UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

FABRICIO DOS SANTOS BAPTISTA

ACGIH X *ANEXO 11* DA NR15:
UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ÍNDICES DE EXPOSIÇÃO

Tubarão

2018

FABRICIO DOS SANTOS BAPTISTA

ACGIH X *ANEXO 11* DA NR15: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ÍNDICES DE EXPOSIÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Especialista de Segurança do Trabalho.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Marcelino Mazzucco.

Tubarão

2018

FABRICIO DOS SANTOS BAPTISTA

ACGIH X *ANEXO 11* DA NR15:
UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ÍNDICES DE EXPOSIÇÃO

Esta Monografia foi julgada adequada à obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho e aprovada em sua forma final pelo Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 29 de junho de 2018.

_____

Professor e orientador Marcos Marcelino Mazzucco, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho a todas as vítimas de doenças decorrentes do trabalho que, por omissão ou negligência, perderam o seu bem mais precioso: sua saúde.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por ter me dado a oportunidade de entrar numa área de conhecimento tão nobre e com uma missão que muito me orgulha: a de contribuir para empregadores e empregados previnam acidentes e doenças decorrentes do trabalho.

Aos meus familiares, que mesmo a distância e sem entender direito a formação pretendida, tenho a certeza que sempre torceram por mim.

A um amigo chamado Zé. Esse sim, sempre me apoiou, incentivou e acreditou, incondicionalmente. Sei do tamanho da felicidade dele com essa minha conquista.

As empresas Ferrovia Tereza Cristina, Transferro e Engie, que ao longo dos anos, como técnico de segurança do trabalho, me oportunizaram conhecimentos únicos e que muito agregou para meu crescimento pessoal e profissional, agora como Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho.

A todos os colegas de trabalho das empresas citadas, na qual tive a oportunidade de desenvolver inúmeras habilidades, principalmente, as pertinentes a planejamento, execução e relação interpessoal ao longo da jornada de 15 anos de trabalho nas mesmas.

Aos colegas de classe, dos mais próximos, aos que menos contato eu tive, porque todos tiveram uma importância gigantesca na caminhada nessa especialização, mas, em especial, aos que levarei como amigos para a vida. Sem citá-los, eles sabem bem quem são.

A todos os mestres, na qual chamamos de professores, que compartilharam seus conhecimentos sem nenhum tipo de vaidade, e sempre buscaram extrair o máximo de cada aluno. Ao professor Mazzucco pela orientação desta monografia.

Agradecimento especial ao nosso coordenador do curso, ao Prof. Dr. José Humberto Dias de Tôledo, professor e profissional do mais alto gabarito, que ao longo dos seus anos de experiência na área, nunca duvidou de minha capacidade de realizar est estudo, pois sua convicção no ramo da Segurança do Trabalho ajudou a habilitar inúmeros profissionais que, hoje, desempenham suas atividades nos mais diversos ramos industriais em todos os cantos desse país. Meu muito obrigado Humberto.

Em resumo: gratidão, a tudo e a todos.

“Todas as substâncias são venenos, não existe nada que não seja veneno. Somente a dose correta diferencia o veneno do remédio”. (Paracelso, pseudônimo de Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim).

RESUMO

O presente trabalho trata-se de um estudo comparativo entre os índices de exposição a agentes químicos (considerados como aceitáveis pela atual legislação brasileira e apresentados pelo *Anexo 11* da NR-15 do Ministério do Trabalho), os atuais limites de exposição e os índices de exposição biológicas apresentados pela ACGIH. Objetivo do estudo foi verificar os agentes químicos que possuem grande utilização industrial bem como suas respectivas taxas de toxidade para a exposição dos trabalhadores. Por meio da utilização de uma pesquisa bibliográfica de autores que são referência no assunto, buscou-se identificar e analisar os principais conceitos relacionados ao tema, bem como os riscos que tais concentrações podem trazer aos trabalhadores. Paralelamente, buscou compreender quais são essas consequências na saúde desses trabalhadores. Ainda, utilizou-se da metodologia internacional de Brief & Scala para avaliação de quais seriam os atuais parâmetros a serem utilizados no Brasil se nossa legislação tivesse uma dinâmica de atualização anual, como a da referência utilizada pela ACGIH, a qual utiliza-se do modelo matemático para o fato de redução de exposição aos agentes químicos a índices aceitáveis, praticados hoje pela comunidade internacional.

Palavras-chave: Agentes químicos. *Anexo 11* da NR-15. ACGIH.

ABSTRACT

The present work deals with a comparative study between the indices of exposure to chemical agents (considered acceptable by current Brazilian legislation and presented by Annex 11 of NR-15 of the Ministry of Labor), the current exposure limits and exposure indices presented by ACGIH. The objective of the study was to verify the chemical agents that have great industrial use as well as their respective toxicity rates for workers exposure. With a bibliographical research of authors that are reference in the subject, we sought to identify and analyze the main concepts related to the subject, as well as the risks that such concentrations can bring to the workers. At the same time, he sought to understand what these consequences are in the health of these workers. Also, we used the international methodology of Brief & Scala to evaluate the current parameters to be used in Brazil if our legislation had an annual update dynamic, such as the reference used by ACGIH, which uses the model mathematical model for the reduction of exposure to chemical agents at acceptable rates, practiced today by the international community.

Keywords: Chemical agents. Annex 11 to NR-15. ACGIH.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
1.1 TEMA E DELIMITAÇÃO 10
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA 11
1.3 JUSTIFICATIVA 11
1.4 OBJETIVO 12
1.4.1 Objetivo Geral 12
1.4.2 Objetivos Específicos 12
1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA 12
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 13
2 VENENO OU REMÉDIO 14
2.1 HIGIENE OCUPACIONAL 15
2.2 AGENTES QUÍMICOS 16
2.2.1 Tipos de agentes químicos 16
2.2.1.1 Gases e vapores 17
2.2.1.1.1 Classificação dos gases e vapores 17
2.2.1.1.2 Limites de tolerância para gases e vapores 19
2.2.1.1.3 Caracterização de risco grave e iminente 21
2.2.1.1.4 Carcinogenicidade 22
2.2.1.2 Aerodispersoides 23
2.2.1.2.1 Classificação das poeiras quanto aos efeitos no organismo 25
2.2.1.2.2 Pneumoconioses 26
2.2.2 Avaliação dos Agentes Químicos 26
3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ÍNDICES DE EXPOSIÇÃO 29
3.1 INSALUBRIDADE CARACTERIZADA NO *ANEXO 11* DA NR15 29
3.1.1 A monetização do risco 31
3.1.2 Além da NR 32
3.2 A DESATUALIZAÇÃO DA NR-15 32
3.2.1 Referências internacionais 34
3.3 JORNADA DE TRABALHO E A FÓRMULA DE BRIEF & SCALA 35
3.3.1 Jornadas prolongadas 36
3.3.2 Maiores preocupações entre índices de exposição 37

3.3.2.1 Agente químico 2 etoxietanol 37
3.3.2.2 Agente químico 2,4 diisocianato de tolueno 38
3.3.2.3 Agente químico monometil hidrazina 39
3.3.2.4 Agente químico cloreto de vinila 41
3.3.2.5 Agente químico 1,2 dicloropropano 42
3.3.3 Efeitos combinados dos agentes químicos 43
3.3.4 Conversão de unidades 45
4 ANÁLISE DOS DADOS PESQUISADOS 47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 48
REFERÊNCIAS 50
ANEXOS 52
ANEXO A – LIMITE DE TOLERÂNCIA DO *ANEXO 11* DA NR-15 E DA ACGIH 53

1 INTRODUÇÃO

Fantazzini (2016, p. 38) traz em seu artigo que o *Serviços de Resumos Químicos* (*Chermical Abstracts Service – CAS)* possui aproximadamente 105 milhões de itens, cobrindo substâncias químicas orgânicas e inorgânicas, compostos, ligas minerais, misturas, polímeros, sais e mais de 66 milhões de sequências de proteínas e ácidos nucleicos, afirmando ainda que tal registro se atualiza diariamente, agregando cerca de 15 mil novos itens.

Vendrame (2011, p. 19) aponta em sua obra que atualmente existem mais de 60.000 produtos químicos de uso industrial sendo, destes, apenas uma pequena porcentagem possui catalogados os efeitos ao organismo humano, bem como os limites de tolerância.

O *Anexo 11* da Norma Regulamentadora NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego apresenta limites de tolerância de pouco mais de 130 substâncias. Já a *Conferência Governamental Americana de Higienistas Industriais* (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists – ACGIH*), cataloga limites de tolerância para mais de 700 agentes químicos (ACGIH, 2017).

Logo, existem muitos agentes químicos correntemente utilizados na indústria, cujos efeitos ao organismo humano e limites de tolerância são desconhecidos. Erroneamente, os profissionais têm interpretado que a falta de literatura sobre tais efeitos é a confirmação de que o produto não produz quaisquer efeitos, o que nem sempre é uma realidade (VENDRAME, 2011, p. 19).

Diante desse contexto, este trabalho de conclusão de curso visa analisar de forma comparativa os índices aceitáveis de exposição trazidos pelo *Anexo 11* da NR-15 do MTE e a ACGIH.

1.1 TEMA E DELIMITAÇÃO

O tema deste estudo serão os limites de tolerância do *Anexo 11* da NR-15 x ACGIH. Por isso, essa pesquisa vai abordar os *limites de exposição* (*Threshold Limit Value – TLV®*) e os *índices de exposição biológicas* (*Biological Exposure Indices – BEIs®*) da ACGIH de 2017, bem como os limites de tolerâncias dos agentes químicos trazidos no *Anexo 11* da NR-15, promulgada em 1978 pelo Ministério do Trabalho brasileiro, para posteriores comparativos e análise crítica desses valores. A maior ênfase será para produtos que tenham uma grande utilização industrial, maior taxa de toxidade e maior discrepância entre as referências utilizadas como limites. A finalidade do estudo é desenvolver criticidade sobre o tema abordado.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

As normas de higiene ocupacional brasileiras, em especial o *Anexo 11* da NR-15, possuem indicadores de níveis seguros de exposição desde a sua promulgação em 1978. Já a norma americana da ACGIH recebe atualização anual em todo o seu escopo.

A partir do ano de 1994, a NR-9, que trata do *Programa de Prevenção de Riscos Ambientais* (PPRA) traz, em sua atualização, a recomendação que valores de limites de exposição ocupacional, para agentes que não estão previstos na NR-15, deve adotar os valores recomendados pela ACGIH para a adoção de medidas de controle dos riscos ambientais.

Diante desse contexto, este trabalho vai investigar a seguinte questão: quais os limites de tolerância dos agentes químicos que tem grande utilização industrial, maior taxa de toxidade para a exposição dos trabalhadores na NR-15 e quais esses limites na ACGIH?

1.3 JUSTIFICATIVA

Com o passar dos anos, é notório que a classe empresarial tem se tornado mais consciente das suas obrigações legais, fiscais e tributárias, não sendo diferente no tocante as questões relacionadas a proteção da saúde e segurança dos seus trabalhadores.

Diante desse fato, indicadores internacionais apontam para uma avaliação mais criteriosa e restritiva dos parâmetros permitidos de exposição a agentes químicos que os trabalhadores podem realizar em suas atividades diárias, sem a preocupação de que estas condições de trabalho lhes trarão problemas de saúde no futuro.

Assim, o presente trabalho se justifica como uma real e atual necessidade de estudo, pois trabalhar com prevenção da saúde do trabalhador exige muito mais do que apenas a aplicação das atuais normas vigentes no país, mas conhecer os parâmetros mais restritivos e considerados como seguros, praticados internacionalmente.

Justifica-se ainda, o presente trabalho, a comprovação da eficácia dos conhecimentos adquiridos de engenharia neste curso de especialização.

1.4 OBJETIVO

1.4.1 Objetivo Geral

Identificar os limites de tolerância dos agentes químicos que tem grande utilização industrial e sua respectiva taxa de toxidade para a exposição dos trabalhadores na NR-15 e comparar com os limites apontados na ACGIH.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral buscou -se:

- descrever os limites de tolerância dos agentes químicos trazidas no *Anexo 11* da NR-15 e na ACGIH;
- citar algumas doenças que podem ser desencadeadas com a exposição a alguns agentes químicos;
- comparar índices aceitáveis de exposição trazidos pelo *Anexo 11* da NR-15 e da ACGIH.

1.5 METODOLOGIA DE PESQUISA

De forma bem simples, pesquisar pode ser conceituado como a procura de respostas para uma certa indagação. Demo (1996) insere a pesquisa como atividade cotidiana considerando-a como uma atitude, um "questionamento sistemático crítico e criativo, mais a intervenção competente na realidade, ou o diálogo crítico permanente com a realidade em sentido teórico e prático" (DEMO, 1996, p. 34).

A proposta dessa monografia é de realizar uma pesquisa de natureza aplicada pois, segundo Gil (1991), uma pesquisa desse tipo objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidas à solução de problemas específicos. Neste estudo aplicabilidade relacionada a segurança dos trabalhadores expostos a agentes químicos, em especial, os trazidos pelo *Anexo 11* da NR-15.

Já quanto a abordagem do problema, esta monografia se caracteriza por uma pesquisa qualitativa na qual, segundo Gil (1991), existe uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito. A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo

desse tipo de pesquisa, pois o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave, por isso a pesquisa qualitativa é descritiva e os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e as significações obtidas são os focos principais desse tipo de abordagem.

Utilizando-se ainda dos conceitos de Gil (1991), quanto aos objetivos, o presente trabalho tem caráter exploratório, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo explícito ou construir hipóteses. Envolve levantamento bibliográfico, bem como análise de exemplos que estimulem a compreensão. Assume, em geral, as formas de pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

Logo, conforme Gil (1991), quanto aos procedimentos técnicos, esta monografia se enquadra como pesquisa bibliográfica, pois visa ser elaborada a partir de materiais já publicado, principalmente de livros, artigos de periódicos e material disponibilizado na internet; pesquisa documental, pois nem todos os materiais pesquisados receberam devido tratamento analítico; e por fim, estudo de caso, pois envolverá um estudo profundo e exaustivo das legislações pertinentes ao assunto e que se permitirá um amplo e detalhado conhecimento sobre o tema.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho foi elaborado e organizado em cinco capítulos. Ele inicia com a introdução, na qual contextualiza-se questões relacionadas aos agentes químicos, que fizeram despertar a curiosidade para a definição do tema, delimitação para a pesquisa, justificativa e exposição dos objetivos geral e específicos, para então, escolha da metodologia de pesquisa a ser aplicada.

O segundo capítulo discorre acerca do assunto apresentando os conceitos utilizados na higiene ocupacional, em especial as relacionadas aos agentes químicos presentes no *Anexo 11* da NR-15 do Ministério do Trabalho.

Para o terceiro capítulo utiliza-se da análise comparativa entre os atuais índices de exposição a agentes químicos trazidos pela norma brasileira e a norma americana da ACGIH, para entendimento do real sentido da palavra *atividade insalubre*, buscando, assim, a compreensão dos objetivos traçados inicialmente na introdução.

No quarto capítulo, apresenta-se a análise dos dados da pesquisa e a compreensão produzida pelo autor deste estudo levando esses dados em conta, para, finalmente, no quinto capítulo descrever as principais conclusões obtidas no presente estudo.

2 VENENO OU REMÉDIO

Há cerca de 400 anos, um médico alquimista de origem suíço-alemã, com o pseudônimo de Paracelso (1493-1541), disse “todas as substâncias são tóxicas. Não há uma que não seja veneno. A dose correta é que diferencia um veneno de um remédio” (ALMEIDA et al., 2014, p. 6).

Considerando a ideia de Paracelso, pode-se dizer que todas as substâncias produzem efeitos adversos quando ingeridas pelo homem ou quando há alguma interação com o corpo humano, por isso a causa ou a consequência dependem unicamente da dosagem.

Conforme Almeida et al. (2014), a *Toxicologia* é a ciência que tem como objeto o estudo do efeito adverso de substâncias químicas sobre os organismos vivos e os efeitos decorrentes da interação entre um agente tóxico e o sistema biológico. Sua finalidade é prevenir o aparecimento de efeitos indesejados estabelecendo condições seguras de exposição a essas substâncias químicas.

Por causa da *Toxicologia* ser uma ciência ampla e de interesse variado, foi necessário criar subdivisões para especificar os estudos e suas áreas de interesse. Levando em conta, a área da *Segurança do Trabalho* surge a *Toxicologia Ocupacional* que é focada na relação agente tóxico/trabalho. Essa subdivisão é entendida como adequação do conhecimento e das medidas que devem ser adotadas para minimizar os acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, bem como uma proteção à integridade e à capacidade do trabalhador (ALMEIDA et al., 2014).

Dentro da ampla gama de normas existentes sobre a segurança do trabalho e saúde ocupacional, ressaltam-se, pela primazia hierárquica e pela generalidade, as normas constitucionais a respeito do tema. Vale salientar que a Constituição da República de 1988 discorreu de vários artigos sobre a proteção do meio ambiente do trabalho ao inovar a abordagem do assunto e a proteção a ele conferida. O artigo 7º, XXII da Constituição, sanciona que é direito do trabalhador a redução dos riscos inerentes ao trabalho, por meio de normas de saúde, higiene e segurança.

Nesse contexto é que entra o estudo da *Higiene Ocupacional* e a justificativa para a elaboração deste trabalho de conclusão de curso, ou seja, o quanto a legislação brasileira permite a exposição dos trabalhadores a agentes químicos, quando comparada aos estudos internacionais, em especial aos parâmetros trazidos pela ACGIH.

2.1 HIGIENE OCUPACIONAL

De acordo com a *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, doravante ACGIH, a *Higiene Ocupacional* é a ciência e a arte do reconhecimento, da avaliação e do controle de fatores ou tensões ambientais originadas do ou no local de trabalho e que podem causar doenças, prejuízos para a saúde e bem-estar, desconforto e ineficiência significativos entre os trabalhadores ou entre os cidadãos da comunidade.

A *Associação Brasileira de Higiene Ocupacional*, doravante ABHO, define *Higiene Ocupacional* como a ciência e a arte dedicada ao estudo e ao gerenciamento das exposições ocupacionais aos agentes físicos, químicos e biológicos, por meio de ações de antecipação, reconhecimento, avaliação e controle das condições e locais de trabalho, visando à preservação da saúde e bem-estar dos trabalhadores, considerando ainda o meio ambiente.

Conforme ACGIH (2017), a *Higiene Ocupacional* é constituída por três etapas: 1) reconhecimento; 2) avaliação; e 3) controle dos agentes ambientais (agentes físicos, químicos e biológicos). Segundo Saliba (2011), cada uma destas etapas é constituída da seguinte forma:

> RECONHECIMENTO: é a primeira etapa e nela realiza-se o reconhecimento dos agentes ambientais que afetam a saúde dos trabalhadores. É importante observar que se um agente tóxico não for reconhecido, ele não será avaliado e nem controlado. Desta forma, para que esta etapa seja bem-sucedida, deve-se ter conhecimento profundo do processo produtivo, ou seja, dos produtos envolvidos no processo, dos métodos de trabalho, do fluxo do processo, do arranjo físico das instalações, do número de trabalhadores expostos, dentre outros fatores relevantes.
> AVALIAÇÃO: etapa que se realiza a avaliação quantitativa e/ou qualitativa dos agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos postos de trabalho. É nesta fase que se detecta os contaminantes, realiza-se as coletas das amostras (quando cabível), realiza-se medições e análises das intensidades e das concentrações dos agentes, realiza-se os devidos cálculos e interpretações dos dados levantados no campo, comparando os resultados obtidos com os limites de exposição estabelecidos pelas normas vigentes.
> CONTROLE: com base nos dados obtidos das etapas anteriores, deve-se propor e adotar medidas que visem à eliminação ou minimização do risco presente no ambiente. (2011, P. 11-12).

Corroborando com o conceito apresentado pela ACGIH, a *Norma Regulamentadora 9*, doravante NR-9, do Ministério do Trabalho e Emprego, que trata do *Programa de Prevenção de Riscos Ambientais*, doravante PPRA, traz em sua redação que todas atividades desenvolvidas devem ser realizadas visando à preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, por meio da antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, a fim de evitar que os trabalhadores fiquem doentes. Para tanto, deve-se ter em mente a seguinte

ordem relativa e hierárquica de medidas para o controle dos agentes ambientais. Saliba (2011), enumera-as da seguinte forma:

> 1ª) adoção de medidas relativas ao ambiente ou medidas coletivas que nada mais são do que medidas aplicadas na fonte ou trajetória, como a substituição do produto tóxico usado no processo, isolamento das partes poluentes, ventilação local exaustora, ventilação geral diluidora, dentre outros.
> 2ª) medidas administrativas que compreendem, entre outras, a limitação do tempo de exposição do trabalhador, educação e treinamento, exames médicos (admissional, periódico e demissional). Os exames médicos, além de avaliarem a saúde dos trabalhadores expostos aos agentes ambientais, avaliam a eficácia das medidas de controle adotadas.
> 3ª) medidas relativas ao trabalhador, ou seja, não sendo possível o controle coletivo ou administrativo, ou enquanto essas medidas estiverem sendo implantadas, ou ainda, como complemento às medidas já adotadas, devemos utilizar o Equipamento de Proteção Individual - EPI adequado ao risco. Essa medida é a última linha de defesa a ser empregada e não a primeira como muitos pensam. (2011, p. 12).

Há de se destacar ainda que a NR-9 considera riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração/intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

2.2 AGENTES QUÍMICOS

Para Brasil (2018), a NR-9 define que agentes químicos são substâncias, compostos ou produtos que podem penetrar no organismo pelas vias respiratórias em forma de poeira, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade e exposição, podem ter contato ou ser absorvidos pelo organismo pela pele ou por absorção.

Os agentes químicos são substâncias que contaminam não somente os ambientes de trabalho, mas também causam desconforto e diminuem a qualidade do trabalho. Pior ainda, provocam alterações na saúde do indivíduo, levando a doenças profissionais como incapacitação e até a morte (BREVIGLIERO et al., 2012).

2.2.1 Tipos de agentes químicos

Os agentes químicos podem ser agrupados de acordo com a forma que os mesmos se encontram na natureza, sendo aerodispersoides ou gases e vapores.

2.2.1.1 Gases e vapores

Brevigliero et al. (2012) definem gás como uma substância que em condições normais de pressão e temperatura encontra-se em estado gasoso. Diferentemente, o vapor é o estado gasoso de uma substância que nas condições normais de pressão e temperatura está no estado sólido ou líquido. São expressos normalmente em partes por milhão (ppm) e em miligramas por metro cúbico (mg/m^3).

Uma diferença entre os dois está relacionada ao espaço que podem ocupar. Enquanto o ar pode chegar a 100% de concentração em um ambiente, os vapores não podem chegar a essa concentração, pois ela é limitada pelo equilíbrio entre a fase líquida e a gasosa, em função da pressão do vapor e da temperatura ambiente (BREVIGLIERO et al., 2012).

2.2.1.1.1 Classificação dos gases e vapores

Conforme sua atuação no organismo do homem, os gases e vapores classificam-se em *irritantes*, *anestésicos* e *asfixiantes*. Para Brevigliero et al. (2012), os gases e vapores dividem-se em:

1) *irritantes*, quando os gases e vapores irritantes atacam nossas vias respiratórias, tanto o nariz e a garganta quanto os bronquíolos e alvéolos. Esse fato está diretamente ligado à solubilidade do agente. Dividem-se, ainda, em gases irritantes primários, que causam somente irritação local, e secundários, que além da irritação são altamente tóxicos. Os primários são o ácido clorídrico, ácido sulfúrico, amônia, formaldeído, cloro, bromo, ozônio, gases nitrosos; e os secundários são os produtos químicos, gás sulfídrico, álcoois, éteres;

2) *anestésicos*, quando o efeito anestésico é causado devido à ação depressiva que acontece no Sistema Nervoso Central, doravante SNC, ou seja, diminui a atividade do cérebro, quando isso acontece, o indivíduo fica mais *lento*. As substâncias que causam esse efeito chegam ao nosso organismo por meio das vias respiratórias e, em alguns casos, pela pele. Os gases e vapores anestésicos podem ser divididos em: a) primários (butano, propano, etileno, éteres, aldeídos, acetonas); b) de efeitos sobre o fígado e os rins (tetracloreto de carbono, diclorometileno); c) de ação sobre o sistema formador de sangue (benzeno, tolueno, xileno); d) de ação sobre o sistema nervoso central (álcool etílico, álcool metílico); e e) de ação sobre o sistema circulatório e o sangue (nitrobenzeno, nitrotolueno, nitrato de etila, anilina);

3) *asfixiantes*, quando os gases asfixiantes são substâncias que, apesar de não atuarem diretamente no organismo, interferem no suprimento de oxigênio aos pulmões. Uma

boa concentração de oxigênio no ar, em ambientes de trabalho, varia entre 19,5% e 23,5%. Acima desse limite, pode haver problemas de inflamação com risco de explosão e, abaixo de 19,5%, pode provocar problemas de saúde e segurança. Esses gases podem ser classificados em *asfixiantes simples* e *asfixiantes químicos*.

Conforme Brevigliero et al. (2012), os *gases asfixiantes simples* não apresentam efeito tóxico e são gases inertes que reduzem o fornecimento de oxigênio ao organismo pela diluição do oxigênio na atmosfera abaixo de concentrações necessárias para sustentar a respiração interna. Em outras palavras, os gases, fisiologicamente inertes, ao diluírem o oxigênio do ar e provocarem uma atmosfera com deficiência de oxigênio levam o indivíduo à asfixia.

Como os gases inertes interferem no suprimento de oxigênio ao nosso organismo, existem duas determinações importantes que devem ser observadas em ambientes de trabalho, nos quais os *asfixiantes simples* estejam presentes. Em primeiro lugar, a concentração mínima de oxigênio deverá ser de 18% em volume. Em segundo lugar, as situações nas quais a concentração de oxigênio estiver abaixo desse valor serão consideradas de risco grave e iminente (BREVIGLIERO et al., 2012).

Ainda, segundo Brevigliero et al. (2012), os *asfixiantes químicos* interferem nas trocas gasosas (oxigênio e dióxido de carbono) nos nossos pulmões. Os *asfixiantes químicos* impedem que o sangue transporte oxigênio dos pulmões às células ou impedem que as células utilizem o oxigênio para liberar energia necessária à vida. Os *asfixiantes químicos* podem ser perigosos mesmo em baixas concentrações. Como exemplos de asfixiantes químicos pode-se citar o monóxido de carbono, gás cianídrico e as nitrilas (derivados orgânicos do cianeto de hidrogênio, altamente tóxicos). Ao contrário dos *asfixiantes simples*, os *asfixiantes químicos* possuem limite de tolerância, ou seja, permite-se a exposição do trabalhador a uma determinada concentração por um determinado tempo, conforme legislação específica sobre o assunto.

Conforme Sesi (2007), uma atenção especial deve ser dada aos *solventes*, que podem ser conceituados como uma mistura química, bastante utilizada para dissolver outros materiais, como tintas e vernizes e, também, é usado na limpeza, pois os mesmos possuem elevada pressão de vapor e por serem compostos de substâncias inflamáveis podem transformar-se em misturas explosivas. Além disso, evaporam facilmente, misturando-se ao ar do local de trabalho. Benzeno, tolueno, etanol, metanol são alguns exemplos de solventes.

O maior efeito agudo na saúde devido a exposição aos solventes recai sobre o SNC, provocando um bem-estar eufórico, tonturas e alucinações visuais. Após esses sintomas, ocorre

a depressão do SNC, podendo causar até morte. Os efeitos crônicos na saúde devido ao uso de solventes dependem de cada tipo usado (BREVIGLIERO et al., 2012).

Abaixo, uma tabela que demostra com propriedade os efeitos no Sistema Nervoso Central a partir da exposição aos solventes.

Tabela 1 – Tabela dos efeitos da exposição aos solventes sobre o SNC

Efeitos dos solventes sobre o SNC		
Agudos: semelhantes para qualquer solvente. Crônicos: característicos para cada solvente. Sinérgicos: potencialização dos efeitos pela presença de outros agentes.		
Efeitos agudos	Excitação do SNC	Euforia, tonturas, alucinações visuais
	Depressão do SNC	Torpor, sonolência, ataxia, coma, morte por depressão cardiorrespiratória
Efeitos crônicos	Fígado, rins	Hidrocarbonetos clorados
	Sistema formador sanguíneo	Hidrocarbonetos aromáticos
	Polineuropatia periférica	n-hexano (concentração >100ppm)
Efeitos sinergéticos	Potencialização dos efeitos pela presença de outro agente	Tolueno x ruído, MEC x n-hexano
Outros efeitos	Alterações neurocomportamentais	Memória, destreza manual, tempo de reação
	Alterações imunológicas	

Fonte: BREVIGLIERO et al. (2012).

2.2.1.1.2 Limites de tolerância para gases e vapores

A *Norma Regulamentadora 15*, doravante NR-15, entende por *limite de tolerância*, doravante LT, 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 (BRASIL, 2018).

O LT, portanto, é um valor que indica, de acordo com a natureza do agente, a concentração máxima no caso de agentes químicos, que não poderá ser excedida durante a jornada de trabalho ou, dependendo do agente, durante um determinado período de exposição. Alguns agentes têm sua avaliação considerando a exposição a longo prazo, para outros, porém, devem ser observadas as exposições agudas a curto prazo.

O *Anexo 11* da NR-15 apresenta os LT que foram adaptados da ACGIH em 1978. Atenção especial deve ser dada ao apresentado no referido anexo com relação ao conceito *Valor*

Teto, valor esse que não pode ser ultrapassado de modo algum, pois o efeito na saúde é extremamente rápido.

A insalubridade nos locais de trabalho que fazem uso de agentes químicos se caracteriza em função do LT e da inspeção do ambiente. A figura 1 traz alguns agentes químicos e seus respectivos LT. De forma exemplificativa, observa-se o dióxido de carbono como grau de insalubridade mínimo, o dimetilamina como grau de insalubridade médio e o dióxido de cloro como grau de insalubridade máximo.

Figura 1 – Quadro I do *Anexo 11* da NR-15

AGENTES QUIMICOS	Valor teto	Absorção também p/pele	Até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização
			ppm*	mg/m^{3}**	
Dimetilacetamida		+	8	28	máximo
Dimetilamina			8	14	médio
Dimetiformamida			8	24	médio
l,l Dimetil hidrazina		+	0,4	0,8	máximo
Dióxido de carbono			3900	7020	mínimo
Dióxido de cloro			0,08	0,25	máximo
Dióxido de enxofre			4	10	máximo
Dióxido de nitrogênio	+		4	7	máximo
Dissulfeto de carbono		+	16	47	máximo
Estibina			0,08	0,4	máximo
Estireno			78	328	médio
Etanol (vide acetaldeído)			_	_	_
Etano			Asfixiante	simples	_

Fonte: Brasil, Ministério do Trabalho e Emprego.

Assim, interpretando a figura 1, tem-se:

A primeira coluna apresenta os *agentes químicos*, em ordem alfabética, inclusive, dos agentes que possuem LT pela legislação brasileira, para fins de caracterização de insalubridade.

A segunda coluna trata do *Valor Teto*. Para os agentes químicos que tenham a coluna *Valor Teto* assinalada com o sinal positivo, será considerado excedido o limite de tolerância (indicado em ppm ou mg/m^3), e, consequentemente, caracterizada a insalubridade. Quando qualquer uma das concentrações obtidas nas amostragens ultrapassar os valores fixados no Quadro I.

Na terceira coluna (absorção também pela pele), os valores de LT apresentados no Quadro I são válidos para absorção por via respiratória, entretanto, alguns agentes químicos podem ser absorvidos por via cutânea. Nesse caso, será exigido, na sua manipulação, o uso de

luvas adequadas, além do EPI necessário à proteção de outras partes do corpo, por exemplo, proteção dos olhos (óculos de segurança) e membros inferiores ou superiores (vestimentas, perneira etc.). Os agentes cuja absorção pode ser realizada por via cutânea estão assinalados com o sinal positivo na respectiva coluna.

A quarta coluna trata dos limites de tolerância considerando jornadas de até 48 horas semanais, os limites de tolerância são apresentados em partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado (ppm) e em miligramas por metro cúbico de ar (mg/m^3). Tais limites consideram jornadas de trabalho de até 48 horas semanais, pois essa redação é anterior à Constituição Federal de 1988, que fixou a jornada máxima de 44 horas semanais. Para se realizar o ajuste dos limites de exposição à jornada de 44 horas, podem ser usados vários métodos de correção que utilizam modelos matemáticos, como por exemplo o de *Brief & Scala*.

A quinta coluna indica o grau de insalubridade que deverá ser considerado no caso de sua caracterização (mínimo, médio ou máximo).

2.2.1.1.3 Caracterização de risco grave e iminente

Segundo a *Norma Regulamentadora 3*, doravante NR-3, que trata de *embargo ou interdição*, considera-se risco grave e iminente toda condição ou situação de trabalho que possa causar acidente ou doença relacionada ao trabalho com lesão grave à integridade física do trabalhador (BRASIL, 1978).

Na exposição aos agentes químicos, indicados no *Anexo 11*, o risco grave e iminente está caracterizado quando pelo menos uma das concentrações obtidas nas amostragens ultrapassar um determinado valor, o chamado *Valor Máximo*, doravante VM. O VM permitido da concentração de cada agente químico é obtido a partir da seguinte equação:

$$VM = LT \; x \; FD$$

Conforme o *Anexo 11* da NR-15, a LT representa o limite de tolerância para o agente químico desejado, segundo o Quadro I da Norma e o *Fator de Desvio*, doravante FD, apresentado no Quadro 2 desta mesma norma, como pode ser observado na figura 2.

Figura 2 – Quadro II do *Anexo 11* da NR-15

QUADRO Nº 2			
L.T.			F.D.
(pp,	ou	mg/m³)	
0	a	1	3
1	a	10	2
10	a	100	1,5
100	a	1000	1,25
acima	de	1000	1,1

Fonte: Brasil, Ministério do Trabalho e Emprego.

Salienta-se que o Quadro 2 do *Anexo 11* deve ser utilizado apenas para caracterização de risco grave e iminente, ou seja, situação de trabalho que possa causar acidente ou doença relacionada ao trabalho com lesão grave à integridade física do trabalhador. Já o limite de tolerância é considerado excedido quando a média aritmética das concentrações ultrapassar os valores fixados no Quadro 1 do *Anexo 11*.

Como exemplo, pode-se considerar o agente químico *acetona*, cujo LT é de 780 ppm, valor esse obtido por meio do Quadro 1 do *Anexo 11* da NR-15. Consultando o Quadro 2, verifica-se que o *Fator de Desvio*, doravante FD, para esse valor de limite de tolerância é 1,25. Dessa forma, o VM de concentração de *acetona* será:

$$VM = 780\ x\ 1{,}25 = 975\ ppm$$

Qualquer amostra de *acetona*, cuja concentração esteja acima desse valor, caracterizará risco grave e iminente.

2.2.1.1.4 Carcinogenicidade

Conforme ACGIH (2008), um cancerígeno é um agente capaz de induzir neoplasmas benignos ou malignos, na qual tais evidências de carcinogenicidade decorrem de estudos epidemiológicos, toxicológicos e mecanísticos. São utilizadas pela ACGIH notações específicas (A1 a A5) para definir as categorias para as carcinogenicidades, sendo estas apresentadas no Anexo A da ACGIH.

Conforme Beltrami e Stumm (2013), a exposição a agentes químicos, como o *benzeno* e o *amianto*, no ambiente laboral também pode causar câncer. Além desses dois produtos, há uma infinidade de outros, mas o *asbesto* ou *amianto*, por exemplo, podem provocar um câncer que surgirá anos depois, devendo o trabalhador fazer acompanhamento médico por longo período, quando não a vida toda. Já, um trabalhador exposto ao *benzeno* poderá vir a ter leucemia, câncer que ataca a medula óssea.

A ACGHI dispõe de um quadro de classificação utilizada nos ambientes de trabalho, dividindo os cancerígenos em cinco classes (BREVIGLIERO et al., 2012). Esse quadro pode ser observado abaixo na tabela 2.

Tabela 2 – Tabela de carcinogenicidade dos produtos químicos da ACGIH

Efeitos dos solventes sobre o SNC	
Carcinogênico humanos Confirmado (A1)	Carcinogênico humanos Suspeito (A2)
Alcatrão de hulha (p) (sol. benzeno), 4 – Aminodifenil (p), Arsênico, Asbesto, Benzeno (p), Benzidina (p), Berílio, Cloreto de vinila, Cromato de zinco, Cromita, Cromo VI, Éter bisclorometílico, Níquel, Urânio natural, Talcom com asbesto. Poeiras de madeira: carvalho e faia.	Ácido sulfúrico, benzo (a) antraceno, benzo (b) fluoranteno, benzo (a) pireno, brometo de vinila, 1,3 butadieno, cádmio, carbureto de silício (fibroso), cloreto de dimitilcarbamoila (79-44-7), cromatos de (Ca, Pb, Sr), diazometano, 1,4 dicloro – 2 – buteno, Éter metílico de clorometila, fibras cerâmicas refratárias, fluoreto de vinila, formaldeído, 4,4 metilenobis (2 cloroanilina) MOCA e MBOCA, 4 – nitrodifenila, óxido de etileno, quartzo, tetracloreto de carbono, tricloreto de tolueno e trióxido de antimônio. Poeiras de madeira: bétula, mogno, teça e nogueira.

Fonte: POSSEBON (2009), adaptado.

A *categoria A3* representa o carcinogênico animal confirmado com relevância desconhecida para seres humanos. A *categoria A4* representa os não classificados como carcinogênico para humanos. E por fim, a *categoria A5* os não suspeitos como carcinogênico para humanos.

2.2.1.2 Aerodispersoides

Conforme Sesi (2007), quando se fala de via respiratória, é importante conhecer o termo *aerodispersoides*, que são partículas sólidas ou líquidas, suspensas no ar e que possuem tamanho entre 0,001 a 100 μm. Estas partículas, por serem muito pequenas, conseguem alcançar facilmente o sistema respiratório humano (nariz, boca, faringe, laringe, traqueia e

alvéolos) e, dependendo do composto das partículas inaladas, o corpo terá uma reação biológica, podendo ser desde uma reação alérgica até uma fatal.

Segundo Almeida et al. (2014), o tipo de reação que o corpo produzirá está ligada a três fatores: o tamanho das partículas, a concentração e a suscetibilidade. Para os autores, as partículas maiores tendem a ficar retidas nas vias aéreas superiores (boca, nariz, laringe) e a causar desde irritação até câncer na faringe e na laringe. Partículas menores chegam à região pulmonar (traqueia, brônquios), podendo causar bronquites, e partículas menores ainda alcançam a região alveolar (sacos alveolares, alvéolos) causando pneumoconioses, enfisemas ou até câncer pulmonar.

Ainda, segundo Almeida et al. (2014), a concentração pode ser definida como a quantidade de aerodispersoides presentes em determinado espaço. Quanto maior a concentração, maior será o risco de uma contaminação para o trabalhador. Para a suscetibilidade, este fator dependerá da idade, sexo, características étnicas, fatores genéticos ou estilo de vida.

Conforme Brevigliero et al. (2012), os *aerodispersoides* classificam-se em:

1) poeiras, partículas sólidas provenientes da ruptura de sólidos (lixamento, explosão, carvão);

2) fumos, partículas sólidas geradas de poeira por condensação ou oxidação de vapores de substâncias sólidas em condições normais de temperatura (fumos de soldagem e de fusão de metais);

3) névoas, partículas líquidas geradas por ruptura mecânica de líquidos (névoas de água, de inseticidas, pintura com pistola e outros tipos de pulverizações);

4) neblinas, partículas líquidas formadas por condensação de vapores de substâncias líquidas em temperaturas normais (neblina ácida);

5) fibras, partículas sólidas geradas a partir de ruptura mecânica de sólidos. Diferem da poeira por serem mais alongadas (lã, algodão e asbesto).

Segundo Saliba (2011), as névoas e neblinas são particulados líquidos e as poeiras, fibras e fumo são particulados sólidos.

De todos os *aerodispersoides*, as poeiras têm algumas características próprias como o tamanho da partícula, além de serem responsáveis por doenças como asmas, pneumonites, bronquites e pneumoconioses, além de outras doenças (ALMEIDA et al., 2014).

A classificação das partículas, consideradas *aerodispersoides*, também pode se dar em função do tamanho das mesmas, conforme da *Norma de Higiene Ocupacional 08*, doravante NHO 08, que trata da coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de

trabalho. Abaixo segue a tabela de tamanho das partículas elaborada pela Fundação Jorge Duprat e Figueiredo (Fundacentro).

Figura 3 – Tabela tamanho das partículas

Inalável		Torácica		Respirável	
Diâmetro das partículas µm	Massa Inalável %	Diâmetro das partículas µm	Massa Torácica %	Diâmetro das partículas µm	Massa Respirável %
0	100	0	100	0	100
1	97	2	94	2	91
2	94	4	89	4	50
5	87	10	50	6	17
10	77	16	15	8	5
100	50	25	2	10	1

Fonte: Fundacentro (2007, P. 39 e 40).

Analisando a figura 3, para uma partícula de 10 µm de determinado composto, a absorção é de 77% de material inalável, 50% torácico e 1% de absorção de material respirável.

2.2.1.2.1 Classificação das poeiras quanto aos efeitos no organismo

Beltrami e Stumm (2013) classificam as poeiras conforme as reações que causam na saúde, sendo:

> a) Fibrogênicas: provocam uma doença chamada fibrose, responsável por lesões permanentes nos pulmões. Poeiras de sílica e de amianto são as mais comuns.
> b) Irritantes: irritam as mucosas do aparelho respiratório, provocando doença pulmonar crônica. O local e a intensidade da ação dependem principalmente da solubilidade e concentração do agente.
> c) Alergênicas: causam alergias respiratórias como a asma, provocadas por poeiras vegetais, fungos e pelos de animais.
> d) Cancerígenas: transformam células sadias em células malignas, afetando o mecanismo regulador bioquímico. O amianto e o arsênico são exemplos de poeiras cancerígenas.
> e) Tóxicas: atingem a respiração, a parte central do sistema nervoso e os órgãos internos. Entre alguns exemplos estão o cádmio, o manganês e o chumbo.
> f) De efeitos cutâneos: causam problemas na pele como dermatites e urticárias. Bons exemplos são a fibra de vidro, a lã de rocha, as madeiras exóticas e outros. (2013, p. 145-146).

2.2.1.2.2 Pneumoconioses

Conforme Brevigliero et al. (2012), a *pneumoconiose* é uma doença decorrente do acúmulo de poeira nos pulmões e das reações dos tecidos pela presença dessa poeira. São dois os tipos existentes: 1) *fibrogênicas*, as que provocam danos permanentes na estrutura alveolar, são irreversíveis; e 2) *não fibrogênicas*, aquelas que provocam pequenas reações e são reversíveis.

São muitas as doenças do tipo *pneumoconiose*, entre elas estão a *asbestose*, *antracnose e silicose*. Porém, a pior delas é a *silicose*, pois ela é a mais antiga doença ocupacional conhecida, apesar dos sintomas surgirem depois de 20 a 30 anos de exposição ao pó de sílica. Essa substância está presente nas atividades de corte de mármore e granito e de olaria. Há casos em que a doença pode se manifestar antes da exposição completar 10 anos, como é o caso dos trabalhos com jato de areia (BREVIGLIERO et al., 2012).

Como o presente trabalho se delimita a tratar especificamente do *Anexo 11* da NR-15, não será aprofundado as informações relacionadas aos demais anexos, como por exemplo o *Anexo 12*, que trata de limites de tolerância para poeiras minerais. Logo, o exposto na seção inteira da quaternária 2.2.1.2, que tratou dos *aerodispersoides*, foi abordada apenas a título de curiosidade e complementação teórica sobre o assunto.

2.2.2 Avaliação dos Agentes Químicos

Para realizar uma avaliação, primeiramente, deve-se saber se realmente existe o *agente agressivo* no ambiente de trabalho. Constatada a existência, parte-se para a avaliação propriamente dita, quantitativa ou qualitativa.

Conforme Brevigliero et al. (2012), a quantitativa refere-se ao que pode ser quantificável por meio de números e informações. Para cada agente há um método de coleta e/ou análise. Com esta análise, a empresa é capaz de obter dados a respeito do comportamento do seu público-alvo e a realizar seus processos de forma mais assertiva e uniforme. Já a qualitativa refere-se ao que não pode ser mensurável. O intuito é obter resultados a respeito das motivações, comportamentos e necessidades do público-alvo da empresa, bem como sua opinião e expectativas. Na avaliação qualitativa, os dados gerados não são números, pois seu caráter é exploratório. Aqui, o grupo entrevistado se expressa livremente sobre assuntos variados.

Abaixo a tabela 3 que explicita o dito acima sobre as avaliações quantitativas e qualitativas.

Tabela 3 – Tabela de avaliação quantitativa e qualitativa de agentes

Avaliação	Qualitativa	Mapa de riscos	Avaliação qualitativa com participação dos trabalhadores
		Índices de risco químico	limite de tolerância, Índice de exposição, Número de risco, Índice de risco da reação, Índice de risco para solvente, *American Industrial Hygienists Association* (AIHA), etc.
	Quantitativa	Instantânea	Equipamentos de leitura direta
		Contínua	Equipamentos de amostragem

Fonte: POSSEBON (2009), adaptado.

Para Possebon (2009), quando se fala em avaliação de *agentes químicos*, é importante conhecer os conceitos de *ciclo de trabalho, ponto de trabalho* e *zona respiratória*. Conforme o autor, esses conceitos acima podem ser explicitados, da seguinte forma: a) *ciclo de trabalho* é um conjunto das atividades sequenciais desenvolvidas pelo trabalhador e que se repetem de forma contínua; b) *ponto de trabalho* é todo e qualquer lugar no qual o indivíduo permanece durante o ciclo de trabalho; e c) *zona respiratória* é a região do espaço que compreende uma distância de aproximadamente 150 +/- 50 mm a partir das narinas, sob a influência da respiração.

Sempre que necessário realizar uma avaliação quantitativa, a coleta ou medição deve ser feita dentro da zona respiratória do trabalhador e o tempo de amostragem deve ser maior que um ciclo de trabalho. Isso evita que se deixe de avaliar alguma parte da atividade desenvolvida pelo trabalhador. Ainda assim, dependendo de alguns fatores como o tipo de atividade, processo produtivo, turno de trabalho, umidade e ventilação local, entre outros, pode-se obter valores diferentes de medição. Por isso é importante considerar alguns parâmetros estatísticos trazidos nas normas de *Higiene Ocupacional* para a definição da quantidade de amostras para cada grupo homogêneo de exposição que se pretende avaliar.

Ainda, Saliba (2011) nos ensina que para a realização de uma avaliação, precisa-se ter em mente alguns parâmetros fundamentais ao processo, como o *tamanho das partículas*, o *limite de tolerância*, o *limite de exposição*, o *valor-teto*, a *contagem de partículas*, entre outros.

Em se tratando de *poeiras*, por exemplo, os efeitos na saúde estão diretamente ligados ao tamanho das partículas, conforme pode-se observar na tabela 4.

Tabela 4 – Tabela de classificação quanto ao tamanho da partícula

Tipo de particulado	Tamanho aproximado (μm)
Sedimentável	10 < ø < 150
Inalável	ø < 10
Respirável	ø < 5
Visível	ø > 40

Fonte: Saliba (2011).

Conforme Saliba (2011), a partícula inalável fica depositada em qualquer lugar do trato respiratório e a respirável, que é a de mais alto risco, pode penetrar nos alvéolos pulmonares. Os limites, como o próprio nome diz, são os parâmetros de tempo que não podem ser ultrapassados. A contagem de partícula é o método de análise por microscopia, especialmente usada para o asbesto.

Existem vários aspectos relevantes em se tratando de avaliação, e o processo poderá ser diferente para cada tipo de material e para cada tipo de agente e, isso, representa um alto custo para o empregador. A melhor forma, sempre, de evitar os danos à saúde do trabalhador, é eliminar o risco na fonte.

Segundo Brevigliero et al. (2012), o objetivo da amostragem é determinar se existe o risco, avaliar se as medidas de controle são adequadas e estabelecer relações entre a exposição e as consequências na saúde humana. Esse processo engloba várias etapas que devem ser seguidas, começando pelo levantamento preliminar, depois a avaliação, o projeto e implantação das medidas de controle e, por fim, a avaliação da eficiência das medidas adotadas.

Muitas são as variáveis, mas, como este não é o foco principal do estudo, as informações aqui apresentadas contribuem apenas a título de conhecimento, limitando-se o presente trabalho a apenas alguns conceitos que se julgaram importantes à contextualização do tema proposto dessa pesquisa. Uma abordagem mais holística deve ser levada em consideração caso se queira dominar o assunto ora abordado neste tópico, ou seja, avaliação dos *agentes químicos*.

3 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ÍNDICES DE EXPOSIÇÃO

No Brasil, o Ministério do Trabalho e Emprego é o órgão executivo responsável pela representação política e social do Governo Federal, referente a assuntos relacionados com as interfaces envolvidas nas relações de trabalho, incluindo nessas, as questões relacionadas a saúde e a segurança dos trabalhadores.

Já nos Estados Unidos da América, existe uma instituição privada científica, sem fins lucrativos, chamada de ACGIH. Seus membros são profissionais da área de higiene ocupacional que se organizam em comitês responsáveis pela publicação de guias de orientação relativos a *Limites de Exposição* e *Índices de Exposição Biológica*.

Como a NR-15 foi aprovada pela Portaria nº 3.214, de 8/6/1978, baseada nos parâmetros publicados pela ACGIH daquele ano, este trabalho utiliza como parâmetros para a análise comparativa entre índices de exposição os atuais limites trazidos por ambas instituições.

3.1 INSALUBRIDADE CARACTERIZADA NO *ANEXO 11* DA NR15

A palavra *insalubre* tem origem no latim *insalubris* e significa “o que faz mal à saúde” (ALMEIDA et al., 2014, p. 9). O dicionário online de português conceitua a palavra insalubre como o “local cujas condições são prejudiciais à saúde; que provoca doenças; que pode causar danos à saúde do trabalhador; doentio” (DICIO, 2018). O *trabalho insalubre*, portanto, é aquele que expõe o trabalhador a agentes que podem causar danos à sua saúde.

A *Norma regulamentadora 15* do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, NR-15, que trata de atividades e operações insalubres, tem a sua existência jurídica assegurada, a nível de legislação ordinária, por meio dos artigos 189 a 192 da Consolidação das Leis do Trabalho CLT, trazendo o artigo 189 o conceito de atividades e operações insalubres. Conforme Brasil (1943), *atividades insalubres*:

> serão consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos. (1943).

No mesmo viés, para Brasil (1978), a NR-15 afirma que:

> 15.1 São consideradas atividades ou operações insalubres as que se desenvolvem:
> 15.1.1 Acima dos limites de tolerância previstos nos Anexos n. os 1, 2, 3, 5, 11 e 12;
> 15.1.2 Revogado pela Portaria nº 3.751, de 23-11-1990 (DOU 26-11-90).
> 15.1.3 Nas atividades mencionadas nos Anexos n.os 6, 13 e 14;
> 15.1.4 Comprovadas através de laudo de inspeção do local de trabalho, constantes dos Anexos n n.os 7, 8, 9 e 10. (1978).

A NR-15 tem por objetivo determinar quais atividades deverão ser consideradas insalubres, bem como o valor do seu devido adicional a ser percebido pelo trabalhador, além de indicar quais situações devem ser consideradas de risco grave e iminente. Atualmente, a NR-15 possui 13 anexos em vigor, como mostra a figura 4.

Figura 4 – Tabela Graus de Insalubridade trazidos pela NR-15

GRAUS DE INSALUBRIDADE

Anexo	Atividades ou operações que exponham o trabalhador	Percentual
1	Níveis de ruído contínuo ou intermitente superiores aos limites de tolerância fixados no Quadro constante do Anexo 1 e no item 6 do mesmo Anexo.	20%
2	Níveis de ruído de impacto superiores aos limites de tolerância fixados nos itens 2 e 3 do Anexo 2.	20%
3	Exposição ao calor com valores de IBUTG, superiores aos limites de tolerância fixados nos Quadros 1 e 2.	20%
4	Níveis de iluminamento inferiores aos mínimos fixados no Quadro 1.	20%
5	Níveis de radiações ionizantes com radioati,vidade superior aos limites de tolerância fixados neste Anexo.	40%
6	Ar comprimido.	40%
7	Radiações não-ionizantes consideradas insalubres em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho.	20%
8	Vibrações consideradas insalubres em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho.	20%
9	Frio considerado insalubre em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho.	20%
10	Umidade considerada insalubre em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho.	20%
11	Agentes químicos cujas concentrações sejam superiores aos limites de tolerância fixados no Quadro 1.	10%, 20% e 40%
12	Poeiras minerais cujas concentrações sejam superiores aos limites de tolerância fixados neste Anexo.	40%
13	Atividades ou operações, envolvendo agentes químicos, consideradas insalubres em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho.	10%, 20% e 40%
14	Agentes biológicos.	20% e 40%

Fonte: Brasil, Ministério do Trabalho e Emprego (2018).

Destaca-se aqui que a NR-15 está intimamente ligada à NR-9 que trata do PPRA, pois, enquanto uma define, entre outras informações, quais os *agentes ambientais* presentes no ambiente de trabalho, a outra estabelece, para cada agente apresentado, os critérios de caracterização de *insalubridade* nas atividades que expõem os trabalhadores a tais agentes e respectivos *limites de tolerância*, quando aplicáveis.

Os *limites de tolerância* apresentados, em especial no *Anexo 11*, referem-se às concentrações de substâncias químicas dispersas no ar, às quais, acredita-se, a maioria dos trabalhadores possam estar expostos repetidamente, dia após dia, durante toda uma vida de trabalho, sem sofrer efeitos adversos à saúde.

É importante destacar que existem *limites de tolerância* para esses *agentes* estabelecidos por organismos normativos internacionais e também pela ACGIH, porém, pela ausência de referência expressa na NR-15, sua observância não é obrigatória para fins de caracterização de *insalubridade*, ou seja, para assegurar ao trabalhador a percepção de adicional para incidir, sobre o salário mínimo da região, o equivalente a 10, 20 ou 40%.

3.1.1 A monetização do risco

Conforme Camisassa (2015), enquanto o Brasil insiste no pagamento do adicional de *insalubridade* nos casos de exposição do trabalhador a *agentes nocivos* acima do limite de tolerância, ou seja, insiste na monetização do risco, a tendência internacional é favorável à redução da jornada nos trabalhos insalubres.

Segundo Oliveira (2011), desembargador do TRT 3ª região, pela análise do Direito do Trabalho comparado, observa-se que o legislador adotou três estratégias básicas diante dos *agentes agressivos*, no ambiente de trabalho. São elas:

a) aumentar a remuneração para compensar o maior desgaste do trabalhador;

b) proibir o trabalho;

c) reduzir a duração da jornada.

Acredita-se que a primeira alternativa é a mais cômoda, porém a menos aceitável, pois trata da monetização do risco. A segunda hipótese, do ponto de vista prevencionista, seria o ideal, mas nem sempre possível. Já a terceira, representa o ponto de equilíbrio cada vez mais adotado.

Por um erro de perspectiva, o Brasil preferiu a primeira opção desde 1940 e, pior ainda, insiste em mantê-la, quando praticamente o mundo inteiro já mudou de estratégia.

Oliveira (2011) destaca ainda as palavras do médico do trabalho, Dr. Diogo Pupo Nogueira, que afirma que a opção de instituir recompensa monetária pela exposição aos riscos desvia a preocupação com o problema principal, que é a saúde do trabalhador. Ou seja, foram criados mecanismos para conviver com o mal e não para cortá-lo pela raiz.

3.1.2 Além da NR

Os limites de tolerância não representam linhas imaginárias que separam valores seguros de exposição, de valores perigosos, mas níveis de exposição aos quais o trabalhador típico pode se submeter sem sofrer efeitos adversos à saúde, ou seja, são estimativas quantitativas do risco, às quais, acredita-se, a maioria da população trabalhadora possa estar repetidamente exposta sem sofrer danos à saúde.

Um fator a se considerar deve ser a *variabilidade individual*, ou seja, pessoas que apresentam uma suscetibilidade maior à exposição de determinados agentes (indivíduos hipersuscetíveis), em virtude de vários fatores, como predisposição genética, idade, massa corporal, exposições prévias, uso de medicamentos, e até mesmo hábitos pessoais, como uso de álcool, fumo ou outras drogas. Por isso, sempre existirá um porcentual de trabalhadores que não estarão protegidos quando expostos a valores iguais ou até mesmo menores que os limites de tolerância.

Nesses casos, o médico do trabalho deve avaliar a necessidade de proteções adicionais a serem implementadas caso a caso. Em algumas situações, a própria legislação busca proteger esses trabalhadores, como no caso das gestantes e menores.

3.2 A DESATUALIZAÇÃO DA NR-15

Como já citado no presente trabalho, a Portaria nº 3.214 de 8/6/1978, que regulamenta a NR-15, foi baseada nos parâmetros publicados pela ACGIH, naquele mesmo ano. Porém, cabe destacar que a ACGIH não é um organismo normativo, ou seja, não se pode dizer que as publicações dessa entidade sejam normas internacionais. Suas publicações são referências técnicas, cuja observância pelos órgãos reguladores dos diversos países é facultativa e não compulsória. Entretanto, a importância e a qualidade de suas publicações são reconhecidas internacionalmente, sendo suas recomendações seguidas pela maioria das agências e órgãos reguladores internacionais.

Ainda, além de definir os limites de tolerância para os agentes dispersos no ar, o *Anexo 11* também indica os agentes químicos para os quais se deve adotar maior proteção nos casos em que haja possibilidade exposição dérmica, ou seja, contato com a pele, porém, apenas para aqueles mesmos agentes químicos que se tinha conhecimento naquele momento da história.

Os *limites de tolerância* e *índices de exposição biológica* constantes nos guias de orientação da ACGIH são reavaliados anualmente, com base em novos conhecimentos e publicações técnicas e científicas. Na verdade, fazendo uma rápida análise dos parâmetros da ACGIH, percebe-se que alguns dos índices têm sido reduzidos ao longo do tempo, por qual se conclui que houve uma superestimação do risco no passado. Como os valores constantes na NR-15 não foram atualizados desde a sua publicação em 1978, pressupõe-se a desatualização da mesma.

Há de se destacar que o inverso também ocorre. Existem alguns *agentes químicos* apresentados pela ACGIH que possuem hoje limites de tolerância maiores que os praticados em 1978, e por consequência, previstos no *Anexo 11* da NR-15. Porém, a falta de atualização de vários *limites de tolerânciai* presentes na NR-15, aliada à evolução técnico-científica das últimas décadas fazem que diversas exposições consideradas atualmente toleráveis pela norma não sejam sequer admitidas por órgãos normativos e científicos internacionais (dentre eles a própria ACGIH), por serem comprovadamente danosas à saúde do trabalhador. Abaixo a tabela comparativa de *limites de tolerância* da NR-15 versus a ACGIH.

Figura 5 – Tabela comparativa de limites de tolerância NR-15 x ACGIH

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
acetaldeído			78	140	máximo	-	25
acetato de cellosolve		+	78	420	médio	5	-
acetato de etila			310	1090	mínimo	400	-
acetileno			asfixiante simples			asfixiante simples	
acetona			780	1870	mínimo	500	750
acetonitrila			30	55	máximo	20	-
ácido acético			8	20	médio	10	15
ácido cianídrico		+	8	9	máximo	-	4,7
ácido clorídrico	+		4	5,5	máximo	-	2
ácido crômico			-	0,04	máximo	-	-
ácido fluorídrico			2,5	1,5	máximo	0,5	2
ácido fórmico			4	7	médio	5	10
acrilato de metila		+	8	27	máximo	2	-

Fonte: Vendrame (2011, p. 40).

Para exemplificar isso, pode-se observar na figura 5 que o limite de tolerância à exposição ao agente químico *acetona*, determinado pela NR-15, é de 780 ppm, enquanto a ACGIH estabelece que esse valor deva ser 500 ppm, ou seja, 1,56 vezes menor. Temos, portanto, há vários anos no Brasil, milhares ou milhões de trabalhadores expostos a condições insalubres que são inaceitáveis pela comunidade internacional.

Na contramão dessa análise, exemplifica-se à exposição ao agente químico *acetato de etila*, determinado pela NR-15, como 310 ppm, enquanto a ACGIH estabelece que esse valor deva ser 400 ppm, ou seja, 1,29 vezes maior, logo, nesse caso, a norma brasileira é mais restritiva.

Vendrame (2001) traz em sua obra uma tabela completa com os valores dos limites de tolerância trazidos por ambas as normas, ou seja, *Anexo 11* da NR-15 e os da ACGIH, na qual optou-se por inserir no presente trabalho esta obra para fins de consulta dos que desejarem (*Anexo 1*).

Com uma análise detalhada de cada um dos agentes químicos na referida tabela ora citada, chega-se ao incrível dado que, presentemente, 69 agentes químicos possuem valores os quais são maiores na ACGIH e outros 69 agentes são maiores no *Anexo 11* da NR-15.

Ainda, tem-se que apenas 2 agentes químicos possuem os mesmos *limites de tolerância* em ambas as normas e outros 5 agentes são igualmente classificados como *asfixiantes simples*, totalizando os 145 *agentes químicos* trazidos atualmente pelo *Anexo 11* da NR-15.

3.2.1 Referências internacionais

Em relação às referências internacionais, é muito importante que fique claro que, apesar de a NR-15 ter sido baseada nas orientações da ACGIH, não há disposição expressa na norma determinando que, na sua omissão, tais referências ou quaisquer normas internacionais, sejam utilizadas para caracterização de *insalubridade*. Tal fato implica consequências negativas para o trabalhador, pois, caso a exposição ocupacional a determinado agente nocivo não esteja prevista na norma, não haverá base legal para caracterizar a respectiva atividade como insalubre, ainda que os órgãos internacionais estabeleçam o contrário.

Não se deve confundir o exposto no parágrafo anterior com o item 9.3.5.1, alínea c, da NR-9. Esse item admite expressamente a adoção dos limites de exposição da ACGIH para adoção de medidas de controle, mas não para caracterização de *insalubridade*. Como exemplo, pode ser citada a exposição à *poeira de algodão*. Não há na NR-15 limites de exposição a esse

agente químico, não sendo, portanto, legalmente possível a caracterização da *insalubridade* nas atividades com tal exposição, o que desobriga o pagamento do *adicional de insalubridade* respectivo, ainda que haja normas ou referências internacionais que tratem do assunto.

Ressalta-se que essa é a visão legalista, que se encontra fundamentada no artigo 190 da *Consolidação das Leis do Trabalho* (CLT) e nas *Súmulas 460* e *194* do Supremo Tribunal Federal (STF). Para Brasil (1943), no artigo 190 da CLT:

> O Ministério do Trabalho aprovará o quadro das atividades e operações insalubres e adotará normas sobre os critérios de caracterização da insalubridade, os limites de tolerância aos agentes agressivos, meios de proteção e o tempo máximo de exposição do empregado a esses agentes (1943).

Contudo, a matéria objeto desse artigo da CLT encontra-se regulamentada na NR-15 e a caracterização da *insalubridade* somente poderá ocorrer se houver previsão nessa norma. Tal entendimento encontra fundamento na *Súmula 460* do STF que afirma que para efeito do adicional de insalubridade a perícia judicial, em reclamação trabalhista, não dispensa o enquadramento da atividade entre as insalubres, que é ato da competência do Ministério do Trabalho. Já a *Súmula 194* diz que é competente o Ministro do Trabalho para a especificação das atividades insalubres.

3.3 JORNADA DE TRABALHO E A FÓRMULA DE BRIEF & SCALA

Nos termos da legislação brasileira, as jornadas de trabalho que excedam a 48 horas semanais deverão observar o disposto no art. 60 da CLT:

> Art. 60 - Nas atividades insalubres, assim consideradas as constantes dos quadros mencionados no capítulo 'Da Segurança e da Medicina do Trabalho', ou que neles venham a ser incluídas por ato do Ministro do Trabalho, Indústria e Comércio, quaisquer prorrogações só poderão ser acordadas mediante licença prévia das autoridades competentes em matéria de higiene do trabalho, as quais, para esse efeito, procederão aos necessários exames locais e à verificação dos métodos e processos de trabalho, quer diretamente, quer por intermédio de autoridades sanitárias federais, estaduais e municipais, com quem entrarão em entendimento para tal fim. (BRASIL, 1943).

A adaptação dos limites de tolerância da ACGIH, em 1978, foi precedida de recálculo em função da diferente jornada de trabalho no Brasil, que na época ainda era de 48 horas semanais, tendo sido utilizada a fórmula de Brief & Scala:

$$FR = \frac{40}{h} x \ \frac{(168 - h)}{128}$$

Onde *FR* representa o *fator de redução* e o *h* o *total de horas de exposição por semana*. Exemplo de cálculo para jornada de 48 horas semanais:

$$FR = \frac{40}{48} x \ \frac{(168 - 48)}{128} = 0{,}78$$

Exemplo de cálculo para jornada de 44 horas semanais:

$$FR = \frac{40}{44} x \ \frac{(168 - 44)}{128} = 0{,}88$$

Jornadas muito diferentes de 8 horas diárias ou 40 horas semanais, como dos trabalhadores *offshore*, por exemplo, devem ser avaliadas de forma específica. O modelo de Brief & Scala reduz o TLV proporcionalmente ao aumento da exposição e à redução do tempo de recuperação, valendo para jornadas superiores a 8 horas diárias ou 40 horas semanais.

O modelo não deve ser aplicado para jornadas menores, consequentemente aumentando-se a concentração acima do permitido. Assim, não é correto ampliar o limite de tolerância oito vezes para a exposição com 1 hora de duração.

3.3.1 Jornadas prolongadas

Para jornadas prolongadas, cujo trabalhador fique exposto 5 ou menos dias por semana, Brief & Scala aponta para a seguinte equação:

$$FR = \frac{8}{h} x \ \frac{(24 - h)}{16}$$

Onde *FR* representa o *fator de redução* e o *h* o *total de horas de exposição no turno de trabalho*. Exemplo de um operador de uma usina que frequentemente trabalha num esquema de 6 semanas, sendo que nas 3 primeiras semanas com 3 dias de jornada de 12 horas, seguido de 3 semanas com 4 dias com jornada de 12 horas. Para analisar a exposição desse trabalhador ao agente metanol, por exemplo, cujo limite de tolerância no Brasil é de 200 ppm para jornada de 48 horas semanais, utiliza-se a equação para chegar ao valor ajustado de uma condição segura para este trabalhador, conforme abaixo:

$$FR = \frac{8}{12} x \ \frac{(24 - 12)}{16} = 0{,}5$$

Assim, o limite ajustado utilizaria esse *fator de redução* (0,5) para multiplicar pelo *limite de tolerância* permitido:

$$LT_{ajustado} = \ FR \ x \ LT$$

$$LT_{ajustado} = \ 0{,}5 \ x \ 200 = 100 \ ppm$$

Exemplo similar pode ser utilizado para a situação na qual o trabalhador que possui uma jornada de 8 horas, 7 dias por semana, num esquema de 56/21, no qual esses trabalhadores laboram continuamente 56 dias seguidos de 21 dias de repouso. Para esta situação, o cálculo recomendado por Brief & Scala para o limite de tolerância seria:

Horas de exposição por semana: 8 x 7 = 56 horas

$$FR = \frac{40}{56} x \ \frac{(168 - 56)}{128} = 0{,}625$$

tal que:

LT ajustado = FR x TLV = 0,625 x 200 ppm = 125 ppm

Assim, 125 ppm seria considerada a exposição limite para este trabalhador.

3.3.2 Maiores preocupações entre índices de exposição

Para fins de *Higiene Ocupacional* e prevenção de doenças decorrentes do trabalho, fica claro que parâmetros internacionais devem ser consultados, principalmente pela grande discrepância existentes entre alguns índices de exposição que, hoje, são totalmente inaceitáveis em diversos países, e que no Brasil se encontra regulamentado pelo *Anexo 11* da NR-15 como seguro, ou conforme o texto da referida norma, que não causará danos à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral.

Exemplo disso se dá caso se faça um exercício de zerar toda a nossa legislação pertinente ao assunto ora abordado e utilize-se das mesmas referências adotadas em 1978, com o devido fator de ajuste de escala, conforme proposto por Brief & Scala.

3.3.2.1 Agente químico 2 etoxietanol

O *2-etoxietanol* é um solvente usado largamente em aplicações comerciais e industriais, sendo no Brasil conhecido popularmente como etilglicol. Possui características de um líquido claro, incolor, quase inodoro que é miscível com água, etanol, éter dietílico, acetona, e acetato de etila. Sua fórmula química é apresentada como C2H5OCH2CH2OH, possui densidade de 0,932 (20/20°C), ponto de ebulição 135,1°C (760 mm de Hg), e ponto de fulgor de 54,4 °C (vaso aberto). Como solvente, possui taxa de evaporação 35 (acetato de butila = 100). Pode ser manufaturado pela reação de óxido de etileno com etanol.

Como com outros éteres de glicol, 2-etoxietanol tem a útil propriedade de dissolver compostos quimicamente diversos. Ele dissolve óleos, resinas, gordura, graxas, nitrocelulose e lacas. Esta é uma propriedade ideal em limpadores multipropósito e consequentemente o 2-

etoxietanol é usado em produtos tais como removedores de vernizes e soluções desengordurantes.

Tomando por base de cálculo a fórmula a qual foi utilizado como referência no *Anexo 1* do presente trabalho, pode-se realizar uma rápida análise para perceber que a legislação brasileira é mais branda, pois permite cerca de 15,6 vezes de exposição maior que a referência americana, ou seja, 78 ppm da NR-15 contra os 5 ppm da ACGIH.

Para o recálculo em função da diferente jornada de trabalho no Brasil, adaptando o atual limite apontado pela ACGIH, conforme proposto por Brief & Scala, para uma jornada de 44 horas semanais, tem-se

$$FR = \frac{40}{44} x \ \frac{(168 - 44)}{128} = \ 0{,}88$$

tal que:

LT ajustado = FR x TLV = 0,88 x 5 ppm = 4,4 ppm

Considerando a jornada de 44 horas semanais, o *limite de tolerância ajustado* para o *agente 2 etoxietanol* hoje seria de 4,4 ppm, e não de 78 ppm como a atual legislação brasileira permite, ou seja, o trabalhador brasileiro pode estar exposto 17,71 vezes mais do que preconiza uma das maiores referências internacionais no assunto, a ACGIH.

Observação importante sobre este agente é que o *Anexo 11* da NR-15 aponta que além da penetração no organismo do trabalhador pelas vias respiratórias, ele também tem absorção pela pele, o que exige um cuidado ainda maior sob o ponto de vista da prevenção, ainda mais em si tratando de valores permissíveis tão altos.

3.3.2.2 Agente químico 2,4 diisocianato de tolueno

O *diisocianato de tolueno* é um composto orgânico do tipo diisocianato (por ter dois grupos isocianato, -N = C = O) aromático (por ter um anel aromático). Seu nome é geralmente abreviado como "TDI" (de Toluen diisocianato). Tem vários isómeros estruturais, mas os mais importantes comercialmente são o 2,4-TDI (número CAS: 584-84-9) e o 2,6-TDI (número CAS: 91-08-7). Para a mistura de isômeros corresponde o número CAS: 26471-62-5.3 O 2,4-TDI tem importância comercial em estado puro, enquanto o 2,6-TDI é vendido misturado com o 2,4-TDI em diferentes relacionamentos.

O TDI é o segundo diisocianato mais importante no mercado somente após o diisocianato de difenilmetano (MDI).

O maior uso é na síntese de poliuretano. A maior parte do TDI produzido (80-85%) é usado na produção de espumas flexíveis de poliuretano. Também em menor medida para espumas rígidas, como é o caso do núcleo de algumas pranchas de surf. Cerca de 3% na síntese de poliuretanos elastoméricos, 5% em adesivos e selantes e 9% em revestimentos.

Para base de cálculo, foi utilizado como referência o *Anexo 1* do presente trabalho que, com uma rápida análise, percebe-se a legislação brasileira é mais branda, permitindo cerca de 3,2 vezes uma exposição maior que a referência americana: 0,016 ppm da NR-15 contra os 0,005 ppm da ACGIH.

Para o recálculo em função da diferente jornada de trabalho no Brasil, adaptando o atual limite apontado pela ACGIH, conforme proposto por Brief & Scala, para uma jornada de 44 horas semanais, tem-se

$$FR = \frac{40}{44} x \ \frac{(168 - 44)}{128} = \ 0{,}88$$

tal que:

LT ajustado = FR x TLV = 0,88 x 0,005 ppm = 0,0044 ppm

Considerando a jornada de 44 horas semanais, o *limite de tolerância ajustado* para o *agente 2,4 diisocianato de tolueno* hoje seria de 0,0044 ppm e não de 0,016 ppm como a atual legislação brasileira permite, ou seja, o trabalhador brasileiro pode estar exposto 3,63 vezes a mais do que preconiza uma das maiores referências internacionais no assunto, a ACGIH.

Uma observação importante sobre esse agente é que o *Anexo 11* da NR-15 aponta que além da penetração no organismo do trabalhador pelas vias respiratórias, ele também apresenta indicativo de *Valor Teto*, ou seja, se considerado excedido o limite de tolerância, quando qualquer uma das concentrações obtidas nas amostragens ultrapassar os valores fixados no quadro 1 do *Anexo 11* da NR-15.

3.3.2.3 Agente químico monometil hidrazina

Metil-hidrazina ou *mono-metil hidrazina* é um composto derivado da hidrazina, por substituição de um hidrogênio por um grupo metil. Vários satélites artificiais, como os satélites da linha Brasilsat B (Brasilsat B1 até Brasilsat B4) utilizam este composto (MMH) como combustível, reagindo com o oxidante tetróxido de nitrogênio (NTO, N2O4). É o combustível mono-propelente usado no controle orbital dos 56 satélites da linha HS 376.

A hidrazina é um líquido com propriedades similares a amônia. A disposição espacial de seus dois átomos de hidrogênio faz com que a substância seja muito mais reativa que a amônia. Pode oxidar a amônia com hipoclorito de sódio.

Também são chamados de hidrazinas os seus derivados, compostos orgânicos que apresentam o grupo funcional.

A hidrazina é primariamente utilizada como um produto químico intermediário na produção de produtos químicos para a agricultura, fibra Spandex e antioxidantes.

Dimetil-hidrazina é utilizada para a fabricação de combustível que entra em combustão apenas por contato (hypergolic em inglês), bipropelente para combustível de foguetes. A hidrazina é também utilizada como removedor de oxigênio de caldeiras e de sistemas de calafetação, polimerização de catalisadores e removedores de gases. Também entra na composição de explosivos como a Astrolite, por exemplo.

A *hidrazina* é um produto químico altamente tóxico. Seu manuseio exige o uso de roupas especiais de proteção.

Para base de cálculo, foi utilizado como referência o *Anexo 1* do presente trabalho que, com uma rápida análise, percebe-se que a legislação brasileira é mais branda, permitindo cerca de 16 vezes uma exposição maior que a referência americana: 0,16 ppm da NR-15 contra os 0,01 ppm da ACGIH.

Para o recálculo em função da diferente jornada de trabalho no Brasil, adaptando o atual limite apontado pela ACGIH, conforme proposto por Brief & Scala, para uma jornada de 44 horas semanais, tem-se

$$FR = \frac{40}{44} x \ \frac{(168 - 44)}{128} = \ 0{,}88$$

tal que:

LT ajustado = FR x TLV = 0,88 x 0,01 ppm = 0,0088 ppm

Considerando a jornada de 44 horas semanais, o *limite de tolerância ajustado* para o *agente monometil hidrazina* hoje seria de 0,0088 ppm e não de 0,16 ppm como a atual legislação brasileira permite, ou seja, o trabalhador brasileiro pode estar exposto 18,17 vezes a mais do que preconiza uma das maiores referências internacionais no assunto, a ACGIH.

Observação importante sobre este agente é que o *Anexo 11* da NR-15 aponta que além da penetração no organismo do trabalhador pelas vias respiratórias, ele também apresenta indicativo de valor teto e absorção pela pele, ou seja, exige-se de trabalhadores expostos a esse agente uma atenção especial no sentido da *antecipação, reconhecimento* e *controle ao risco*.

3.3.2.4 Agente químico cloreto de vinila

Em química, o *cloreto de vinila,* cujo nome *I*UPAC é *cloroeteno*, é um composto orgânico de fórmula química C2H3Cl. Ele é o monômero do PVC e estudos mostram *riscos ocupacionais* aos trabalhadores envolvidos na fabricação desse monômero e/ou polímero (PVC). Esses estudos mostram a ocorrência de casos de angiosarcoma, um tipo de câncer do fígado, assim como câncer em outros órgãos, entre trabalhadores da indústria de PVC, como extrusoras de PVC, enquanto que a inalação da serragem de PVC pode aumentar as chances de câncer de pulmão, o que acarreta um risco ocupacional a um grupo de trabalhadores e trabalhadoras mais amplo, pois o uso de tubulação de PVC está amplamente presente na construção civil brasileira.

Está comprovado que o seu monômero, o *cloreto de vinila*, presente durante o processo de fabricação do PVC, é carcinogênico, estando associado a angiossarcoma, um tipo de câncer do fígado, assim como câncer em outros orgãos, enquanto que a inalação da serragem de PVC pode aumentar as chances de câncer de pulmão e pneumoconiose.

Aqui começa uma preocupação maior ainda, visto a discrepância existente entre índices de exposição quando comparados.

Para base de cálculo, foi utilizado como referência o *Anexo 1* do presente trabalho que, com uma rápida análise, percebe-se que a legislação brasileira é muito mais branda, permitindo cerca de 156 vezes uma exposição maior que a referência americana: 156 ppm da NR-15 contra os 1 ppm da ACGIH.

Para o recálculo em função da diferente jornada de trabalho no Brasil, adaptando o atual limite apontado pela ACGIH, conforme proposto por Brief & Scala, para uma jornada de 44 horas semanais, tem-se

$$FR = \frac{40}{44} x \ \frac{(168 - 44)}{128} = \ 0{,}88$$

tal que:

LT ajustado = FR x TLV = 0,88 x 1 ppm = 0,88 ppm

Considerando a jornada de 44 horas semanais, o *limite de tolerância ajustado* para o *agente cloreto de vinila* hoje seria de 0,88 ppm e não de 156 ppm como a atual legislação brasileira permite, ou seja, o trabalhador brasileiro pode estar exposto 177,14 vezes a mais do que preconiza uma das maiores referências internacionais no assunto, a ACGIH.

Isso é bastante preocupante, porém há inúmeras outras situações semelhantes a essa, como por exemplo o *1,3 butadieno*, cujo *limite de tolerância ajustado* chega a 442 vezes o que

é permitido praticar hoje no país. Para última análise, atentar para o caso do *1,2 dicloropropano* e o que ocorre na exposição de curta duração dele.

3.3.2.5 Agente químico 1,2 dicloropropano

O *1,2-dicloropropano* é um composto orgânico classificado como clorocarboneto. É um líquido incolor e inflamável com um odor doce. É obtido como um subproduto da produção de epicloridrina, que é produzida em grande escala.

O *1,2-dicloropropano* é um intermediário na produção de percloroetileno e outros produtos químicos clorados. Ele já foi usado como fumigante de solo, intermediário químico, bem como solvente industrial e era encontrado em removedores de tinta, vernizes e removedores de acabamento de móveis, mas alguns desses usos foram descontinuados.

Após vários casos de câncer de duto biliar entre funcionários de uma gráfica japonesa, uma investigação do Ministério da Saúde, Trabalho e Bem-Estar do Japão concluiu em março de 2013 que esses casos provavelmente se deviam ao uso de agentes de limpeza contendo *1,2-dicloropropano*. Portanto, há evidências razoáveis de que o *1,2-dicloropropano* pode ser um carcinógeno.

Dados de estudos em animais mostram crescimento tumoral no fígado e nas glândulas mamárias. Outros estudos em animais envolvendo dados de toxicidade por inalação fizeram com que o Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional classificasse o *1,2-dicloropropano* como carcinógeno e o IDLH.

Para base de cálculo, foi utilizado como referência o *Anexo 1* do presente trabalho que, com uma rápida análise, percebe-se que a legislação brasileira é muito mais branda, permitindo cerca de 590 vezes uma exposição maior que a referência americana: 59 ppm da NR-15 contra os 0,1 ppm da ACGIH.

Para o recálculo em função da diferente jornada de trabalho no Brasil, adaptando o atual limite apontado pela ACGIH, conforme proposto por Brief & Scala, para uma jornada de 44 horas semanais, tem-se

$$FR = \frac{40}{44} x \ \frac{(168 - 44)}{128} = \ 0{,}88$$

tal que:

LT ajustado = FR x TLV = 0,88 x 0,1 ppm = 0,088 ppm

Considerando a jornada de 44 horas semanais, o *limite de tolerância ajustado* para o *agente 1,2 dicloropropano* hoje seria de 0,088 ppm e não de 59 ppm como a atual legislação brasileira permite, ou seja, o trabalhador brasileiro pode estar exposto quase 670 vezes a mais do que preconiza uma das maiores referências internacionais no assunto, a ACGIH.

Pode-se perceber o quão alarmante são esses fatos, contudo é mais grave do que se pode pensar, pois o valor apresentado pela ACGIH não é para critérios de avaliação para uma jornada de 8 horas diárias ou 40 semanais. Para alguns casos, e este é um deles, a Associação Americana não traz limites seguros de exposição para longas jornadas. Ela apresenta o valor de 0,1 ppm para a condição STEL (*Short-term Exposure Limit*), ou seja, limite de exposição a curto prazo, normalmente por um período de até 15 minutos de duração dessa exposição, diferente da legislação brasileira que permite a exposição a este agente por até 48 horas semanais. A partir disso, pode-se afirmar que é quase inacreditável e desumano a existência de tal permissão.

3.3.3 Efeitos combinados dos agentes químicos

Conforme Vendrame (2001), normalmente, um ambiente de trabalho não possui um único agente químico, mas vários agentes concorrendo para a exposição do trabalhador e uma questão a ser considerada é o *sinergismo* ou *potencialização* presentes entre os *agentes químicos*, quando então o efeito de dois agentes é superior à soma dos efeitos da exposição de cada agente de forma individual.

Vendrame (2011), inclusive, explica que ocorre o antagonismo quando uma substância química ameniza ou neutraliza os efeitos de outra substância, porém tal situação é bem mais rara que o *sinergismo*.

Assim, numa situação de exposição a vários *agentes químicos* a análise não pode se limitar ao cálculo do *Índice de Exposição* para cada substância, de forma independente, mas deve-se levar em consideração todas as substâncias presentes atuando sobre o mesmo sistema orgânico. O efeito combinado não leva em consideração os efeitos sinérgicos e antagônicos das substâncias em questão (VENDRAME, 2011).

Conforme Vendrame (2011), quando houver convicção de que os efeitos das substâncias não são aditivos, mas independentes, como aqueles que ocorrem em órgãos distintos, o *Índice de Exposição* é dado pela concentração do agente dividido pelo seu limite de tolerância.

$$IE = \frac{C}{LT}$$

O efeito combinado é dado pelo somatório da divisão de cada agente pelo seu respectivo *limite de tolerância*.

$$\frac{C_1}{LT_1} + \frac{C_2}{LT_2} + \cdots \frac{C_n}{LT_n}$$

A somatória não pode ser superior à unidade, sob pena do *limite de tolerância* ter sido ultrapassado. Como exemplo prático disso deve-se observar a tabela 5 ao apresentar se numa avaliação de um ambiente industrial ao constatar-se que existe a seguinte concentração dos agentes químicos.

Tabela 5 – Tabela exemplificativa de concentração de um solvente industrial

AGENTE	COMPOSIÇÃO	CONCENTRAÇÃO	LIMITE DE TOLERÂNCIA
(1) Tolueno	25 %	30 ppm	78 ppm - 290 mg^3
(2) Acetato de etila	8 %	130 ppm	310 ppm - 1090 mg^3
(3) Metil ciclohexanol	40 %	14 ppm	40 ppm - 160 mg^3
(4) Xileno	27 %	20 ppm	78 ppm - 340 mg^3

Fonte: Vendrame (2011, p. 58).

Para um leigo, nenhum dos *limites de tolerância*, de forma individual, foram ultrapassados, o que pode induzir o higienista menos experimentado a afirmar que a exposição não é problemática, no entanto, calculando o efeito combinado tem-se que:

$$\frac{C_m}{LT_m} = \frac{C_1}{LT_1} + \frac{C_2}{LT_2} + \frac{C_3}{LT_3} + \frac{C_4}{LT_4}$$

$$\frac{C_m}{LT_m} = \frac{30}{78} + \frac{130}{310} + \frac{14}{20} + \frac{20}{78} = 1{,}41$$

No exemplo acima, percebe-se por meio do cálculo do efeito combinado que o *limite de tolerância* foi ultrapassado em 41%, mesmo que de forma individual os valores obtidos nas *avaliações quantitativas*, não tenham ultrapassado nem mesmo o nível de ação que, segundo conceito trazido pela NR-9, seria o valor acima do qual devem ser iniciadas *ações preventivas* de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a *agentes ambientais* ultrapassem os *limites de exposição*.

Ainda, levando em conta a equação anterior, é possível calcular o *limite de tolerância* da mistura, bastando apenas isolar a *variável limite de tolerância da mistura* (LT_m):

$$LT_m = \frac{C_m}{\frac{C_1}{LT_1} + \frac{C_2}{LT_2} + \cdots \frac{C_n}{LT_n}}$$

Dividindo o numerador e o denominador pela *concentração da mistura* (C_m):

$$LT_m = \frac{\frac{C_m}{C_m}}{\frac{C_1}{LT_1 * C_m} + \frac{C_2}{LT_2 * C_m} + \cdots \frac{C_n}{LT_n * C_m}}$$

Sabendo que C_1/C_m, representam as frações mássicas F_1, F_2 e F_n de cada componente, tem-se que:

$$LT_m = \frac{1}{\frac{F_1}{LT_1} + \frac{F_2}{LT_2} + \cdots \frac{F_n}{LT_n}}$$

Esta equação é utilizada, por exemplo, quando a fonte contaminante de uma mistura líquida e o volatilizado tem composição similar à mistura, isto é, toda a mistura é evaporada por igual. Conhecendo-se a composição percentual (em peso) da mistura, os *limites de tolerância* devem ser utilizados em mg/m^3 e o limite da mistura será dado por:

$$LT_m = \frac{1}{\frac{F_a}{LT_1} + \frac{F_2}{LT_b} + \cdots \frac{F_n}{LT_n}}$$

$$LT_m = \frac{1}{\frac{0,25}{290} + \frac{0,08}{1090} + \frac{0,4}{180} + \frac{0,27}{340}} = 253\ mg^3$$

3.3.4 Conversão de unidades

Para finalizar este capítulo, percebe-se que comumente os *limites de tolerância* são expressos em ppm ou mg/m^3, raramente são expressos em milhões de partículas por pé cúbico de ar (mppcf). Do ponto de vista prático, pode-se considerar que os gases se comportam como gases perfeitos, inclusive quando diluídos.

Em 1811, Amadeo Avogadro enunciou o princípio de que volumes iguais de quaisquer gases, medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão, contém o mesmo número de moléculas. A recíproca do princípio também é verdadeira. Número iguais de moléculas de quaisquer gases, nas mesmas condições de pressão e temperatura, ocupam o mesmo volume. Assim, um mol de qualquer gás, à temperatura de 25º C e pressão de 760 mm de mercúrio, ocupa o volume de 24,45 litros.

Assim, para a conversão de unidade tem-se:

a) De mg/m^3 para ppm:

$$C_{ppm} = \frac{24{,}45\ x\ LT_{mg/m3}}{PM}$$

b) De ppm para mg/m^3

$$C_{mg/m3} = \frac{PM\ x\ LT_{ppm}}{24{,}45}$$

Na qual *PM* significa o *peso molecular* da substância em questão e *C* a *concentração desejada* na referida unidade. Se a pressão ambiente for de 760 mmHg e a temperatura de 20º C, o volume é de 20,04 litros.

De forma exemplificativa, se um ambiente industrial, nas CNTP, possui uma concentração de 42 ppm de *acetona*, cujo peso molecular é de 58,05 g/mol, a concentração em miligrama por metro cúbico seria assim representada:

$$C_{mg/m3} = \frac{58{,}05\ x\ 42}{24{,}45} = 99{,}72 g/m^3$$

A mesma analogia pode ser utilizada se um ambiente de trabalho possuir 0,6 miligramas por metro cúbico de cloreto de vinilideno, cujo peso molecular é de 96 g/mol e seja necessário obter essa informação em ppm:

$$C = \frac{24{,}45\ x\ 0{,}6}{96{,}95} = 0{,}15\ ppm$$

4 ANÁLISE DOS DADOS PESQUISADOS

Muitas são as variáveis a observar e diversos são os critérios, leis e normas sobre o assunto. Maiores ainda são as exceções, mas há de se destacar que apenas um é realmente prejudicado. O trabalhador é o real prejudicado na má gestão dos agentes ambientais presentes nos ambientes de trabalho, em especial os *agentes químicos* trazidos no *Anexo 11* da NR-15 do nosso Ministério do Trabalho e Emprego, pois ele é exposto ao *agente ambiental* acima dos *índices aceitáveis de tolerância*. Esse sim, merece o respeito e atenção na observância das suas atividades, em especial as consideradas insalubres, independentemente de caracterização ou não pela atual regulamentação brasileira.

Há de se considerar ainda que não existe verdade absoluta sobre o assunto, principalmente quando se trata de legislação e a sua devida interpretação, ainda que as mesmas, na sua essência, busquem regulamentar parâmetros seguros de exposição.

Por isso, este trabalho não visa esgotar o assunto. Pelo contrário, ele visa orientar que se deve adentrar num universo ainda pouco explorado na prática por legisladores brasileiros, empregadores e, por que não dizer, profissionais que se intitulam como especialistas em segurança e medicina do trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das pesquisas realizadas, o presente trabalho discorreu acerca dos *limites de tolerância* dos *agentes químicos* apresentados no *Anexo 11* da NR-15 do MTE, comparando-os com os limites apontados pela ACGIH. Tal comparativo teve como base alguns *agentes químicos* que possuem grande utilização industrial, bem como altas probabilidades de toxidade apresentada para os trabalhadores que a eles ficam expostos, citando, inclusive, algumas das doenças que são desencadeadas com essa exposição.

Com esta monografia, fica claro duas situações bem distintas. A primeira, na qual, independente de caracterização e, por consequência, o pagamento de verbas indenizatórias aos trabalhadores a fim de indenizar sua saúde, o chamado pagamento do *adicional de insalubridade*, a necessidade real e atual que existe é, por parte dos profissionais que trabalham em prevenção, investigar o assunto nos aportes teóricos internacionais na busca por *índices de exposição* mais seguros aos seus trabalhadores.

A segunda, e tão importante quanto a primeira, é a necessidade que se tem de atualização dos índices considerados seguros pela *atual* legislação brasileira, em especial o *Anexo 11* da NR-15, pois, mesmo que na nossa legislação hoje não enquadre determinada atividade como insalubre, referências internacionais, em especial as praticadas pela ACGIH, indicam que esta não é uma verdade absoluta, colocando, sim, em *condições insalubres*, no real sentido da palavra, os trabalhadores que desenvolvem suas atividades diárias em ambientes cujos *limites de tolerâncias* são próximos aos atuais *índices de exposição* praticados pela nossa legislação e considerados como seguros.

Toda as considerações e discussões aqui propostas, bem como todas as ferramentas, avaliações e metodologias, constituem as mais diversas formas de se executar a prevenção, mas o objetivo maior sempre será o mesmo, ou seja, a prevenção de doenças decorrentes do trabalho pela exposição a *agentes nocivos* aos trabalhadores.

Acredita-se, ainda, que um outro objetivo com o desenvolvimento dessa monografia foi atingido, pois, com os conhecimentos adquiridos ao longo dos dois anos de curso de especialização em *Engenharia de Segurança do Trabalho*, aliado as pesquisas bibliográficas realizada para a elaboração do presente estudo, este pós-graduando sente-se mais confiante e preparado para encarar o desafiador e concorrido mercado de trabalho, ao atuar como *Engenheiro de Segurança do Trabalho*.

Finalizando, não seria necessário dizer que a *Higiene Ocupacional* é uma área desafiadora e apaixonante, mesmo que em algumas situações, suas tratativas sejam

extremamente complexas, porém, essas dificuldades apresentam desafios que fazem com que os profissionais dedicados a essa área progridam e estejam sempre a par de todas essas variáveis. Capacitação continuada, troca de experiências e a prática diária da profissão são fatores que, com certeza, contribuirão para o alcance das metas pessoais e do objetivo maior, ou seja, a prevenção de acidentes e doenças decorrentes das mais diversas atividades laborais exercidas diariamente pelos trabalhadores.

Fica aqui o registro que o presente trabalho não tem a pretensão de esgotar o assunto aqui discorrido. Pelo contrário. Visou-se com o presente trabalho despertar a curiosidade para um tema tão real e atual, e que poucos profissionais da área de segurança do trabalho mergulham a fundo. O desejo nesta monografia é que os interessados possam ter um pequeno *alicerce* para construção de uma história de sucesso nessa área profissional.

REFERÊNCIAS

ACGIH. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. **TLVs e BEIs: Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) para Substâncias Químicas e Agentes Físicos e Índices Biológicos de Exposição (BEIs).** Tradução da Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo: ABHO. Título original: TLVs® and BEIs®: Threshold Limit Value (TLV®) & Biological Exposure Indices (BEIs®), 2008.

ACGIH. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. **TLVs® and BEIs®:** Threshold Limit Value (TLV®) & Biological Exposure Indices (BEIs®). 2017.

ABHO. Associação Brasileira de Higiene Ocupacional: **Definição**. Disponível em: http://www.abho.org.br/abho/. Acesso em: 13/05/2018.

ALMEIDA, A. R.; BIANCO, R. J. F.; SIMÃO, T. L.; RIBEIRO, C. B.; NARCIZO, A. M.; BELEZE, G. **Toxicologia.** Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2014. 192 p.

BELTRAMI, M; STUMM, S. **Higiene do trabalho.** Apostila do Curso de Higiene no Trabalho do Instituto Federal do Paraná. Curitiba, PR. 2013

BRASIL. **Consolidação das Leis do Trabalho**. Decreto-Lei nº 5.442, de 01.mai.1943. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452.htm>. Acesso em: 20/05/2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, promulgada em 5 de outubro de 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 14/05/2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 03 – Embargo ou Interdição.** Disponível em: < http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR3.pdf>. Acesso em: 18/05/2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais.** Disponível em: < http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-9.pdf>. Acesso em: 13/05/2018.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-15 – Atividades e Operações Insalubres.** Disponível em: < http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR-15.pdf>. Acesso em: 13/05/2018.

BREVIGLIERO, E; POSSEBON, J; SPINELLI, R. **Higiene Ocupacional:** Agentes biológicos, químicos e físicos. 6ª Edição: reimpressão. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.

CAMISASSA, M. Q. **Segurança e saúde no trabalho:** NRs 01 a 36 comentadas e descomplicadas. São Paulo: Editora Método, 2015.

DEMO, P. **Pesquisa:** Princípios Científicos e Educativos. São Paulo: Cortez, 1996.

DICIO. **Dicionário Online de Português**. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/insalubre/>. Acesso em: 28/05/2018.

FANTAZZINI, M.L. **O número CAS:** Confiabilidade na caracterização de substâncias de risco. Revista ABHO nº 42/2016. Disponível em: <http://www.abho.org.br/wp-content/uploads/2014/02/Revista_Abho_42_suporte.pdf>. Acesso em: 13/05/2018.

FUNDACENTRO. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. **Norma de higiene ocupacional: procedimento técnico:** coleta de material particulado sólido suspenso no ar de ambientes de trabalho / Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. – São Paulo: Fundacentro, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

OLIVEIRA, S. G. **Proteção jurídica à saúde do trabalhador**. 6ª ed. rev. e atual. – São Paulo: LTr, 2011, p. 136/137.

POSSEBON, J. **Agentes químicos:** reconhecimento, avaliação e controle. Apostila preparada para o curso de pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Unilins. SP. 2009.

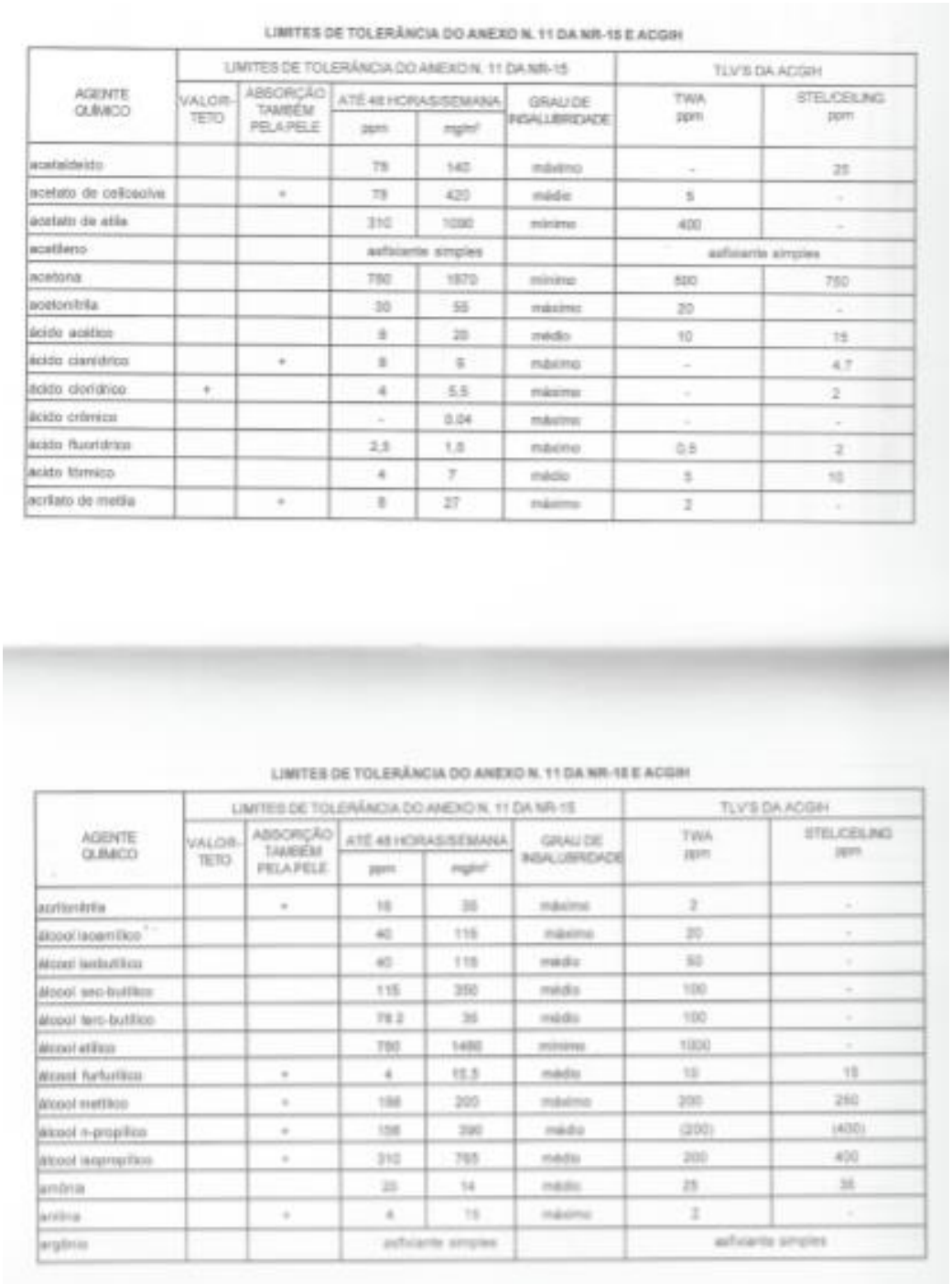
SALIBA, T. M. **Manual Prático de Higiene Ocupacional e PPRA**. Avaliação e Controle de Riscos Ambientais. 3ª Edição. São Paulo: LTR, 2011.

SESI. Serviço Social da Indústria. Departamento Nacional. **Técnicas de avaliação de agentes ambientais**: manual SESI. Brasília: SESI/DN, 2007.

VENDRAME, A. C. **Agentes químicos na higiene ocupacional: reconhecimentos, avaliação e controle**. Antonio Carlos Vendrame. São Paulo: Ed. do Autor, 2011

ANEXOS

ANEXO A – Limite de tolerância do *Anexo 11* da NR-15 e da ACGIH



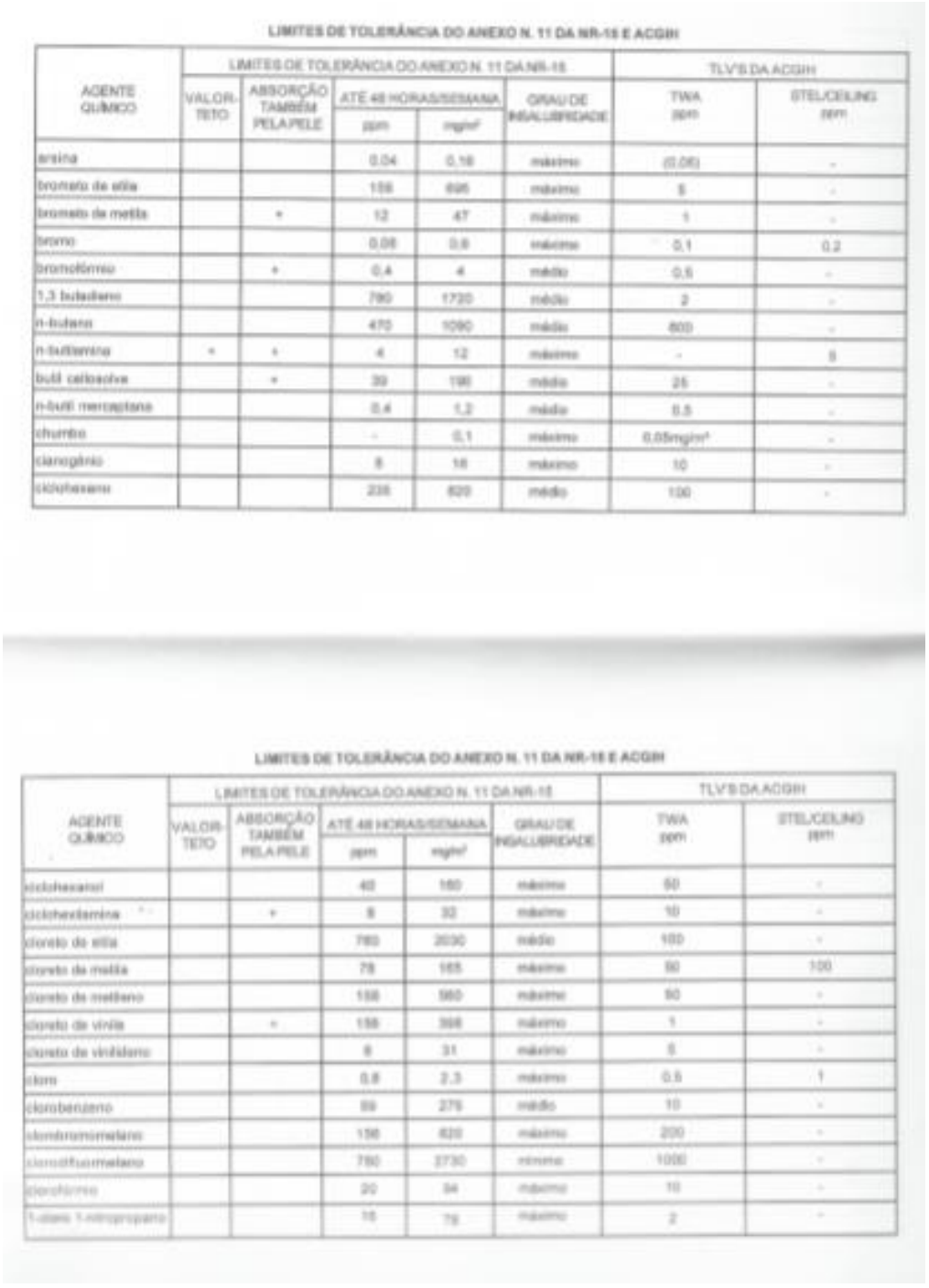
LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
acetaldeído			78	140	máximo	-	25
acetato de celosolve		+	79	420	médio	5	-
acetato de etila			310	1090	mínimo	400	-
acetileno			asfixiante simples			asfixiante simples	
acetona			780	1870	mínimo	500	750
acetonitrila			30	55	máximo	20	-
ácido acético			8	20	médio	10	15
ácido cianídrico		+	8	9	máximo	-	4,7
ácido clorídrico	+		4	5,5	máximo	-	2
ácido crômico			-	0,04	máximo	-	-
ácido fluorídrico			2,5	1,8	máximo	0,5	2
ácido fórmico			4	7	médio	5	10
acrilato de metila		+	8	27	máximo	2	-

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
acrilonitrila		+	16	35	máximo	2	-
álcool isoamílico			40	115	máximo	20	-
álcool isobutílico			40	115	médio	50	-
álcool sec-butílico			115	350	médio	100	-
álcool terc-butílico			78,2	35	médio	100	-
álcool etílico			780	1480	mínimo	1000	-
álcool furfurílico		+	4	15,5	médio	10	15
álcool metílico		+	156	200	máximo	200	250
álcool n-propílico		+	156	390	médio	(200)	(400)
álcool isopropílico		+	310	765	médio	200	400
amônia			20	14	médio	25	35
anilina		+	4	15	máximo	2	-
argônio			asfixiante simples			asfixiante simples	

Fonte: VENDRAME (2011, p. 40 - 41).



LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA (ppm)	STEL/CEILING (ppm)
			ppm	mg/m³			
arsina			0,04	0,16	máximo	(0,05)	-
brometo de etila			156	696	máximo	5	-
brometo de metila		+	12	47	máximo	1	-
bromo			0,08	0,6	máximo	0,1	0,2
bromofórmio		+	0,4	4	médio	0,5	-
1,3 butadieno			780	1720	médio	2	-
n-butano			470	1090	médio	800	-
n-butilamina	+	+	4	12	máximo	-	5
butil cellosolve		+	39	190	médio	25	-
n-butil mercaptana			0,4	1,2	médio	0,5	-
chumbo			-	0,1	máximo	0,05mg/m³	-
cianogênio			8	18	máximo	10	-
ciclohexano			235	820	médio	100	-

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
ciclohexanol			40	160	máximo	50	-
ciclohexilamina		+	8	32	máximo	10	-
cloreto de etila			780	2030	médio	100	-
cloreto de metila			78	165	máximo	50	100
cloreto de metileno			156	560	máximo	50	-
cloreto de vinila		+	156	398	máximo	1	-
cloreto de vinilideno			8	31	máximo	5	-
cloro			0,8	2,3	máximo	0,5	1
clorobenzeno			59	275	médio	10	-
clorobromometano			156	820	máximo	200	-
clorodifluormetano			780	2730	mínimo	1000	-
clorofórmio			20	94	máximo	10	-
1-cloro 1-nitropropano			10	19	máximo	2	-

Fonte: VENDRAME (2011, p. 42 - 43).

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
cloropreno		+	20	70	máximo	10	-
cumeno		+	39	190	máximo	50	-
decaborano		+	0,04	0,25	máximo	0,05	0,15
demeton		+	0,008	0,08	máximo	0,05 mg/m³	-
diborano			0,09	0,08	máximo	0,1	-
1,2-dibrometano		+	16	110	médio	-	-
o-diclorobenzeno			39	235	máximo	25	50
diclorodifluormetano		+	780	3860	mínimo	1000	-
1,1-dicloroetano			156	640	médio	100	-
1,2-dicloroetano			39	156	máximo	10	-
1,2-dicloroetileno			155	615	médio	200	-
1,1-dicloro-1-nitroetano		+	8	47	máximo	2	-
1,2-dicloropropano			59	275	máximo	-	0,1

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
diclorotetrafluoretano			780	5460	mínimo	1000	-
dietil amina			20	59	médio	5	15
2,4-diisocianato de tolueno	*		0,016	0,11	máximo	0,005	0,02
diisopropilamina		+	4	16	máximo	5	-
dimetilacetamida			8	28	máximo	10	-
dimetilamina		+	8	14	médio	5	15
dimetilformamida			8	24	médio	10	-
1,1-dimetil hidrazina		+	0,4	0,8	máximo	0,01	-
dióxido de carbono			3900	7020	mínimo	5000	30000
dióxido de cloro			0,08	0,25	máximo	0,1	0,3
dióxido de enxofre			4	10	máximo	2	5
dióxido de nitrogênio	*		4	7	máximo	3	5
dissulfeto de carbono		+	16	47	máximo	1	-

Fonte: VENDRAME (2011, p. 44 - 45).

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
estibina			0,08	0,4	máximo	0,1	-
estireno			78	329	médio	20	40
eteno			asfixiante simples			1000	-
éter diclorretílico		*	4	24	máximo	5	10
éter etílico			310	940	médio	400	500
etilamina			8	14	máximo	5	15
etilbenzeno			78	340	médio	100	125
etileno			asfixiante simples			200	-
etilenoamina		*	0,4	0,8	máximo	0,5	-
etil mercaptana			0,4	0,8	médio	0,5	-
n-etil morfolina		*	16	74	médio	5	-
2-etoxietanol		*	78	290	médio	5	-
ferrol		*	4	16	máximo	5	-

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
fluortriclorometano			780	4370	médio	-	1000
formaldeído		*	1,6	2,3	máximo	-	0,3
fosfina			0,23	0,3	máximo	0,3	1
fosgênio			0,08	0,3	máximo	0,1	-
gás sulfídrico			8	12	máximo	10	15
hélio			asfixiante simples			asfixiante simples	
hidrazina		*	0,08	0,08	máximo	0,01	-
hidrogênio			asfixiante simples		-	asfixiante simples	
isocianatos			4	8,5	médio	5	10
mercúrio (exceto orgânicos)			-	0,04	máximo	0,01 mg/m³ (como composto alquílico) 0,1 mg/m³ (como composto arílico) 0,025 mg/m³ (metálico e formas inorgânicas)	0,03 mg/m³ (como composto alquílico)
metacrilato de metila			78	320	mínimo	50	100

Fonte: VENDRAME (2011, p. 46 - 47).

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
metano						1000	-
metilamina			8	9,9	máximo	5	15
metil celosolve		+	20	60	máximo	5	-
metil ciclohexanol			39	180	médio	50	-
metil clorofórmio			275	1480	médio	350	450
metil demeton		+	-	0,4	máximo	0,5 mg/m³	-
metil etil cetona			155	460	médio	200	300
metil isobutilcarbinol		+	20	78	máximo	25	40
metil mercaptana			0,4	0,8	médio	0,5	-
mononitrotoluena	+	+	0,16	0,27	máximo	0,01	-
monóxido de carbono			39	43	máximo	25	-
negro de fumo			-	3,5	máximo	3,5 mg/m³	-
níquel			asfixiante simples			asfixiante simples	

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
níquel carbonila			0,04	0,28	máximo	0,05	-
nitrato de n-propila			20	85	máximo	25	40
nitroetano			78	245	médio	100	-
nitrometano			78	195	máximo	20	-
1-nitropropano			20	70	médio	25	-
2-nitropropano			20	70	médio	10	-
óxido de etileno			39	70	máximo	1	-
óxido nítrico			20	23	máximo	25	-
óxido nitroso			asfixiante simples			50	-
ozona			0,08	0,16	máximo	0,05 - 0,1	-
pentaborano			0,004	0,008	máximo	0,005	0,015
n-pentano		+	470	1420	mínimo	600	-
percloroetileno			78	525	médio	25	100

Fonte: VENDRAME (2011, p. 48 - 49).

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
piridina			4	12	médio	1	-
n-propano			asfixiante simples			2500	-
propileno		+	asfixiante simples			500	-
propileno imina	+	+	1,6	4	máximo	2	-
sulfato de dimetila			0,08	0,4	máximo	0,1	-
1,1,2,2-tetrabromoetano		+	0,6	11	médio	0,1	
tetracloreto de carbono			8	50	máximo	5	10
tetracloroetano		+	4	27	máximo	4	-
tetrahidrofurano			150	450	máximo	50	100
tolueno		+	78	290	médio	50	-
1,1,2-tricloroetano		+	8	35	médio	10	-
tricloroetileno			78	420	máximo	50	100
1,2,3-tricloropropano			40	235	máximo	10	-

LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15 E ACGIH

AGENTE QUÍMICO	LIMITES DE TOLERÂNCIA DO ANEXO N. 11 DA NR-15					TLV'S DA ACGIH	
	VALOR-TETO	ABSORÇÃO TAMBÉM PELA PELE	ATÉ 48 HORAS/SEMANA		GRAU DE INSALUBRIDADE	TWA ppm	STEL/CEILING ppm
			ppm	mg/m³			
1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoretano			760	5800	médio	1000	1250
tiotânrina			20	78	máximo	1	3
trifluorcloro-bromometano			760	4760	médio	1000	-
xileno		*	78	340	médio	100	150

Fonte: VENDRAME (2011, p. 50 - 51).