

# Occupational Risks in the Manufacture of Products Heavy Alloy and in Hardmetals Cutting Tools in the Mechanical Industry

Gilmar Ferreira Batalha

*Received: 10 April 2021 Accepted: 3 May 2021 Published: 15 May 2021*

---

## Abstract

The objective of this work was to carry out a review of current regulatory standards, articles, and literature together with a case study, which dealt with the analysis of the conditions of the working environment of an industry, with the focus on workers exposed to chemical agents in manufacturing of carbide cutting tools and products. The method used in this research was qualitative. Technical visits and records of the factory sectors were carried out. With the inspection carried out at the workplace, it is necessary to know the Minimum Required Protection Factor for aerodispersoids ranging from 0.1 to 10 microns and choose the correct Respiratory Protection Equipment, which has an Assigned Protection Factor greater than the exposure dose. The tolerance limit value, 0.005 mg.m-3, for exposure of carbide metallic powders proposed by the ACGIH in 2016, represents a major advance in occupational hygiene and occupational safety, making it possible to carry out the assessment quantitative analysis of the mean concentration of hard metal aerodispersoids.

---

**Index terms**— aerodispersoids, hardmetal; occupational exposure, preventive measures, and occupational.

Resumo-O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão das normas regulamentadoras vigentes, artigos e literatura em conjunto com um estudo de caso, que tratou da análise das condições do ambiente de trabalho de uma indústria, tendo como foco os trabalhadores expostos aos agentes químicos na fabricação de produtos e ferramentas de corte de metal-duro. O método utilizado nesta pesquisa se deu de forma qualitativa. Visitas técnicas e registros dos setores da fábrica foram realizadas. Com a inspeção realizada no local de trabalho, se faz necessário conhecer o Fator de Proteção Mínimo Requerido para aerodispersóides variando de 0,1 a 10 micra e escolher o Equipamento de Proteção Respiratório correto, que possua Fator de Proteção Atribuído maior que a dose de exposição. O valor do limite de tolerância, 0,005 mg.m-3, para exposição de pós-metálicos de metal-duro proposto pela ACGIH, em 2016, representa um grande avanço para a higiene ocupacional e segurança do trabalho, sendo possível a realização da avaliação quantitativa da concentração média dos aerodispersóides de metais-duros. A doença do metal-duro ocorre devido as exposições elevadas de concentrações de aerodispersóides e identificou-se neste trabalho, a importância do treinamento dos trabalhadores na indústria, mas não apenas dos que atuam diretamente com o produto, mas das equipes multidisciplinares da gestão, segurança e medicina do trabalho.

## 1 Palavras-chave:

aerodispersóides, metais-duros; exposição ocupacional, medidas preventivas e doenças ocupacionais.

## 2 I.

Introdução ara obtenção de um produto metalúrgico denominado metal-duro, liga de carboneto de tungstênio e cobalto (WC-Co) ou em metalpesado, liga de tungstênio com níquel, cobre ou ferro (W-Ni-Cu-Fe), se fez necessária a aplicação da técnica da metalurgia do pó. De modo geral, os metais-duros são compostos por metais refratários duros como WC em maior percentual em massa e os demais como complementares: TiC, TaC, NbC, VC, Cr 2 C 3 que são incorporados a uma fase ligante metálica como o níquel, cobalto ou ferro para formação

### 3 A) PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE METAL-DURO E METALPESADO

de um compósito metalocerâmicos que tem como objetivo, a aplicação principal em ferramentas de corte para o processo de usinagem, ferramentas para resistência a abrasão e conformação (Abd-Elghany et al., 2018). Para P o metal-pesado, é uma liga baseada na predominância do elemento químico tungstênio (W), sendo adicionado a fase ligante níquel, cobre ou ferro e suas possíveis combinações Ni-Cu ou Ni-Fe. Essas ligas de tungstênio são sinterizados por fase líquida em fornos a vácuo e as suas aplicações requerem altas resistências a fratura a quente e deformação plástica termomecânica para suportar condições severas, como laminação a quente, extrusão e estampagem (Alam et al., 2021).

O compósito WC-Co, conhecido como metalduro, foi desenvolvido em 1926, na Alemanha primeiramente como ferramentas de corte, insertos para usinagem, pela empresa Krupp -Widia AG. Os carbonetos sinterizados são constituídos essencialmente por partículas de carbono com um elemento químico metálico, o tungstênio, considerado um metal pesado, rígido e possui grande resistência ao desgaste e à corrosão, além de ser bom condutor de calor e eletricidade (Garcia et al., 2018). O metal-duro sendo um compósito que consiste em uma fase dura, possui alta dureza, resistência mecânica e uma fase ligante que confere tenacidade e plasticidade ao material. A fase dura consiste em grãos de carboneto de tungstênio (WC), elemento principal, mas em algumas aplicações são adicionadas pequena quantidade de carbonetos refratários, tais como: TaC, MoC, NbC ou TiC para melhorar a dureza a quente e a resistência ao desgaste, mas 95% das ferramentas de corte de metal-duro, contém WC. A fase ligante consiste em cobalto ou níquel, mas também pode ser substituída por ferro (Fernandes e Seno, 2011).

Para a fabricação destas ligas, via rota convencional de processamento da metalurgia do pó, os trabalhadores ficam expostos aos pós-metálicos, na forma de aerodispersóides, ocasionando uma doença difusa causada por inalação de partículas de cobalto e carbonetos, resultando em pneumoconiose por exposição a metal-duro, que se manifesta de três formas diferentes: asma ocupacional, doença intersticial e alveolite alérgica (Moreira et al., 2009). A exposição de pós-metálicos de metal-duro, pode resultar em uma pneumoconiose, que é uma doença difusa causada por inalação de partículas de cobalto; os demais metais que, níquel e ferro, são considerados inertes, não ocasionando lesão pulmonar, mas podem gerar quadros de asma ocupacional. Ocupações relacionadas à fabricação e ao refino dessa liga WC-Co, assim como a utilização de discos revestidos de cobalto para o polimento de diamantes e a afiação de ferramentas estão relacionadas a essas doenças (Moreira et al.;2010) Os trabalhadores são expostos as partículas de cobalto, na forma ionizada, e o WC, que são absorvidas pelos pulmões e pelo trato gastrointestinal, na produção desses produtos sinterizados para o uso das ferramentas de corte e afiação de metais, perfuração de poços, polimento com diamante, próteses dentárias, entre outros (Miautani et al., 2016). Foi sugerido que a exposição a essas ligas de W e WC, com aglutinantes de cobalto e níquel, pode aumentar o risco de câncer pulmonar entre os trabalhadores na fabricação de metais-duros e pesados (McElvenny et al., 2017). Do ponto de vista de higiene ocupacional, as principais vias de exposição com relação aos pós-metálicos, são: a respiratória e a dérmica (Alves e Della Rosa, 2003). A exposição ao cobalto durante a produção de metalduro foi associada a vários efeitos adversos à saúde, como rinite, sinusite, bronquite, asma, e outros efeitos respiratórios, ou seja, função pulmonar diminuída relacionada à dosagem ao longo do tempo e metalduro doença pulmonar (DPMD). Dermatite alérgica também foi relatada, assim como casos de cardiomiopatia, e um aumento na incidência de doença cardíaca isquêmica foram determinados em um estudo de grupo de trabalhadores de na fabricação e manipulação de metal-duro (Svartengren et al., 2017).

### 3 a) Processo de fabricação de metal-duro e metalpesado

As ligas de WC-Co e WC-Ni podem ser produzidas através do processo convencional, conforme mostrado na Fig. 1(a) e ou por métodos, incluindo moldagem por injeção, Fig. 1(b), ou moldagem por extrusão, que são técnicas da metalurgia do pó (Yang et al, 2020). O problema principal, na fabricação de metal-duro e metal-pesado, inicia-se primeiramente na preparação da mistura dos pós-metálicos, que para a maioria foram elaborados por misturados ou moinho Atritor, ou seja, pelo processo convencional, com tamanhos variando de 0,1 a 50  $\mu\text{m}$ , aglomerados e superfinos, conforme mostrado na Fig. 2(a) e 2(b) (Nie; Zhang, 2019).

McElvenny et al. (2017), descrevem de uma forma sucinta os agentes químicos, solventes aromáticos, pós-metálicos, entre outros, envolvidos nas etapas de fabricação dos metais-duros e metais pesados: no processo inicial, ocorre a mistura dos pós-metálicos de WC-Co, processo de moagem de alta energia, necessário para homogeneizar e dispersar o cobalto entre as partículas de WC, e para facilitar a molhabilidade da fase ligante durante a sinterização. A moagem é realizada sob um líquido inflamável, como álcool etílico, álcool isopropílico, metanol, nafta, querosene, hexano, heptano ou acetona; que no processo volatiliza facilmente no ambiente, liberando uma mistura híbrida (vapores orgânicos + aerodispersóides sólidos finos). Após essa etapa, um lubrificante sólido é adicionado à mistura, como a cera de parafina, mono ou polietilenoglicol; favorece a escoabilidade da mistura na etapa de compressibilidade. Há também o processo de spray dryer, secagem por pulverização, comumente usados na indústria de metal-duro, um gás inerte, como o nitrogênio ou argônio, entra em contato com uma corrente de partículas WC-Co para produzir agregados esféricos de pó de fluxo livre.

Os pós-misturados aglomerados com o lubrificante sólido, são prensados nos formatos desejados em prensas hidráulicas ou mecânicas. Após essa etapa, o orgânico do compactado a verde é removido por secagem, denominada pré-sinterização em fornos de redução com gás hidrogênio. Formas especiais podem exigir uma operação de pré-usinagem até a forma final. Há também o processo de prensagem isostática a frio e extrusão de barras cilíndricas, quadradas ou barras chatas, geometrias comuns na fabricação de componentes resistentes

105 ao desgaste e ferramentas de conformação de metal (McElvenny et al., 2017). A exposição ocupacional dos  
106 trabalhadores na indústria de fabricação de metais-duros (WC-Co), ferramentas de corte que são utilizadas nas  
107 técnicas da usinagem para produtos metálicos, vem sendo estudada desde a década de 60. O metal-duro é  
108 classificada como um grupo de compósitos que consiste predominantemente na fase particulada de carbonetos  
109 de tungstênio duro (WC) ligada juntamente com cobalto como um aglutinante. O níquel e outros carbonetos,  
110 na forma de pó metálico, também podem ser adicionados na mistura (Svartengren et al., 2017). O Brasil já  
111 está enfrentado este novo desafio no que diz respeito à saúde ocupacional, ou seja, exposição dos trabalhadores  
112 na fabricação de metal-duro, faz se necessário aplicar procedimentos preventivos para os efeitos indesejados,  
113 como a doença por metal-duro (DPMD) (Alves e Della Rosa, 2003). A principal utilização industrial do Co  
114 encontra-se na produção de ligas metálicas, nas quais a exposição ocorre durante o processo de moagem do  
115 minério, mistura do pó com os outros componentes, sinterização e posterior usinagem do aço na produção de  
116 ferramentas e peças para maquinários, tais como brocas e discos para polimento. Algumas aplicações das ligas  
117 de cobalto e demais elementos químicos, encontram-se na Tabela 1. Um terço do Co é utilizado na produção  
118 de outras formas químicas, como catalisadores e pigmentos (Alves e Della Rosa, 2003). Metal-duro produzido  
119 por processo de "sinterização" pó de cobalto, ligante na produção de ligas com o carbetto de tungstênio e/ou  
120 titânio, tântalo, nióbio e molibdênio lâminas de corte, brocas e discos para polimento de diamantes b) Trato  
121 respiratório e a exposição de material particulado sólido suspenso no ambiente de trabalho Do ponto de vista da  
122 higiene e segurança do trabalho e da toxicologia ocupacional, considera-se a via respiratória como sendo a mais  
123 importante via de penetração de particulados, ou aerodispersóides, e agentes químicos no organismo humano.  
124 Todo material particulado em suspensão no ambiente, ao adentar no trato respiratório do trabalhador exposto  
125 a esses aerodispersóides, dependendo de seu Diâmetro Aerodinâmico (DA), poderá ou não penetrar no trato  
126 respiratório, como representado na Fig. 3 Os materiais na forma de particulados sólidos suspenso no ar de  
127 ambientes de trabalho, classificam-se em três classes (FUNDACENTRO, 2009; Colacioppo, 2020):

128 1) Particulado inalável (ou total, ou poeira total) é considerado todo material existente em suspensão no  
129 ar e com possibilidade de ser inalado, ou seja, penetrar nas vias aéreas do trabalhador. Não se refere a todo  
130 o material particulado existente no ar, apenas as partículas com DA inferior a cerca 100 micra ( $\mu\text{m}$ ) que tem  
131 probabilidade significativa de penetração, probabilidade esta que aumenta com a diminuição do DA. Desta forma,  
132 não se consideram adequadas as denominações, particulado total ou poeira total, embora esta última tenha sido  
133 utilizada na NR-15. 2) Particulado de penetração torácica, é a fração do particulado inalável composta por  
134 partículas com DA inferior a cerca de 25  $\mu\text{m}$ , que quando inaladas, não ficam retidas nas vias aéreas superiores  
135 (nariz e garganta) e possuem probabilidade significativa de atingem a traqueia e brônquios, que se encontram  
136 localizados no tórax, daí a sua denominação.

137 3) Particulado respirável, é a fração do particulado inalável composta por partículas com DA inferior a cerca  
138 10  $\mu\text{m}$  que quando inaladas, não ficam retidas nas vias aéreas superiores (nariz e garganta) e nem na traqueia  
139 e brônquios, possuindo probabilidade significativa de atingirem as vias aéreas profundas que são os alvéolos  
140 pulmonares, onde se realiza a troca gasosa ( $\text{CO}_2$  x  $\text{O}_2$ ), ou respiração pulmonar, daí a sua denominação.

141 As mudanças nos tamanhos das partículas podem alterar a via e a intensidade de absorção. No caso de  
142 nanopartículas (nm), suas propriedades podem ser muito diferentes do mesmo material em tamanhos grandes.  
143 Por exemplo, o dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ , CAS 13463-67-7), quando em forma de nanopartículas, tem efeitos  
144 inflamatórios pulmonares que não podem ser observados quando a exposição se dá na partícula do material  
145 com diâmetro ordinário (Buschinelli;Kato, 2011) As partículas insolúveis podem ficar retidas e posteriormente  
146 expectoradas (junto com o muco) ou mesmo exaladas (com o ar expirado) ou ainda deglutidas, somando-se à  
147 possível penetração por via digestiva. Partículas com diâmetro aerodinâmico (DA) inferior a 10 micra ( $\mu\text{m}$ ), como  
148 no caso dos pós-metálicos de metal-duro, oferecem probabilidade significativa de atingir os alvéolos pulmonares,  
149 sendo que esta probabilidade ainda aumenta com a diminuição do DA. Ao atingir os alvéolos dependendo da  
150 solubilidade na mucosa diferentes efeitos podem ser observados conforme apresentados nas Fig. 4(a) e 4(b),  
151 (Colacioppo, 2020). As partículas insolúveis quando depositadas na região final dos brônquios e alvéolos sendo  
152 que o máximo de deposição a ser alcançado por partículas em torno de 1 a 2 micra ( $\mu\text{m}$ ), que podem ser eliminadas  
153 com a reação do tecido pulmonar, através dos macrófagos, que consistem em células sanguíneas especiais (de cerca  
154 de 100 a 200  $\mu\text{m}$ ) que quando liberadas, podem englobar, destruir a partícula ou simplesmente mantê-la inerte  
155 (fagocitose). A situação se complica com o aumento da quantidade de partículas ou ainda quando a partícula  
156 não fica inerte, no caso dos carbonetos, classificados como insolúveis, podem despertar outros mecanismos de  
157 defesa imunológica do organismo, mas, estes mecanismos por vezes acabam por desencadear uma pneumoconiose,  
158 doença esta que modifica a estrutura do tecido pulmonar e por conseqüente perda da capacidade de respiração  
159 pulmonar sendo que as mais conhecidas são a silicose provocada pela sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e a asbestose provocada pelo  
160 asbesto ou amianto (Colacioppo, 2020).

161 São apresentadas nas Fig. 5(a), (b), e (c), as análises por EDS dos pós-metálicos de cobalto, níquel carbonila e  
162 carboneto de tungstênio para a mistura de ligas de metal-duro, WC-Co e WC-Ni, evidenciando os tamanhos dos  
163 particulados menores (DA) que 10 micra ( $\mu\text{m}$ ), portanto poeiras respiráveis. Na Fig. 5 O instrumento portátil  
164 apresentado na Fig. 6(a), uma bomba de amostragem, que deve ser leve e que forneça uma vazão de até 6,0  
165 L/min, com bateria recarregável e blindada contra explosão. A bomba deve possuir um sistema automático de  
166 controle de vazão com capacidade para mantê-la constante, dentro de um intervalo de  $\pm 5\%$ , durante o tempo  
167 de coleta. Com relação ao dispositivo de coleta dos particulados, é composto por um conjunto de porta-filtro,

## 4 C) DOENÇAS OCUPACIONAIS POR METAL-DURO (WC-CO) E METAL-PESADO (W-NI)

168 suporte do filtro, filtro de membrana e, quando necessário e um separador de partículas; deve ser posicionado  
169 na altura da zona respiratória, para estimar a exposição dos trabalhadores, de maior risco de exposição, com  
170 relação à fonte geradora de material particulado, o tempo de exposição, a sua mobilidade, as diferenças de hábitos  
171 operacionais e a movimentação do ar no ambiente de trabalho (FUNDACENTRO, 2009).

172 A FUNDACENTRO (2009) recomenda as seguintes situações para coleta dos particulados:

173 ? Particulado inalável, Fig. ?? Para a análise dos particulados suspenso no ar, esses dispositivos, conforme  
174 apresentados na Fig. ??(a), (b), (c) e (d), recomenda-se que sejam utilizados para sílica cristalizada, carvão  
175 vegetal, negro de fumo, madeira, cereais, farinhas e partículas não especificadas de outra maneira (PNOS).  
176 No caso dos metais-duros e pesados, o dispositivo de coleta recomendado é o IOM, separador e coletor de  
177 material particulado inalável, apresentado na Fig. 8, pois garantem que o tamanho das partículas coletadas,  
178 correspondam a fração inalável, definida pela norma ISO 7708 e a norma Europeia EM 481. Na Tabela 2, são  
179 apresentados os parâmetros para coleta e análise dos particulados, até que outra recomendação seja especificada  
180 pela FUNDACENTRO (2009). Diâmetro aerodinâmico da partícula (?m) % Massa de particulado respirável  
181 (R) A análise gravimétrica recomendada pela FUNDACENTRO (2001), fornece subsídios para a proposição de  
182 medidas de controle ou para a verificação de sua eficiência. A Tabela 3, apresenta os valores de eficiências de  
183 coleta, em massa, para as diferentes frações de material particulado. A coleta de material particulado total  
184 deve ser efetuada quando não houver indicação de coleta de material particulado nas frações inalável, torácica  
185 ou respirável. Na tabela 3, apresenta os valores de eficiências de coleta, em massa, para as diferentes frações de  
186 material particulado, Fig. ??(d), dispositivo de coleta tipo IOM para particulado inalável (FUNDACENTRO,  
187 2009)

### 188 4 c) Doenças ocupacionais por metal-duro (WC-Co) e metal- 189 pesado (W-Ni)

190 A exposição aos pós-metálicos de WC-Co e W-Ni podem causar diferentes formas de doença pulmonar, desde asma  
191 a diversos padrões intersticiais no pulmão. Os profissionais da área da medicina do trabalho, classificaram como  
192 DPMD, Doença pulmonar por metal-duro; além disso, a exposição por via oral pode causar efeitos gastrintestinais  
193 (náusea, vômito e diarreia) e no sangue, dano no fígado e dermatite alérgica. A DPMD é uma entidade rara e  
194 a publicação de casos ocorridos no Brasil está ou encontra-se escassa, constituída pela descrição do CID, código  
195 internacional de doenças, mesmo em trabalhadores com risco ocupacional. Variam na literatura dados sobre a  
196 prevalência e a incidência da doença entre indivíduos expostos a metais-duros (Mizutani et al. 2016).

197 A pneumoconiose por exposição a metal-duro foi primeiramente descrita por Liebow e Carrington em 1969,  
198 sendo incluída entre as pneumonias intersticiais idiopáticas. A ERS -Sociedade Europeia Respiratória e a  
199 comunidade médica, reconheceram essa situação como pneumoconiose causada pela inalação de cobalto ou de uma  
200 liga de cobalto e outros metais pesados, sendo, então, excluída da classificação original. Apesar de haver outros  
201 componentes na liga de metal-duro, o cobalto é o principal a induzir a doença pulmonar. Alguns autores afirmam  
202 que a doença intersticial se desenvolve apenas quando a exposição ao cobalto ocorre em associação com a exposição  
203 aos carbonetos de tungstênio ou ao pó de diamante, Fig. 8. Um pequeno número dos trabalhadores expostos  
204 desenvolve a DPMD, geralmente após 10 a 12 anos de exposição, também podendo ocorrer precocemente (Moreira,  
205 et al; 2010). ) homens e 1.653 (24,1%) mulheres. A exposições individuais e concentrações médias de exposição  
206 cumulativas, foram estimadas para cobalto, níquel e tungstênio, como poeiras respirável e inalável; sendo: as  
207 concentrações médias de níquel inalável a longo prazo foram baixas em cerca de 0,01 mg.m<sup>-3</sup> (mediana) e 0,02  
208 mg.m<sup>-3</sup> (média). Para cobalto inalável, foram encontradas 0,04 mg.m<sup>-3</sup> (mediana) e 0,07 mg.m<sup>-3</sup> (média),  
209 respectivamente. As concentrações inaláveis de tungstênio foram de 0,2 mg.m<sup>-3</sup> (mediana) e 0,4 mg.m<sup>-3</sup> (média).  
210 A concentração média a longo prazo da poeira respirável foi estimada em cerca de 0,25 mg.m<sup>-3</sup> (mediana) e 0,35  
211 mg.m<sup>-3</sup> (média); para a fração de poeira inalável, foram obtidos os resultados nos trabalhadores observados, em  
212 aproximadamente 1,3 mg.m<sup>-3</sup> (mediana) e 1,7 mg.m<sup>-3</sup> (média). Os estudos de ??orfeld et Alves e Della Rosa  
213 (2003), afirma que o Brasil não incluiu, todavia, um BEI para exposição dos pós-metálicos de cobalto, níquel,  
214 tungstênio e outros carbonetos, na fabricação de metais-duros e pesados, na Norma Regulamentadora n.º 7,  
215 (NR 07 PCMSO), Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional, os estudos toxicológicos podem levar à  
216 utilização de um indicador biológico para exposições ao cobalto e seus compostos. Os efeitos tóxicos observados  
217 nas exposições a diferentes compostos de cobalto são mais pronunciados nos pulmões, na forma de asma brônquica  
218 e fibrose. A relação dose-efeito e doseresposta, bem como os valores de referência para a população sadia e não  
219 ocupacionalmente exposta, levou a ACGIH dos Estados Unidos a propor desde 1995 a utilização de um BEI  
220 (Biological Exposure Indice) para este tipo de exposição. Moreira et al. (2010), afirmam que são reconhecidas,  
221 atualmente, três entidades patológicas relacionadas à inalação de poeiras de metais-duros: asma ocupacional;  
222 doença pulmonar intersticial, que ocorre em duas variedades -forma não específica e pneumonite interalveolar de  
223 células gigantes e uma alveolite do tipo alérgica ou pneumonite de hipersensibilidade. Essa última ocorre na fase  
224 aguda da exposição, sendo considerada uma fase inflamatória precoce e reversível da fibrose pulmonar.

225 A ACGIH (2021), classifica as substâncias em 5 grupos: A1 -Carcinogênico para humanos; A2 -Carcinogênico  
226 para animais; A3 -Carcinogênico para animais em condições especiais; A4 -Não classificável como carcinogênico  
227 para humanos e A5 -Não suspeito de carcinogênico para humanos. Para os produtos químicos, aplicados no  
228 processo de fabricação de metal-duro, as informações de carcinogenicidade foram fornecidas, Tabela 3, segundo

229 os códigos de classificação dado pela ACGIH, que anualmente atualizam essas informações. Recentemente,  
230 concentrações consideravelmente mais baixas que ocorrem na indústria de produção de diamantes e de cobalto  
231 deram origem a tais consequências. A irritação das membranas mucosas pode ocorrer a partir de 5 ?g.m -3  
232 (Nordberg, 1994).

## 233 5 d) Limites de tolerâncias, avaliação qualitativa e quantitativa 234 de exposição aos agentes químicos

235 Os efeitos causados pelas exposições a agentes químicos de curto ou longo prazo nos ambientes de trabalho  
236 são levados em conta para o estabelecimento de limites de exposições ocupacionais (LEO's). Os critérios para  
237 definição de LEO's variam de uma instituição para outra e apenas alguns deles possuem valores legais em seus  
238 países. No Brasil (2019), os LEO's são denominados "Limites de Tolerância" (LT's), sendo definidos como "a  
239 concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente,  
240 que não causará danos à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral", e encontram-se estabelecidos na forma  
241 de portarias e normas regulamentadoras (Buschinelli;Kato, 2011).

242 No artigo 189 da CLT ??Brasil, 1943), consideram-se atividades ou operações insalubres aquelas que, por  
243 sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima  
244 dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos  
245 seus efeitos. Porém, esse texto, foi editado pela Portaria MTb nº 3.214, de 08 de junho de 1978, com o título  
246 NR 15 -Atividades e Operações Insalubres", de forma a regulamentar os artigos 189 a 196 da Consolidação das  
247 Leis do Trabalho -CLT, conforme redação dada pela Lei n.º 6.514, de 22 de dezembro de 1977, que alterou o  
248 Capítulo V (da Segurança e da Medicina do Trabalho) da CLT. Nesta nova redação, descreveu-se que a avaliação  
249 quantitativa de agentes aos quais os trabalhadores estão expostos no ambiente de trabalho, exige a determinação  
250 da concentração ambiental, no caso dos agentes químicos. Devem ser realizadas avaliações quantitativas para  
251 agentes químicos (Anexo nº 11) e poeiras minerais (Anexo nº 12), gerando direito ao adicional de insalubridade  
252 aos trabalhadores, incidente sobre o salário-mínimo regional, equivalente a: 40%, para insalubridade de grau  
253 máximo; 20%, para insalubridade de grau médio; e 10%, para insalubridade de grau mínimo, conforme item  
254 15.2 da NR15 (Brasil, 2019) Comparando-se os valores de limites de tolerâncias da NR 15 ??Brasil,2019), TLV-  
255 TWA da ACGIH (2021) e IPVS, pode-se ter uma ideia dos riscos ocupacionais de longo, médio e de curto  
256 prazo. Há também o anexo 13 (Agentes químicos), porém a avaliação refere-se de forma qualitativa, ou seja, cuja  
257 insalubridade se caracteriza por inspeção realizada no local de trabalho, ou seja, o nexa causal entre o exercício  
258 profissional e a manipulação do produto. A relação das atividades e operações envolvendo os agentes químicos,  
259 para o processo de fabricação do metal-duro, considera a manipulação de cromo, o emprego de produtos contendo  
260 hidrocarbonetos aromáticos como solventes ou em limpeza de peças e outros compostos de carbono, neste caso os  
261 solventes contendo hidrocarbonetos aromáticos, a parafina ou outras substâncias cancerígenas afins. No anexo 13  
262 da NR15, encontra-se em destaque o termo "operações diversas", que neste estudo de caso, inclui a metalização  
263 ou revestimento metálico, a pistola, ou seja, a aspersão térmica de cromo duro e carbonetos (Brasil, 2019).

264 Os limites da ACGIH, nos EUA, legalmente não possuem valor, pois denominam-se TLV; referem-se "às  
265 concentrações de substâncias químicas no ar, às quais, acredita-se, a maioria dos trabalhadores podem estar  
266 expostos, repetidamente, dia após dia, durante toda uma vida de trabalho sem sofrer efeitos adversos à saúde". A  
267 ACGIH (2021), afirma que os valores não se reconhecem como linhas divisórias entre condições seguras e perigosas  
268 e adverte que os trabalhadores podem ainda estar sujeitos a exposições dérmicas. Há três tipos: os limites TWA  
269 ou média ponderada no tempo; os limites STEL ou limites de exposição para curto-prazo; e o TLV-C (Ceiling),  
270 valor-teto de exposição (Buschinelli;Kato, 2011).

271 O limite por média ponderada no tempo (TLV-TWA) é a concentração média dos valores encontrados ao longo  
272 da jornada de trabalho (8 horas diárias, 40 horas semanais) e geralmente varia em função de inúmeras variáveis  
273 dos ciclos produtivos e ambientais. O limite de exposição por média ponderada de 15 minutos (TLV-STEL)  
274 não deve ocorrer mais de quatro vezes ao dia e é suplementar ao TLV-TWA. O limite de exposição Ceiling é a  
275 concentração máxima que não deve ser excedida em qualquer momento da exposição no trabalho. Geralmente é  
276 definida para substâncias irritantes e sua definição é a mesma do valor-teto da legislação brasileira. Os valores  
277 de exposição em curto prazo (15 minutos) TLV-STEL, se caracterizou como importantes para as substâncias  
278 irritantes e asfixiantes (Buschinelli;Kato, 2011). O TLV-STEL não substitui o TLV-TWA (ACGIH, 2021), sendo  
279 um complemento da média ponderada pelo tempo, que permite uma avaliação das flutuações. Os TLV's na  
280 ACGIH (2021), estabelecidos para trabalhadores, levando-se em conta para uma exposição de 8 horas por dia e  
281 40 horas semanais; enquanto para LT NR15 (Brasil, 2019), a exposição estabelecida prevê 48 horas.

282 Colacioppo (2020) descreve a fórmula para adaptação dos limites de tolerâncias às jornadas não usuais de  
283 Brief & Scala, que leva em consideração a extensão da jornada de trabalho como determinante para a redução  
284 proporcional do LEO, para cálculo do fator de redução (FC):????? ?????????????????? = ?????? ??????????  
285 â????????? x FC(1)

286 O fator de correção obtida na expressão (1) para uma mesma jornada de trabalho é o mesmo para todas as  
287 substâncias descrita na Tabela 2. O valor máximo permitido para exposição é calculado pela expressão (4), onde:  
288 TLV. = limite de tolerância para o agente químico e F.D. = fator de desvio (Brasil, 2019).?? ?á????????? =  
289 ?????? x ?????(4)

## 7 E) EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA PARA POEIRAS METÁLICAS

290 A Fundacentro (2016), alerta com relação a mais de uma substância (exposições múltiplas dos trabalhadores  
291 no ambiente de trabalho) deve-se avaliar os efeitos aditivos de exposição em vez de considerar o efeito isolado  
292 de cada substância. Se essas substâncias apresentarem efeitos tóxicos similares sobre o mesmo órgão ou sistema  
293 (fígado, rim, sistema nervoso central etc.), devem ser considerados os efeitos aditivos, na expressão matemática  
294 (Brasil, 2019):  $C_1 + C_2 + \dots + C_n \leq TLV$  (5)

295 Na expressão (5)  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , concentração e limite de exposição da mistura,  $C_1, C_2, \dots, C_n$ , significa concentração  
296 de cada substância química,  $T_1, T_2, \dots, T_n$ , seu respectivo limite de exposição (TLV ou LEO). Se as substâncias  
297 não apresentarem efeitos tóxicos similares sobre o mesmo órgão ou sistema (fígado, rim, sistema nervoso central  
298 etc.), considerar, para a seleção do respirador, o maior FPMR calculado (FUNDACENTRO, 2016). Os LEO's  
299 estabelecidos para concentrações de gases e vapores ou material particulado na atmosfera do ambiente do trabalho.  
300 As unidades em ppm válidas somente para gases e vapores. A relação entre massa do material particulado, gases  
301 ou vapores e volume do ar é expresso em  $mg/m^3$ . Os valores em LEO de gases e vapores podem ser expressos  
302 em ppm ou  $mg/m^3$  e foram estabelecidos para as condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Para  
303 converter de uma unidade para outra, precisamos do peso molecular da substância (expressa em Dalton -Da -ou  
304  $g/mol$ , sendo  $1 Da = 1 g/mol$ ). Isso serve para se comparar resultados de avaliações obtidas nas CNTP's  
305 fornecidos em unidades diferentes entre si ou diferentes de LEO's (Buschinelli; Kato, 2011).

306 A fórmula de conversão está baseada na pressão barométrica de 760 mm de mercúrio e 25 °C:  $TLV (ppm) = TLV (mg/m^3) \times \frac{24,45}{PM}$   
307  $(PM = \text{Peso molecular})$

### 6 24,45

309 Para a higiene ocupacional, saúde e ambiental, se faz importante identificar os efeitos que ocorrem em uma  
310 exposição relativamente baixa, ou seja, os efeitos críticos podem ser vistos como cruciais para uma ação preventiva.  
311 O banco de dados limitado disponível sobre a toxicidade do cobalto torna difícil selecionar efeitos críticos  
312 (Nordberg, 1994).

313 A ACGIH (2021) recomenda um Limite de tolerância de 10  $mg/m^3$  para particulados "inertes", ou não  
314 classificáveis de outra forma (Colacioppo, 2020). A ACGIH adverte que "os TLV's não representam uma linha  
315 fina de separação entre um ambiente de trabalho saudável e não saudável, ou um ponto no qual ocorrerá um dano  
316 à saúde". Os TLV's não protegerão adequadamente todos os trabalhadores, e sim minimizar os efeitos indesejados  
317 sobre a saúde. Alguns trabalhadores podem apresentar desconforto ou até efeitos adversos mais sérios à saúde  
318 quando expostas a substâncias químicas em concentrações iguais ou mesmo inferiores aos limites de exposição.  
319 A ACGIH também divulga, para cada substância, publicações complementares ao livro do TLV, estudos técnicos  
320 que

321 justificam os valores estabelecidos (Buschinelli; Kato, 2011).

## 7 e) Equipamentos de proteção respiratória para poeiras metálicas

324 Buschinelli e Kato (2011), menciona que a OSHA exige que, para o trabalhador estar em um ambiente com  
325 concentração do agente químico superior ou igual ao IPVS, ele deve estar protegido com respiradores com reserva  
326 de ar ou ar mandado. A preocupação principal é com substâncias corrosivas, asfixiantes ou com efeitos agudos  
327 sobre o sistema nervoso central. Este parâmetro é derivado de dados obtidos com animais de laboratório e com  
328 acidentes ocorridos com trabalhadores expostos, quando disponíveis, e expresso em ppm ou  $mg/m^3$ .

329 Moreira et al. (2010), acompanharam um paciente de 27 anos, que trabalhava há 8 anos como afiador de  
330 ferramentas de metal-duro (serra, serrotes e facas de corte), trabalhava por oito horas diárias, equivalente a 40  
331 horas semanais, sem o uso do EPI, ou EPR -equipamento de proteção respiratória. Esse profissional utilizava no  
332 processo de retificação/afiação um rebolo diamantado sintético, em um ambiente fechado. Baseado na história  
333 desse trabalhador, nos exames de imagem (radiografia de tórax) e no exame anatomopatológico, foi feito o  
334 diagnóstico de pneumoconiose por metal-duro ou fibrose pulmonar. O tratamento da pneumopatia por exposição  
335 a metal-duro envolve o afastamento completo da exposição ao agente nocivo e corticoterapia em doses altas.  
336 Quando já existe fibrose pulmonar extensa, uma apresentação de estudo de caso raro, não há significativa resposta  
337 ao tratamento.

338 O EPI se faz obrigatório por parte do trabalhador, de acordo com a Norma Regulamentadora nº. 6 -(NR 06-EPI)  
339 Equipamentos de proteção individual, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e a saúde  
340 no trabalho. A empresa é obrigada a fornecer aos empregados o EPI adequado ao risco, de forma gratuita, em  
341 perfeito estado de conservação e funcionamento, mediante orientação de um profissional tecnicamente habilitado.  
342 Além disso, o empregador deve exigir o uso do EPI por parte do trabalhador, orientar e treiná-lo sobre o uso  
343 adequado, guarda e conservação. O Trabalhador deve usar o EPI apenas para a finalidade que se destina, deve  
344 cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado, entre outros.

345 Nesta norma NR 06-EPI (Brasil, 2018) descrevem os tipos EPI's para proteção respiratória, disponíveis no  
346 mercado, como seguem: 1) respiradores purificadores de ar não motorizados, as peças semifaciais filtrantes (PFF)  
347 do tipo PFF1, PFF2 e PFF3, para proteção das vias respiratórias contra poeiras, névoas, fumos e radionuclídeos;  
348 2) respiradores purificadores de ar motorizados, com vedação facial tipo peça semifacial ou facial inteira para  
349 proteção das vias respiratórias; 3) de adução de ar tipo linha de ar comprimido, 4) respiradores de fuga; tipo

bocal e; 5) os de adução de ar tipo máscara autônoma; este último, específico para trabalhos em ambientes ou atmosferas Imediatamente Perigosas à Vida e a Saúde (IPVS).

O EPR visa a proteção do usuário contra a inalação de ar contaminado ou de ar com deficiência de oxigênio. O EPR adequado à exposição a agentes químicos é aquele que reduz a exposição do usuário a valores abaixo dos valores considerados aceitáveis, como, por exemplo, o Limite de Exposição Ocupacional (LEO). Para a seleção do respirador com nível de proteção adequado à exposição, é necessário conhecer o Fator de Proteção Mínimo Requerido (FPMR) para o respirador (FUNDACENTRO, 2016), o qual foi determinado pela expressão:  $FPMR = \frac{LEO}{C_{max}}$  (FUNDACENTRO, 2016)

A FUNDACENTRO (2016) recomenda calcular a concentração mais crítica de exposição prevista nas operações de rotina ou de emergência é maior do que o limite de exposição ocupacional aplicável (LEO), ou seja, utilizando a expressão (6); ou obedecendo a regulamentos ou legislação específica. Uma vez determinado o FPMR, a seleção é feita escolhendo o EPR, conforme apresentado na Tabela 4. Se o FPMR for menor que 1, não é necessário o uso de respirador, exceto para aerossóis, como os particulados ou fibras, exemplo: asbesto, sílica, poeiras metálicas, entre outros. O FPA se valida quando o respirador for utilizado conforme as recomendações contidas no PPR (seleção correta, ensaio de vedação, treinamento, política da barba etc.) e com a ficha do Certificado de Aprovação (CA) do EPI, de acordo com a NR 06 EPI. O FPA não é aplicável para respiradores de fuga. Se o contaminante for irritante aos olhos ou a sua concentração no local de trabalho for tal que cause danos aos olhos, conforme indicado Tabela 3, selecionar um respirador com peça facial inteira, capuz ou capacete (FUNDACENTRO, 2016).

## 8 II. Avaliação das Condições do Ambiente de Trabalho

Seguem algumas imagens, Fig. 9 até a Fig. 20, que se referem as etapas de fabricação de ferramentas e produtos em metais-duros e/ou metais-pesados, de uma empresa metalúrgica em São Paulo, Brasil. Trata-se de uma empresa brasileira cuja classificação nacional das atividades econômicas (CNAE), possui nexos com os números 25.32-2 -Produção de artefatos estampados de metal, Metalurgia do pó e 25.43-8 -Fabricação de ferramentas, conforme descrito na Norma regulamentadora Nº 04 (NR 04 SESMT) Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (Brasil, 2016). A inspeção no local de trabalho ou avaliação das condições do ambiente de trabalho, se deu forma qualitativa, de modo a tornar compatível permanentemente o trabalho preventivo, preservação da vida e evitar as doenças (DPMD) nos trabalhadores.

Nesta etapa, Fig. 9(a), o trabalhador estava realizando a manipulação e uma mistura dos pós metálicos, de forma manual, com as mãos, tendo o contato direto com o pó, onde através da manipulação produzirá a suspensão dos pós, que podem ser inalados, tragados ou entrar em contato direto com a pele ou olhos. O operador executa cortes nos compactados a verde (blanks) com um disco diamantado específico conforme apresentado na Fig. 15 (a), em uma peça grande e Fig. 15 (b). Percebe-se, neste setor, a geração de muito aerodispersóides no ambiente de trabalho, a falta do uso de EPR por parte da grande maioria dos trabalhadores e a falta do uso de luvas de látex, foram percebidos, conforme apresentado na Fig. 15 (c). Na Fig. 16(a) é apresentada uma peça sendo usinada pela técnica de fresamento CNC, é uma ferramenta de corte rotativa anatômica na forma de compactada a verde e na Fig. 16 (b), um trabalhador aplicado um jato de gás de nitrogênio em baixa vazão para eliminação do excesso de pó residual nos cantos vivos da peça. O próximo passo é a sinterização, sendo utilizados dois tipos de fornos: um a vácuo, Fig. 17 Acúmulo de poeiras de SiC no chão.

III.

## 9 Considerações Finais

Com o surgimento do TLV-TWA da ACGIH de 0,005 mg.m<sup>-3</sup> para metais-duros contendo cobalto, carbonetos de tungstênio e ou ligas cobalto, na forma de pós-metálicos, caracterizando uma notação como sensibilização respiratória e doença ocupacional, a pneumoconiose, é possível realizar a avaliação quantitativa, o que não era possível antes de 2016. No Brasil, era realizada somente a avaliação qualitativa, conforme a NR15, ou seja, com a inspeção no local de trabalho mediante da comprovação de laudo técnico elaborado por um engenheiro ou médico do trabalho conforme definido pela CLT. Para a prevenção da saúde do trabalhador, o nível de ação deve estar abaixo de 50% do Limite de Tolerância. Acima do limite de tolerância, caracteriza-se insalubridade de grau máximo, em que o profissional terá o direito de 40% de adicional de insalubre sobre o salário-mínimo regional; e acima do valor máximo de 0,015 mg.m<sup>-3</sup>, para um fator de desvio igual a 3, uma vez ultrapassado, caracteriza risco grave e iminente ou IPVS.

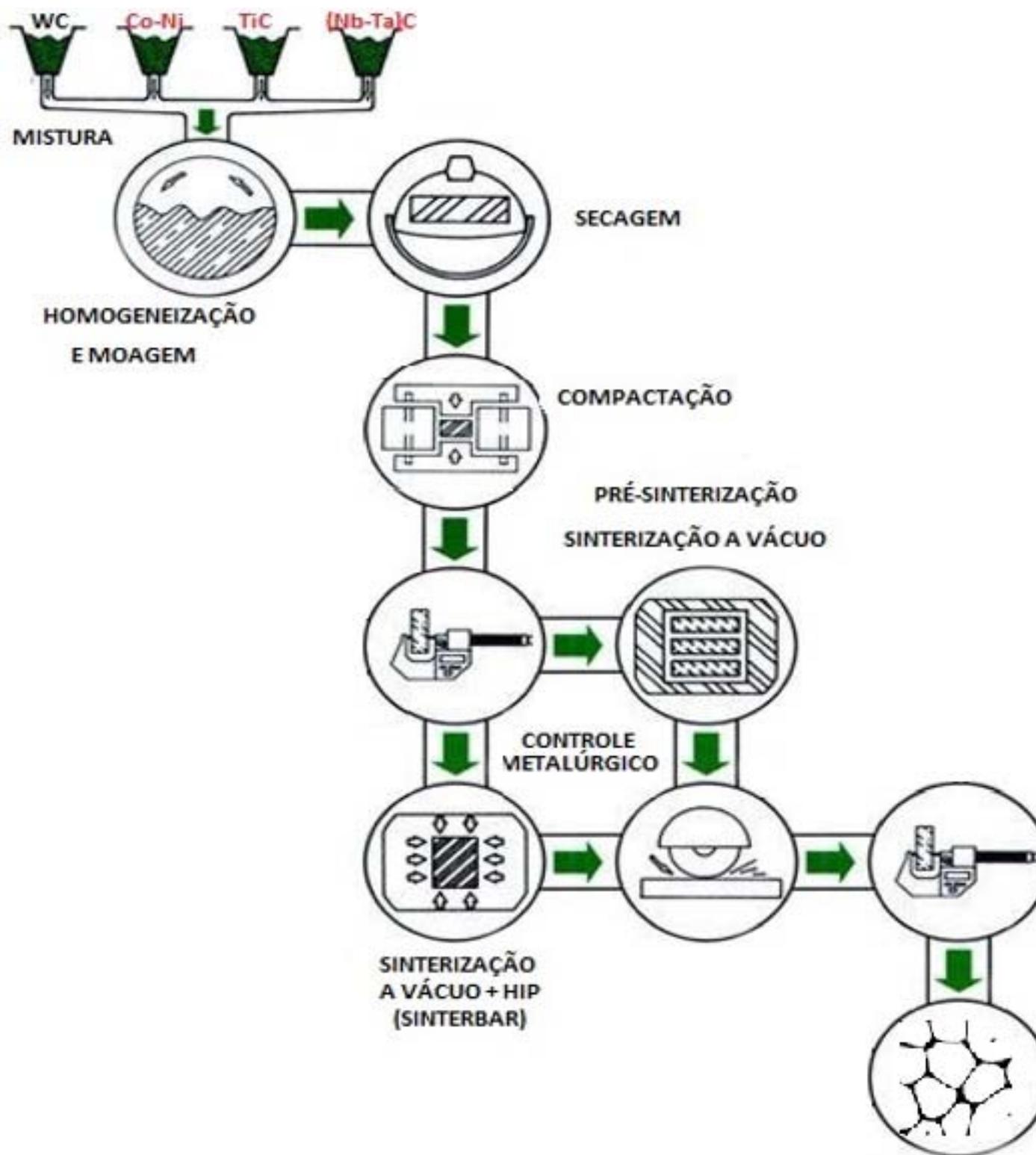
Os setores mais críticos, na geração de aerodispersóides na fabricação de produtos e ferramentas de metais-duros, são os setores de peneiramento e usinagem. Os diâmetros aerodinâmicos dos particulados inferiores a 10 µm, poeiras inaláveis, podem implicar no surgimento da DPMD, conforme relatados por profissionais da área da medicina do trabalho. A prevenção à saúde desses trabalhadores, na indústria analisada, se dá através da limitação do tempo de exposição aos pós-metálicos e no uso correto do EPR, que está em função do tamanho do particulado dinâmico e do FPMR.

A DPMD ocorre devido as exposições elevadas de concentrações de aerodispersóides e poderá surgir depois muitos anos. Neste trabalho identificou-se a importância do treinamento dos trabalhadores, mas não apenas dos que atuam diretamente com o produto, mas das equipes multidisciplinares da gestão, segurança e medicina do trabalho.

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

410 IV. Lista de Símbolos e Abreviaturas de Termos



1

Figure 1: Fig. 1 (

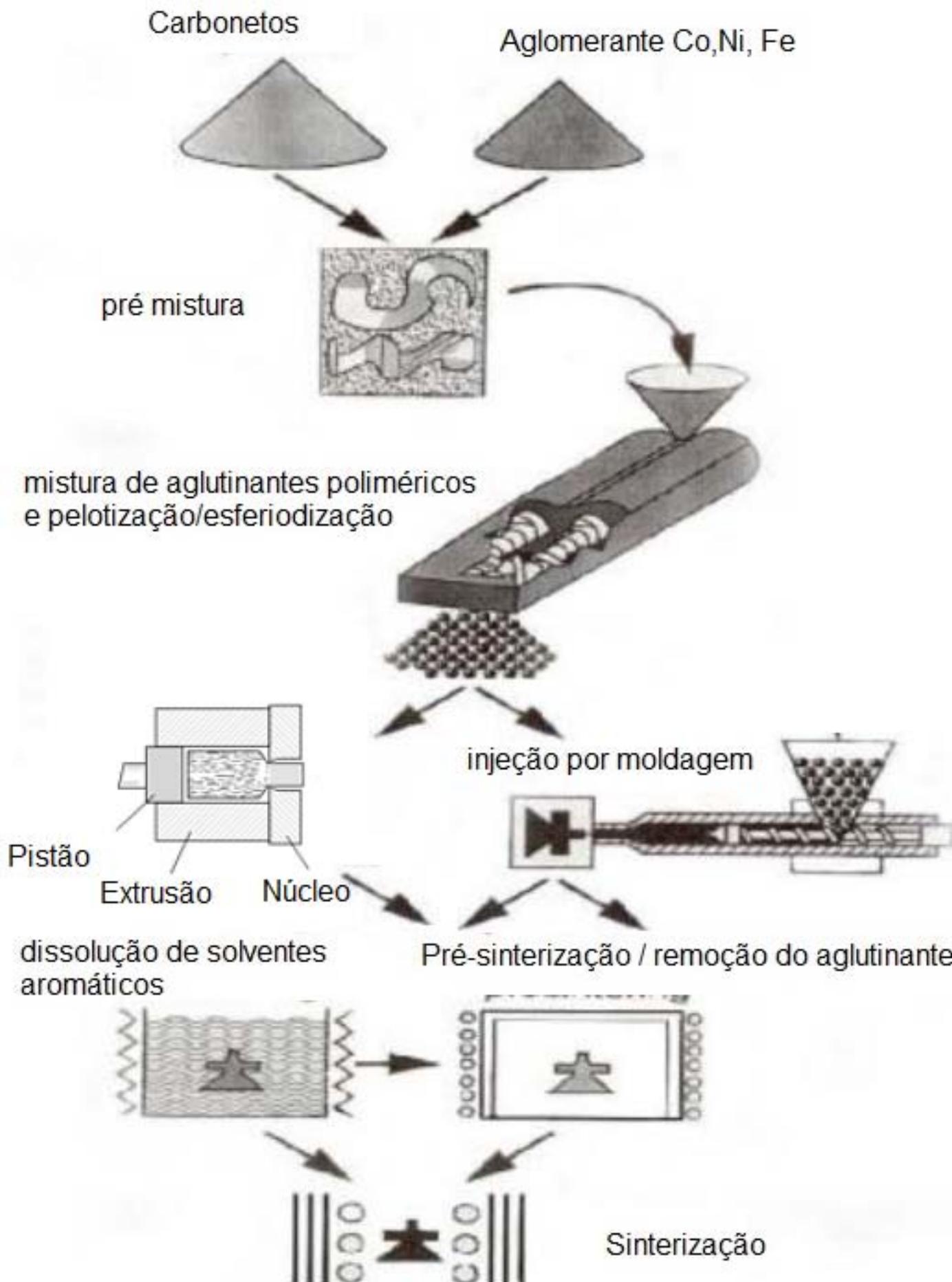


Figure 2: Fig. 2 (

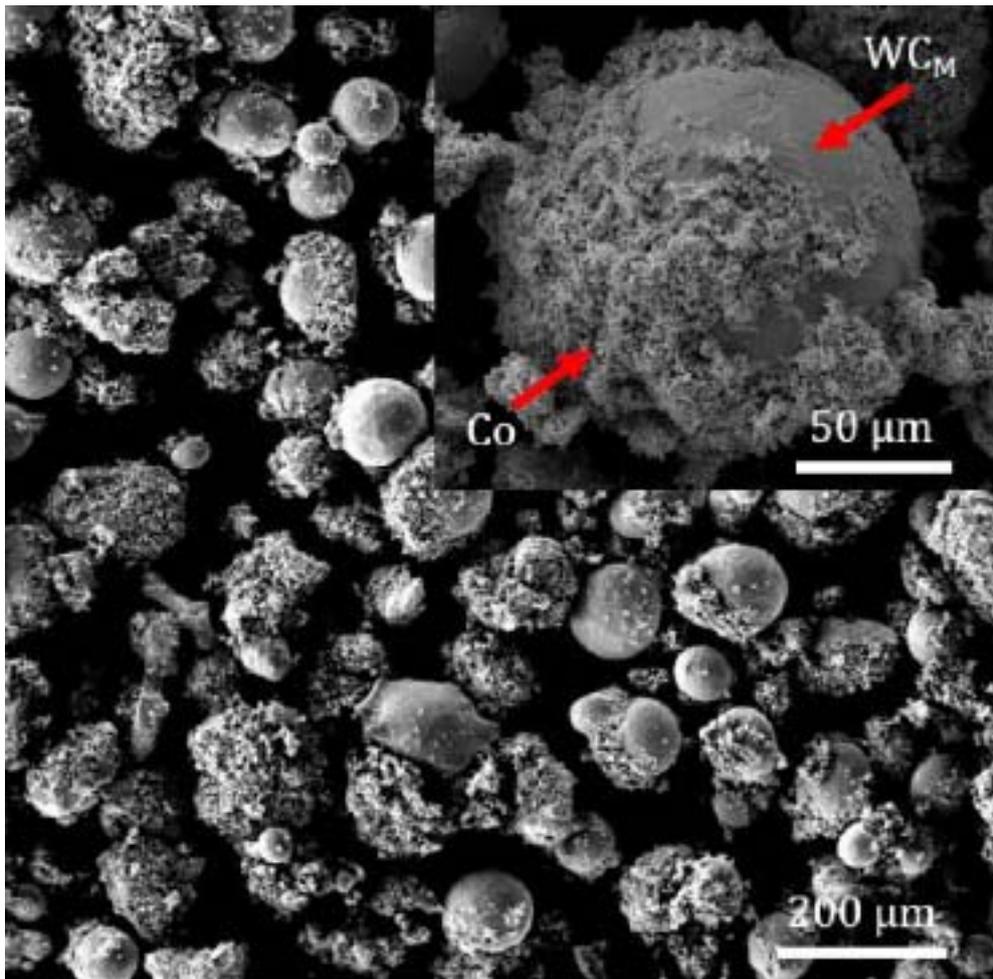
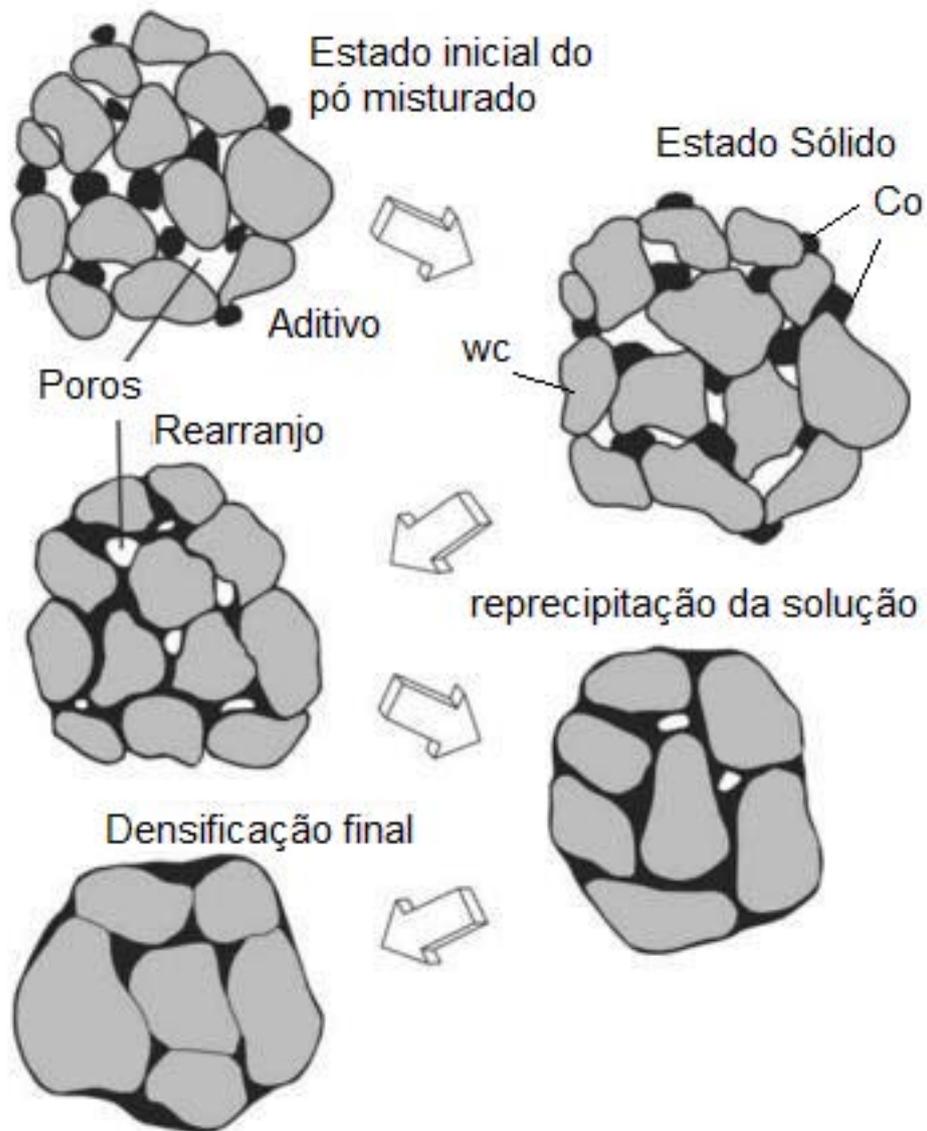


Figure 3:



3

Figure 4: Fig. 3 (

Vias aéreas

Trato respiratório superior

Cavidade Nasal

Faringe

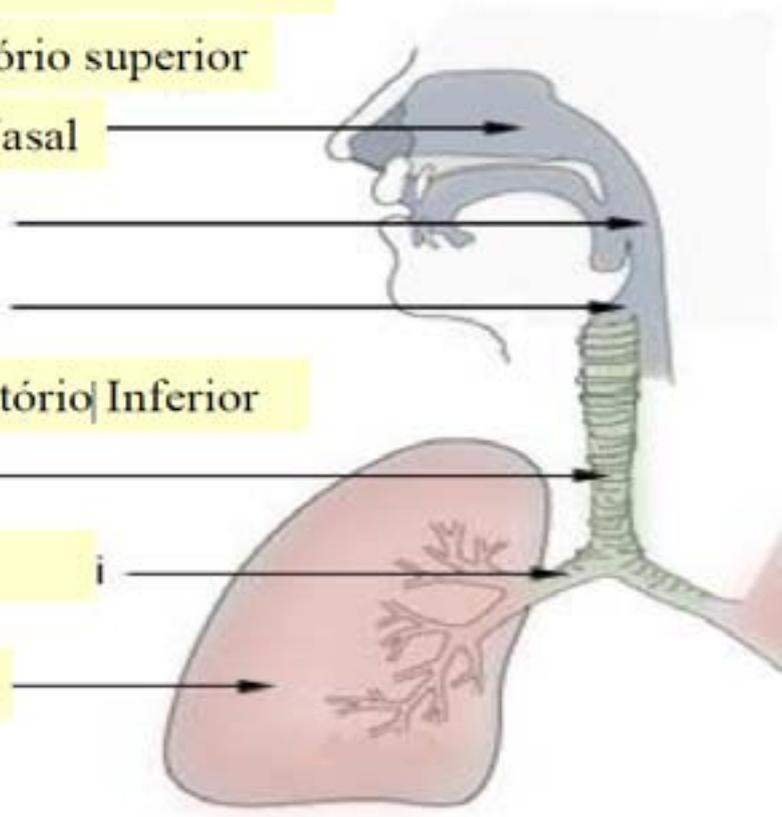
Laringe

Trato Respiratório Inferior

Traqueia

Brônquios

Alvéolos



4

Figure 5: Fig. 4 (

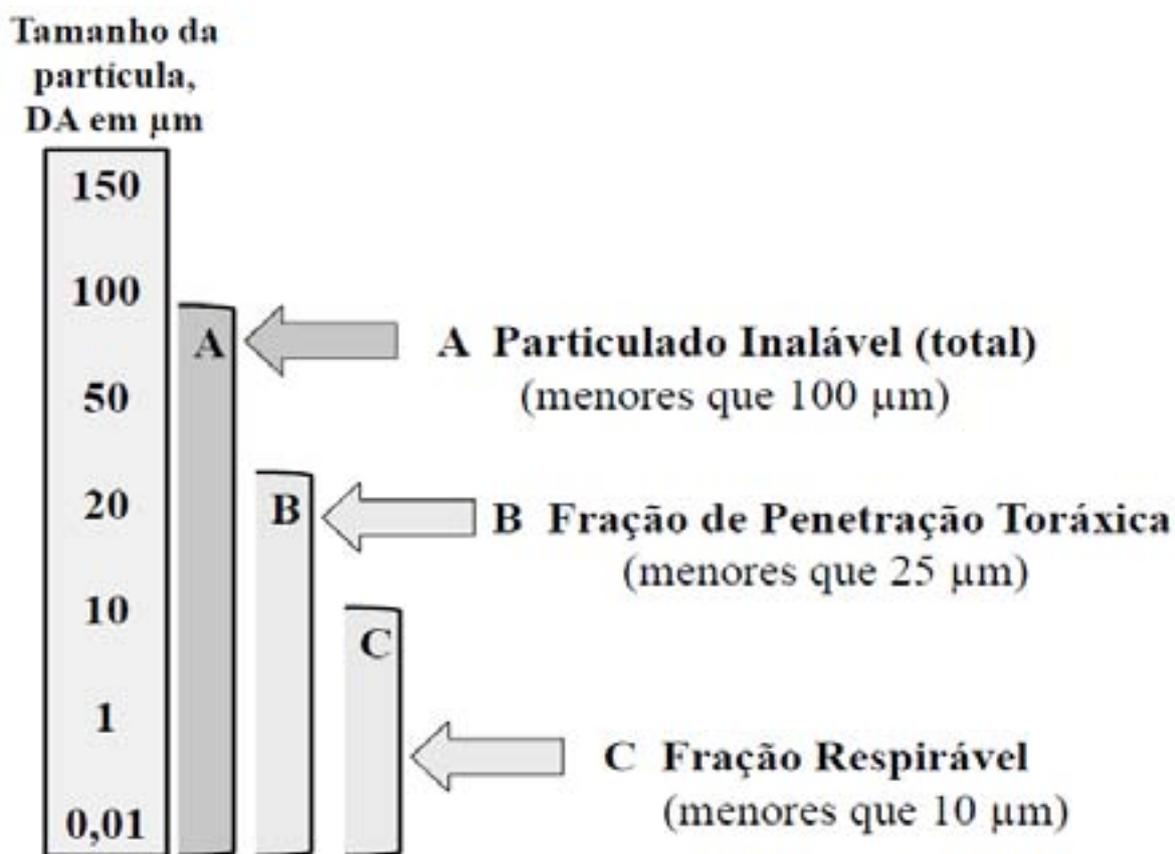
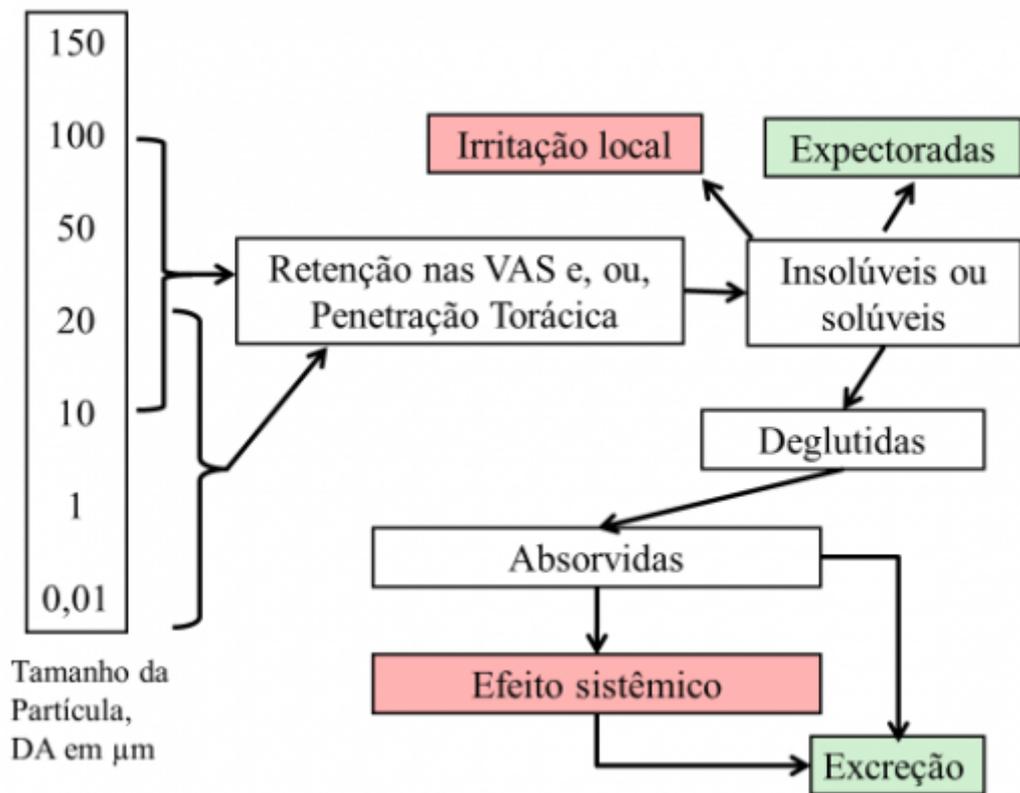
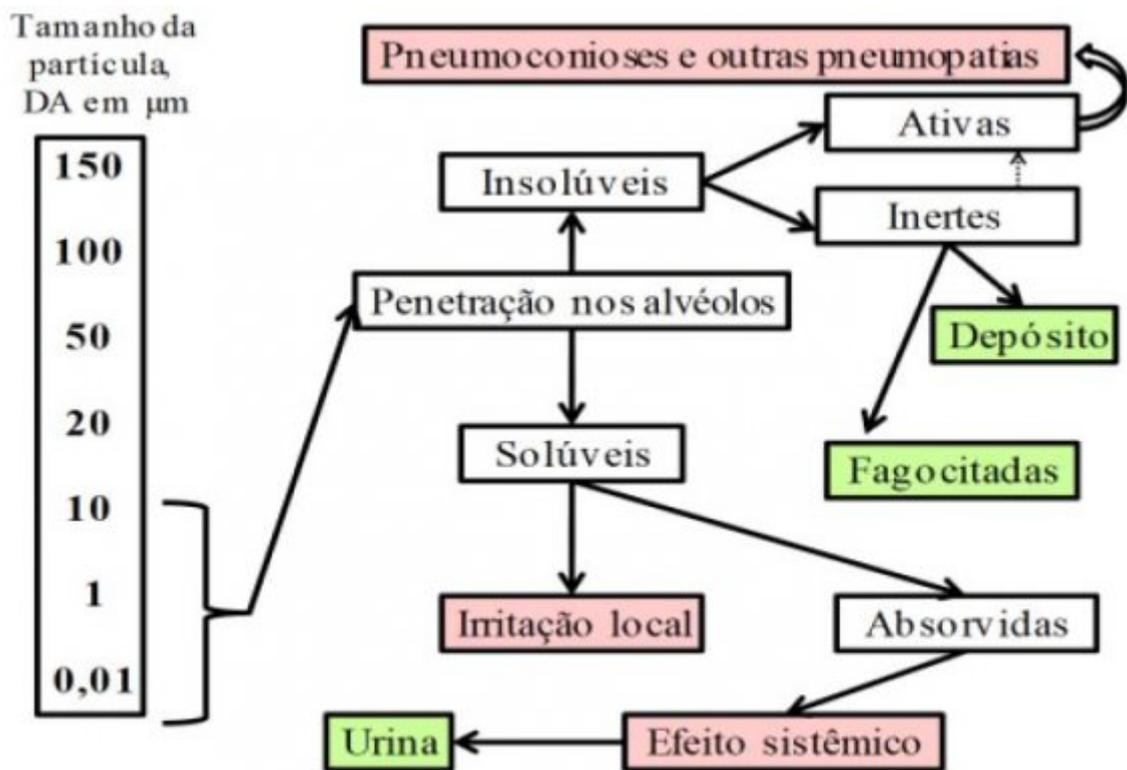


Figure 6:



5

Figure 7: Fig. 5 (



6

Figure 8: Fig. 6 (

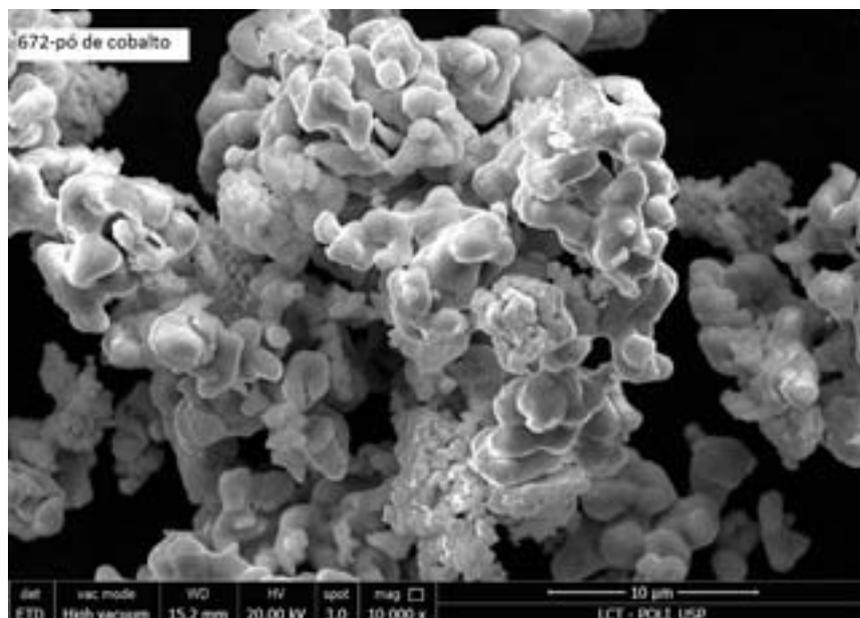


Figure 9:

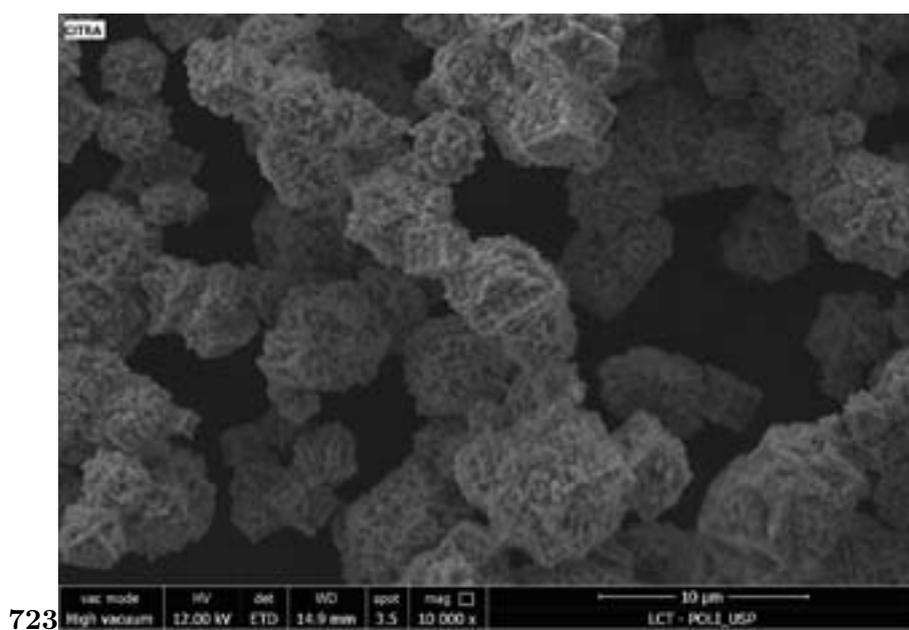


Figure 10: Fig. 7 (Tabela 2 : 3 :

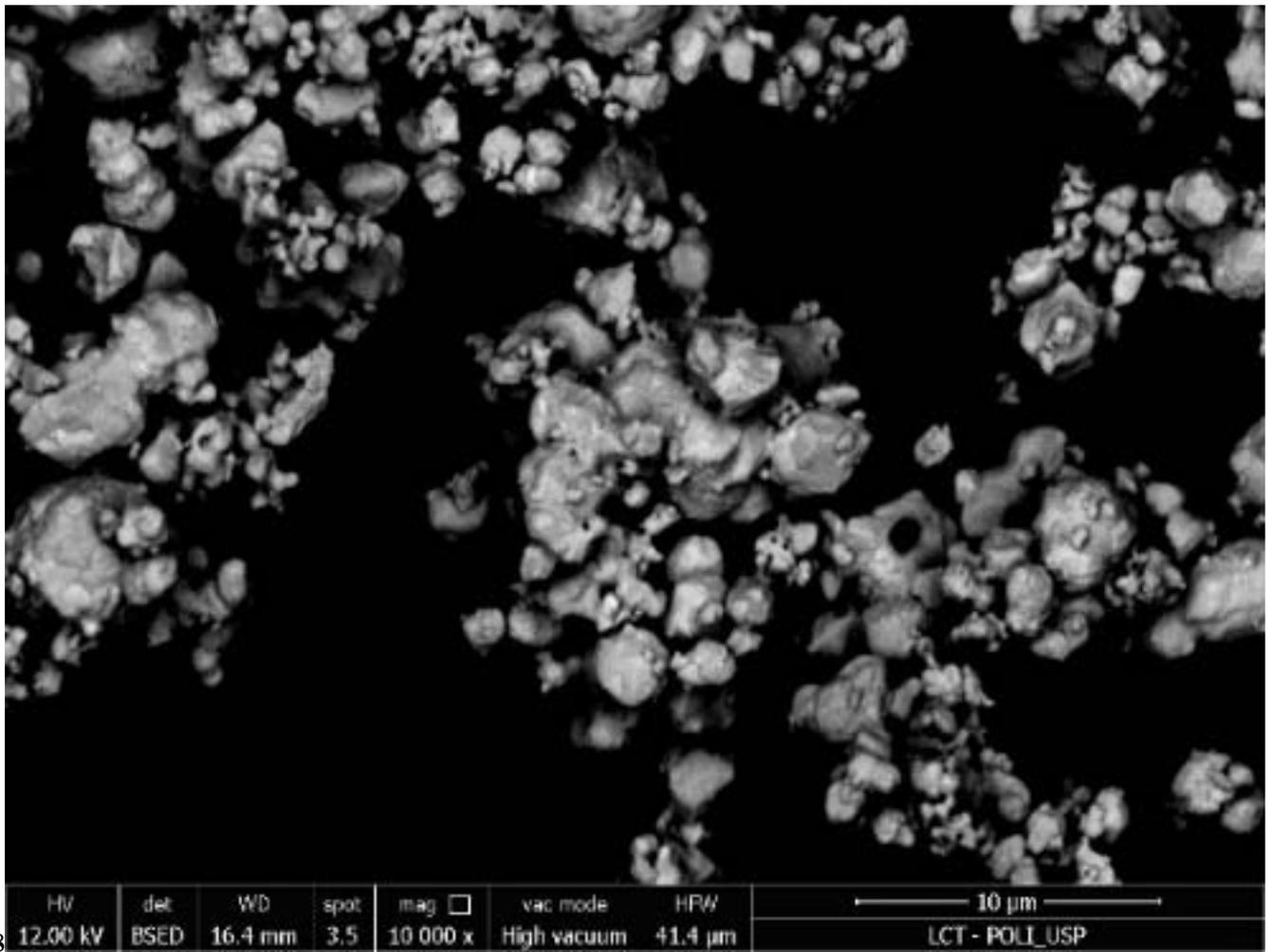


Figure 11: Fig. 8 :



3

Figure 12: 3 )



3

Figure 13: Tabela 3 :



Figure 14:



4

Figure 15: Tabela 4 :



Figure 16: Tabela 5 :



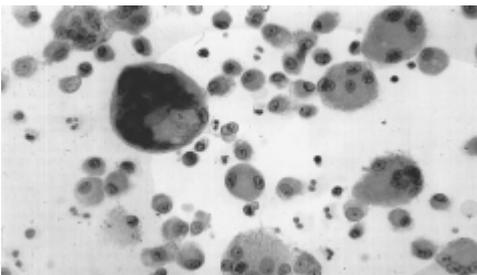
9

Figure 17: Fig. 9 (



10

Figure 18: Fig. 10 (



12

Figure 19: Fig. 12 (



Figure 20: Fig. 13

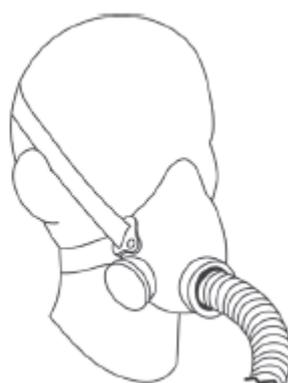


Figure 21: Fig. 14



Figure 22: Fig. 15 (

16



Protetor facial



Capacete



Capuz

Figure 23: Fig. 16 (



Figure 24:



Figure 25:



17

Figure 26: Fig. 17



Figure 27:



Figure 28: Fig. 18



19

Figure 29: Fig. 19 (

1

| Tipo de liga                      | Componentes químicos  | Aplicação   |
|-----------------------------------|---|---|
| Superligas resistentes à corrosão | cobalto, cromo, níquel, tungstênio, tântalo, alumínio, titânio e zircônio | lâminas de corte  |
| Ligas magnéticas                  | cobalto, níquel, alumínio, cobre e titânio                                | indústria eletroeletrônica  |
| Aços de alta resistência          | cromo e cobalto (25-65%)  | peças de equipamentos que necessitam de aço altamente resistente ao calor, tais como turbinas de aviões |
| Aços especiais com propriedades   | cromo, níquel, molibdênio e 65% de cobalto                                | implantes cirúrgicos  |

Figure 30: Tabela 1 :

McElvenny et al (2017), investigaram 1.538 trabalhadores, disponíveis para análise, expostos aos pós-metálicos de metal-duro, em 2 fabricas, na Inglaterra, onde preparavam desde as misturas dos pós-metálicos para o processo de compactação e produção de produtos sinterizados, num período de 1980 a 2014, sendo 85% sexo masculino e nascidos antes de 1950. profissionais ocupacional, para foram afastados

Figure 31:

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

3

|                         |          |              |                    |  |
|-------------------------|----------|--------------|--------------------|--|
|                         | WC       | [12070-12-1] | RSEN;<br>A2        | Pneumonia  |
| Etileno glicol (MEG)    |          | [107-21-1]   | A4                 | Inflamação no trato respiratório   |
|                         | Parafina | [8002-74-2]  | -                  | Inflamação no trato respiratório; náusea   |
|                         | Metanol  | [67-56-1]    | PELE;<br>BEI       | Dor de cabeça; danos aos olhos; tontura; náusea  |
|                         | Acetona  | [64-64-1]    | A4;<br>BEI         | Inflamação no trato respiratório, irritação nos olhos; prejudica o CNS                           |
|                         | Heptano  | [142-82-5]   | -                  | Prejudica o CNS e Inflamação no trato respiratório.  |
|                         | Xileno   | [1330-20-7]  | A4;<br>BEI         | Inflamação no trato respiratório, irritação nos olhos; prejudica o CNS                           |
|                         | Hexano   | [592-41-6]   | PELE;<br>BEI       | Prejudica o CNS, irritação nos olhos e neuropatia periférica                                     |
|                         | Tolueno  | [1088-88-3]  | OTO;<br>A4;<br>BEI | CNS, deficiência visual e auditiva; prejudica o sistema reprodutivo feminino; perda de gravidez. |
| Álcool etílico (Etanol) |          | [64-17-5]    | A3                 | Inflamação no trato respiratório   |
| Álcool Isopropílico     |          | [108-20-3]   | -                  | Inflamação no trato respiratório e irritação nos olhos   |

O valor de IPVS -Para exposições

por inalação, os efeitos no trato respiratório podem ser considerados como efeitos críticos. A evidência de carcinogenicidade do cobalto em humanos foi considerada inadequada e não pode ser avaliada quantitativamente, mas um fator de segurança extra a ser adicionado nas exposições estimadas a partir de outros efeitos pode ser necessário. Os riscos para o desenvolvimento de pneumoconiose provavelmente dependentes das características físicas e químicas das partículas contendo cobalto transportadas pelo ar, mas essas informações foram ausentes na maioria dos estudos. Fazem alguns anos do reconhecimento que existe um risco excessivo de pneumoconiose quando a exposição ao pó contendo cobalto excede  $10\mu\text{g.m}^{-3}$ .

| Agentes Químicos     | CAS          | Notações                     | Base TLV   |
|----------------------|--------------|------------------------------|--|
|                      | (2020)       |                              |  |
| Cobalto              | [7440-78-4]  | DSEN;<br>RSEN;<br>A3;<br>BEI | Mudanças na função Pulmonar                                |
| Cobalto carbonila    | [10210-68-1] | -                            | Edema pulmonar e danos no baço                             |
| Níquel carbonila     | [13463-39-3] | A3                           | Inflamação no trato respiratório                           |
| Ferro pentacarbonila | [13463-40-6] | -                            | Edema pulmonar; Prejudica o CNS (sistema central nervoso); |

| Tabela 2: Químicos                     | Agentes | CAS (2020)                  | L.T (NR15) Brasil (48 h) | Grau de insalubridade | ACGIH (40 h) (TLV-TWA)                               |
|--|---------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------|--|
| Cobalto                                |         | [7440-78-4]                 | -                        | -                     | 0,02 mg.m <sup>-3</sup>                              |
| Cobalto carbonila                      |         | [10210-68-1]                | -                        | -                     | 0,1 mg.m <sup>-3</sup>                               |
| Níquel carbonila                       |         | [13463-39-3]                | -                        | -                     | -  |
| Ferro pentacarbonila                   |         | [13463-40-6]                | -                        | -                     | 0,1 ppm  |
| Negro de Fumo                          |         | [1333-86-4]                 | 3,5 mg.m <sup>-3</sup>   | Máximo                | 3,5 mg.m <sup>-3</sup>                               |
| Tungstênio                             |         | [7440-33-7]                 | -                        | -                     | 3 mg.m <sup>-3</sup>                                 |
| Carboneto de Silício Fibras (whiskers) |         | [409-21-2]                  | -                        | -                     | 0,1 f/cc<br>3 mg.m <sup>-3</sup>                     |
| Metal-duro (WC-Co) WC                  |         | [7440-48-4]<br>[12070-12-1] | -                        | -                     | 0,005 mg.m <sup>-3</sup><br>0,005 mg.m <sup>-3</sup> |
| Etileno glicol (MEG)                   |         | [107-21-1]                  | -                        | -                     | 25 ppm   |
| Parafina                               |         | [8002-74-2]                 | -                        | -                     | 2 mg.m <sup>-3</sup>                                 |
| Metanol                                |         | [67-56-1]                   | -                        | -                     | 200 ppm  |
| Acetona                                |         | [64-64-1]                   | 780 ppm                  | mínimo                | 250 ppm  |
| Heptano                                |         | [142-82-5]                  | -                        | -                     | 400 ppm  |
| Xileno                                 |         | [1330-20-7]                 | 78 ppm                   | médio                 | 20 ppm   |
| Hexano                                 |         | [592-41-6]                  | -                        | -                     | 500 ppm  |
| Tolueno                                |         | [1088-88-3]                 | -                        | -                     | 20 ppm   |
| Querosene                              |         | [8008-20-6]                 | -                        | -                     | 200 mg.m <sup>-3</sup>                               |
| Álcool etílico (Etanol)                |         | [64-17-5]                   | 780 ppm                  | mínimo                | -  |
| Álcool Isopropílico                    |         | [108-20-3]                  | 310 ppm                  | médio                 | 250 ppm  |

Os limites de tolerâncias, considerados excedidos quando a concentrações ultrapassarem os valores estipulados na Tabela 2.

Figure 33:



## .1 Agradecimentos

- Os autores agradecem aos responsáveis e aos trabalhadores que permitiram o acesso aos setores da fábrica sem interferir na rotina de trabalho durante o período de avaliação e inspeção.
- [Beip-Bei] , Beip-Bei .
- [Ipps-Imediatamente Perigoso Para Vida Ou Saúde] , Ipps-Imediatamente Perigoso Para Vida Ou Saúde . (tradução de IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health))
- [Brasília and Em] , Brasília , Em . <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/de15452.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/de15452.htm)>acessoem:26/09/2021
- [ CAS Chemical Abstract Service. Chemical Registry ()] , <https://web.cas.org/cgi-bin/regreport.pl>acessoem03/01/2021 *CAS Chemical Abstract Service. Chemical Registry* 2020. (Disponível)
- [Umeå (1994)] , Sweden Umeå . 10.1016/0048-9697(94)90151-1. *Science of The Total Environment* Issues 1-3, 30 June 1994. 150.
- [Yang et al. ()] ‘Additive manufacturing of WC-Co hardmetals: a review’. Y Yang , C Zhang , D Wang , L Nie , D Wellmann , Y Tian . 108.10.1007/s00170-020-05389-5. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 2020.
- [Da-Diâmetro] *Aerodinâmico dos particulados. DSEN: Sensibilização Dérmica*, Da-Diâmetro .
- [Nordberg ()] *Assessment of risks in occupational cobalt exposures*, G Nordberg . 1994.
- [Brasil and Ministério Do Trabalho E Previdência ()] Brasil , Ministério Do Trabalho E Previdência . DE 09 de dezembro de 2019. <<https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/segur-anca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamenta-doras/nr-15.pdf>>Acessoem: 26/09/2021 *NR-15 -Atividades e operações insalubres*, 2019. 1. (Portaria SEPRT N.º)
- [Svartengren et al. (2017)] *Cancer Incidence Among Hardmetal Production Workers: The Swedish Cohort*, M Svartengren , I-L Bryngelsson , G Marsh , J Buchanich , S Zimmerman , K Kennedy , N Esmen , H Westberg . 2017. December 2017. 59.
- [García et al. ()] ‘Cemented carbide microstructures: A review’. J García , V Collado Ciprés , A Blomqvist , B Kaplan . 10.1016/j.ijrmhm.2018.12.004. 40-68. 10.1016/j.ijrmhm.2018.12.004 *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 2018. 80.
- [Fernandes and Senos ()] ‘Cemented carbide phase diagrams: A review’. C M Fernandes , A M R Senos . *Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 2011. 29 p. .
- [Brasil] *Decreto-lei nº 5.452, de 1 de maio de 1943. Aprova a consolidação das leis do trabalho*, Brasil .
- [Nie and Zhang ()] ‘Development of manufacturing technology on WC-Co hardmetals’. H Nie , T Zhang . <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs42864-019-00025-6> *Materials Science - Tungsten* 2019.
- [Mizutani et al. ()] ‘Doença pulmonar por metal-duro: uma série de casos’. R F Mizutani , M Terra-Filho , E Lima , C S G Freitas , R C Chate , R A Kairalla , R Carvalho-Oliveira , U P Santos . 10.1590/S1806-37562016000000260. <https://doi.org/10.1590/S1806-37562016000000260> *J Bras Pneumol* 2016. 2016. 42 (6) p. .
- [DPMD-Doença pulmonar por metal-duro. EC-Éster de celulose] *DPMD-Doença pulmonar por metal-duro. EC-Éster de celulose*,
- [Alves and Della Rosa ()] ‘Exposição ocupacional ao cobalto: aspectos toxicológicos’. A N L Alves , H V Della Rosa . *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences* 2003. (39, n. 2, abr./jun., 2)
- [Abd-Elghany et al. ()] ‘Fabrication, Microstructure, Hardness and Magnetic Properties of (W:Ti) C-Ni Cemented Carbides using Atomized Ni Powder’. A Abd-Elghany , W M Daoush , O A El-Kady , M A Ghanem , A E El-Nikhaily . *Global Journal of Researches in Engineering* 2018. G) Industrial Engineering. Volume XVIII Issue I Version I
- [Fundacentro ()] Fundacentro . <<http://antigo.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/3/nho-03-metodo-de-ensaio-analise-gravimetrica>>Acesso:05/10/2021 *Norma de Higiene Ocupacional NHO 03 -Método de Ensaio: Análise Gravimétrica de Aerodispersóides Sólidos Coletados Sobre Filtros e Membrana*, 2001.
- [Moreira et al. (2010)] ‘Hard metal pneumoconiosis with spontaneous bilateral pneumothorax’. M A Moreira , A R O Cardoso , D G S T Silva , M C C A M Queiroz , A A Oliveira , T M A Noletto . 10.1590/s1806-37132010000100020. 20209319. *J Bras Pneumol* 2010. 2010 Jan-Feb. 36 (1) p. .
- [W-Ni] W-Ni . *Liga de tungstênio e níquel*, p. .

## 9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

---

- 466 [Leo-Limites De and Ocupacional] *LT-Limite de tolerância. mg.m<sup>-3</sup> -miligramas por metro cúbico de ar. NHO-*  
467 *Norma de Higiene Ocupacional*, Exposição Leo-Limites De , Ocupacional . NIOSH-National Institute for  
468 Occupational Safety and Health. NR-Norma regulamentadora
- 469 [Buschinelli et al. ( )] *Manual para interpretação de informações sobre substâncias químicas*,  
470 J T Buschinelli , M Kato , São Fundacentro , Paulo . <[http://antigo.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2013/3/](http://antigo.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2013/3/manual-para-interpretacao-das-informacoes-sobre-substancias-quimicas)  
471 [manual-para-interpretacao-das-informacoes-sobre-substancias-quimicas](http://antigo.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2013/3/manual-para-interpretacao-das-informacoes-sobre-substancias-quimicas)>Acessoem:  
472 26/09/2021 2011.  
473
- 474 [Wallner et al. (2017)] ‘Mortality Among Hardmetal Production Workers: A Retrospective Cohort Study in the  
475 Austrian Hardmetal Industry’. P Wallner , M Kundi , H Moshhammer , S D Zimmerman , J M Buchanich ,  
476 G M Marsh . 10.1097/JOM.0000000000001046. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2017.  
477 December 2017. 59 p. .
- 478 [Morfeld et al. (2017)] ‘Mortality Among Hardmetal Production Workers: German Historical Cohort Study’. P  
479 Morfeld , J V Groß , T C Erren , B Noll , M Yong , K J Kennedy , N A Esmen , S D Zimmerman , J  
480 M Buchanich , G M Marsh . 10.1097/JOM.0000000000001061. *Journal of Occupational and Environmental*  
481 *Medicine* 2017. December 2017. 59 p. .
- 482 [Mcelvenny et al. ( )] ‘Mortality Among Hardmetal Production Workers: UK Cohort and Nested Case-Control  
483 Studies’. D Mcelvenny , L Maccalman , A Sleuwenhoek , A Davis , B Miller , C Alexander , H Cowie , J Cher-  
484 rie , K Kennedy , N Esmen , S Zimmerman , J Buchanich , G Marsh . 59.1.10.1097/JOM.0000000000001036.  
485 *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 2017.
- 486 [Brasil and Ministério Do Trabalho E Previdência ( )] ‘NR-4 -Serviços Especializados em En-  
487 genharia de Segurança e em Medicina do Trabalho’. Brasil , Ministério Do Trabalho  
488 E Previdência . de 29/04/2016. [https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-04.pdf)  
489 [pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-04.pdf)  
490 [seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-04.pdf)  
491 [regulamentadoras/nr-04.pdf](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-04.pdf)Acessoem:  
26/09/2021 *Brasília. Disponível* 2016. 510. (Portaria MTPS)
- 492 [Brasil and Ministério Do Trabalho E Previdência ( )] ‘NR-6 -Equipamento de Proteção Individual’.  
493 Brasil , Ministério Do Trabalho E Previdência . de24/10/2018.*Brasília.Disponívelem:*  
494 [https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-6-nr-6)  
495 [secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-sau-](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-6-nr-6)  
496 [de-no-trabalho/ctpp-nrs/](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-6-nr-6)  
norma-regulamentadora-no-6-nr-6>Acessoem:03/10/2021 *Portaria MTb* 2018. 877.
- 497 [Brasil and Ministério Do Trabalho E Previdência ( )] ‘NR-7 -Programa de Controle Médico de Saúde  
498 Ocupacional’. Brasil , Ministério Do Trabalho E Previdência . de06/12/2018.*Brasília.Disponívelem:*  
499 [https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-7-nr-7)  
500 [secretaria-de-trabalho/inspecao/segur-](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-7-nr-7)  
501 [anca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/norma-regulamentadora-no-7-nr-7)  
norma-regula-mentadora-no-7-nr-7>Acessoem:03/10/2021 *Portaria MTb* 2018. 1031.
- 502 [OSHA-Occupational Safety and Health Administration. PELE-contribuição potencial da exposição por via cutânea para a exposi  
503 *OSHA-Occupational Safety and Health Administration. PELE-contribuição potencial da exposição por via*  
504 *cutânea para a exposição total. PFF-peças semifaciais filtrantes,*
- 505 [PNOS-partículas não especificadas de outra maneira ppm-partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar contaminado]  
506 *PNOS-partículas não especificadas de outra maneira ppm-partes de vapor ou gás por milhão de partes de ar*  
507 *contaminado,*
- 508 [Fundacentro ( )] ‘Programa de Proteção Respiratória: Recomendações, seleção e uso de respiradores’.  
509 Fundacentro . <[http://antigo.funda-centro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/](http://antigo.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2016/6/programa-de-protecao-respiratoria)  
510 [publicaca-o/detalhe/2016/6/programa-de-protecao-respirato-](http://antigo.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2016/6/programa-de-protecao-respiratoria)  
511 [ria](http://antigo.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/publicacao/detalhe/2016/6/programa-de-protecao-respiratoria)>Acesso08/10/2021  
512 *Disponível* 2009. 2016. Norma de Higiene Ocupacional NHO 08 -Coleta de Material Particulado Sólido  
Suspensão no Ar de Ambientes de Trabalho (Disponível)
- 513 [References Références Referencias] *References Références Referencias,*
- 514 [Muniandy et al. ( )] ‘Review on Sintering Process of WC-Co Cemented Carbide in Metal Injection Molding  
515 Technology’. P M Muniandy , S Y Amin , M H I Ibrahim . 10.1088/1757-899X/165/1/012017. **165.012017.**  
516 **10.1088/1757-899X/165/1/012017** *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017.
- 517 [Stel-Short] *Term Exposure Limit -limites de exposição para curto-prazo, Stel-Short .*
- 518 [Alam et al. ( )] ‘The effect of hot rolling on the strength and fracture toughness of 90W-7Ni3Fe tungsten heavy  
519 metal alloys’. M E Alam , J Wang , C H Henager Jr , W Setyawan , G R Odette . 10.1016/j.msea.2021.141738.  
520 <https://doi.org/10.1016/j.msea.2021.141738> *Materials Science & Engineering A doi* 2021.
- 521 [TLV-Threshold Limit Values, concentrações de substâncias químicas no ar] *TLV-Threshold Limit Values, con-*  
522 *centrações de substâncias químicas no ar,*

- 523 [TLVs and BEIs: based documentation of threshold limit values for chemical substances and physical agents biological exposure i  
524 'TLVs and BEIs: based documentation of threshold limit values for chemical substances and physical agents  
525 & biological exposure indices'. *ACGIH -American Conference of Governmental Industrial Hygienists*,  
526 (Cincinnati (OH)) 2021.
- 527 [TWA-Time-Weighted Average -média ponderada no tempo] *TWA-Time-Weighted Average -média ponderada*  
528 *no tempo*,
- 529 [Colacioppo ()] *Workplace Atmospheres: Size Fraction Definitions for Measurement of Airborne Particles*, S  
530 Colacioppo . 03/10/2021 13. EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 481. [https:](https://www.abho.org.br/livro-higiene-e-toxicologia)  
531 [//www.abho.org.br/livro-higiene-e-toxicologia](https://www.abho.org.br/livro-higiene-e-toxicologia) 2020. 1993. 1993. Brussels: BSI. (Higiene e  
532 Toxicologia Ocupacional)