2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO PROVENIENTE DA FASE DE ATIVIDADES DE TERRAPLENAGEM E FUNDAÇÕES: ESTUDO EM UM CANTEIRO DE OBRAS RESIDENCIAL[1]

ARAÚJO, Ingrid Priscylla Silva (1); COSTA, Dayana Bastos (2)

(1) Universidade Federal da Bahia, ingridpriscyllasaraujo@gmail.com
(2) Universidade Federal da Bahia, dayanabcosta@ufba.br

RESUMO

As atividades da construção civil causam impacto ambiental e um dos principais impactos está relacionado à poluição atmosférica por material particulado (MP). As preocupações atuais apontam que é necessário lidar com este desafio da construção, entendendo suas influências e implicações na qualidade do ar. Este estudo investigou as concentrações de MP (MP_{10} e Partículas Totais em Suspensão - PTS) provenientes da fase de terraplenagem e fundações de um canteiro de obras, através de monitoramentos em campo. O estudo foi realizado no canteiro por dez dias úteis e mais um dia sem atividades por 24 h/dia (12h diurno + 12h noturno). Foram utilizados 12 equipamentos MiniVols para coletar o MP suspenso, adesivos Sticky Pads para coletar as partículas sedimentáveis e uma estação meteorológica. Foram alcançadas 132 amostras para as frações de MP e coletados 38 Sticky Pads. Os resultados demonstraram que a obra motivou aumento da concentração dos níveis locais das partículas, sendo em maior instância as PTS seguidas das MP_{10}. Foi possível identificar altos níveis de incômodo ocasionados pelas partículas sedimentadas. Este artigo fornece uma melhor compreensão acerca da poluição por MP nos canteiros de obras na fase de terraplenagem e fundações e apresenta conhecimentos para situações reais da construção.

Palavras-chave: *Poluição Atmosférica. Material Particulado. Impactos Ambientais. Canteiro de Obras. Construção.*

ABSTRACT

Construction generates environmental impact and one of the main impacts is related to air pollution by particulate matter (PM). Current concerns indicate that it is necessary to deal with this challenge of the construction, understanding its influences and implications on air quality. This study investigated the concentration of PM (PM_{10} and Total Suspended Particles - TSP) from the earthmoving and foundation phase of one construction site, based on field monitoring. The experimental study was conducted at one building construction site over ten working days and more one non-working day for 24 h/day (12h daytime + 12h night time). 12 MiniVols were used to collect the suspended PM, Sticky Pads to collect the settleable particles and a meteorological station. About 132 and 38 samples were obtained for the MP and Sticky Pads, respectively. The results demonstrated that the construction site motivated

[1] ARAÚJO, Ingrid Priscylla Silva; BASTOS, Dayana Bastos. Concentração de material particulado proveniente da fase de atividades de terraplenagem e fundações: estudo em um canteiro de obras residencial. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

an increase of the concentration of local levels of the particles, potentiating in greater instance the TSP followed by PM_{10}. It was possible to identify high levels of nuisance caused by settleable particles. This article provides a better understanding of the concentration of PM in construction sites during earthmoving and foundation phase and presents knowledge for real situations from construction.

***Keywords**: Atmospheric Pollution. Particulate Matter. Environmental Impacts. Construction Sites. Construction.*

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção é uma indústria vital para o desenvolvimento das cidades, todavia é considerado uma fonte preocupante de poluição do ar devido à elevada emissão de Material Particulado (MP) (ARAUJO; COSTA; MORAES, 2014; CHERIYAN; CHOI, 2020).

O Material Particulado é um conjunto de poluentes atmosféricos constituído por partículas sólidas ou líquidas suspensas na atmosfera e sedimentadas na superfície (MELO, 2015; OMS, 2016). Apesar de uma série de diferenças[2], o MP em suspensão é principalmente classificado por seu diâmetro aerodinâmico em três grupos: Partículas Finas ou Respiráveis ($MP_{2,5}$) com diâmetro aerodinâmico até 2,5 µm; Partículas Grossas ou Inaláveis (MP_{10}) com diâmetro aerodinâmico até 10 µm; e, Partículas Totais em Suspensão (PTS) com diâmetro aerodinâmico até 100 µm. Além destas, tem-se as Partículas Sedimentadas (PS), que são partículas de diferentes tamanhos que por sua vez sedimentaram ou depositaram em superfícies (MELO, 2015).

Para que haja controle dos poluentes atmosféricos e sejam evitados danos irreversíveis, as legislações internacional e nacional adotam padrões de qualidade do ar (CONAMA, 2018). A Organização Mundial de Saúde (OMS) estabelece valores guia para MP_{10} de 20 µg/m³ (anual) e 50 µg/m³ (24horas) e para PTS de 80 µg/m³ (anual) e 240 µg/m³ (24horas). Esses valores são diretrizes a serem adotadas pelos países. Em vigor, no Brasil, a Resolução CONAMA nº 491/2018 define os padrões brasileiros para MP_{10} de 40 µg/m³ (anual) e 120 µg/m³, (24horas) e para as PTS de 80 µg/m³ (anual) e 240 µg/m³ (24horas) (CONAMA, 2018).

Nos canteiros de obras há uma grande diversidade de atividades que gera fontes de emissão de MP. Essas atividades podem ser agrupadas em três principais fases: fase de terraplenagem e fundações, fase de estrutura, vedações e alvenarias e, fase de acabamentos. A fase de terraplanagem e fundações se caracteriza por gerar altas concentrações de partículas. Por isso, esta pesquisa busca entender o impacto dessa fase da construção em relação à geração de MP. A fase de execução de terraplenagem e fundações caracteriza-se por apresentar amplas áreas abertas no canteiro de obras, onde as atividades presentes são: serviços preliminares, movimentação de terra, escavações, aterros, fundações e afins.

Estudos sobre partículas emitidas das atividades da construção civil e o seu impacto deletério na qualidade e saúde do ambiente, ainda é um tema pouco explorado na literatura científica brasileira e apresenta uma série de limitações em suas aplicações práticas (ARAÚJO; COSTA; MORAES, 2014; MORAES; COSTA; ARAÚJO, 2016). Cheriyan e Choi (2020) também apontam limitações, a nível internacional,

[2] As partículas de MP diferem entre si em termos de formação, morfologia, tamanho, densidade, composição elementar, propriedades químicas, massa, toxicidade, bem como no comportamento na atmosfera frente aos processos naturais (HEAL; KUMAR; HARRISON, 2012).

nas pesquisas existentes nesta temática e, apresentam que, ainda há escassez na literatura científica acerca deste tema, mesmo que tenha havido um aumento no número de publicações a partir de 2014 (CHERIYAN; CHOI, 2020).

As pesquisas brasileiras de Araújo (2014), Araújo, Costa e Moraes (2014), Moraes (2015) e Moraes, Costa e Araújo (2016) avaliaram a concentração de MP proveniente das atividades dos canteiros de obras e identificaram que as atividades da construção civil lançam no ambiente partículas de vários tamanhos. Das pesquisas internacionais, destaca-se os estudos publicados Chiang e Kuo (2004) em Taiwan, Feliciano *et al.* (2004) em Portugal, Li *et al.* (2015) em Singapura, Azarmi *et al.* (2016) na Inglaterra e Ahmed e Arocho (2019) nos Estados Unidos. Chiang e Kuo (2004) e Feliciano *et al.* (2004) investigaram a concentração de MP proveniente das atividades dos canteiros de obras, Li *et al.* (2015) e Azarmi *et al.* (2016) avaliaram a qualidade do ar a partir de monitoramentos nas áreas circunvizinhas a canteiros de obras e Ahmed e Arocho (2019) compararam a concentração de MP produzida a partir de dois sistemas construtivos. Em termos gerais, foram constatadas elevadas concentrações de MP, demonstrando a necessidade de desenvolver estratégias de mitigação eficazes para limitar a fuga do MP das obras.

Diante deste contexto, este estudo visou investigar a concentração de MP (MP_{10} e PTS) proveniente da fase de atividades de terraplenagem e fundações de um canteiro de obras, a partir de metodologia proposta para monitoramentos em campo. Esta pesquisa contribui em avançar no fornecimento de evidências para o entendimento da concentração de MP dentro e fora dos limites dos canteiros de obras.

2 MÉTODO DE PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada foi o experimento de campo. Na pesquisa experimental o objetivo é entender como ou por que o fenômeno é produzido (MORAES, 2015). Foram utilizados 12 equipamentos *MiniVols* com impactadores projetados para o monitoramento de PTS e MP_{10}, adesivos *Sticky Pads* para coletar as PS e uma estação meteorológica *DAVIS Vantage VUE* para determinar as variáveis meteorológicas.

Esta pesquisa utilizou como referência grande parte da metodologia de monitoramento proposta por Araújo (2014) e dos critérios do protocolo para coleta de MP em canteiros de obras estabelecido por Resende *et al.* (2013) e validado por Araújo (2014) e Araújo, Costa e Moraes (2014). No entanto, foram realizados ajustes para se obter informações mais detalhadas.

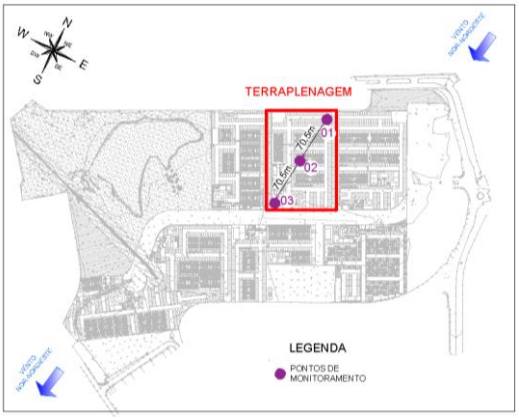
Desta forma, o monitoramento quantitativo do MP foi ajustado para o período de 24 h/dia e não apenas em 8 h/dia. As 24 h foram divididas em intervalos de efetiva atividade (05:00h-17:00h) e períodos de obra parada (17:00h-05:00h). Ademais, foi acrescentado um ponto de monitoramento aos dois propostos por Araújo (2014), totalizando, desta forma, três pontos de amostragem que foram instalados a favor, no centro e contra o vento predominante no canteiro de obras.

Em relação ao monitoramento qualitativo das PS com os *Sticky Pads*, foi proposta uma nova metodologia de coleta para identificação das áreas mais críticas em relação ao nível de incômodo ocasionado pela sedimentação das partículas dentro do próprio canteiro. A nova metodologia consiste em demarcar raios equidistantes no canteiro de obras e instalar os coletores *Sticky Pads* em áreas foco de investigação.

Nesta fase foi realizada a seleção do canteiro da Obra A seguindo as diretrizes do protocolo. Para a seleção do canteiro foi considerado aquele com obras de edifícios residenciais e que apresentasse menores interferências externas. O canteiro escolhido apresenta área de 154.366,06m² onde estão sendo construídos 13 torres e 46 blocos com 10 e 5 pavimentos, respectivamente. Foi analisada a vizinhança do canteiro até o raio de 100m que apresentou predominância de áreas residenciais.

Previamente à instalação dos equipamentos foi instalada durante 12 dias ininterruptos (07/01/2019 a 18/01/2019) a estação meteorológica para identificação da direção do vento predominante. O vento Nor-Nordeste foi identificado como predominante nesta região. Para a coleta com os *MiniVols* foram utilizados três pontos fixos de monitoramento (Grupos 1, 2 e 3), sendo cada grupo composto por quatro equipamentos (Figura 1): um equipamento para MP_{10} e um para PTS monitorando de 05:00h-17:00h e um equipamento para MP_{10} e um para PTS monitorando de 17:00h-05:00h, totalizando 24 h/dia de monitoramento para cada fração de MP estudada. O monitoramento foi realizado por um período de dez dias úteis e mais um dia sem trabalho (domingo ou outro feriado). Os dados foram coletados entre as datas 24/04/2019 e 14/06/2019, com o monitoramento do dia sem trabalho em 01/05/2019.

Figura 1 – Locações dos grupos de monitoramento no canteiro da Obra A



(a) Grupos de monitoramento 1, 2 e 3 locados próximo de atividades da fase de terraplenagem e fundações.



(b) Grupo de monitoramento instalado no canteiro.

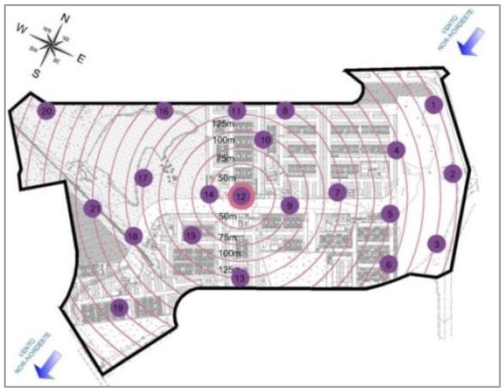
Fonte: Os autores

Para a coleta com os *Sticky Pads* foram demarcados raios equidistantes de 25 metros com o apoio da planta de locação do canteiro de obras e instalados horizontalmente 21 pontos coletores (por rodada de monitoramento) em locais estratégicos, tais como em telhados, muros, contêineres e quando não havia esses apoios, foram construídas instalações com barrotes (Figura 2).

Foram realizadas análises físicas para as PTS e MP_{10} e leituras dos *Sticky Pads* para identificação do nível de incômodo gerado pelas PS. A análise física consistiu na pesagem dos filtros a partir da balança eletrônica microanalítica de precisão nominal de 1µg da *Mettler Toledo*. A balança foi utilizada a fim de obter as gravimetrias que *a posteriori* foram convertidas em concentração (µg/m³).

A análise da sedimentação foi realizada através da leitura dos coletores *Sticky Pads*, onde se identificou o percentual da área efetiva coberta (EAC) por dia (HANBY, 2014). De posse do *%EAC/day*, seguiu-se para o segundo procedimento que verifica qual o nível de incômodo gerado pelas atividades do canteiro (Quadro 1).

Figura 2 – Pontos de monitoramento dos *Sticky Pads* no canteiro da Obra A



Fonte: Os autores

Quadro 1 – *Sticky Pads*: nível de incômodo

%EAC/day	Nível de incômodo
0,2	Perceptível
0,5	Possível reclamação
0,7	Questionável
2,0	Provável reclamação
5,0	Sérios incômodos

Fonte: Hanby (2014)

3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

3.1 Análise da concentração de MP e os padrões de qualidade do ar

Foram alcançadas 132 amostras. A Tabela 1 apresenta o detalhamento das concentrações (µg/m³) de PTS e MP_{10} para os respectivos turnos diurno e noturno de cada dia monitorado. Em razão da ocorrência de erros amostrais, os valores de MP_{10} do dia 26/04/2019 no período diurno dos Grupos 1 e 3 foram desconsiderados.

Tabela 1 – Resultado das concentrações (µg/m³) da fase de terraplenagem e fundações no canteiro da Obra A

Data	Turno	Grupo 1 MP_{10}	Grupo 1 PTS	Grupo 2 MP_{10}	Grupo 2 PTS	Grupo 3 MP_{10}	Grupo 3 PTS
24/04	Diurno	55,28	43,45	54,23	52,99	26,39	54,58
	Noturno	40,42	70,09	25,28	47,44	24,31	55,83
26/04	Diurno	-	61,40	25,36	90,03	-	121,23
	Noturno	38,30	95,03	37,64	100,85	52,08	81,53
01/05	Diurno	31,43	47,01	7,59	82,08	22,93	109,58
	Noturno	34,72	65,81	2,28	69,44	27,62	153,19
08/05	Diurno	39,86	42,84	18,09	62,08	50,42	100,28
	Noturno	69,17	48,01	30,83	52,71	29,58	53,99
10/05	Diurno	53,89	51,42	41,80	60,68	91,81	62,96
	Noturno	32,92	42,02	72,22	52,22	22,93	53,75
15/05	Diurno	126,81	42,78	51,85	37,70	85,33	83,76
	Noturno	1,67	46,53	34,62	22,08	61,94	58,83
17/05	Diurno	56,73	56,67	17,99	57,50	4,82	76,53
	Noturno	29,24	63,89	10,53	22,65	18,06	58,61
29/05	Diurno	51,81	131,81	35,98	239,17	28,89	131,34
	Noturno	43,90	147,64	37,08	110,11	182,89	106,73
31/05	Diurno	79,31	350,56	39,91	224,50	35,42	136,18
	Noturno	20,57	146,67	44,71	142,64	40,56	121,39
05/06	Diurno	79,34	285,33	55,83	213,89	547,64	343,06
	Noturno	27,78	134,58	55,97	97,78	42,08	144,44
14/06	Diurno	53,09	119,72	152,62	109,72	9,26	115,42
	Noturno	71,91	54,10	83,33	102,92	17,08	138,32

Fonte: Os autores

De acordo a Tabela 1 foram encontrados os seguintes valores máximos para as frações PTS de 350,56 µg/m³, 239,17 µg/m³ e 343,06 µg/m³ e valores mínimos de 42,02 µg/m³, 22,08 µg/m³ e 53,75 µg/m³ para os monitoramentos dos Grupos 1, 2 e 3, respectivamente. Já, para a fração MP_{10} foram encontrados valores máximos de 126,81 µg/m³, 152,62 µg/m³ e 547,64 µg/m³ e valores mínimos de 1,67 µg/m³, 2,28 µg/m³ e 4,82 µg/m³ para os monitoramentos dos Grupos 1, 2 e 3, respectivamente.

Com o auxílio da Tabela 1, ao aglutinar os valores diurnos (12h de monitoramento) com os seus respectivos noturnos (mais 12 horas de monitoramento) obtém-se 33 dados diários para PTS e apenas 31 dados diários para MP_{10}, devido à ocorrência de erros amostrais no dia 26/04/2019, como já mencionado.

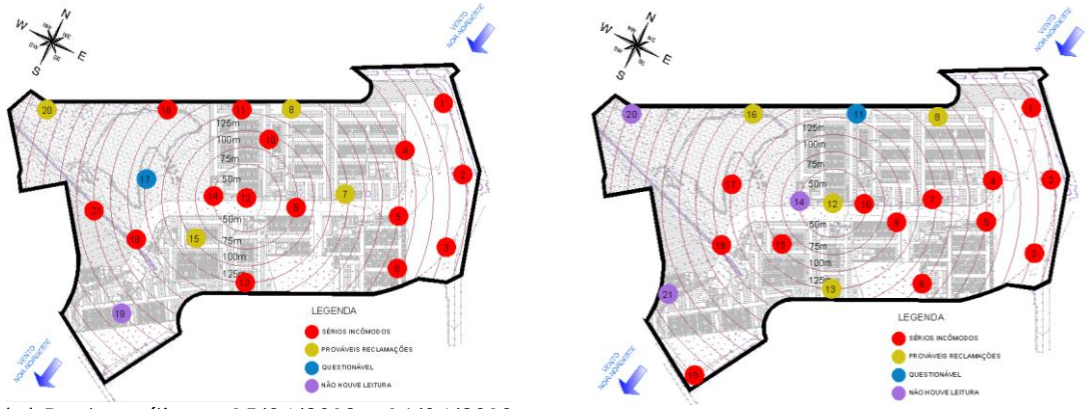
Dos 31 dados obtidos para MP_{10}, somente 4 ficaram dentro dos valores permitidos pelo padrão anual do CONAMA (40 µg/m³) e apenas 1 ficou dentro do valor guia anual da OMS (20 µg/m³). Sendo que 58% dos valores para MP_{10} apresentaram mais que o dobro do permitido na legislação brasileira. Dos 33 dados diários para PTS, apenas 1 ficou dentro do padrão anual permitido pelo CONAMA e pela OMS (80 µg/m³). 45,5% dos valores para PTS apresentaram mais que o dobro do valor guia da OMS e do valor permitido na legislação brasileira.

3.2 Análise do nível de incômodo gerado pelas PS

Foram coletados 38 pontos dos 42 instalados para os monitoramentos com adesivos coletores *Sticky Pads*. A primeira análise foi realizada nos dias 15/04/2019 e 16/04/2019. Os resultados apresentaram 71,43% das leituras para "sérios incômodos", 19,05% para "prováveis reclamações" e 4,76% para "questionável". No ponto 19 não houve leitura devido à perda do coletor adesivo frente às condições meteorológicas desfavoráveis (Figura 3a).

A segunda análise foi realizada no período de 27/05/2019 a 31/05/2019. Os resultados apresentaram 61,90% das leituras para "sérios incômodos", 19,05% para "prováveis reclamações" e 4,76% para "questionável". Nos pontos 14, 20 e 21 não houve leituras devido à perda dos coletores adesivos frente às condições meteorológicas desfavoráveis (Figura 3b).

Figura 3 – Pontos mais críticos identificados com os *Sticky Pads* na Obra A



(a) Pontos críticos - 15/04/2019 e 16/04/2019

(b) Pontos críticos - 27/05/2019 a 31/05/2019

Fonte: Os autores

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com os dados apresentados nesta pesquisa foi possível mostrar a efetiva

carga de contribuição de MP proveniente das atividades da fase de Terraplenagem e Fundações do canteiro da Obra A. As concentrações coletadas para MP_{10} apresentaram 70%, 45,45% e 50% dos valores diurnos maiores que os seus respectivos noturnos para os Grupos 1, 2 e 3, respectivamente. Para esta análise, foi desconsiderado o dia 26/04/2019 para os Grupos 1 e 3 em razão da ocorrência de erros amostrais nos dados diurnos. As PTS apresentaram 36,36%, 90,91% e 72,73% dos seus valores diurnos maiores que os respectivos noturnos para os Grupos 1, 2 e 3, respectivamente.

A Tabela 2 apresenta uma análise comparativa dos resultados obtidos nesta pesquisa e os obtidos por Araújo (2014) em seu estudo durante a Fase de Terraplenagem. Na Tabela 2, pode-se observar de acordo as concentrações médias, que na entrada e na saída do canteiro da Obra A as PTS foram lançadas 95,2% e 116,2% a mais que as MP_{10}, respectivamente. Na entrada e na saída do canteiro de Araújo (2014) as PTS foram lançadas 273,7% e 133,4% a mais que as MP_{10}, respectivamente. Aqui, pode-se explicar que as PTS representam o grupo de partículas geradas, principalmente, a partir de processos mecânicos de fragmentação de partículas maiores, como exemplo das atividades realizadas com o solo na fase de terraplenagem dos canteiros.

Tabela 2 – Análise comparativa entre os resultados desta pesquisa e os resultados do estudo de Araújo (2014)

OBRAS	Duração de Monitoramento	Grupos	Fração	Concentrações (µg/m³)[1]			
				Mínimo	Média	Mediana	Máximo
Obra A	Total de 24h = 12h (diurno) + 12h (noturno) (11 dias)	Entrada	PTS	89,31	195,21	120,56	497,22
			MP_{10}	66,15	99,98	97,79	128,47
		Saída	PTS	110,42	187,40	178,51	262,78
			MP_{10}	22,88	86,69	75,97	211,78
Araújo (2014)	8h (10 dias)	Entrada	PTS	183,30	339,01	333,54	448,28
			MP_{10}	64,18	90,71	87,82	131,11
		Saída	PTS	361,34	462,25	454,32	578,86
			MP_{10}	121,52	198,09	165,48	298,84
	22h (10 dias)	Entrada	PTS	-	-	-	-
			MP_{10}	41,16	53,26	48,52	78,32

[1]Foram retirados os valores *outliers*.

Fonte: Os autores

Dos dados da Tabela 2 que admitem comparação direta entre canteiros, dados de MP_{10} para 24h desta pesquisa e 22h da pesquisa de Araújo (2014), pode ser verificada a diferença entre as concentrações médias de 99,98 µg/m³ (entrada) para este canteiro e de 53,26 µg/m³ (entrada) para o de Araújo (2014). Aqui, é preciso entender a influência significativa dos fatores meteorológicos, bem como a influência dos tamanhos dos canteiros de obras, em que o primeiro apresenta área de 154.366,06m² e, o segundo, área de 32.780m².

5 CONCLUSÃO

Este trabalho mostrou que a Fase de Terraplenagem e Fundações é um período de atividades com altos níveis de concentração de material particulado o que pode tornar o ar impróprio, nocivo e ofensivo à saúde, além de causar danos à flora, à fauna, ao solo e à água. Além disso, foi possível identificar altos níveis de incômodo gerados pelas partículas sedimentadas o que pode afetar a qualidade de vida e o bem-estar dos trabalhadores, da vizinhança e dos próprios construtores.

REFERÊNCIAS

AHMED, S.; AROCHO, I. Emission of particulate matters during construction: A comparative study on a Cross Laminated Timber (CLT) and a steel building construction project. **Journal of Building Engineering**, v. 22, p. 281-294, 2019.

ARAUJO, I.P.S. **Metodologia para Avaliação e Redução de Impactos Ambientais causados pela emissão de material particulado de canteiros de obras habitacionais com foco no impacto à vizinhança da obra.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

ARAÚJO, I.P.S.; COSTA, D.B.; MORAES, R.J.B. Identification and Characterization of Particulate Matter Concentrations at Construction Jobsites. **Sustainability** (Basel), v.6, p. 7666-7688, 2014.

AZARMI, F.; KUMAR, P.; MARSH, D.; FULLER, G. Assessment of the long-term impacts of PM10 and PM2.5 particles from construction works on surrounding areas. **Environ. Sci**.: Processes Impacts, v.18, p. 208, 2016.

CHERIYAN, D.; CHOI, J. A review of research on particulate matter pollution in the construction industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 254, 120077, 2020.

CHIANG, Y.C.; KUO, C.C. Characteristics of suspended particulate matter emitted from various stages of construction works. **Journal of Aerosol Science**, v. 35, p. S995-S996, 2004.

CONAMA CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Conama nº491.** 2018. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/ conama>. Acesso em: 05 abr. 2020.

FELICIANO M.; GONÇALVES A.; GOMES P.; CARDOSO A.; ARAÚJO R. **Partículas em Suspensão na Praça Camões (Bragança), durante a Construção do Parque de Estacionamento.** 8ª Conferência Nacional de Ambiente. Lisboa, 2004. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10198/6473>. Acesso em: 07 abr. 2020.

HANBY, I. **Airborne dust monitoring equipment.** 2014. Disponível em: <http://www.hanby.co.uk/CAL%20&%20USE%20SPR.htm >. Acesso em: 22 abr. 2020.

HEAL, M.R.; KUMAR, P.; HARRISON, R.M. Particles, air quality, policy and health. **Chemical Society Reviews**, v. 41, p. 6606-6630, 2012.

LI, H.; FANG, C.H.; SHI, W.; GURUSAMY, S.; LI, S.; KRISHNAN, M.N.; GEORGE, S. Size and site dependent biological hazard potential of particulate matters collected from different heights at the vicinity of a building construction. **Toxicology Letters**, v.238, p. 20–29, 2015.

MELO, M. M. DE. **Correlação entre percepção do incômodo e exposição ao material particulado presente na atmosfera e sedimentado.** Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo. 2015.

MORAES, R.J.B. **Avaliação da emissão do material particulado proveniente de canteiros de obras habitacionais na fase de estrutura e alvenaria.** Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

MORAES, R. J. B.; COSTA, D. B.; ARAUJO, I. P. S. Particulate matter concentration from construction sites: concrete and masonry works. **Journal of Environmental Engineering**, v. 1, 05016004, 2016.

RESENDE, F.; CARDOSO, F.F.; COSTA, D.B.; MELO, A.; ARAÚJO, I.P.S.; MORAES, R.J.B.; PORFIRO, A. **Metodologia para medição da concentração de material particulado em canteiros de obra.** Proc. 8º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. Salvador, Brasil. 2013.

WHO WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Ambient air pollution:** a global assessment of exposure and burden of disease. ISBN: 9789241511353, 2016. Disponível em: <https://www.OMS.int/airpollution/data/en/>. Acesso em: 22 abr. 2020.