

CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS PARTICULADOS AMOSTRADOS PRÓXIMOS AOS PROCESSOS DE EXTRAÇÃO E BENEFICIAMENTO DE CALCÁRIO *

*Monica Castoldi Borlini Gadioli¹
Jefferson Luiz Camargo²
Renata Costalonga Drumond³
Vitória Zabela Schrioder de Oliveira⁴
Francisco Wilson Hollanda Vidal⁵*

Resumo

A indústria extrativa e de beneficiamento de rochas ornamentais e calcário vem crescendo e tem se concentrado nas regiões urbanas, próximas aos centros consumidores refletindo na qualidade ambiental de seu entorno. Os processos de lavra e beneficiamento mineral provocam, dentre outras coisas, a emissão de material particulado, aumentando a concentração destes poluentes no ar atmosférico. O presente trabalho tem por objetivo a caracterização de material particulado, partículas totais em suspensão - PTS e partículas inaláveis - PM₁₀, sequenciando um estudo que está sendo realizado no Distrito de Itaoca Pedra, município de Cachoeiro de Itapemirim/ES, onde se concentra um grupo de empresas de extração e beneficiamento de calcário. A metodologia aplicada nas avaliações consistiu em medições da concentração de particulados com o uso do equipamento *Hivol*, que é um amostrador de grande volume (AGV), para medições de PTS e de PM₁₀ no ar atmosférico de acordo com as normas NBR 9547 e NBR 13412. Os materiais particulados coletados foram caracterizados por microscopia eletrônica de varredura – MEV acoplada ao sistema de espectroscopia de energia dispersiva de raios-X (EDS). Os elementos identificados pelo EDS podem ser associados às rochas extraídas e beneficiadas na região e às estradas.

Palavras-chave: Material particulado; Monitoramento ambiental; Atividade de mineração; Caracterização.

CHARACTERIZATION OF PARTICULATE MATTER SAMPLED NEXT TO LIMESTONE EXTRACTION AND PROCESSING

Abstract

The extractive industry and the processing of ornamental stones and limestone have been growing and concentrated in urban areas, close to consumer centers, reflecting the environmental quality of its surroundings. The processes of mining and mineral processing provoke, among other things, the emission of particulate matter, increasing the concentration of these pollutants in the atmospheric air. The present work aims at the characterization of particulate matter, total suspended particles - PTS and inhalable particles - PM₁₀, sequencing a study that is being carried out in the Itaoca Pedra District, in the city of Cachoeiro de Itapemirim/ES, where a group of limestone extraction and processing companies are concentrated. The methodology applied in the evaluations consisted of measurements of the concentration of particles using the *Hivol* equipment, which is a large volume sampler, for measurements of PTS and PM₁₀ in atmospheric air in accordance with standards NBR 9547 and NBR 13412. The collected particulates were characterized by

scanning electron microscopy (SEM) coupled to the X - ray dispersive energy spectroscopy (EDS) system. The elements identified by EDS can be associated with the extracted and benefited rocks in the region and the roads.

Keywords: Particulate matter; Environmental monitoring; Mining activity; Characterization.

- ¹ *Engenheira Química, D.Sc., Pesquisadora Titular, NR-ES, Centro de Tecnologia Mineral, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.*
- ² *Tecnólogo em Rochas Ornamentais, M.Sc., técnico, NR-ES, Centro de Tecnologia Mineral, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.*
- ³ *Graduanda em Engenharia de Minas, estudante, Instituto Federal do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.*
- ⁴ *Geóloga, São Mateus, Espírito Santo, Brasil.*
- ⁵ *Engenheiro de Minas, D.Sc., Tecnologista Sênior, NR-ES, Centro de Tecnologia Mineral, Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente -CONAMA [1] entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: I - impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; II - inconveniente ao bem-estar público; III - danoso aos materiais, à fauna e flora; IV - prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

A fim de monitorar e entender a origem e composição dos poluentes atmosféricos, vários estudos mostram a importância de se compreender a dinâmica do material particulado (MP), que está intimamente associado as questões de saúde pública. O material particulado varia física e quimicamente dependendo do local de sua produção e fonte emissora [2].

Material particulado emitido pode ser classificado quanto ao seu diâmetro aerodinâmico em partículas totais em suspensão (PTS), caracterizadas como material particulado em suspensão com diâmetro aerodinâmico $\leq 50 \mu\text{m}$ [3] e em partículas inaláveis (PM_{10}), que são partículas em suspensão que adentram o trato respiratório e possuem diâmetro aerodinâmico inferior a $10 \mu\text{m}$ [4], podendo apresentar maior impacto sobre a saúde humana [5].

Uma vez que os impactos do material particulado sobre a saúde e ecossistemas dependem fortemente da sua composição química e da distribuição de tamanho, torna-se crucial elucidar as características físico-químicas do particulado atmosférico, permitindo assim o controle e regulamentação da emissão de poluentes [6].

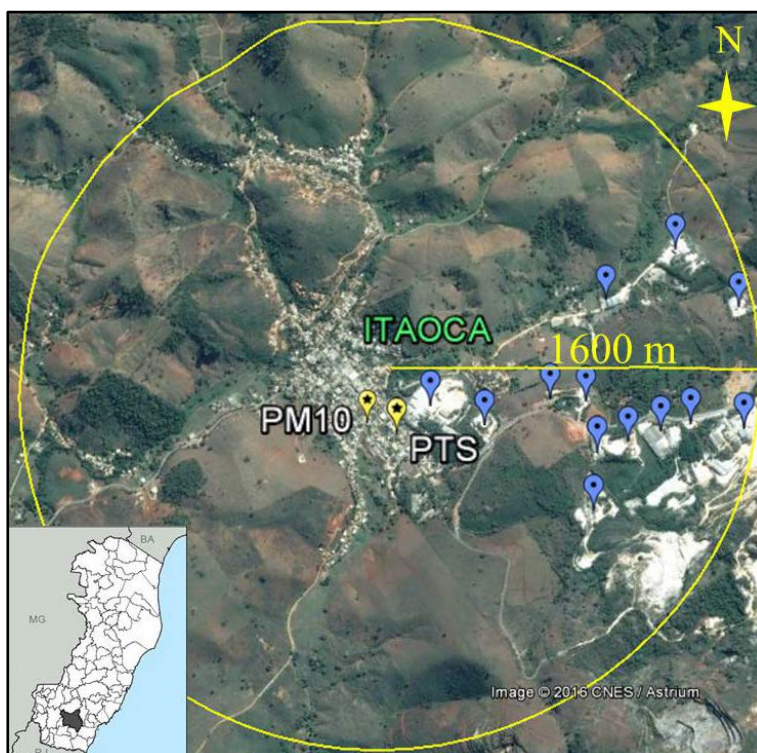
No município de Cachoeiro de Itapemirim, ES, há forte produção de calcário, que apresenta diversas aplicações e usos, na forma de matéria prima para cal e cimento, corretivos agrícolas, em diversas indústrias químicas e siderúrgicas, este por vezes obtido como subproduto da extração de rochas ornamentais na região. Essas atividades emitem expressiva quantidade de material particulado.

Com base nessas considerações, foi escolhido o distrito de Itaoca, pertencente ao município de Cachoeiro de Itapemirim-ES, pela concentração de empresas de extração e beneficiamento de calcário no entorno para a realização de um estudo prospectivo da qualidade do ar. Assim sendo, o presente trabalho tem como objetivo a caracterização do material particulado, PTS e partículas inaláveis (PM_{10}), e a identificação das principais fontes de emissão predominante.



2 MATERIAIS E MÉTODOS

A área estudada está localizada no distrito de Itaoca, município de Cachoeiro de Itapemirim, no Espírito Santo (Figura 1). O local é conhecido pela grande concentração de empresas de extração e beneficiamento de rochas ornamentais e calcário.

Geologicamente a área está inserida no contexto geotectônico da Província Mantiqueira no Orógeno Araçuai. Caracterizada pela Unidade Litoestratigráfica do Grupo Italva, Unidade São Joaquim (NP3itsj). É uma unidade metacarbonática constituída por mármore de composição calcítica e dolomítica intercalados por rochas máficas, calciossilicáticas e quartzosas [7].



Fonte: Modificado Google Earth, 2016.

Figura 1. Visão geral da localização dos pontos monitorados (PTS e PM_{10}) e das moageiras de calcário instaladas no entorno do distrito de Itaoca. Legenda:  Empresas moageiras de calcário;  Locais de monitoramento.

Para a avaliação da concentração de material particulado foram coletados dados a partir da amostragem de particulado utilizando o equipamento *HiVol*, que é um amostrador de grande volume – AGV da marca ECOTECH modelo VHS 300 (Figuras 2 e 3). Os demais equipamentos e acessórios que auxiliaram nas medições, foram: dessecador, balança analítica, pluviômetro, bússola e gps. O *HiVol* faz a aspiração do ar coletando o material particulado por um período de 24 horas, de acordo com a norma. Acoplado ao equipamento, é instalado o *inlet* que é uma entrada aonde é determinado o tamanho de partícula (PTS e PM_{10}) a ser aspirada. Os procedimentos de amostragens foram regidos pelas normas técnicas da NBR 9547 [3] e NBR 13412 [4] para determinação da concentração de PTS e PM_{10} , respectivamente, e de acordo com a legislação vigente [1].

A caracterização morfológica dos particulados foi realizada por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), acoplada ao sistema de espectroscopia de energia

dispersiva de raios-X (EDS) para análise qualitativa dos elementos químicos. O equipamento utilizado para gerar as imagens da microestrutura dos particulados foi um microscópio FEI Quanta 400 com um sistema de microanálise química por dispersão de energia BrukerQuantax acoplado.



Figura 2. Amostrador de grande volume *Hivol* com *Inlet* para partículas de PTS.



Figura 3. Amostrador de grande volume *HIVOL* com *Inlet* para partículas de PM_{10} .

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização do material particulado foi realizada em amostras de PTS e PM_{10} cujos resultados de concentração excederam os limites recomendados tanto pela Resolução CONAMA, quanto pelo Decreto Estadual do Espírito Santo.

A Resolução CONAMA recomenda que os limites primários e secundários para PTS sejam de no máximo $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Para PM_{10} , a recomendação dos limites primários e secundários é de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A Resolução

CONAMA estabelece ainda que esses limites não devem ser excedidos mais de uma vez por ano [1].

Já a legislação do Estado do Espírito Santo, por meio do Decreto Estadual (2013) [8], estabelece um limite de 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PTS e de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para PM_{10} , atualmente. As Figuras 4 e 5 mostram os resultados de concentração dos particulados caracterizados neste estudo.

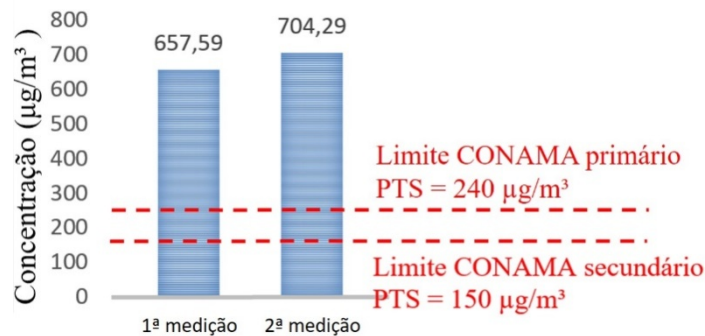


Figura 4. Resultados de concentração de PTS em Itioca [9].

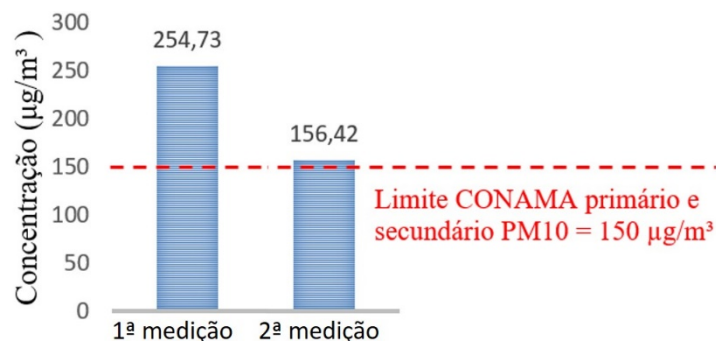


Figura 5. Resultados de concentração de PM_{10} em Itioca [9].

As Figuras 6 a 9 mostram as micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos materiais particulados, PTS e partículas inaláveis, coletados no distrito de Itioca. Segundo Ferreira *et al.*[6], o MEV-EDS é muito utilizado na caracterização do tamanho, morfologia e química dos materiais particulados.

As partículas totais em suspensão (PTS) possuem diâmetros aerodinâmicos equivalentes menores que 50 μm e partículas inaláveis PM_{10} , diâmetro aerodinâmico até 10 μm . O tamanho das partículas está diretamente associado à sua nocividade para a saúde. Tanto quanto menores os particulados, mais graves os efeitos provocados. Como pode ser visto nas Figuras, as micrografias de PM_{10} apresentam partículas menores que PTS, confirmando o que foi citado anteriormente.

As partículas apresentam forma irregular, angulosas, com aspecto rugoso e outras partículas mais uniformes, em forma de lâminas e lisas. Foram observadas partículas individuais e partículas nucleadas sobre partículas maiores, formando aglomerados.

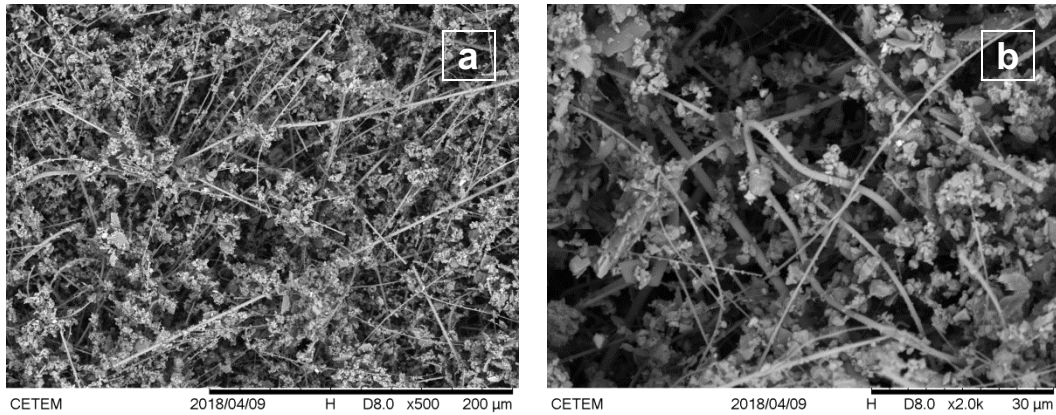


Figura 6. Micrografias de PM₁₀ coletadas na primeira medição no distrito de Itaoca. a) 500x. b) 2000x.

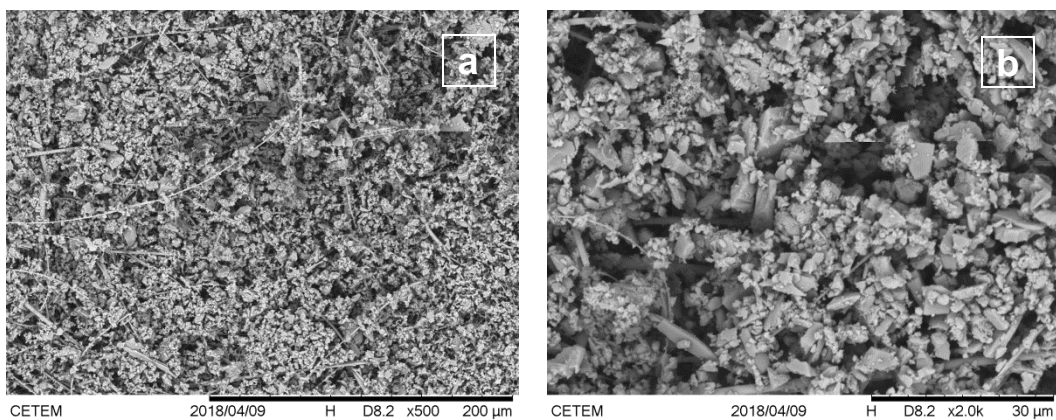


Figura 7. Micrografias de PM₁₀ coletadas na segunda medição no distrito de Itaoca. a) 500x. b) 2000x.

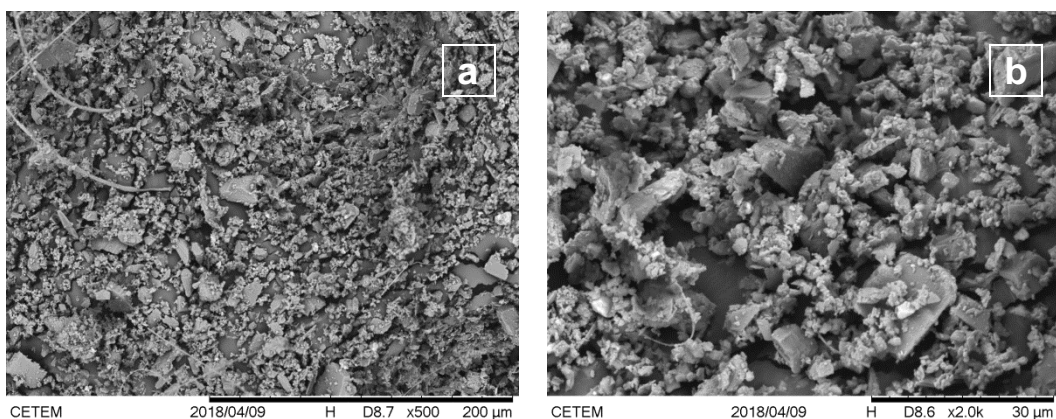


Figura 8. Micrografias de PTS coletadas na primeira medição no distrito de Itaoca. a) 500x. b) 2000x.

As Figuras 10 (a) a (d) mostram os resultados da análise por EDS para PM₁₀ e PTS, primeira e segunda medição. Elementos como Ca (em maior quantidade), C, Mg, Al e Si foram identificados para PTS. Já para PM₁₀, além dos elementos identificados nas PTS, também foram identificados K e Na.

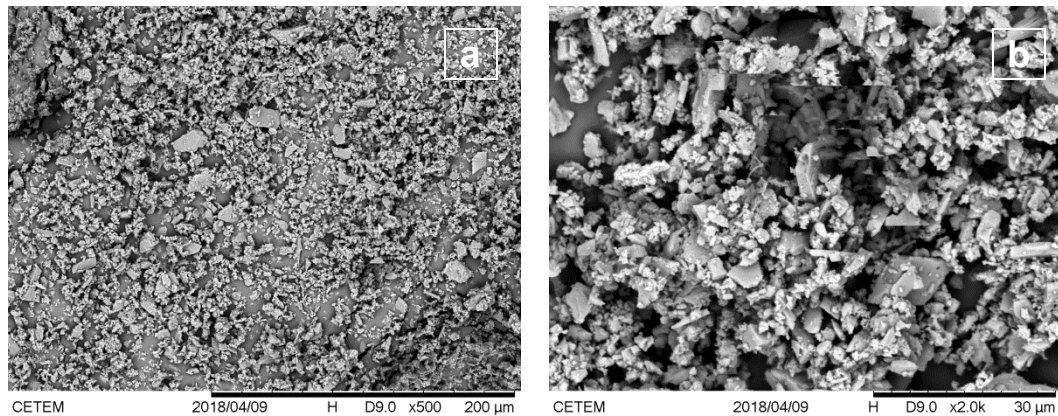


Figura 9. Micrografias de PTS coletadas na segunda medição no distrito de Itaoca. a) 500x. b) 2000x.

No distrito de Itaoca e entorno há uma grande concentração de empresas de moagem de calcário. Os elementos identificados no EDS provavelmente estão associados aos minerais constituintes das rochas extraídas e beneficiadas na região e também das estradas.

Esse trabalho está sequenciando um estudo que está sendo realizado no Distrito de Itaoca. Os resultados obtidos do presente trabalho estão em consonância com os encontrados em estudo anterior realizado por Alves & Gadioli[10] de caracterização de particulados próximos a processos de beneficiamento de rochas ornamentais.

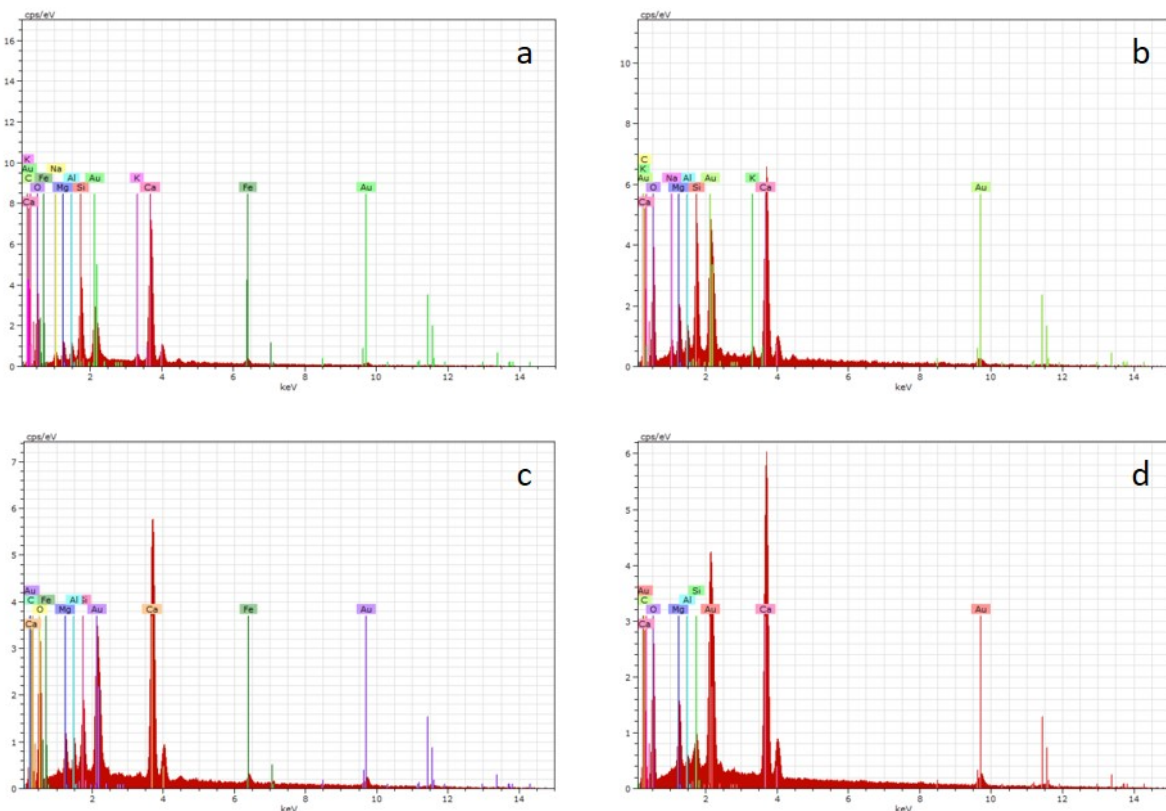


Figura 10. Resultado de EDS para (a) PM₁₀ 1º medição, (b) PM₁₀ 2º medição, (c) PTS 1º medição (d) PTS 2º medição.

3 CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que nas amostras de PTS e PM₁₀ coletadas e caracterizadas nesse estudo foram identificados elementos que provavelmente são constituintes de rochas extraídas e beneficiadas na região e de poeira das estradas não pavimentadas.

As empresas circunvizinhas à comunidade de Itaoca, “moageiras de calcário”, enfrentam o dilema provocado pela importância da sua atividade para a economia local e o impacto da operação ao meio ambiente, necessitando de melhorias, e adoção de medidas mais eficientes para o controle de emissão de particulados.

Faz-se necessário a continuidade do monitoramento ambiental, a fim de obter informações acerca das concentrações ao longo dos anos, de forma que possa auxiliar na adoção de medidas de aperfeiçoamento do processo produtivo das indústrias e contribuir para um ambiente mais saudável.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida e ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC.

REFERÊNCIAS

[1] Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. (Resolução CONAMA no. 3, de 28 de Junho de 1990). 1990.

[2] Arbex MA. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*.2012 [acesso em 11 jun. 2018]; Vol. 38, nº5. São Paulo. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-37132012000500015>.

[3] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Material Particulado em Suspensão no ar ambiente – Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume.10p. (ABNT NBR 9547). 1997.

[4] Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. 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. 8p. (ABNT NBR 13412). 1995.

[5] Rodrigues CG et al. Projeção da mortalidade e internações hospitalares na rede pública de saúde atribuíveis à poluição atmosférica no Estado de São Paulo entre 2012 e 2030. *Revista brasileira de estudos de população*.2015; Vol.32, nº3: 489-509.

[6] Ferreira TM, Forti MC, Plínio Carlos Alvalá. Caracterização morfológica e química do particulado atmosférico em uma região urbana: São José dos Campos. INPE. São José dos Campos. 2011: 47 p.

[7] Vieira VS, Menezes RG Geologia e Recursos Minerais do Estado do Espírito Santo: Texto explicativo dos mapas geológico e de recursos minerais do estado do Espírito Santo escala 1:400.000. CPRM, Belo Horizonte, 2015.

[8] Decreto nº 3463-R, de 16 de dezembro de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas no Estado do Espírito Santo. Diário Oficial dos Poderes do Estado. Vitória, ES, 17 dez. 2013. p.9-11.

[9] Drumond RC, Gadioli MCB, Camargo JL. Avaliação da concentração de material particulado próximo aos processos de extração e beneficiamento de calcário. Jornada de Iniciação Científica do CETEM, 2017.

[10] Alves RFP., Gadioli, MCB. Caracterização das partículas totais em suspensão da produção de rochas ornamentais, Jornada de Iniciação Científica do CETEM – JIC 2015, 2015.