

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

**LIS CAMPOS DE QUADROS**

**LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E A EXPOSIÇÃO LABORAL AO  
MATERIAL PARTICULADO**

**CURITIBA**

**2014**

**LIS CAMPOS DE QUADROS**

**LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E A EXPOSIÇÃO LABORAL AO  
MATERIAL PARTICULADO**

Monografia apresentada para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR.

Orientador: Prof. Esp. Antônio Denardi Jr.

**CURITIBA**

**2014**

## **LIS CAMPOS DE QUADROS**

### **LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E A EXPOSIÇÃO LABORAL AO MATERIAL PARTICULADO**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

---

Prof. Esp. Antonio Denardi Júnior  
Professor do XXVIII CEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

---

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. Dr. Adalberto Matoski  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

---

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara  
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba  
2014

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Elisa Campos de Quadros e Carlos Rodaka de Quadros, que viabilizaram a minha trajetória pessoal e profissional e que sempre me apoiaram em todas as coisas que desejei realizar. Obrigado por serem meus exemplos, minha base e meu porto seguro.

Ao meu amado avó, Manuel Campos Vidal, pelas lições de vida que até hoje me estimulam e com quem eu gostaria de poder repartir minhas conquistas.

A Maximiliano Ribeiro Bortolato por seu apoio e carinho incondicionais e por me ajudar a me manter motivada.

## RESUMO

O presente trabalho se propõe a apresentar uma análise crítica da legislação brasileira com o intuito de averiguar se as normas atualmente estabelecidas são capazes de proteger os trabalhadores das possíveis exposições laborais a poluentes atmosféricos, em especial ao material particulado. Fez-se um levantamento da legislação ambiental referente à poluição atmosférica, bem como um levantamento de diversas pesquisas científicas que evidenciaram os efeitos danosos do material particulado à saúde humana e a relação entre exposição a poluição do ar e o desenvolvimento de doenças ocupacionais. Concluiu-se que as normas vigentes não se encontram alinhadas com as melhores práticas de higiene e saúde ocupacional o que torna imperativo a revisão dos limites de exposição estabelecidos e a inclusão de novos parâmetros. Sugere-se uma norma específica para ambientes laborais que considere como parâmetros o PTS, MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub> e também a composição química do material particulado.

**Palavras-chave:** Material Particulado; Saúde Ocupacional; Legislação Ambiental.

## **ABSTRACT**

This paper aims to present a critical analysis of the Brazilian legislation in order to ascertain whether the standards currently in place are able to protect workers from possible exposure to industrial air pollutants, especially particulate matter. A review of environmental legislation relating to air pollution was conducted, as well as a survey of various scientific studies that revealed the harmful effects of particulate matter on human health and the relationship between air pollution exposure and the development of occupational diseases. It was concluded that these standards are not aligned with the best practices of hygiene and occupational health which makes it imperative to review the established exposure limits and the inclusion of new parameters. We suggest the development of a specific standard for work environments that considers parameters such as the TSP, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub> and also the chemical composition of the particulate matter.

**Key words:** Particulate Matter; Occupational Health; Environmental Legislation.

## **ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABHO - Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais

ACGIH - American Conference of Industrial Hygienists

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento

BIRD - Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DOU - Diário Oficial da União

EPA - United States Environmental Protection Agency

MINTER - Ministério do Interior

MP - Material Particulado

MP 10 - Partículas em suspensão de até 10 µm de diâmetro aerodinâmico

MP 2,5 - Partículas em suspensão de até 2,5 µm de diâmetro aerodinâmico

NR - Norma Regulamentadora

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

PM - Particulate Matter

PMOC - Plano de Manutenção Operação e Controle

PPRA - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais

PRONAR - Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar

PRONCOVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

PTS - Partículas Totais em Suspensão

WHO - World Health Organization

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	8
1.1 OBJETIVOS .....	9
1.2 JUSTIFICATIVA .....	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	11
2.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA.....	11
2.2 MATERIAL PARTICULADO.....	12
2.4 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E DOENÇAS OCUPACIONAIS .....	20
2.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E PADRÕES DE QUALIDADE DO AR .....	22
3 METODOLOGIA.....	30
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	31
5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	389



## 1 INTRODUÇÃO

O Estado, bem como a coletividade, devem zelar pela integridade do meio ambiente. No artigo 225 da Constituição Federal tem-se:

*“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia 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.”*

O ar é um recurso ambiental absolutamente indispensável para a existência e manutenção da vida como nós a conhecemos. Dele dependem as reações metabólicas realizadas pelo homem, pelos demais animais e pelos vegetais. Sem ele não haveria o transporte das ondas de comunicação e nem mesmo o processo de combustão. Sua disponibilidade é livre e abundante, seu uso é constante e indiscriminado. Sua utilidade primordial é como recurso básico mantenedor da vida e os demais usos deveriam se sujeitar à manutenção de sua qualidade.

O uso indiscriminado do ar e a conseqüente poluição causada podem acarretar danos à saúde humana, degradação à flora e à fauna, alteração nas propriedades da atmosfera, deterioração dos materiais e prejuízos econômicos.

Com o aumento da industrialização, observa-se um conseqüente aumento na emissão de poluentes, ou seja, o desenvolvimento da nossa sociedade e a manutenção do atual modelo de consumo acarretam danos ao meio ambiente e em decorrência à qualidade de vida de toda a população.

Dada a competência normativa constitucional concorrente sobre o meio ambiente, cabe à União estabelecer os limites de exposição aos poluentes aplicáveis em todo o país, que devem ser considerados como parâmetros mínimos a serem atendidos e que quando ultrapassados poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna.

Com os avanços científicos e os investimentos em pesquisas se têm compreendido melhor os efeitos nocivos da poluição na saúde humana. Um dos elementos que tem se destacado quando se discute a relação entre a deterioração da qualidade do ar e a saúde é o material particulado em suspensão. Tem se estabelecido uma forte correlação entre a exposição a este poluente e o desenvolvimento de uma ampla gama de problemas de saúde que vão desde agravos em quadros de asma e bronquite até aumento nas taxas de morbidade e mortalidade e desenvolvimento de câncer.

O ambiente laboral, em geral, corresponde a um terço do tempo de exposição diária dos trabalhadores. Sendo assim, é preciso preservar os indivíduos que, por ventura, estejam expostos a condições de qualidade do ar não adequadas durante sua jornada de trabalho. Obter o sustento de sua casa e da família não pode acarretar em prejuízos à saúde ou à qualidade de vida do trabalhador. O Estado tem como dever zelar pela integridade da população e uma das formas de se promover a proteção dos indivíduos é estabelecendo normas claras que limitem a exposição destes indivíduos aos agentes potencialmente nocivos.

Faz parte do escopo deste projeto avaliar se a legislação brasileira de âmbito nacional apresenta ferramentas capazes de proteger os trabalhadores dos efeitos nocivos do material particulado, considerando as práticas adotadas internacionalmente e as recentes descobertas científicas.

## 1.1 OBJETIVOS

A presente pesquisa tem como objetivo investigar se as normas federais de qualidade do ar, os limites de exposição estabelecidos e os padrões de qualidade do ar, no que tange aos materiais particulados em suspensão, estão em consonância com as pesquisas científicas acerca dos seus efeitos nocivos à saúde humana e à qualidade de vida dos trabalhadores e da população em geral. Ou seja, deseja-se avaliar se os trabalhadores estão protegidos, pelos instrumentos legais,

dos malefícios causados à sua saúde pela exposição a materiais particulados a que possam ser submetidos durante sua jornada de trabalho.

Pretende-se reunir os trabalhos científicos que correlacionam doenças e mortalidade à exposição a poluentes atmosféricos, especialmente o material particulado, bem como historiar a legislação federal acerca do tema ao longo dos últimos anos.

O presente trabalho busca ainda sugerir adequações nas normas já estabelecidas, a fim de melhorar sua eficácia, além de levantar temas que possam ser relevantes para pesquisas futuras.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O local de trabalho, em geral, representa o ambiente em que os trabalhadores passam boa parte do seu dia, sendo assim é de grande interesse conhecer os riscos que se apresentam nesses ambientes a fim de zelar pela qualidade dos mesmos.

Com os avanços tecnológicos e o desenvolvimento da ciência, tem-se constatado que o material particulado em suspensão apresenta um sério risco à saúde. Como este tipo de poluente é facilmente encontrado em diversos postos de trabalho, é imprescindível se certificar de que a exposição sofrida pelos trabalhadores durante sua jornada laboral não acarrete prejuízos à sua saúde e qualidade de vida. Sendo assim, é necessário que esses padrões sejam estabelecidos de forma clara e, mais do que isso, é preciso garantir, por meio de normas, que tais limites sejam respeitados, definindo-se sanções cabíveis em caso de descumprimento.

Tanto a ausência de limites de exposição quanto o estabelecimento de limites permissíveis podem ser altamente danosos à saúde e à qualidade de vida dos trabalhadores, portanto, os trabalhos de revisão e adequação desses limites devem ser constantes. Qualquer defasagem é um risco em potencial.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

De acordo com a Resolução nº 03 do CONAMA, pode-se definir poluente atmosférico como:

*“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: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.”*

Os poluentes atmosféricos podem estar em estado sólido, líquido ou gasoso e podem ser divididos de acordo com sua composição em compostos de enxofre, compostos de nitrogênio, compostos orgânicos, monóxido de carbono, compostos halogenados, ozônio troposférico, material particulado, etc. Podem ser classificados de acordo com a sua origem em primários e secundários. Os poluentes primários são emitidos diretamente da fonte para a atmosfera, os principais poluentes deste grupo são: dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos e material particulado. Os poluentes secundários são produzidos através de reações químicas na atmosfera seja entre poluentes primários ou entre poluentes primários e constituintes naturais da mesma. São exemplos dessas substâncias: o ozônio troposférico, o peróxido de hidrogênio, o ácido sulfúrico, o ácido nítrico, o trióxido de enxofre e os nitratos. Sendo os poluentes primários precursores dos secundários, uma forma eficiente de se realizar o controle da poluição do ar é reduzir a emissão dos poluentes primários diretamente nas fontes, dificultando a formação dos poluentes secundários (VALLERO, 2007).

As fontes de emissão de poluentes podem ser classificadas em dois grandes grupos: fontes fixas ou estacionárias e fontes móveis. As fontes fixas

representam as indústrias, os processos de queima de resíduos, entre outros. As fontes móveis são os automóveis, caminhões, motos, aviões, barcos, trens, etc (DERÍSIO, 2007).

Outra forma de classificação se faz de acordo com a origem dos poluentes. Eles podem ser oriundos de processos naturais ou antropogênicos. As erupções vulcânicas, a ressuspensão de poeiras por meio da ação dos ventos, o *spray* marinho e o pólen das plantas são alguns exemplos de fontes naturais; já os poluentes oriundos de processos industriais, das atividades de agricultura e pecuária, de sistema de calefação ou equipamentos de refrigeração são classificados como de fonte antropogênica.

Existem condicionantes meteorológicos que podem ser desfavoráveis à dispersão de poluentes causando um acúmulo dos mesmos e conseqüentemente potencializando seus efeitos nocivos, tais condicionantes são: inversão térmica, comportamento dos ventos, chuvas, temperatura e estabilidade atmosférica.

Para se garantir o controle da qualidade do ar foram criados padrões que determinam um nível de concentração tido como seguro, ou seja, níveis cuja exposição não acarrete prejuízos.

## 2.2 MATERIAL PARTICULADO

Material particulado, muitas vezes descrito pelas siglas MP ou PM (esta última advinda do inglês), é a denominação que se dá a um conjunto de poluentes tais como poeiras, fumos, fumaças e todo o tipo de material tanto líquido quanto sólido que se mantenha em suspensão na atmosfera. Por definição, essas partículas possuem diâmetro máximo de 100  $\mu\text{m}$ , tendo em vista que diâmetros maiores não são capazes de se manter em suspensão e por consequência sedimentam pela ação da gravidade.

O tamanho das partículas está diretamente associado aos seus efeitos na saúde humana, quanto menor a partícula, maior a sua capacidade de penetrar no

sistema respiratório e de participar de trocas e processos químicos dentro do nosso organismo. Sendo assim quanto menor a partícula maior o risco que oferece à saúde.

De forma geral o material particulado está dividido em três categorias de acordo com seu tamanho. As partículas ultrafinas possuem diâmetro de até  $0,1 \mu\text{m}$ ; as partículas finas possuem diâmetro entre  $0,1 \mu\text{m}$  e  $2,5 \mu\text{m}$  e também são chamadas de partículas respiráveis, pois são capazes de penetrar no sistema respiratório atingindo brônquios e pulmões; por último temos as partículas grossas com diâmetro entre  $2,5 \mu\text{m}$  e  $10 \mu\text{m}$  que também são chamadas de partículas inaláveis, pois são passíveis de aspiração pelo sistema respiratório humano, mas em geral não chegam às partes inferiores do mesmo. Em estudos científicos é muito comum utilizar a denominação  $\text{MP}_{2,5}$  para as partículas de até  $2,5 \mu\text{m}$  de diâmetro (ou  $\text{PM}_{2,5}$  nos casos em que se emprega a sigla em inglês),  $\text{MP}_{10}$  (ou  $\text{PM}_{10}$ ) para se referir as partículas que tenham até  $10 \mu\text{m}$  de diâmetro e PTS para se referir às partículas totais em suspensão.

A exposição humana a partículas finas é maior, pois o índice de sedimentação delas é menor que o das partículas grossas, além disso, a remoção das partículas finas por meio de filtros é menos eficiente e necessita de materiais com tramas muito finas capazes de reter tais partículas.

Como supracitado, pode-se classificar os poluentes atmosféricos como primários e secundários, e o mesmo ocorre com o material particulado em suspensão. O material particulado primário é emitido diretamente pelas fontes, sejam elas naturais ou antropogênicas, e advém dos processos de combustão e de ressuspensão de poeiras, da erupção vulcânica, do *spray* marinho, de incêndios e de atividades industriais, sendo assim em geral as partículas grossas são de natureza primária. Já os poluentes secundários são resultados de reações químicas entre poluentes primários precursores. As partículas finas podem ser tanto poluentes secundários, já que se originam por meio de reações físico-químicas (como no caso dos processos de nucleação e condensação de outros compostos sobre partículas já existentes como sulfatos, nitratos e material carbonáceo), quanto poluentes primários, tendo em vista que podem ser geradas também em

processos de combustão presentes em indústrias e em veículos automotores (ALVES, 2005; SEINFELD, 1989).

A remoção das partículas em suspensão ocorre por, basicamente, dois processos: deposição seca e úmida. No caso da deposição seca ocorre a sedimentação das partículas tanto por impacto com outras superfícies quanto por meio da ação da gravidade, este processo é, portanto, mais eficiente na fração grossa do particulado. Por sua vez, a deposição úmida é um processo de lavagem da atmosfera decorrente dos efeitos de precipitação, neve ou neblina, em geral, havendo uma colisão inicial seguida por uma adesão e posterior deposição (VALLERO, 2008).

### 2.3 EFEITOS DA POLUIÇÃO E DO MATERIAL PARTICULADO NA SAÚDE

Um dos primeiros impactos perceptíveis da presença de material particulado se dá pelo efeito visual já que se deposita nos materiais, criando uma camada de sujeira que pode vir a causar corrosão, erosão e descoloração destes materiais. Quando em grandes concentrações, pode afetar também a visibilidade. Porém os impactos de maior preocupação nos ambientes laborais são os efeitos deletérios na saúde humana.

Com o advento da Revolução Industrial, e o consequente uso do carvão como fonte de energia, a sociedade passou a vivenciar notáveis avanços tecnológicos, mas também um considerável aumento na degradação do meio ambiente. Passou-se a observar ao longo da história diversos casos críticos que combinavam grande concentração de poluentes e condições climáticas desfavoráveis à dispersão de poluentes atmosféricos e que acarretavam aumento de doenças respiratórias, da morbidade e da mortalidade (WARK *et al.*, 1998; LOGAN, 1953; BAIRD, 2002; SHRENK, 1949).

Alguns casos são célebres como, por exemplo, os episódios de *smog* (nevoeiro decorrente da reação de poluentes na atmosfera, formado por ozônio

troposférico e outros contaminantes – junção das palavras inglesas *smoke* + *fog*) que ocorreram em Londres e Los Angeles. Em 1873, em Londres 268 mortes foram atribuídas a patologias respiratórias decorrentes de um episódio de *smog*. Na história mais recente (em 1952) e também em Londres, 4 000 mortes foram atribuídas à espessa nuvem de poluentes que cobriu a cidade, ocasionada por um processo de inversão térmica que impediu a dissipação e diluição dos mesmos. Observou-se que a maior parte dos óbitos foi de indivíduos com história prévia de bronquite crônica, enfisema e doenças cardiovasculares (WARK *et al.*, 1998; BAIRD, 2002, LOGAN, 1953).

Também na Inglaterra, porém em Manchester no ano de 1931, houve um episódio de nove dias de névoa espessa em que 592 pessoas morreram, número consideravelmente maior que a média histórica (WARK *et al.*, 1998).

Em 1948, na Pensilvânia, EUA, um episódio de *smog* que durou seis dias causou sintomas de doenças cardiorrespiratórias em metade da população. Neste período, 20 pessoas morreram e 10 anos após o episódio, observou-se que os indivíduos que apresentaram patologia aguda durante o incidente, tiveram uma taxa de morbidade e de morte precoce maior que a média da população (WARK *et al.*, 1949; SHERENK *et al.*, 1949).

Episódios agudos provocados pela poluição do ar ocorreram também no Brasil. Um exemplo foi em Bauru, em 1952, em que 150 pessoas apresentaram doenças respiratórias agudas ocasionadas por alergia ao pó da semente de mamona utilizada na fabricação de óleo. Durante este episódio 9 pessoas morreram (DERISIO, 2007).

Uma das principais evidências que relacionam a presença de materiais particulados com a deterioração da saúde humana advém de estudos estatísticos que correlacionam taxas de mortalidade com níveis de concentração do material particulado em suspensão (BAIRD, 2002).

Um dos mais célebres desses estudos foi realizado em seis cidades dos Estados Unidos (Harriman, Tennessee; Portage, Wisconsin; St. Louis, Missouri; Steubenville, Ohio; Topeka, Kansas; e Watertown, Massachusetts) em que cada



cidade representa locais com concentrações diferentes de poluentes. O artigo foi publicado em 1993 após cerca de 20 anos de trabalho. O principal objetivo era estimar os efeitos da poluição do ar na mortalidade enquanto se controlavam outros fatores de riscos tais como idade e o fato do indivíduo ser fumante ou não. Os principais resultados obtidos foram: as taxas de mortalidade são mais fortemente associadas com o hábito de fumar; após ajustes para fatores de risco (incluindo o hábito de fumar), observou-se uma robusta associação entre poluição do ar e mortalidade; a poluição do ar foi associada a óbitos por câncer de pulmão e por doenças cardiopulmonares; as partículas finas, incluindo sulfatos, obtiveram a maior associação com o aumento nas taxas de mortalidade, ou seja, dentre os poluentes analisados as partículas finas se mostraram as mais capazes de levar ao óbito (DOCKERY *et al.*, 1993).

Schwartz e Dockery (1992) fizeram um levantamento das mortes ocorridas entre 1973 e 1980 na Philadelphia e observaram uma significativa associação entre a mortalidade total e concentrações de particulado total em suspensão (PTS) e de dióxido de enxofre. Estimou-se que a taxa de mortalidade total aumenta em 7% a cada aumento de  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na concentração do PTS. Os efeitos do material particulado se mostraram mais intensos para os indivíduos acima de 65 anos.

Seaton *et al.* (1995) e Pope *et al.* (1995) observaram que um dos principais efeitos sistêmicos do material particulado no sistema circulatório é a formação de trombos, que podem levar a infartos e derrames cerebrais.

Ackermann-Liebrich *et al.* (1997) realizaram um estudo com indivíduos entre 18 e 60 anos de 8 cidades da Suíça e concluíram que dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e  $\text{MP}_{10}$ , em geral, emitidos pela queima de combustíveis fósseis, estão relacionados com decaimento nos parâmetros da função pulmonar.

Loomis *et al.* (1999) observaram que um aumento médio de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na concentração do  $\text{MP}_{2,5}$  durante três dias causou um aumento de 6,9% nas taxas de mortalidade infantil na Cidade do México.

Lin *et al.* (1999) estudaram a relação entre a poluição do ar e doenças respiratórias em crianças na cidade de São Paulo. Foram avaliadas as visitas

pediátricas em hospitais da cidade entre 1991 e 1993. A associação mais robusta foi observada entre visitas de crianças aos hospitais e aumentos nas concentrações de  $MP_{10}$ . Observou-se um aumento de mais de 20% nas idas ao hospital por conta de problemas respiratórios em crianças nos dias de maior poluição.

Zanobetti *et al.* (2000) estudaram a associação entre  $MP_{10}$  e admissão hospitalar por doenças de pulmão e coração em 10 cidades dos Estados Unidos. Observou-se aumento nas internações de 2,5% para doença pulmonar obstrutiva crônica, aumento de 1,95% nos casos de pneumonia e aumento de 1,27% nas doenças cardiovasculares para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na concentração de  $MP_{10}$ . No ano seguinte, Braga, Zanobetti e Schwartz (2001), publicam um artigo que estuda o aumento nas mortes nestas mesmas 10 cidades estudadas anteriormente. Para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $MP_{10}$  na média de 7 dias, associou-se um aumento de 2,7% nas mortes por pneumonia, aumento de 1,7% nas mortes por doença pulmonar obstrutiva crônica e 1,0% de aumento nas mortes por doenças cardiovasculares. Para um aumento de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $MP_{10}$  na média de 2 dias, associou-se um aumento de 0,7% de mortes por infarto no miocárdio. Os autores concluíram que as mortes relacionadas a problemas respiratórios estão mais associadas aos níveis de poluição nos dias antecedentes à morte, enquanto mortes por problemas cardiovasculares foram associadas às poluições nos dias em que essas mortes ocorreram.

Pope e seus colaboradores publicaram em 2002 o resultado de um estudo que avaliou mais de 500 000 pessoas em cerca de 51 distritos. De acordo com os pesquisadores, aumentos de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na concentração de material particulado fino aumenta a mortalidade em 4% (considerando todas as *causa mortis*), aumenta também o número de óbitos por doenças cardiopulmonares em 6% e aumenta em 8% o número de óbitos por câncer de pulmão.

Fung *et al.* (2005) observaram uma significativa associação entre admissões hospitalares por asma para pessoas acima de 65 anos e  $MP_{10}$ . Aumentos de um intervalo interquartil nas médias diárias de  $MP_{10}$  provocaram um aumento de 25% nas admissões hospitalares de pessoas acima de 65 anos e esse aumento foi de 26% se considerarmos médias de dois dias.

A poluição causada pela queima de combustíveis fósseis, em especial o diesel pode causar irritação nos olhos e nas vias respiratórias, dores de cabeça e náuseas, redução da capacidade pulmonar e conseqüentemente do desempenho físico, aumento da suscetibilidade a infecções e doenças cardiovasculares, agravamento de doenças crônicas no sistema respiratório, efeitos carcinogênicos e danos cerebrais, além de aumento nas taxas de mortandade e mortalidade e de atendimentos em hospitais e pronto socorros (SYDBOM, 2000; KÜNZLI, 2000; BUCKERIDGE et al., 2002; MORGAN et al., 2011; DOCKERY et al., 1993; PETERS et al., 1999).

A agência ambiental americana (EPA – United States Environmental Protection Agency) publicou em 2009 um estudo com mais de duas mil páginas contendo os principais avanços científicos unicamente acerca do material particulado. De acordo com o documento, exposições de curto prazo acarretam efeitos cardiovasculares, mortalidade e estão relacionados a efeitos respiratórios. Já a exposição de longo prazo, além dos danos já mencionados, acredita-se que pode trazer prejuízos como mortalidade infantil e baixo peso ao nascer. Há evidências que sugerem que alguns tipos de emissões, como a da queima de carvão, podem ser carcinogênicas, mutagênicas e/ou genotóxicas.

Em 2010, alguns cientistas em nome da Associação Americana do Coração publicaram uma revisão das principais descobertas científicas que relacionam material particulado em suspensão e doenças cardiovasculares. As principais conclusões a que chegaram foram: as exposições de longo tempo a  $MP_{2,5}$  aumentam os riscos de mortalidade cardiovascular ainda mais que as exposições de curto prazo e reduzem a expectativa de vida de alguns meses até a alguns anos; a exposição a curto prazo ao material particulado pode exacerbar doenças cardiovasculares já existentes e desencadear eventos cardiovasculares agudos e a longo prazo pode favorecer ou acelerar o aparecimento deste tipo de doença; há evidências que sugerem que o particulado é capaz de aumentar o desenvolvimento e a progressão de aterosclerose, além de ter efeitos sobre outras doenças cardiovasculares crônicas tais como hipertensão, insuficiência cardíaca e diabetes (BROOK *et al.*, 2010).

Estudos têm indicado uma possível relação entre poluição do ar e efeitos à saúde cada vez mais graves como deposição em órgãos extrapulmonares, queda do nível de aprendizagem infantil, Alzheimer, Parkinson, danos cerebrais, entre outros (OBERDÖRSTER e UTELL, 2002; CALDERÓN-GARCIDUEÑAS *et al.*, 2002; MORGAN *et al.*, 2011).

Genc *et al.* concluíram em seu artigo de 2011 que a exposição crônica à poluição do ar pode causar neuroinflamação, stress oxidativo, ativação microglial, disfunção vascular cerebral, alterações na barreira sangue-cérebro, danos ao sistema nervoso central e acelera a progressão de doenças neurodegenerativas. As partículas ultrafinas são capazes de penetrar nas células, chegar ao sistema circulatório e gerar stress oxidativo em órgãos como o coração e até o cérebro.

Também foram realizados estudos experimentais utilizando-se animais a fim de compreender melhor os efeitos do material particulado na saúde. Um desses estudos expôs ratos a uma concentração de 800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de fumaça oriunda da queima de carvalho durante 1 hora. Depois, tanto o grupo de controle quanto o grupo exposto à fumaça, foram expostos (por instilação intratraqueal) à bactéria *Staphylococcus aureus*. Nos indivíduos previamente expostos à fumaça, a bactéria se mostrou mais virulenta sugerindo que a fumaça tenha causado uma redução da resposta imunológica (BRAUER, 1999).

No final de 2013 experts do IARC (Agência Internacional para Pesquisa do Câncer em sua sigla em inglês), um grupo pertencente à Organização Mundial da Saúde (OMS), publicou um comunicado à imprensa seguido de um artigo na revista *The Lancet Oncology* em que declara que a poluição do ar em ambientes externos e que o material particulado são comprovadamente carcinogênicos para humanos, passando assim a fazer parte do Grupo 1, na classificação feita pela organização, juntamente com: arsênico, asbesto, benzeno, os vírus da hepatite B e C, exaustão de motores a diesel, entre outros. Observou-se que há um aumento no risco de desenvolver câncer de pulmão com o aumento da exposição ao material particulado e à poluição do ar, além de doenças respiratórias e do coração. (LOOMIS, 2013; IARC 2013; IARC, 2014).

## 2.4 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E DOENÇAS OCUPACIONAIS

Tendo em vista os diversos efeitos nocivos da poluição do ar e do material particulado mais especificamente, alguns pesquisadores se dedicaram a estudar a exposição laboral a estes elementos. Algumas doenças como a asma ocupacional e a rinite ocupacional têm sido amplamente estudadas. Atualmente o termo asma relacionada ao trabalho é menos usual, porém o mais recomendado tendo em vista que abrange duas situações distintas: a asma ocupacional em si que é decorrente da exposição especificamente no ambiente de trabalho e a asma agravada no mercado de trabalho, ou seja, o indivíduo sofre de asma pré-existente que piora por culpa das condições no trabalho. A asma ocupacional pode ter diversos agentes causadores que podem desencadear ou exacerbar a doença. Veterinários e tratadores de animais podem estar expostos aos pelos e epitélios de animais, padeiros e funcionários de moinhos estão expostos aos pós de cereais e farinhas, carpinteiros e marceneiros à serragem, trabalhadores de armazéns a insetos e ácaros de cereais, cabelereiros estão expostos a persulfatos, corantes e fumos (GALVÃO, 2005; LOMBARDO, BALMES, 2000).

Mendes (1979) estudou os antecedentes ocupacionais de 3 440 pacientes masculinos e adultos, internados por tuberculose em 27 Hospitais da Região Sudeste do Brasil. Identificaram-se 327 prováveis casos de silicotuberculose e 119 casos em que se observou pneumoconiose, doenças diretamente ligadas à exposição ocupacional. O autor estimou em 20 000 o número de indivíduos portadores de silicose na Região Sudeste do Brasil durante o ano de 1977 e concluiu que a silicose, como problema de saúde pública e como doença ocupacional, deveria merecer prioridade dos órgãos ocupacionais brasileiros. Vinte e oito anos se passaram desde a publicação de Mendes e a situação dos trabalhadores no Brasil não parece ter mudado tanto quando poderia. Santos *et al.* (2007) observaram que os trabalhadores de marmorarias de São Paulo estão expostos a altas concentrações de poeira extremamente fina, em especial quando se empregam as práticas de corte e acabamento a seco. Observou-se que no local do estudo as concentrações de sílica livre cristalizada eram 24 vezes maiores que o limite de tolerância estabelecido.

Outro poluente importante é o asbesto (também chamado de amianto), utilizado na indústria de fibrocimento (telhas de amianto, tubulações e caixas d'água), na indústria têxtil de amianto (fabricação de tecidos para confecção de luvas industriais e roupas para bombeiros, por exemplo), na fabricação de papéis (papéis isolantes, papelão hidráulico, papelão industrial e filtros), na indústria automobilística (pastilhas e lonas de freios para automóveis). A exposição a este poluente pode causar: asbestose (doença crônica pulmonar de origem ocupacional e de caráter irreversível e progressivo), câncer de pulmão, do trato gastrointestinal e mesotelioma (tipo de tumor maligno raro com período de latência de 30 anos e que afeta a pleura e o peritônio) (SCAVONE *et al.*, 1999).

Um caso de grande repercussão no Brasil, ocorreu na cidade de Cubatão, importante zona industrial. Entre 1983 e 1995 mais de mil trabalhadores da siderurgia foram afastados do trabalho por apresentarem alterações hematológicas decorrentes da exposição ambiental e ocupacional ao benzeno. Em um dos estudos realizados analisou-se uma série histórica de 5 anos de hemogramas de 328 trabalhadores, em 46,95% havia alterações hematológicas e em 15,85% dos casos as alterações eram persistentes (AUGUSTO, NOVAES, 1999; COSTA, 1996).

No intuito de tentar compreender a relação entre câncer e a industrialização, Faria *et al.* (1999) analisaram 8 546 casos de óbitos por câncer entre 1980 e 1993 na Baixada Santista. Os casos estudados compreendiam homens acima de 10 anos e o que se observou foi um excesso de mortalidade por câncer nessa região. Enquanto no Brasil a mortalidade geral por câncer e para todas as faixas etárias no ano de 1985 era de 87,8/100 000, no extrato populacional estudado, foi de 197,9/100 000, mais que o dobro. De acordo com os autores, a exposição aos poluentes ambientais da região, envolvendo a questão da exposição ocupacional, contribui para a alta taxa de mortalidade, tendo em vista a aglomeração de indústrias químicas, petroquímicas e siderúrgicas instaladas na região e geradoras de diversos tipos de poluentes carcinogênicos.

Em 1995, Wunsch e seus colaboradores concluíram que trabalhadores ligados aos setores de produção de diversos ramos industriais têm duas vezes o risco de desenvolver neoplasia pulmonar quando comparados aos trabalhadores de

atividades não industriais. Em outro estudo Wunsch *et al.* (1998) analisaram 56 indústrias na região metropolitana de São Paulo e concluíram que há risco de desenvolver câncer de pulmão nos trabalhadores da indústria de maquinaria. Há risco também para os trabalhadores de olaria e da indústria têxtil, porém observou-se que para longos tempos de exposição (10 anos ou mais).

## 2.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E PADRÕES DE QUALIDADE DO AR

Esta seção se destina a compreender melhor a evolução da legislação ambiental federal brasileira por meio do levantamento das principais normas no que tanguem à qualidade do ar, tendo como ênfase o material particulado em suspensão.

No Brasil a primeira legislação de âmbito federal a determinar o controle da poluição do meio ambiente seja ar, água ou solo, em prol da qualidade, ambiental foi o Decreto-Lei nº 1.413 de 1975. O documento estabelece que as indústrias devem promover as medidas necessárias para prevenir ou corrigir prejuízos ou inconvenientes provenientes da poluição e da contaminação do meio ambiente. Caso não haja o cumprimento do acima disposto, o Poder Executivo Federal poderá suspender o funcionamento do estabelecimento. Este mesmo Decreto-Lei determina que seja adotado um esquema de zoneamento urbano a fim de não agravar a situação de áreas já críticas, podendo haver inclusive realocação estratégica de algumas indústrias. Apesar de estabelecer que Estados e Municípios, dentro de suas competências, poderão estabelecer condições para o funcionamento de empresas, nesse momento nenhum parâmetro ou limite de emissão foi criado.

No ano seguinte, mais precisamente em 27 de abril de 1976, o agora extinto Ministério do Interior (MINTER), de forma pioneira no país, estabeleceu padrões de qualidade do ar por meio da Portaria nº 231. Esta norma definiu que os padrões de qualidade do ar representam as concentrações de poluentes atmosféricos que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o

bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente. Foram estabelecidos padrões e métodos de referência para quatro tipos de poluentes, sendo eles: Partículas em Suspensão, Dióxido de Enxofre, Monóxido de Carbono e Oxidantes Fotoquímicos. Ficou determinado que novos padrões ambientais deveriam ser estabelecidos quando houvesse mais informação científica acerca dos mesmos. Definiu-se também a elaboração de Planos de Emergência a serem aplicados em situações críticas, como períodos de inversão térmica, podendo ocorrer inclusive a redução das atividades das fontes poluidoras, tanto fixas quanto móveis, se necessário. As indústrias que causem ou possam causar poluição do ar devem enviar anualmente ao órgão estadual competente um relatório declarando o tipo de suas emissões gasosas ou particuladas e o equipamento antipoluidor que está sendo empregado. No que tange ao material particulado, esta Portaria determinou que as partículas em suspensão deveriam ter uma concentração geométrica anual de até 80 microgramas por metro cúbico e uma concentração máxima diária de 240 microgramas por metro cúbico, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Cinco anos depois de ter sido estabelecido o zoneamento industrial, entra em vigor a Lei 6.803 de 1980 que dispõem sobre as diretrizes básicas desse zoneamento. Essa norma também faz menção à criação de padrões ambientais que devem ser cada vez mais restritivos de acordo com o grau de saturação da zona em questão. Em 1981, criou-se um marco na legislação brasileira referente às questões ambientais, foi promulgada a Lei 6.938 que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente. De acordo com Júnior (2007), essa Lei foi uma resposta às pressões decorrentes da Conferência das Nações Unidas sobre o Homem e o Meio Ambiente (1972) que fez com que organismos multilaterais de financiamento (como o BIRD e o BID) passassem a exigir que componentes ambientais integrassem os estudos de viabilidade de empreendimentos de infraestrutura e de produção. Dentre outras deliberações, esta Lei atribui ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) a responsabilidade de estabelecer normas e padrões nacionais de controle da poluição.



A Resolução nº 18 do CONAMA publicada em 1986 foi a primeira norma a considerar as fontes móveis de poluição do ar. Esta Resolução estabeleceu metas para a redução de emissão de gases e material particulado emitidos por veículos automotores por meio da criação do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE. Os principais objetivos foram reduzir os níveis de emissão de poluentes, em especial nos centros urbanos, criar programas de inspeção e manutenção para veículos automotores, promover a melhoria das características técnicas dos combustíveis e o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automobilística quanto nas metodologias de medição de emissão de poluentes. Ainda referindo-se às fontes móveis foram criadas novas fases do PROCONVE em 2008 e 2009 pelas Resoluções CONAMA nº 403 e nº 415, respectivamente. Em 2009, a Resolução CONAMA nº 418 instituiu o Plano de Controle de Poluição Veicular (PCPV) como instrumento de gestão da qualidade do ar, em casos que se fizer necessário deve ser implementado um Programa de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso. A norma ainda determina novos limites de emissão veicular baseados no ano de fabricação dos veículos e no tipo de combustível utilizado.

Em 1989, por meio de Resolução do CONAMA, foi criado o PRONAR (Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar). Este programa, criado pela Resolução nº 05, passa a estabelecer um conjunto de estratégias, tais como: estabelecer limites máximos de emissão a ser lançada por fontes poluidoras específicas; adoção de padrões nacionais (primários e secundários) de qualidade do ar como ação complementar aos limites máximos de emissão; enquadramento de áreas em classes de acordo com os usos pretendidos a fim de se estabelecer uma política de não deterioração significativa da qualidade do ar; realização de monitoramento da qualidade do ar por meio da criação de uma Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar; gerenciamento do licenciamento de fontes de poluição do ar; criação de um inventário nacional de fontes e poluentes do ar. Além disso, foram criadas ações de curto, médio e longo prazo a serem tomadas para a implementação gradual do PRONAR. O grande problema é que não houve uma definição temporal de quanto tempo de fato é um prazo curto, ou um médio ou um longo. Sendo, portanto, um cronograma altamente subjetivo. Apesar da Resolução nº 05 ter traçado uma estratégia de ação e definido seus instrumentos de apoio e

operacionalização, ela não definiu de fato os padrões de qualidade a serem adotados, deixando indicado que estes seriam tema de Resoluções futuras.

O primeiro dispositivo legal proveniente da criação do PRONAR foi a Resolução do CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990, que revoga o disposto na Portaria nº 231 do MINTER e estabelece os padrões nacionais de qualidade do ar, que permanecem em vigor até hoje, para sete poluentes, sendo eles: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. Esta Resolução também estabelece os conceitos de Padrões Primários e Secundários de Qualidade do ar em que o primeiro se refere às concentrações de poluentes que, quando ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população, enquanto o segundo se refere às concentrações abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. É atribuído aos Estados o monitoramento da qualidade do ar e aos Estados e Municípios as providências a serem tomadas quando da ocorrência de Episódios Críticos de Poluição do Ar. Neste último caso, foram estabelecidos três níveis para a execução do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, são eles: nível de atenção, nível de alerta e nível de emergência.

Os elementos desta Resolução de maior interesse no momento são as partículas totais em suspensão e as partículas inaláveis. Para as partículas totais em suspensão foram adotados como padrão primário a concentração média geométrica anual de 80 microgramas por metro cúbico de ar e a concentração média de 24 horas de 240 microgramas por metro cúbico de ar, sendo que esta última não deve ser excedida mais de uma vez por ano. O padrão secundário para as partículas totais em suspensão foi determinado como a concentração média geométrica anual de 60 microgramas por metro cúbico de ar e a concentração média de 24 horas de 150 microgramas por metro cúbico de ar, sendo que a última não deve ser excedida mais de uma vez por ano. No que concerne às partículas inaláveis, foi determinado como padrão primário e secundário a concentração média aritmética anual de 50 microgramas por metro cúbico de ar e a concentração média de 24 horas de 150 microgramas por metro cúbico de ar, sendo que

novamente esta não deve ser excedida mais de uma vez por ano. O nível de atenção estabelecido para as partículas totais em suspensão foi de 375 microgramas por metro cúbico de ar e o estabelecido para as partículas inaláveis foi de 250 microgramas por metro cúbico de ar. O nível de alerta foi determinado como 625 microgramas por metro cúbico de ar para as partículas totais em suspensão e como 420 microgramas por metro cúbico de ar para as partículas inaláveis. Finalmente, o nível de emergência corresponde a 875 microgramas por metro cúbico de ar, no caso das partículas totais em suspensão, e 500 microgramas por metro cúbico de ar, no caso das partículas inaláveis. Em todos os casos (nível de atenção, alerta e emergência) considerou-se uma média de 24 horas de amostragem.

A Resolução nº 08 do CONAMA de 1993 veio a complementar a instituição do PROCONVE, estabelecendo limites máximos de emissão de poluentes para motores de veículos pesados novos tanto nacionais quanto importados. Foram cinco poluentes legislados: monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio, fumaça e partículas, sendo os dois últimos aplicáveis apenas para motores de ciclo Diesel.

Ainda em 1993 é promulgada a Lei nº 8.723 que obriga fabricantes de motores e de veículos automotores bem como fabricantes de combustíveis a tomar as devidas providências a fim de reduzir as emissões de monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, fuligem e material particulado. Apesar de seu ano de aprovação, esta Lei determina etapas que se estendem até o começo de 2002.

O CONAMA, por meio da resolução nº 264 de 1999, institui o processo de licenciamento de fornos de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos. Para isso também estabelece padrões de emissões atmosféricas para material particulado, óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, ácido clorídrico, cloro livre ( $Cl_2$ ), ácido fluorídrico e uma ampla gama de substâncias inorgânicas. Com a finalidade de se controlar o tipo de poluente gerado e emitido por esse processo. Esta Resolução determina que sejam realizadas análises quali-quantitativas dos elementos e substâncias inorgânicas presentes no pó retido pelos equipamentos de controle de poluição. Esta medida é de fundamental importância para a

preservação da saúde e qualidade de vida principalmente dos trabalhadores das empresas cimenteiras que realizam o co-processamento e dos moradores de áreas próximas.

Em 2002, regulamentou-se, por meio da Resolução CONAMA nº 316, os procedimentos e critérios a serem adotados nos sistemas de tratamento térmico de resíduos. Entre os limites de emissões estabelecidos está o de 70 miligramas por normal metro cúbico de material particulado total.

Outro fruto do PRONAR foi a Resolução nº 382 de 2006 que estabelece os limites máximos de emissões de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou cujo pedido de licença de instalação seja posterior à data de publicação desta Resolução no Diário Oficial da União (DOU), o que ocorreu em 02 de janeiro de 2007. As atividades previstas nesta nova Resolução são os processos de geração de calor a partir da: combustão externa de óleo combustível, combustão externa de gás natural, combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar, combustão externa de derivados da madeira e também os processos que emitem poluentes atmosféricos tais quais: uso de turbinas a gás para geração de energia elétrica, refinamento de petróleo, fabricação de celulose, procedimentos de fusão secundária de chumbo, processos da indústria de alumínio primário, fornos de fusão de vidro, indústria do cimento *Portland*, indústria siderúrgicas integradas e semi-integradas e usinas de pelletização de minério de ferro, produção de fertilizantes, ácido fosfórico, ácido sulfúrico e ácido nítrico. É importante ressaltar que os processos de geração de calor que não foram abrangidos por esta nova Resolução deverão seguir o já estabelecido na Resolução CONAMA nº 08 de 1990.

Em 2011, a Resolução nº 382/06 foi atualizada pela Resolução nº 436 em que novos limites máximos de emissão foram fixados para as mesmas fontes fixas previstas na Resolução de 2006 (com exceção da alteração do termo “combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar” para o mais abrangente “combustão externa de biomassa de cana-de-açúcar”). Os novos limites passam a valer para as fontes instaladas ou com pedido de licença de instalação anterior a 02 de janeiro de 2007. Diversos padrões previstos da Resolução nº 436 são mais brandos que os previstos na Resolução nº 382, sendo assim os empreendedores licenciados antes de 02 de janeiro de 2007 puderam se adequar melhor aos padrões estabelecidos

apesar de sua tecnologia empregada não ser tão recente e, conseqüentemente, tão eficiente.

É possível perceber que as últimas duas Resoluções citadas apresentam uma maior preocupação com a geração ou exaustão de material particulado por meio de fornos, dutos e chaminés. Além da preocupação com veículos automotores, outro ponto de destaque na legislação brasileira acerca dos padrões de qualidade do ar são os ambientes interiores climatizados. A primeira legislação a abordar este tema foi a Portaria do Ministério da Saúde nº 3.523 de 1998, ela define métodos de controle e diretrizes dos projetos de instalação, execução e manutenção dos sistemas de climatização, entre eles, um Plano de manutenção, Operação e Controle (PMOC) para sistemas com capacidade acida de 5 TR. Complementando a Portaria anterior, primeiramente veio a Resolução ANVISA nº 176 de 2000 que posteriormente foi atualizada pela Resolução ANVISA nº 09 de 2003, assim estabeleceram-se padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, além de se definirem os métodos analíticos a serem utilizados. Alguns dos parâmetros abordados por esta legislação são: contaminação microbiológica, dióxido de carbono, aerodispersóides totais (devendo estar em concentração menor que 80 microgramas por metro cúbico de ar), temperatura, umidade relativa, velocidade do ar.

A única norma voltada de fato para os ambientes laborais é a NR 15 que trata das atividades e operações insalubres. A norma estabelece o termo “Limite de Tolerância” como a concentração ou intensidade máxima ou mínima relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador durante a sua vida laboral. Em seu Anexo nº 12, determina os limites de tolerância às poeiras minerais. Os elementos previstos por este anexo são: asbesto, manganês e seus compostos e sílica livre cristalizada. No Anexo nº 11, a norma estabelece diversos agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limites de tolerância, alguns deles podem ser encontrados na forma de particulado ou estar presentes na composição destes. Caso as concentrações no local de trabalho excedam as indicadas nestes anexos a atividade será considerada insalubre, sendo assegurado ao trabalhador o direito de

um adicional sobre o salário mínimo, proporcional ao grau de insalubridade observado.

### 3 METODOLOGIA

Para a realização do presente estudo, foi realizada uma revisão bibliográfica que se baseia principalmente nas pesquisas científicas realizadas em diversos países e publicadas em revistas de reconhecimento internacional, com ênfase nos efeitos epidemiológicos do material particulado e na relação entre a exposição laboral a poluentes atmosféricos e efeitos deletérios a saúde.

Em seguida foi feito um levantamento do histórico e uma análise crítica da legislação federal brasileira que aborda o tema da qualidade do ar, dando-se maior destaque ao material particulado.

Com base nos dados obtidos, discutiu-se a adequação entre o que é exigido pela legislação brasileira em vigor e as descobertas científicas, as recomendações de órgãos internacionais e os padrões estabelecidos por diversos países. Ou seja, pretendeu-se compreender se as precauções, os padrões de qualidade e os limites de exposição previstos pelas normas adotadas no país são adequados e capazes de garantir a segurança, o bem-estar e a qualidade de vida da população, especialmente dos trabalhadores que venham a se encontrar, durante sua jornada laboral, em ambientes críticos em termos de qualidade do ar.

Os principais pontos observados foram se os elementos apontados como danosos à saúde são considerados pela legislação federal, se existem níveis de exposição claramente definidos para esses elementos, se existem padrões de exposição para tais elementos que considerem a exposição laboral e se os níveis de exposição adotados pelas normas em vigor estão dentro do que é recomendado pelas pesquisas científicas e pelos órgãos internacionais.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

É possível perceber que há uma maior preocupação por parte das legislações ambientais em regular a geração ou exaustão de poluentes, como o material particulado, principalmente em processos industriais (especialmente os que apresentam fornos e chaminés) e em veículos automotores. Mais recentemente, veio a preocupação por parte da ANVISA com os ambientes internos artificialmente climatizados, tendo em vista a chamada síndrome dos edifícios doentes em que a má manutenção ou as falhas nos sistemas de aquecimento, ventilação ou refrigeração podem causar um acúmulo de poluentes nos ambientes internos que podem ser prejudiciais às pessoas. A única norma de fato voltada ao ambiente de trabalho é a NR-15 que, em seus Anexos nº 11 e 12, aborda alguns poluentes atmosféricos que podem estar presentes no ambiente laboral e apresentar risco à saúde dos trabalhadores.

Alguns pontos de interesse podem ser destacados na legislação ambiental. O primeiro ocorreu em 1975, com o Decreto-Lei nº 1.413 que determina que é de responsabilidade das indústrias prevenir ou corrigir os prejuízos ou inconvenientes gerados pela contaminação ou poluição do meio ambiente. Sendo assim, as indústrias são responsáveis pela poluição do ar que geram e devem tomar as medidas de controle adequadas a fim de minimizar os prejuízos causados. Para isso se faz necessário estabelecer os limites que separam as emissões que causam prejuízos e precisam ser prevenidas ou remediadas daquelas emissões inevitáveis e toleráveis, ou seja, desde a gênese da legislação ambiental a definição de padrões se faz fundamental.

Dada a sua importância, a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938 de 1981) estabelece os padrões de qualidade do ar como um dos instrumentos da política ambiental. Esses padrões devem refletir os conhecimentos científicos da época acerca dos agentes poluidores bem como a tecnologia disponível e economicamente viável, porém, de acordo com as boas práticas ambientais, conforme novas tecnologias são desenvolvidas e conforme se conhecem melhor os efeitos e mecanismos desses agentes, os padrões devem ser revistos. Não é o que



ocorre no Brasil cuja legislação muitas vezes deixa a desejar ao permitir exposições a certas substâncias com base em padrões permissíveis ou com a completa ausência de padrões, outro ponto crítico é a demora e a falta na atualização dos padrões à medida que novas descobertas são feitas ou que órgãos de importância global passam a recomendar níveis de exposição mais restritivos.

A primeira norma de padrões de qualidade do ar data de 1976 e estabeleceu valores apenas para quatro poluentes: partículas em suspensão, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos. Esta norma foi revogada e substituída pela Resolução CONAMA nº 03 em 1990, ou seja, 14 anos depois. A Resolução CONAMA trouxe alguns avanços como estabelecer padrões primários e secundários bem como ampliar a gama de poluentes previstos para sete, a saber: partículas totais em suspensão, fumaça, partículas inaláveis (MP<sub>10</sub>), dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio e dióxido de nitrogênio. Esses padrões foram estabelecidos em 1990 e até o presente momento, 24 anos depois, não foram atualizados. Também não há um procedimento específico e formalmente estabelecido que determine sua revisão.

A serviço do Instituto de Energia e Meio Ambiente (IEMA), Santana *et al.* (2012) realizaram um estudo acerca dos padrões de qualidade do ar comparando a realidade brasileira com a de outros países e com as recomendações da OMS. Em diversos pontos, observou-se a defasagem da nossa legislação. Foi constatado que diversos países (e. g. Peru, México, Estados Unidos, Canadá, membros da União Européia, Reino Unido, Japão e Índia) adotam valores de referência para o MP<sub>2,5</sub>, o que ainda não ocorre no Brasil. O padrão brasileiro (tanto primário quanto secundário) para o MP<sub>10</sub> é de 150 µg/m<sup>3</sup> na média diária (24h), o mesmo valor adotado pelos Estados Unidos, mas países como Japão, Coreia do Sul e Índia adotam 100 µg/m<sup>3</sup>. Já a União Europeia, o Reino Unido, a Suíça, a Austrália e a Nova Zelândia têm 50 µg/m<sup>3</sup> como padrão, ou seja, um terço do valor estabelecido pelo padrão brasileiro.

A Resolução nº 03 é uma referência para o ar ambiente de maneira geral, sem ser específico para ambientes internos ou para postos de trabalho e também sem considerar o tempo de exposição. Nas demais normas, podemos perceber uma maior preocupação com as emissões de fontes fixas, como processos de

combustão, de tratamento térmico e co-processamento; e de fontes móveis, ou seja, veículos automotores. Essas normas se referem às emissões nas saídas de chaminés, fornos ou escapamentos e não fazem menção especificamente às possíveis concentrações nos ambientes laborais.

Uma norma que pode ser aplicada em alguns locais de trabalho é a Resolução nº 09 da ANVISA de 2003 que versa sobre os padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. A norma considera: contaminação microbiológica; dióxido de carbono; material particulado total em suspensão; temperatura; umidade; taxa de renovação do ar e grau de pureza do ar. Determina ainda o uso de filtros específicos, um calendário de limpeza, medidas de avaliação e controle e os métodos analíticos a serem adotados. Mas em nenhum momento cita as partículas finas, que como vimos são altamente prejudiciais, nem discorre acerca da composição do material particulado, que pode apresentar elementos tóxicos. Enquanto a Resolução nº 03 do CONAMA estabelece para as partículas totais em suspensão uma média diária um padrão primário de  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e um padrão secundário de  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ambos podendo ser ultrapassados uma vez ao ano) e uma média geométrica anual de até  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o padrão primário e de até  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o secundário, a Resolução nº 09 da ANVISA estabelece para este mesmo parâmetro uma concentração máxima de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nos ambientes climatizados artificialmente. É importante ressaltar que a amostragem definida pela resolução da ANVISA não determina um tempo de amostragem e sim uma vazão que fique entre 50 litros e 400 litros com uma taxa de vazão entre 1,0 e 3,0 litros/minuto.

Dentre as normas existentes, a única feita especialmente pensando na saúde e na qualidade de vida dos trabalhadores e que se refere ao material particulado é a NR-15, cuja gênese data de 1978 e sua última atualização data de 2011. A norma em questão trata das atividades e operações consideradas insalubres. Esta norma estabelece “Limites de Tolerância” que determinam a concentração máxima, relacionada tanto com a natureza quanto com o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador durante sua vida laboral. É importante ressaltar que a norma não define critérios de exposição às partículas totais em suspensão (PTS) ou ao  $\text{MP}_{10}$  ou ao  $\text{MP}_{2,5}$ , ou seja, ela não

trata diretamente do material particulado e sim de algumas substâncias específicas que podem se encontrar na forma de particulado em suspensão. Dentre outros agentes a norma trata, em seu Anexo nº 12, da exposição ao asbesto, ao manganês e seus compostos e à sílica livre cristalizada. Outros agentes poluidores, presentes no Anexo nº 13, têm seu grau de insalubridade determinado de acordo com a atividade realizada e não de acordo com as concentrações de fato observadas, alguns exemplos destes agentes são: arsênico, carvão, chumbo, cromo, fósforo, mercúrio, etc.

Rocha *et al.* (2011) realizaram uma análise crítica da legislação brasileira de segurança e saúde ocupacional com ênfase na exposição a agentes químicos. Os autores destacam que desde o estabelecimento da NR-15, em 1978, os limites de tolerância não foram alterados. Foram identificadas 38 substâncias cuja toxicidade é reconhecida por organismos internacionais e que não são abrangidas pela norma brasileira. Segundo os autores, outras substâncias têm seus limites de tolerância extremamente defasados como é o caso do 1,3 butadieno em que o padrão brasileiro é 780 vezes maior que os valores recomendados internacionalmente.

Na tentativa de cobrir algumas lacunas deixadas pela NR-15, a NR – 9, que estabelece a obrigatoriedade de elaboração e implementação do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) para empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, institui em seu item 9.3.5.1 letra c) que na ausência de valores de limites de exposição ocupacional previstos na NR – 15 devem-se adotar os valores estipulados pela ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). É importante observar que essa medida só se aplica nos casos não previstos pela NR-15, ou seja, a defasagem da norma brasileira por conta da falta de atualizações continua sendo um problema importante. Outro ponto de alta relevância é que em nenhum momento a norma explicita como devem ser feitas as adequações dos valores propostos pela norma americana à realidade brasileira. Os limites de exposição definidos pela ACGIH (2011) consideram uma jornada de trabalho de 8 horas diárias e 40 horas semanais, já a legislação brasileira, de acordo com o Inciso XIII do artigo 7 da Constituição Federal, determina que a duração de trabalho normal no Brasil deve

ser de 8 horas diárias e de até 44 horas semanais. Ou seja, ao simplesmente adotarmos o valor de concentração estipulado pela ACGIH e aplicá-lo para a jornada de trabalho brasileira coloca-se em risco a segurança do trabalhador tendo em vista que ao fim da semana a sua dose de exposição será maior do que a pretendida pela norma. Alguns podem achar conveniente simplesmente adequar os limites de tolerância em função da jornada de trabalho por uma simples regra de três. Mas este procedimento implica considerar a relação dose-resposta como linear, o que pode não ser o caso. Portanto, é impreterível que a legislação defina claramente os mecanismos de adequação da norma estrangeira à realidade brasileira ou, na melhor das hipóteses, fazer valer a autonomia brasileira para estabelecer suas próprias normas.

É importante destacar também que a norma da ACGIH se encontra disponível para compra e apenas em inglês. Existe uma versão traduzida pela Associação Brasileira de Higiene Ocupacional (ABHO), mas está disponível apenas em versão impressa também para compra. Como a norma americana é revista anualmente há uma defasagem entre a publicação da norma no original em inglês e sua disponibilização traduzida pela ABHO. Ou seja, não há um livre acesso a essas normas de forma gratuita e em português, o que dificulta o acesso às mesmas e conseqüentemente a sua implementação. Moreira (2010) ao analisar a exposição ocupacional a agentes químicos realizou um questionário avaliando 30 empresas de pequeno e médio porte. De acordo com os resultados todas as empresas declararam haver exposição dos empregados a substâncias químicas bem como a existência de PPRA atualizado, porém a totalidade das empresas declarou usar apenas a NR 15 como referência nas avaliações do PPRA, sem consultar a norma da ACGIH. Isso demonstra a fragilidade da norma brasileira e expõe as lacunas advindas desta situação.

Como visto anteriormente, o material particulado é um fator de risco para o desenvolvimento de diversas doenças, inclusive de cunho ocupacional como a silicose, chegando a aumentar as taxas de mortalidade. E é inegável que o estabelecimento de normas e padrões cada vez mais rigorosos de emissões e de qualidade do ar se torna uma importante ferramenta de gestão ambiental e controle e segurança operacional que incentivam a adoção e a criação de processos de

produção mais limpos e eficientes e de sistemas de controle mais sofisticados. Além de inculcar a cultura da melhoria contínua e promover o alinhamento das indústrias e das empresas às melhores práticas ambientais e de higiene e segurança ocupacional. O monitoramento do ar em ambientes internos deveria ocorrer sempre que houver geração de material particulado dentro do ambiente ou próximo a ele, de forma que venha a adentrar no ambiente interno e seja passível de um processo de acumulação dentro do mesmo. Alguns casos podem ser identificados de forma inclusive visual como a observação da presença de sujidades e poeiras.

É importante ressaltar que a melhoria nas questões de segurança, saúde e meio ambiente de trabalho não só aumentam a produtividade como também reduzem o custo final do produto, já que diminuem as interrupções no processo, o absenteísmo dos trabalhadores e as doenças ocupacionais. Sendo assim se faz imperativa a definição de normas claras e completas que regulamentem a exposição ao material particulado nos ambientes de trabalho.

Atualmente há a necessidade de se conhecer melhor os tipos de exposição à poluição atmosférica em cada posto de trabalho, tanto de forma quantitativa como qualitativa. Estar exposto a partículas grossas e constituídas de material inerte, ou seja, com grande probabilidade de serem expelidas pelo próprio organismo e com chances menores de reagir com as células do corpo pode ser muito diferente de estar exposto a um material particulado fino constituído de material tóxico ou altamente reativo. Sendo assim, é necessário compreender se a poeira a que um trabalhador de uma marmoraria está exposto é capaz de lhe ser nociva, se ao lixar uma parede sem qualquer tipo de proteção um pintor pode desenvolver doenças crônicas, se ao trabalhar em uma siderúrgica a composição do material particulado ao qual o trabalhador está exposto pode lhe ser mais danoso do que a exposição sofrida por um professor que respira pó de giz quase que diariamente. Estabelecer relações apuradas de dose-resposta é outro desafio a ser vencido, assim é preciso investir em pesquisas que se dediquem a elucidar esses temas e concomitantemente criar ferramentas que atualizem as normas existentes de acordo com o avanço no conhecimento científico. Essas medidas são de

fundamental importância no desenvolvimento de um ambiente de trabalho saudável, seguro e preocupado com as questões de higiene e saúde ocupacionais.

Ao se considerar novos padrões de qualidade do ar devem-se incorporar valores máximos para o material particulado fino ( $MP_{2,5}$ ) às normas já existentes e também ao se falar de material particulado, considerar não só o seu diâmetro aerodinâmico como também sua composição e toxicidade. É fundamental estabelecer protocolos e estratégias de monitoramento da qualidade do ambiente interior tornando as análises de material particulado mais comuns e constantes nos diversos ambientes de trabalho. É necessário também estabelecer diretrizes de revisão dos padrões considerando as práticas adotadas em órgãos internacionais, o avanço no conhecimento científico e informações advindas de órgãos e entidades de saúde, que devem participar de forma efetiva neste processo. Além de estabelecer padrões, é preciso explicitar as sanções e penalidades cabíveis aos que descumprirem as normas estabelecidas.

## 5 CONCLUSÃO

Com o intuito de preservar a saúde e a qualidade de vida dos trabalhadores e primando pelas melhores práticas de higiene ocupacional, faz-se necessária uma nova e atualizada legislação de qualidade do ar com padrões específicos para os ambientes laborais. Tal norma deverá considerar as partículas totais em suspensão, bem como suas frações respiráveis e inaláveis e abordar não só o tamanho aerodinâmico das partículas como também a sua composição química, estabelecendo limites de exposição às substâncias tóxicas que podem estar presentes na constituição das mesmas. A norma deve também estabelecer de forma clara as metodologias analíticas a serem empregadas na mensuração desses parâmetros (e. g. tempo de amostragem, filtros a serem utilizados, técnicas a serem empregadas durante a coleta e a análise), bem como estabelecer a periodicidade com que as amostragens devem ser realizadas. Seria interessante também atribuir um grau de risco às atividades ou aos postos de trabalho e, nos casos em que o material particulado se apresentar como um risco iminente, estabelecer a implantação de um plano de ação que considere a elaboração de relatórios técnicos que incluam os resultados das amostragens periódicas e as medidas de controle que estão sendo adotadas.

Essas medidas trariam não só mais qualidade de vida para o trabalhador como também reduziriam o impacto ambiental da atividade em questão. Entretanto, ter uma norma clara, abrangente e atualizada de nada serve se não for efetiva e eficazmente posta em prática, por isso as atividades de fiscalização são de suma importância. É necessário comprovar que o trabalhador se encontra em um ambiente saudável e, caso não haja o devido respeito às normas, aplicar as sanções e penalidades cabíveis e previamente determinadas.

Sugere-se ainda criar e proporcionar subsídios e incentivos a pesquisas que se proponham a melhor compreender as relações dose-resposta e os mecanismos de atuação no organismo do material particulado e seus componentes bem como conhecer os diferentes tipos de poluição atmosférica correspondentes a cada posto de trabalho, podendo assim estabelecer parâmetros mais acurados e que respeitem a saúde e o bem-estar do trabalhador. Outro ponto que deve receber a atenção das indústrias e dos órgãos de fomento à pesquisa é o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes de remoção do material particulado nas mais diversas atividades.

## REFERÊNCIAS

ACGIH. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Tradução ABHO - Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais, 2011.

ACKERMANN-LIEBRICH, U.; LEUENBERGER, P.; SCHWARTZ, J.; SCHINDLER, C.; MONN, C.; BOLOGNINI, G.; BONGARD, J. P.; BRÄNDLI, O.; DOMENIGHETTI, G.; ELSASSER, S.; GRIZE, L.; KARRER, W.; KELLER, R.; KELLER-WOSSIDLO, H.; KÜNZLI, N.; MARTIN, B. W.; MEDICI, T. C.; PERRUCHOUD, A. P.; SCHÖNI, M. H.; TSCHOPP, J. M.; VILLIGER, B.; WÜTHRICH, B.; ZELLWEGER, J. P.; ZEMP, E. Lung function and long term exposure to air pollutants in Switzerland. Study on air pollution and lung diseases in adults (SAPALDIA) team. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, v. 155, n. 1, p. 122-129, 1997.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução - RE nº 176, de 24 de outubro de 2000. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/scriptsweb/anvisa/legis/VisualizaDocumento.asp?ID=136&Versao=1>>. Acessado em: 05 fev. 2014

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Resolução - RE nº 9, de 16 de janeiro de 2003. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d094d3004e5f8dee981ddcd762e8a5ec/Resolucao\\_RE\\_n\\_09.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d094d3004e5f8dee981ddcd762e8a5ec/Resolucao_RE_n_09.pdf?MOD=AJPERES)>. Acessado em: 05 fev. 2014

ALVES, C. Aerossóis atmosféricos: perspectiva histórica, fontes, processos químicos de formação e composição orgânica. Quim. Nova, São Paulo, v. 28, n.5, p. 859-870, set.-out. 2005.

AUGUSTO, L. D. S.; NOVAES, T. C. P. Ação médico-social no caso do benzenismo em Cubatão, São Paulo: uma abordagem interdisciplinar. Cad. Saúde Pública, v. 15, n. 4, p. 729-738, out.-dez. 1999.

BAIRD, C. Química Ambiental .Tradução de: Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2. ed. Bookman, 2002.



BRAGA, A. L.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J. The lag structure between particulate air pollution and respiratory and cardiovascular deaths in 10 U.S. cities. *J Occup Environ Med.* v. 43, n. 11, p. 927-933, nov. 2001.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm)>. Acessado em: 29 jan. 2014

BRASIL. Decreto-Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Disponível em: <<http://legis.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=122915>>. Acessado em: 29 jan. 2014.

BRASIL. Lei nº 6.803, de 2 de julho de 1980. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6803.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6803.htm)>. Acessado em: 29 jan. 2014.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acessado em: 29 jan. 2014.

BRASIL. Lei nº 8.723, de 28 de outubro de 1993. Dispõe sobre a redução de emissão de poluentes por veículos automotores e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l8723.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8723.htm)>. Acessado em: 03 fev. 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998. Diário Oficial da União, Brasília, 31/08/1998. Seção 1; 40-42.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 15 - Atividades e operações insalubres. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20\(atualizada\\_2011\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DF396CA012E0017BB3208E8/NR-15%20(atualizada_2011).pdf)>. Acessado em: 05 fev. 2014

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr\\_09\\_at.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF1CA0393B27/nr_09_at.pdf)>. Acessado em: 14 mar.. 2014

BRAUER, M.; Health impacts of biomass air. Health guidelines for vegetation fire events, p. 186-220, Lima, peru, 1998. Geneva, WHO, 1999.

BROOK, R. D., RAJAGOPALAN, S.; POPE, A.; BROOK, J. R.; BHATNAGAR, A.; DIEZ-ROUX, A. V.; HOLGUIN, F.; HONG, Y.; LUEPKER, R. V.; MITTLEMAN, M. A.; PETERS, A.; SISCOVICK, D.; SMITH, S. C.; WHITSEL, L.; KAUFMAN, J. D. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, v. 121, n. 21, p 2331-2378, 1 jun. 2010.

BUCKERIDGE, D.; GLAZIER, R.; HARVEY, B. J.; ESCOBAR, M.; AMRHEIN, C.; FRANK, J. Effect of motor vehicle emissions on respiratory health in na urban area. *Environ. Health Perspect.*, v. 110, n.3, p. 293-300, mar. 2002.

CALDERÓN-GARCIDUEÑAS, L.; AZZARELLI, B.; ACUNA, H.; GARCIA, R.; GAMBLING, T. M.; OSNAYA, N.; MONROY, S.; TIZAPANTZI, M. R.; CARSON, J.; VILLARREAL-CALDERON, A.; REWCASTLE, B. Air Pollution and Brain Damage. *Toxicologic Pathology*, v. 30, n. 3, p. 373-389, 2002.

CONAMA. Resolução nº 03, de 22 de agosto de 1990. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acessado em: 29 jan. 2014.

CONAMA. Resolução nº 05, de 15 de junho de 1989. Institui o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res89/res0589.html>>. Acessado em: 29 jan. de 2014.

CONAMA. Resolução nº 08, de 31 de agosto de 1993. Complementa a Resolução nº 08/86, que institui em caráter nacional, o Programa de Controle da poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE, estabelecendo limites máximos de

emissão de poluentes para os motores destinados a veículos pesados novos, nacionais e importados. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res93/res0893.html>>. Acessado em: 03 fev. 2014

CONAMA. Resolução nº 18, de 6 de maio de 1986. Institui, em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res1886.html>>. Acessado em: 29 jan. 2014.

CONAMA. Resolução nº 264, de 26 de agosto de 1999. Licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer para atividades de co-processamento de resíduos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=262>>. Acessado em: 04 fev. 2014.

CONAMA. Resolução nº 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=338>>. Acessado em: 04 de fev. de 2014.

CONAMA. Resolução nº 382, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>>. Acessado em: 04 fev. 2014.

CONAMA. Resolução nº 403, de 11 de novembro de 2008. Dispõe sobre a nova fase de exigência do programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - PROCONVE para veículos pesados novos (Fase P-7) e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=591>>. Acesso em: 04 fev. 2014.

CONAMA. Resolução nº 415, de 24 de setembro de 2009. Dispõe sobre a nova fase (PROCONVE L6) de exigências do Programa de Controle da Poluição do Ar

por Veículos Automotores PROCONVE para veículos automotores levar novos e de uso rodoviário e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=615>>. Acesso em: 04 fev. de 2014.

CONAMA. Resolução nº 418, de 25 de novembro de 2009. Dispõe sobre critérios para a elaboração de Planos de Controle de Poluição Veicular - PCPV e para a implantação de Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M pelos órgãos estaduais e municipais de meio ambiente e determina novos limites de emissão e procedimentos para a avaliação do estado de manutenção de veículos em uso. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=618>>. Acessado em: 04 fev. 2014.

CONAMA. Resolução nº 436, de 22 de dezembro de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>>. Acessado em: 04 fev. 2014.

COSTA, D. Relatório da análise de hemogramas dos trabalhadores da Coqueria e Carboquímicos da Cosipa. Ministério do Trabalho. 1996.

DERISIO, J. C. Introdução ao controle da poluição ambiental. 3. ed. Signus, 2007.

DOCKERY, D. W.; POPE, C. A.; XU, X.; SPENGLER, J. D.; WARE, J. H.; FAY, M. E.; FERRIS, B. G.; SPEIZER, F. E. An association between air pollution and mortality in six U. S. cities. NEJM, v. 329, n. 24, p. 1753-1759, 9 dez. 1993.

EPA. Integrated Science Assessment for Particulate Matter. National Center for Environmental Assessment - RTP Division. Office of Research and Development. U. S. Environmental Protection Agency 2009.

FARIA, M. A. M.; ALMEIDA, J. W. R.; ZANETTA, D. M. T. Mortalidade por câncer na região urbano-industrial da Baixada Santista, SP (Brasil). Revista de Saúde Pública, v. 33, n. 3, p. 255-261, jun. 1999.

FUNG, K. Y.; LUGINAAH, I.; GOREY, K. M.; WEBSTER, G. Air pollution and daily hospitalization rates for cardiovascular and respiratory diseases in London, Ontario. *Int J Environ Stud*, v. 62, n. 6, p. 677-685, 1 dez. 2005.

FUNG, K. Y.; LUGINAAH, I.; GOREY, K. M.; WEBSTER, G. Air pollution and daily hospitalization rates for cardiovascular and respiratory diseases in London, Ontario. *Int J Environ Stud*, v. 62, n. 6, p. 677-685, 1 dez. 2005.

GALVÃO, C. E. S.; Asma e rinite ocupacionais - visão imunoalérgica. *Rev. Bras. Alerg. Immunopatol.*, v. 33, n. 1, p. 02-07, 2010.

GENC, S.; ZADEOGLULARI, Z.; FUSS, S. H.; GENC, K. The adverse effects of air pollution on the nervous system. *Journal of Toxicology*, v. 2012, 2012.

IARC. Agents classified by the IARC Monographs, Volumes 1-109. 14 jan. 2014. Disponível em: <<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsGroupOrder.pdf>>. Acesso em: 07 mar. 2014.

IARC. Press Release nº 221. 17 out. 2013. Disponível em: <[http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/media-centre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf)>. Acesso em: 07 mar. 2014

KÜNZLI, N.; KAISER, R.; MEDINA, S.; STUDNICKA, M.; CHANEL, O.; FILLIGER, P.; HERRY, M.; HORAK, F. JR.; PUYBONNIEAUX-TEXIER, V.; QUÉNEL, P.; SCHNEIDER, J.; SEETHALER, R.; VERGNAUD, J. C.; SOMMER, H. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet*, v. 356, n. 9232, p. 795-801, set. 2000.

LIN, C. A.; MARTINS, M. A.; FARHAT, S. C.; POPE, C. A.; CONCEIÇÃO, G. M.; ANASTÁCIO V. M.; HATANAKA, M.; ANDRADE, W. C.; HAMAUE, W. R.; BÖHM, G. M.; SALDIVA, P. H. Air pollution and respiratory illness of children in São Paulo, Brasil. *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, v. 13, n. 4, p. 475-488, 1999.

LOGAN, W. P. D. Mortality in London fog incident. *Lancet*, v. 1, p. 336-338, 1953.

LOMBARDO, L. J.; BALMES, J. R. Occupational asthma: A review. *Environ Health Perspect*, v. 108, n. 4, p. 697-704, 2000.

LOOMIS, D.; CASTILLEJOS, M.; GOLD, D. R.; MCDONNELL, W.; BORJA-ABURTO, V. H.; Air pollution and infant mortality in Mexico City. *Epidemiology*, v. 10, n. 2, p. 118-123, mar. 1999.

LOOMIS, D.; GROSSE, Y.; LAUBY-SECRETAN, B.; GHISSASSI, F.; BOUVARD, V.; BENBRAHIM-TALLAA, L.; GUHA, N.; BANN, R.; MATTOCK, H.; STRAIF, K. The carcinogenicity of outdoor air pollution. *The Lancet oncology*, v. 14, n. 13, p. 1262-1263, dec. 2013.

MENDES, R. Estudo epidemiológico sobre a silicose pulmonar na Região Sudeste do Brasil, através de inquérito em pacientes internados em hospitais de tisiologia. *Rev. Saúde Públ.*, v. 13, p. 07-19, 1979.

MINISTÉRIO DO INTERIOR - MINTER. Portaria nº 231, de 27 de abril de 1976. Estabelece padrões de qualidade do ar. Disponível em: <<http://www.ipef.br/legislacao/bdlegislacao/detalhes.asp?Id=5114>>. Acessado em: 29 ajn. 2014.

MOREIRA, J. R. R.; Análise crítica da legislação brasileira de segurança e saúde ocupacional. O caso da exposição a agentes químicos. 2010. 130 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2010.

MORGAN, T. E.; DAVIS, D. A.; IWATA N.; TANNER, J. A.; SNYDER, D.; NING, Z.; KAM W.; HSU, Y. T.; WINKLER, J. W.; CHEN, J. C.; PETASIS, N. A.; BAUDRY, M.; SIOUTAS, C.; FINCH, C. E. Glutatergic neurons in rodent models respond to nanoscale particulate urban air pollutants in vivo and in vitro. *Environ. Health Perspect.*, v. 119, n. 7, p. 1003-1009, jul. 2011.

OBERDÖRSTER, G.; UTELL, M. J. Ultrafine particles in the urban air: to the respiratory tract and beyond?. *Environ. Health Perspect.*, v. 110, n. 8, p. A440-A441, ago. 2002.

PEREIRA JÚNIOR, José de Sena. Legislação brasileira sobre poluição do ar. 2007. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br>>. Acesso em: 03 dez 2013.

PETERS, J.; AVOL, E.; NAVIDI, W.; LONDON, S.; GAUDERMAN, W.; LURMANN, F.; LINN, W. S.; MARGOLIS, H., RAPPAPORT, E.; GONG H.; THOMAS, D. C.; A

study of twelve Southern California communities with differing levels and types of air pollution. I. Prevalence of respiratory morbidity. *Am J Respir Crit Care Med*, v. 156, n. 3, p. 760-767, mar. 1999.

POPE, C. A.; BURNETT, R. T.; THUN, M. J.; CALLE, E. E.; KREWSKI, D.; ITO K.; THURSTON, G. D. Lung cancer, cardiopulmonary mortality and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA*, v. 287, n. 9, p. 1132-1141, 6 mar. 2002.

ROCHA, J. R.; QUELHAS, O. L. G.; GOMES, R. S. Análise crítica da legislação brasileira se segurança e saúde ocupacional. O caso da exposição a agentes químicos. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011. Anais eletrônicos... Disponível em: <[http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents/cneg7/anais/t11\\_0366\\_1483.pdf](http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents/cneg7/anais/t11_0366_1483.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2014.

SANTANA, E.; CUNHA, K. B.; FERREIRA, A. L.; ZAMBONI, A. Padrões de qualidade do ar: experiência comparada Brasil, EUA e União Européia. Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2012. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/Estudo\\_Padrees\\_Qualidade\\_Ar.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/C1CB3034/Estudo_Padrees_Qualidade_Ar.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2014.

SANTOS, A. M. A.; CANÇADO, R. Z. L.; ANJOS, R. M.; AMARAL, N. C.; LIMA, L. C. A. Características da exposição ocupacional a poeiras em marmorarias da cidade de São Paulo. *Rev. Bras. Saúde Ocup.*, v. 32, n. 116, p 11-23, 2007.

SCAVONE, L.; GIANNASI, F., THÉBAUD-MONY, A. Cidadania e doenças profissionais: o caso do amianto. *Perspectivas*, v. 22, p. 115-128, 1999.

SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D. W. Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *American Review of Respiratory Disease*, v. 145, n. 3, p. 600-604, 3 mar. 1992.

SEINFELD, J. Urban air pollution: state of the science. *Science*, v. 243, n. 4892, p. 745-752, 10 fev. 1989.

SHRENK, H. H.; HEIMANN, H.; CLAYTON, G. D.; GAFAFER, W. M; WEXLER, H. Air pollution in Donora, PA: epidemiology of the unusual smog episode of October 1948: preliminary report. *Public Health Bulletin*, n. 306, 1949.

SYDBOM, A.; BLOMBERG, A.; PARNIA, S.; STENFORS, N.; SANDSTRÖM, T.; DAHLÉN, S-E. Health effects of diesel exhaust emissions. *European Respiratory Journal*, v. 17, n. 4, p. 733-746, abr. 2001.

VALLERO, D. *Fundamentals of air pollution*. 4. ed. Academic Press, 01 out. 2007.

WARK, K.; WARNER, C. F.; DAVIS, W. T. *Air pollution its origin and control*. 3. ed. Addison-Wesley, 1998.

WÜNSCH, V.; MAGALDI, C.; NAKAO, N.; MONCAU, J. E. C. Trabalho industrial e câncer de pulmão. *Rev. Saúde Pública*, v. 29, n.3, p. 166-176, 1995.

WÜNSCH,V,; MONCAU, J. E. C.; MIRABELLI, D.; BOFFETTA, P. Occupational risk factors of lung cancer in São Paulo, Brazil. *Scand. J. Work Environ. Health*, v. 24, n.2, p. 118-124, abr. 1998.

ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J.; DOCKERY, D. W. Airbone particles are a risk factor for hospital admissions for heart and lung disease. *Environ. Health Perspect.* V. 180, n. 11, p. 1071-1077, nov. 2000.