/2011	18:00	752.94	24.66	63.32	62.13	61.60
22/9/2011	19:00	753.98	23.51	67.75	129.90	129.18
22/9/2011	20:00	755.89	23.56	67.75	197.71	196.94
22/9/2011	21:00	756.69	23.81	67.76	265.49	264.69
22/9/2011	22:00	756.71	23.71	67.75	333.30	332.49
22/9/2011	23:00	756.70	23.41	67.75	401.11	400.36
23/9/2011	0:00	756.70	23.17	67.76	468.92	468.28
23/9/2011	1:00	754.33	23.24	67.76	536.74	535.99
23/9/2011	2:00	752.93	22.66	67.76	604.54	603.68
23/9/2011	3:00	752.92	22.44	67.76	672.33	671.42
23/9/2011	4:00	752.92	22.21	67.76	740.14	739.22
23/9/2011	5:00	754.01	21.97	67.76	807.93	807.16
23/9/2011	6:00	755.69	22.50	67.76	875.70	875.10
23/9/2011	7:00	756.67	23.52	67.76	943.52	942.95
23/9/2011	8:00	756.70	25.73	67.76	1011.33	1010.31
23/9/2011	9:00	756.70	28.69	67.76	1079.15	1077.02
23/9/2011	10:00	756.69	29.85	67.76	1146.97	1143.46
23/9/2011	11:00	755.61	30.22	67.76	1214.74	1209.67
23/9/2011	12:00	753.04	30.41	67.76	1282.53	1275.64
23/9/2011	13:00	752.92	29.99	67.76	1350.32	1341.68
23/9/2011	14:00	752.92	30.47	67.75	1418.16	1407.67
23/9/2011	15:00	752.92	28.89	67.76	1485.95	1473.97
23/9/2011	16:00	752.92	26.74	67.76	1553.75	1540.75
23/9/2011	17:00	752.92	25.91	67.76	1621.54	1607.72

ENGENHO SANTANA

HIVOL PTS: Amostrador de grande volume para a avaliação de partículas totais em suspensão

Modelo: ECO-HVS 3000

Número de série: 10-1009

HIVOL MP10: Amostrador de grande volume para a avaliação de partículas inaláveis

Modelo: ECO-HVS 3000

Número de série: 10-1008

Local: Comunidade do Engenho Santana

Período: 27/09/2011 – 30/09/2011 (CAMPANHA 2)

Comentários: Pontos de amostragens identificados na Figura 13; No dia 29, ocorrência de chuva torrencial às 4:00 a.m (5 mm); Nos dias 27, 28 e 29, ocorreu fogaço às 17:00h; Insetos nos filtros em quantidade ínfima (< 10 insetos, de massa desprezível); Funcionamento da usina de asfalto nos dias 27 (10 VS= dia) e 29 (01 VS= noite), cada viagem (VS) com 14 ton e a pedra com produção média de 650m³ durante a avaliação.

Calibração dos Hivols

Tabela 32 – Valores de calibração do *hivol* PTS, número de série: 10-1009 para a campanha 2 com o CPV serial#: 470.

Temperatura (°C)	Pressão barométrica (mmHg)	Fluxo volumétrico (m ³ /h)	ΔH (mm H ₂ O)	Voltagem (V)
33.9 ~ 35	757	60	114	2.4926
		70	156	2.8466
		80	203	3.1681

Tabela 33 – Valores de calibração do *hivol* MP₁₀, número de série: 10-1008 para a campanha 2 com o CPV serial#: 470.

Temperatura (°C)	Pressão barométrica (mmHg)	Fluxo volumétrico (m ³ /h)	ΔH (mm H ₂ O)	Voltagem (V)
33.1 ~ 35	757	60	114	2.5187
		70	156	2.8594
		80	203	3.1964

Relatórios das amostragens:

<u>Início</u>	<u>Final</u>	<u>Tempo de execução</u>	<u>Parâmetro</u>
27/09/2011 15:30	28/09/2011 15:29	23.97 h	PTS
27/09/2011 16:00	28/09/2011 15:59	23.95 h	MP ₁₀
28/09/2011 16:00	29/09/2011 15:59	23.98 h	PTS
28/09/2011 16:30	29/09/2011 16:29	23.98 h	MP ₁₀
29/09/2011 16:25	30/09/2011 16:24	23.97 h	PTS
29/09/2011 16:35	30/09/2011 16:34	23.97 h	MP ₁₀

Tabela 34 – Relatório do *hivol* PTS para a avaliação da qualidade do ar na campanha 2.

Data	Hora	Pressão barométrica (mmHg)	Temperatura (°C)	Taxa de fluxo volumétrico (m³/h)	Volume total (m³)	Volume corrigido (m³)
27/9/2011	16:00	752.90	27.98	48.31	33.87	33.22
27/9/2011	17:00	752.82	26.86	67.75	101.63	99.86
27/9/2011	18:00	754.64	25.49	67.76	169.43	166.98
27/9/2011	19:00	756.14	24.95	67.75	237.25	234.38
27/9/2011	20:00	756.19	24.78	67.75	305.07	301.85
27/9/2011	21:00	756.19	24.54	67.76	372.87	369.37
27/9/2011	22:00	756.19	24.61	67.76	440.67	436.90
27/9/2011	23:00	756.19	24.54	67.76	508.53	504.49
28/9/2011	00:00	756.19	24.51	67.76	576.32	572.04
28/9/2011	01:00	755.95	24.12	67.75	644.09	639.63
28/9/2011	02:00	754.60	24.24	67.76	711.87	707.09
28/9/2011	03:00	754.17	24.24	67.75	779.68	774.54
28/9/2011	04:00	754.54	23.99	67.76	847.48	842.08
28/9/2011	05:00	754.95	24.00	67.76	915.32	909.68
28/9/2011	06:00	756.09	24.17	67.76	983.09	977.29
28/9/2011	07:00	756.19	25.46	67.76	1050.88	1044.64
28/9/2011	08:00	756.19	29.24	67.76	1118.69	1111.17
28/9/2011	09:00	756.19	30.10	67.76	1186.47	1177.49
28/9/2011	10:00	756.19	30.87	67.75	1254.30	1243.69
28/9/2011	11:00	756.19	31.70	67.76	1322.10	1309.67
28/9/2011	12:00	755.87	31.67	67.76	1389.89	1375.63
28/9/2011	13:00	753.14	32.00	67.75	1457.68	1441.27
28/9/2011	14:00	752.76	31.73	67.75	1525.46	1506.93
28/9/2011	15:00	752.75	30.50	67.76	1593.21	1572.82
28/9/2011	16:00	752.74	31.48	32.04	1624.84	1602.87
28/9/2011	17:00	752.76	27.53	67.64	67.82	66.62
28/9/2011	18:00	753.21	26.06	67.76	135.64	133.59
28/9/2011	19:00	755.16	25.80	67.76	203.43	200.75
28/9/2011	20:00	756.16	25.43	67.75	271.23	268.10
28/9/2011	21:00	756.19	25.63	67.76	339.01	335.38
28/9/2011	22:00	756.19	25.63	67.76	406.82	402.70
28/9/2011	23:00	756.19	25.01	67.75	474.61	470.12
29/9/2011	00:00	756.19	24.68	67.76	542.41	537.63
29/9/2011	01:00	755.28	24.43	67.76	610.22	605.13
29/9/2011	02:00	753.02	24.07	67.76	678.03	672.51
29/9/2011	03:00	753.35	23.66	67.75	745.82	739.99
29/9/2011	04:00	752.98	23.73	67.75	813.61	807.42
29/9/2011	05:00	754.00	24.08	67.76	881.40	874.87
29/9/2011	06:00	755.48	24.41	67.75	949.20	942.38
29/9/2011	07:00	756.18	26.21	67.75	1016.99	1009.56
29/9/2011	08:00	756.19	28.96	67.75	1084.78	1076.13
29/9/2011	09:00	756.19	30.80	67.76	1152.57	1142.30
29/9/2011	10:00	756.19	31.02	67.76	1220.32	1208.39
29/9/2011	11:00	756.19	30.07	67.76	1288.07	1274.67

Continuação da Tabela 34:

29/9/2011	12:00	756.19	31.31	67.76	1355.86	1340.73
29/9/2011	13:00	753.83	31.93	67.76	1423.65	1406.45
29/9/2011	14:00	752.77	31.98	67.75	1491.47	1472.10
29/9/2011	15:00	752.76	30.91	67.76	1559.28	1537.96
29/9/2011	16:00	752.75	29.52	66.47	1624.85	1602.64
29/9/2011	17:00	752.72	28.90	37.78	39.55	38.43
29/9/2011	18:00	752.98	26.06	67.76	107.34	105.35
29/9/2011	19:00	754.61	25.40	67.76	175.17	172.60
29/9/2011	20:00	756.08	24.88	67.75	242.96	240.06
29/9/2011	21:00	756.19	24.79	67.76	310.73	307.73
29/9/2011	22:00	756.19	24.43	67.76	378.53	375.10
29/9/2011	23:00	756.19	24.29	67.75	446.33	442.71
30/9/2011	00:00	756.19	23.85	67.76	514.14	510.43
30/9/2011	01:00	755.30	23.93	67.76	581.96	578.06
30/9/2011	02:00	753.80	23.71	67.75	649.78	645.61
30/9/2011	03:00	752.89	23.53	67.75	717.57	713.09
30/9/2011	04:00	752.78	23.39	67.76	785.34	780.57
30/9/2011	05:00	752.78	23.39	67.75	853.15	848.09
30/9/2011	06:00	753.85	23.34	67.75	920.93	915.69
30/9/2011	07:00	755.46	25.55	67.76	988.74	982.96
30/9/2011	08:00	756.18	26.99	67.76	1056.50	1049.94
30/9/2011	09:00	756.19	30.14	67.76	1124.33	1116.28
30/9/2011	10:00	756.19	32.51	67.76	1192.14	1182.07
30/9/2011	11:00	756.19	32.63	67.76	1259.94	1247.83
30/9/2011	12:00	754.49	32.20	67.75	1327.71	1313.52
30/9/2011	13:00	752.80	30.96	67.76	1395.49	1379.33
30/9/2011	14:00	752.75	31.07	67.76	1463.31	1445.15
30/9/2011	15:00	752.75	31.06	67.76	1531.10	1510.95
30/9/2011	16:00	752.75	30.01	67.76	1598.91	1577.00

Tabela 35 – Relatório do *hivol* MP₁₀ para a avaliação da qualidade do ar na campanha 2.

Data	Hora	Pressão barométrica (mmHg)	Temperatura (°C)	Taxa de fluxo volumétrico (m ³ /h)	Volume total (m ³)	Volume corrigido (m ³)
27/9/2011	17:00	752.92	24.98	67.52	66.68	66.01
27/9/2011	18:00	753.37	23.76	67.75	134.48	133.38
27/9/2011	19:00	755.39	23.44	67.75	202.29	201.01
27/9/2011	20:00	756.62	23.24	67.76	270.12	268.83
27/9/2011	21:00	756.70	23.06	67.75	337.91	336.69
27/9/2011	22:00	756.70	23.15	67.76	405.71	404.56
27/9/2011	23:00	756.70	23.18	67.76	473.51	472.44
28/9/2011	00:00	756.70	23.18	67.76	541.31	540.33
28/9/2011	01:00	755.37	22.87	67.76	609.12	608.19
28/9/2011	02:00	753.39	22.85	67.75	676.92	675.89
28/9/2011	03:00	753.02	22.89	67.76	744.76	743.59
28/9/2011	04:00	753.82	22.61	67.76	812.55	811.36
28/9/2011	05:00	754.00	22.60	67.76	880.36	879.17
28/9/2011	06:00	755.55	22.79	67.76	948.14	947.04
28/9/2011	07:00	756.60	23.60	67.76	1015.94	1014.86
28/9/2011	08:00	756.69	27.52	67.76	1083.73	1081.82
28/9/2011	09:00	756.70	28.63	67.76	1151.56	1148.59
28/9/2011	10:00	756.70	29.34	67.75	1219.36	1215.16
28/9/2011	11:00	756.64	30.30	67.76	1287.17	1281.53
28/9/2011	12:00	754.84	30.05	67.76	1354.99	1347.81
28/9/2011	13:00	752.93	30.21	67.76	1422.76	1413.84
28/9/2011	14:00	752.92	30.28	67.76	1490.53	1479.84
28/9/2011	15:00	752.92	28.61	67.76	1558.35	1546.26
28/9/2011	16:00	752.92	27.02	66.47	1623.90	1611.31
28/9/2011	17:00	752.95	25.91	51.96	50.85	50.14
28/9/2011	18:00	752.92	24.25	67.76	118.63	117.46
28/9/2011	19:00	753.92	23.96	67.76	186.40	184.92
28/9/2011	20:00	755.90	23.67	67.75	254.20	252.65
28/9/2011	21:00	756.70	23.79	67.76	322.03	320.45
28/9/2011	22:00	756.71	23.84	67.76	389.83	388.21
28/9/2011	23:00	756.71	23.36	67.76	457.66	456.11
29/9/2011	00:00	756.58	23.06	67.76	525.42	524.00
29/9/2011	01:00	754.59	22.80	67.76	593.22	591.81
29/9/2011	02:00	752.93	22.47	67.75	661.00	659.53
29/9/2011	03:00	752.94	22.17	67.75	728.81	727.35
29/9/2011	04:00	752.92	22.34	67.75	796.60	795.10
29/9/2011	05:00	753.29	22.68	67.76	864.41	862.83
29/9/2011	06:00	754.06	22.87	67.76	932.19	930.56
29/9/2011	07:00	755.99	24.29	67.76	999.99	998.17
29/9/2011	08:00	756.59	27.11	67.75	1067.77	1065.17
29/9/2011	09:00	756.70	29.22	67.75	1135.56	1131.72
29/9/2011	10:00	756.70	29.38	67.76	1203.37	1198.25
29/9/2011	11:00	756.71	28.17	67.76	1271.18	1265.05
29/9/2011	12:00	756.10	29.40	67.76	1338.99	1331.53

Continuação da Tabela 35:

29/9/2011	13:00	753.24	30.04	67.75	1406.77	1397.57
29/9/2011	14:00	752.92	30.20	67.76	1474.57	1463.57
29/9/2011	15:00	752.92	28.91	67.76	1542.38	1529.88
29/9/2011	16:00	752.92	26.69	67.76	1610.15	1596.63
29/9/2011	17:00	753.02	26.05	48.42	42.93	42.28
29/9/2011	18:00	752.92	24.04	67.76	110.71	109.65
29/9/2011	19:00	753.77	23.48	67.76	178.50	177.22
29/9/2011	20:00	755.43	23.25	67.75	246.27	244.97
29/9/2011	21:00	756.54	23.13	67.76	314.06	312.86
29/9/2011	22:00	756.70	22.87	67.76	381.88	380.87
29/9/2011	23:00	756.70	22.70	67.76	449.65	448.85
30/9/2011	00:00	756.64	22.46	67.76	517.45	516.92
30/9/2011	01:00	754.20	22.58	67.76	585.27	584.75
30/9/2011	02:00	752.94	22.35	67.75	653.08	652.53
30/9/2011	03:00	752.92	22.12	67.76	720.91	720.37
30/9/2011	04:00	752.92	22.02	67.76	788.74	788.23
30/9/2011	05:00	752.92	22.05	67.76	856.53	856.06
30/9/2011	06:00	753.01	21.88	67.76	924.35	923.95
30/9/2011	07:00	753.98	23.07	67.76	992.13	991.63
30/9/2011	08:00	755.90	24.84	67.76	1059.95	1059.11
30/9/2011	09:00	756.68	28.19	67.75	1127.77	1125.93
30/9/2011	10:00	756.20	30.75	67.76	1195.57	1192.10
30/9/2011	11:00	755.42	30.78	67.76	1263.35	1258.18
30/9/2011	12:00	753.59	30.35	67.76	1331.14	1324.20
30/9/2011	13:00	752.92	28.98	67.76	1398.92	1390.46
30/9/2011	14:00	752.92	29.17	67.75	1466.70	1456.68
30/9/2011	15:00	752.92	28.93	67.76	1534.52	1522.99
30/9/2011	16:00	752.92	27.23	67.76	1602.34	1589.68

ANEXO B – Meteogramas do município do Jaboatão dos Guararapes no modelo Eta (12x12 Km) durante os dias das campanhas 1 e 2.

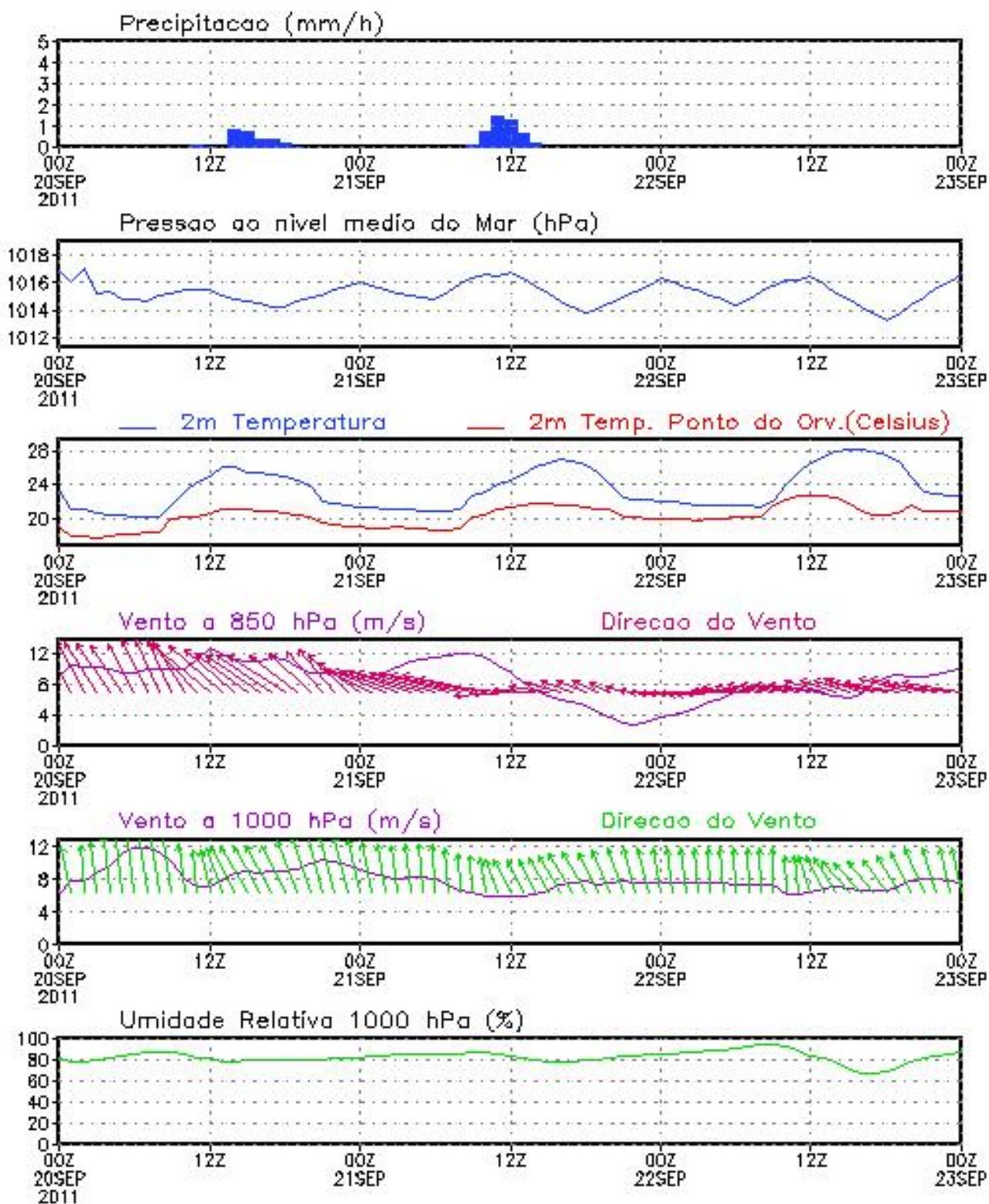


Gráfico 6 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 20/09/2011 (CAMPANHA 1) e para os próximos 3 dias.

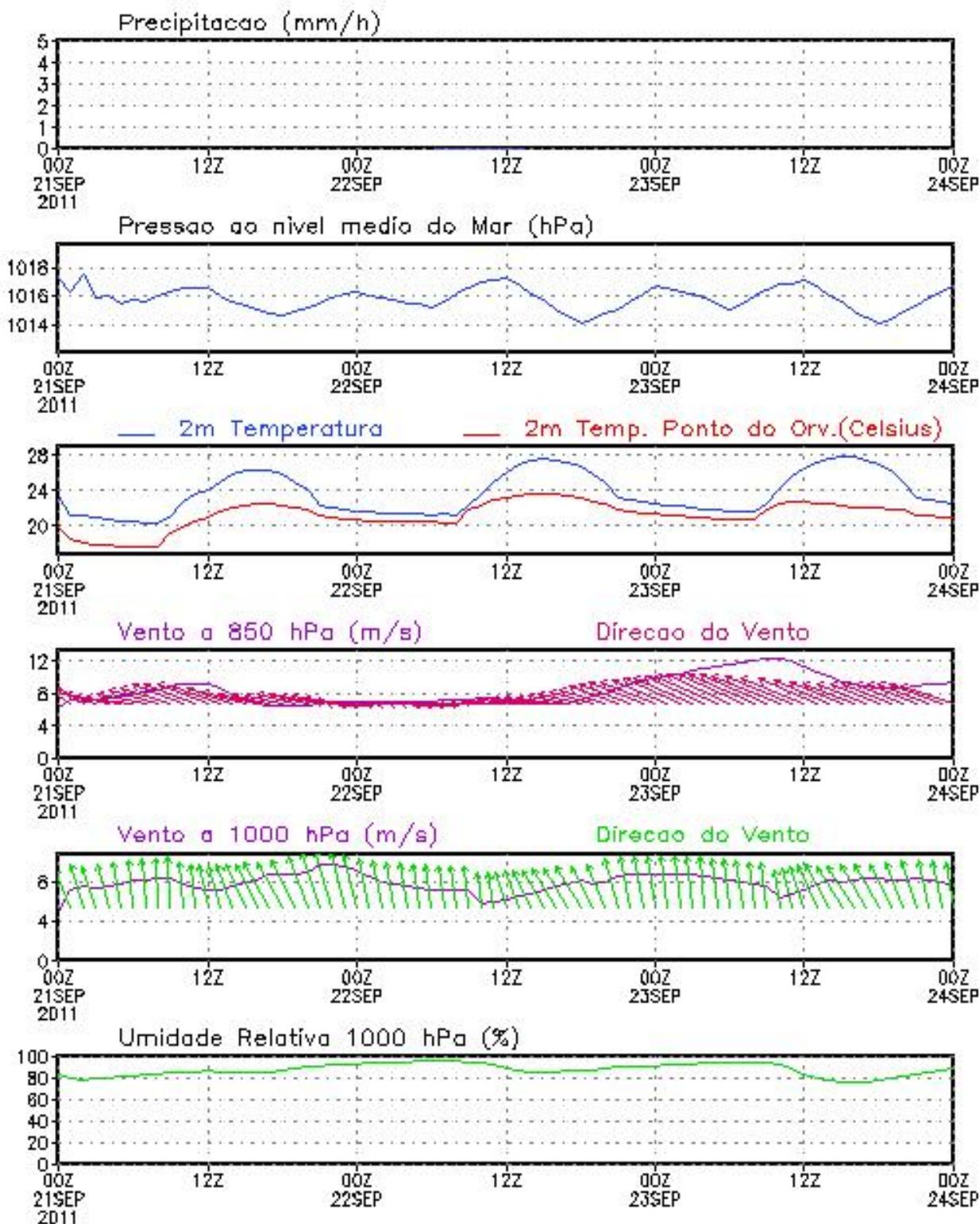


Gráfico 7 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 21/09/2011 (CAMPANHA 1) e para os próximos 3 dias.

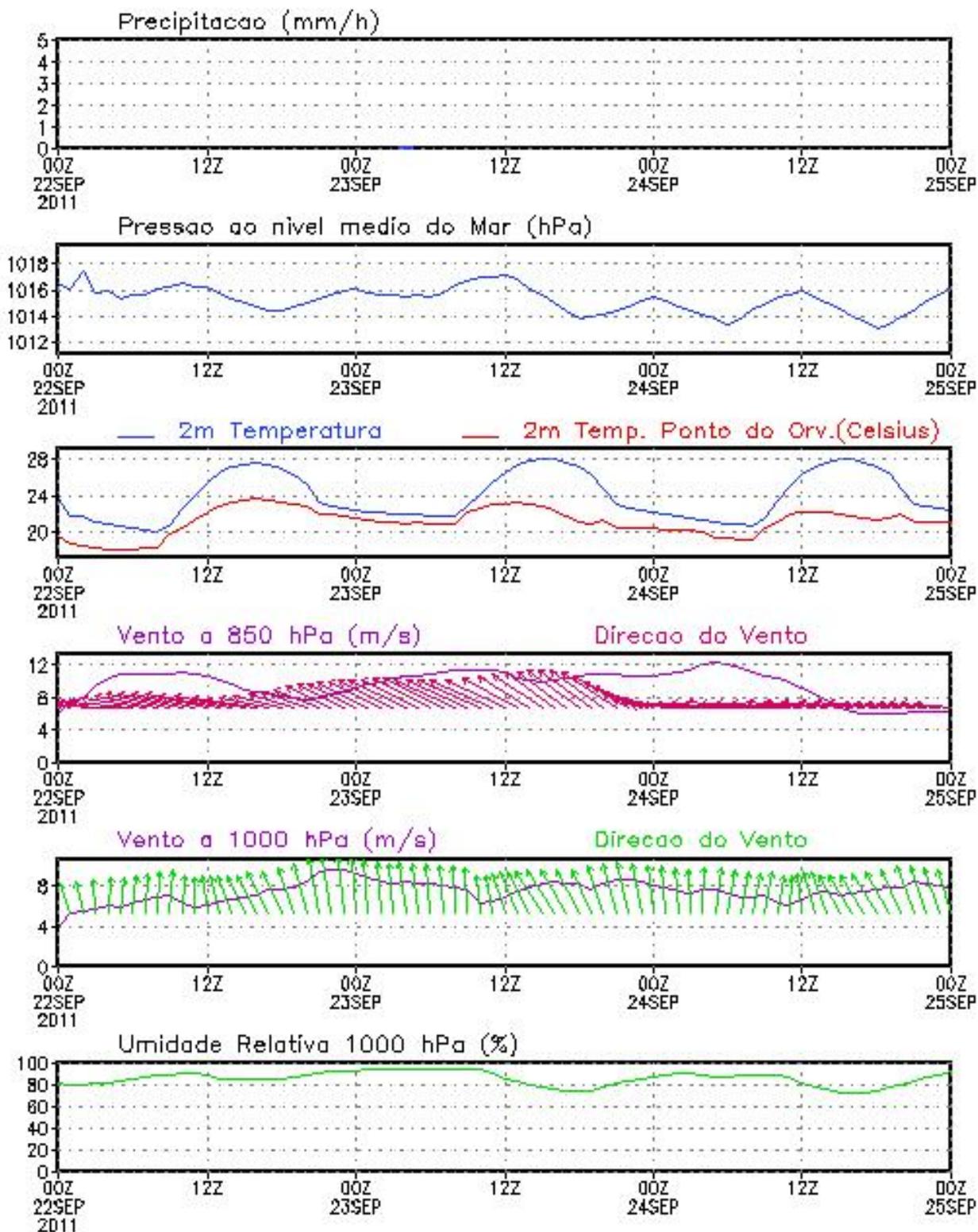


Gráfico 8 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 22/09/2011 (CAMPANHA 1) e para os próximos 3 dias.

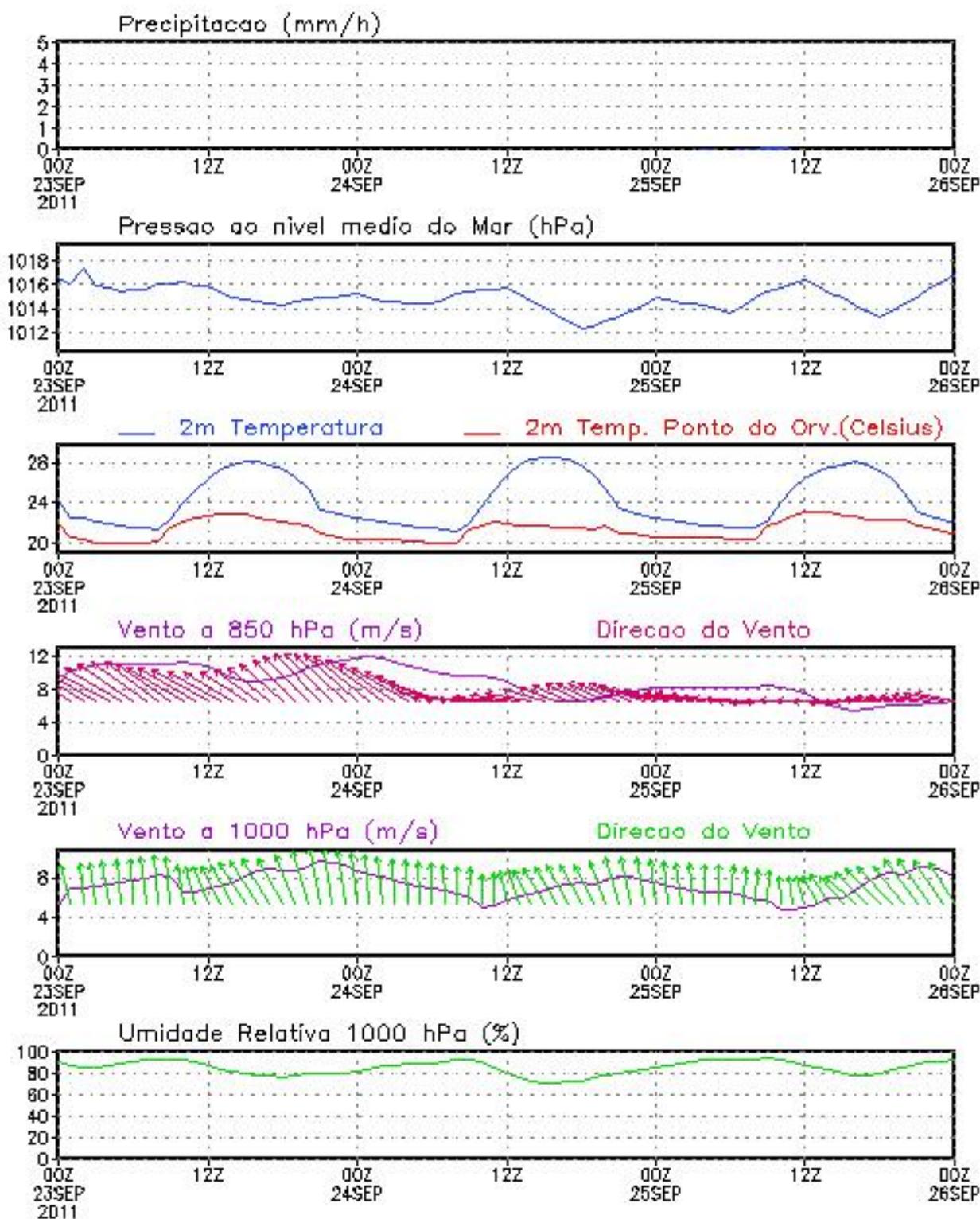


Gráfico 9 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 27/09/2011 (CAMPANHA 2) e para os próximos 3 dias.

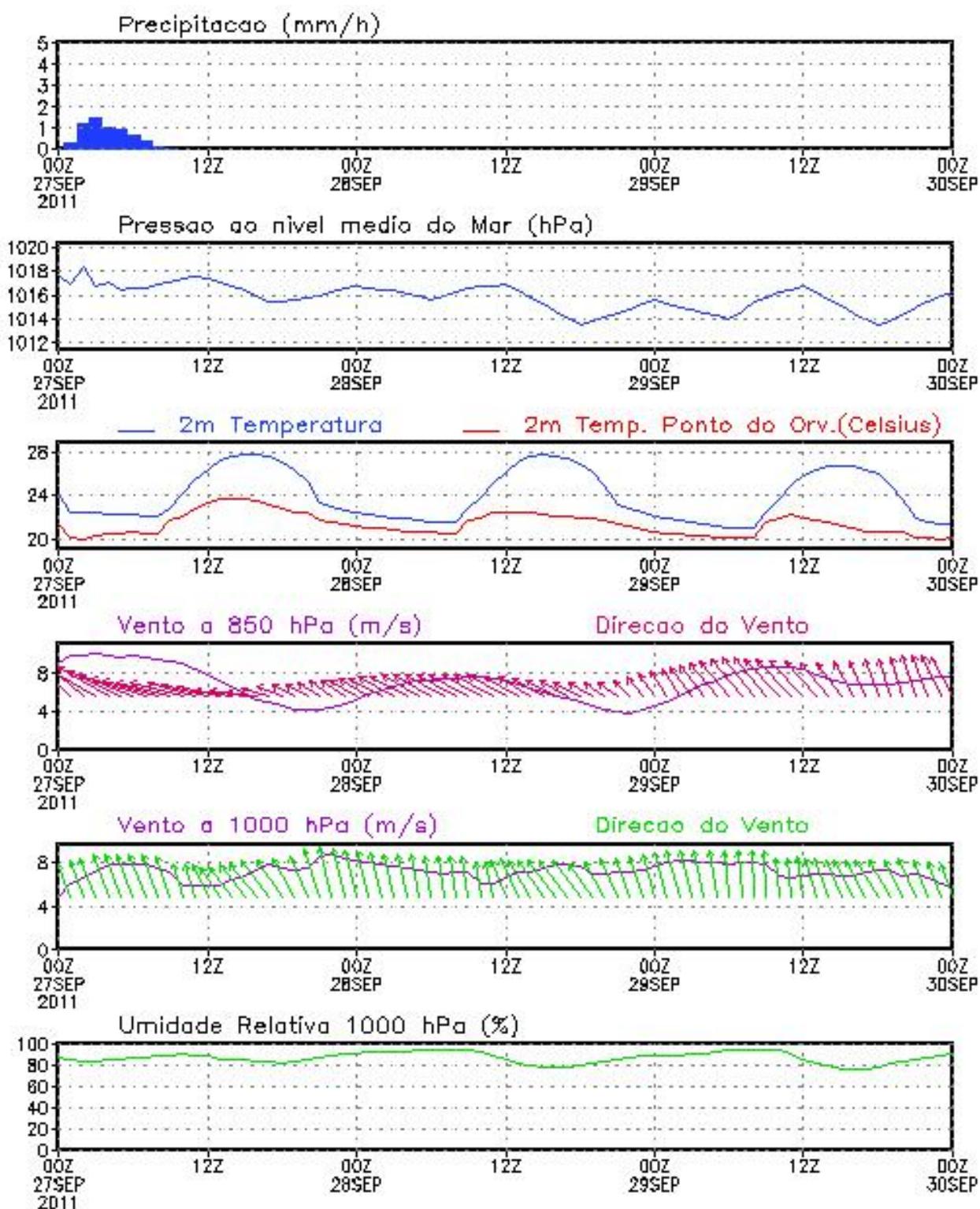


Gráfico 10 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 23/09/2011 (CAMPANHA 1) e para os próximos 3 dias.

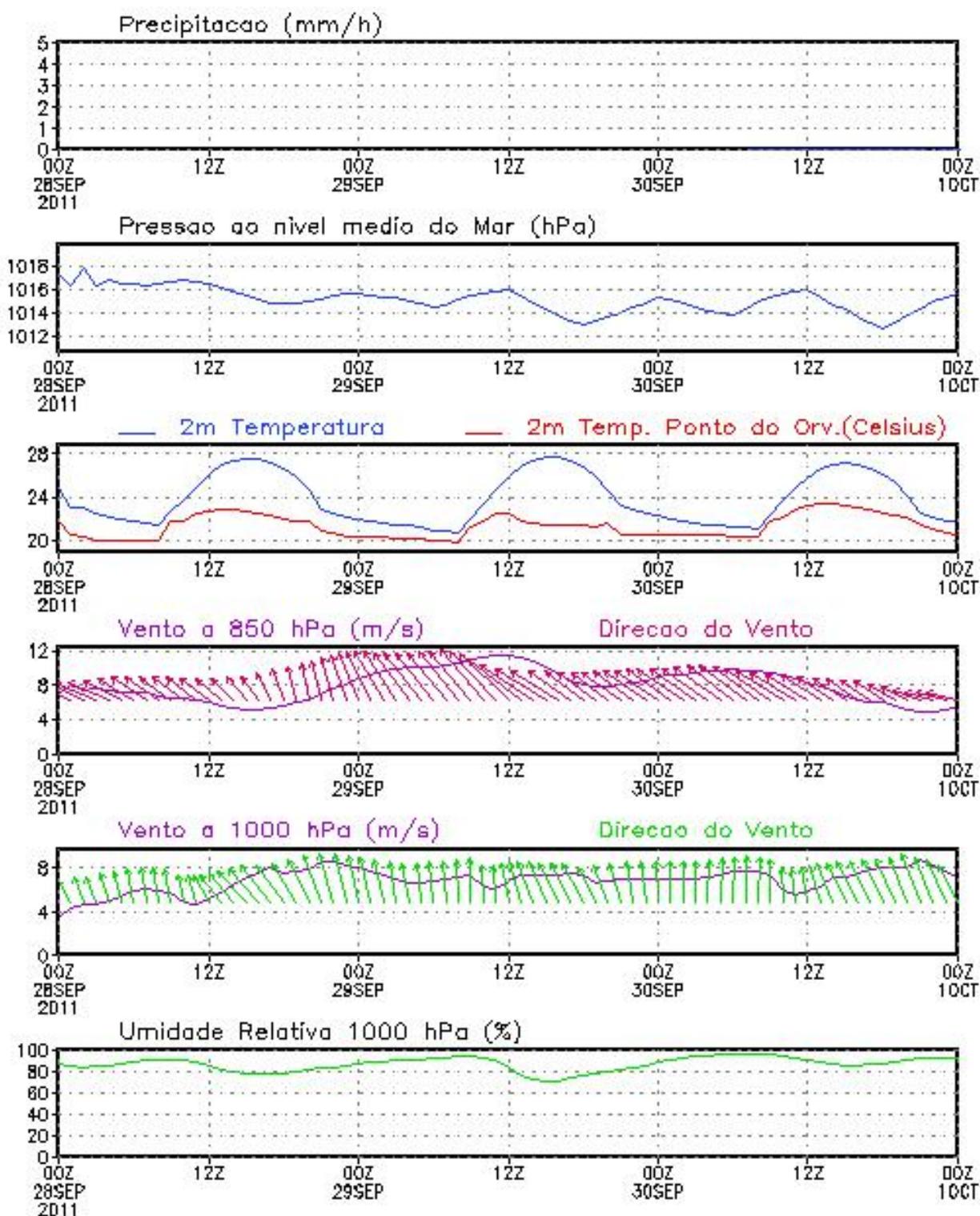


Gráfico 11 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 28/09/2011 (CAMPANHA 2) e para os próximos 3 dias.

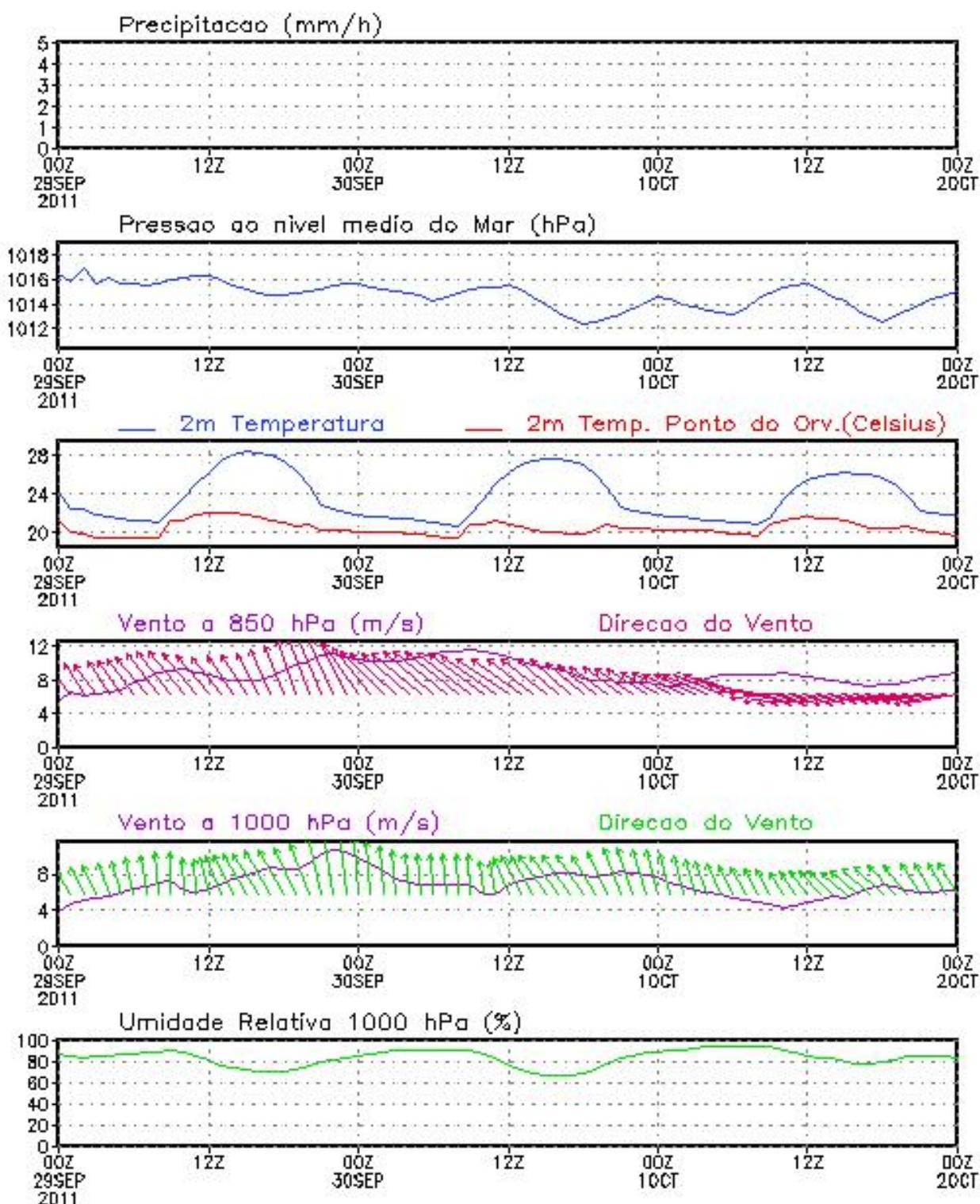


Gráfico 12 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 29/09/2011 (CAMPANHA 2) e para os próximos 3 dias.

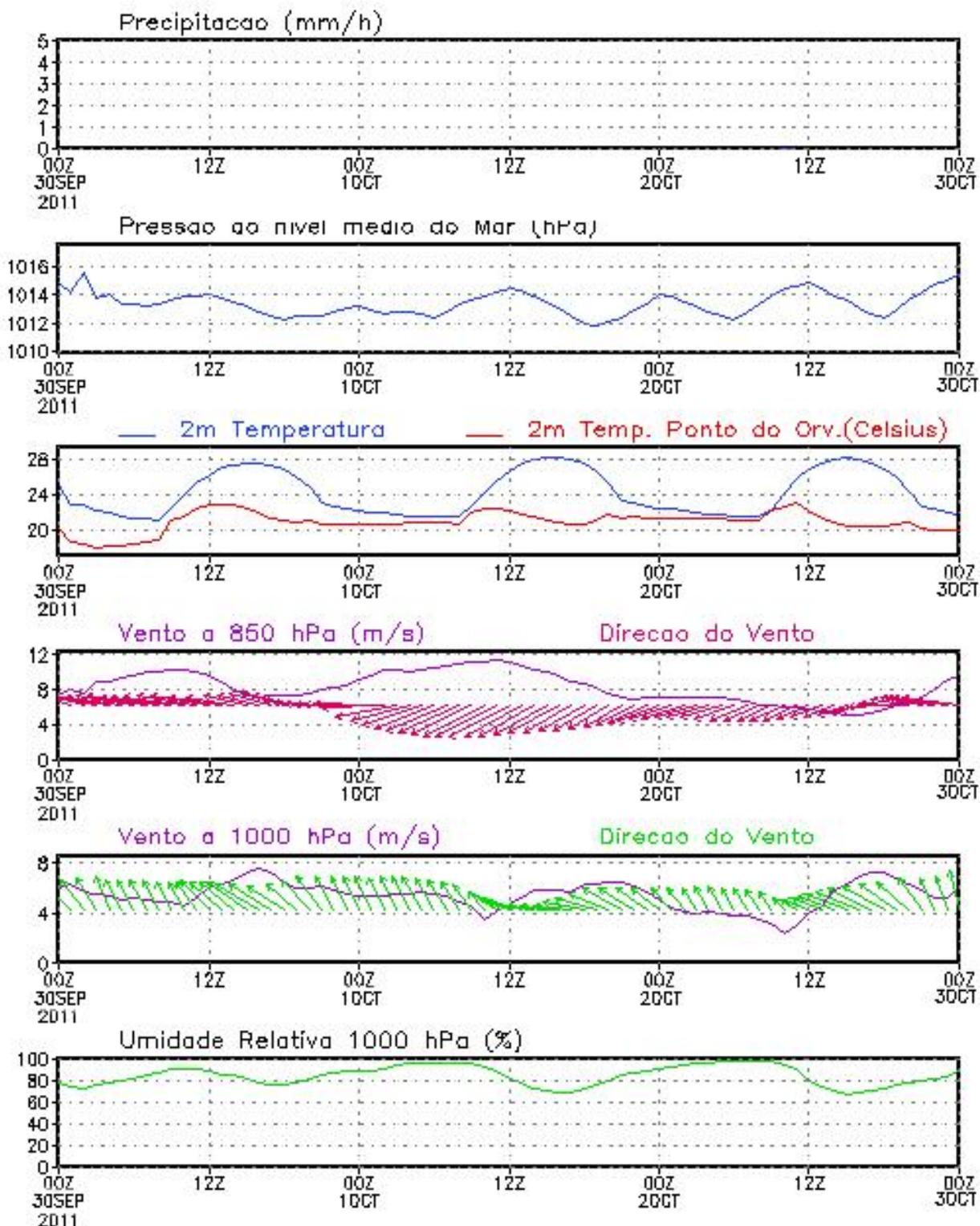


Gráfico 13 – Modelo regional com informações de previsão do tempo do dia 30/09/2011 (CAMPANHA 2) e para os próximos 3 dias.