



# **Toxicologia e Seguranca**



# **Toxicologia e segurança**

Fernanda de Cássia Frasson Carvalho

© 2016 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.  
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

**Presidente**

Rodrigo Galindo

**Vice-Presidente Acadêmico de Graduação**

Mário Ghio Júnior

**Conselho Acadêmico**

Dieter S. S. Paiva

Camila Cardoso Rotella

Emanuel Santana

Alberto S. Santana

Regina Cláudia da Silva Fiorin

Cristiane Lisandra Danna

Danielly Nunes Andrade Noé

**Parecerista**

Ana Claudia Bensuaski de Paula Zurron

**Editoração**

Emanuel Santana

Cristiane Lisandra Danna

André Augusto de Andrade Ramos

Daniel Roggeri Rosa

Adilson Braga Fontes

Diogo Ribeiro Garcia

eGTB Editora

---

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

C331t Carvalho, Fernanda de Cássia Frasson  
Toxicologia e segurança / Fernanda de Cássia Frasson  
Carvalho. – Londrina : Editora  
e Distribuidora Educacional S.A., 2016.  
192 p.

ISBN 978-85-8482-696-4

1. Toxicologia. I. Título.

CDD 615

---

# Sumário

<b>Unidade 1   Noções de toxicologia</b>	<b>7</b>
Seção 1.1 - Introdução à toxicologia ocupacional	9
Seção 1.2 - Metodologias laboratoriais em toxicologia ocupacional	20
Seção 1.3 - Segurança no trabalho e toxicologia	31
Seção 1.4 - Substâncias químicas prejudiciais à saúde e ao meio ambiente	42
<b>Unidade 2   Avaliação da exposição</b>	<b>53</b>
Seção 2.1 - Tipos de análises de risco toxicológico	55
Seção 2.2 - Controle de contaminantes químicos	65
Seção 2.3 - Exposição ocupacional	76
Seção 2.4 - Análise de contaminantes químicos	86
<b>Unidade 3   Epidemiologia</b>	<b>99</b>
Seção 3.1 - Epidemiologia na toxicologia	100
Seção 3.2 - Toxicovigilância	112
Seção 3.3 - Epidemiologia e determinação na toxicologia	123
Seção 3.4 - Planejamento e organização de serviços em toxicologia	134
<b>Unidade 4   Preservação da saúde</b>	<b>147</b>
Seção 4.1 - Doenças ocupacionais	148
Seção 4.2 - Diagnóstico e tratamento de doenças	159
Seção 4.3 - Indicadores de saúde em toxicologia	171
Seção 4.4 - Prevenção em toxicologia ocupacional	182



# Palavras do autor

Caro aluno, a partir de agora vamos iniciar nossos estudos em Toxicologia e Segurança. Nesta unidade, vamos conhecer os efeitos da exposição de trabalhadores a substâncias químicas, estudar toxicologia e entender os processos de gestão de riscos químicos e de epidemiologia.

Você se pergunta: por que estudar toxicologia? É importante? Qual sua relação com seu dia a dia? Bem, nossa vida está repleta de substâncias tóxicas e ambientes tóxicos. Este estudo é importante para você conhecer os riscos do contato com esses agentes que podem causar doenças. Saiba que a toxicologia é uma das ciências mais antigas da humanidade. Desde o início dos tempos, o homem já conhecia substâncias tóxicas e já as usava para o bem e às vezes para o mal (envenenar inimigos, sentenças de morte etc.). Hoje, a toxicologia é de extrema importância na compreensão, no tratamento e na prevenção de agentes químicos prejudiciais ao homem e à natureza.

Na primeira unidade, veremos as noções de toxicologia, sua relação com a segurança no trabalho e as substâncias prejudiciais à saúde. Depois, na segunda unidade, abordaremos a avaliação de exposição, de forma a entendermos o quanto podemos ou não estar expostos a substâncias no cotidiano. A terceira unidade abordará o tema da epidemiologia e sua relação com a toxicologia. Por último, a quarta unidade tratará da prevenção da saúde e das medidas que devem ser tomadas para a prevenção doenças.

Ao final deste livro didático, você conhecerá a relação da toxicologia com a segurança e o quanto ela está presente em nossas vidas. Vamos lá?



# Noções de toxicologia

## Convite ao estudo

Por que é importante estudar as noções de toxicologia? Este estudo permite a você, aluno, obter os conhecimentos básicos sobre a toxicologia, entender os efeitos da exposição a substâncias químicas, seus riscos à saúde, seus sintomas e compreender como tomar medidas preventivas de segurança a fim de evitar a exposição.

Desse modo, nesta unidade de ensino, vamos enfatizar as noções de toxicologia, entender a evolução da toxicologia na história, os métodos laboratoriais envolvidos na toxicologia ocupacional, além da relação entre toxicologia e segurança do trabalho e as substâncias químicas prejudiciais ao homem e à natureza. Vamos conhecer os efeitos da exposição de trabalhadores a substâncias químicas, estudar toxicologia e entender os processos de gestão de riscos químicos e de epidemiologia.

São objetivos desta unidade: ensinar as noções de toxicologia ocupacional, os métodos laboratoriais nela envolvidos, o que é segurança do trabalho e quais são as substâncias prejudiciais ao homem e ao meio ambiente, para, assim, você aplicar o conhecimento adquirido no estudo em situações reais da vida profissional.

Para ajudar no melhor entendimento do conteúdo acima e cumprir os objetivos propostos em toxicologia, a seguir será apresentada uma situação hipotética visando aproximar os conteúdos teóricos com a prática.

João é um agricultor que há muito tempo trabalha na lavoura. Para aumentar a produtividade, ele faz uso de vários tipos de agrotóxicos e aprova sua eficácia em boas colheitas anuais, que ele realiza, muitas vezes, sem utilizar os equipamentos de segurança recomendados pelos fabricantes. Agora, João vem apresentando alguns sintomas: suor e salivação excessiva, lacrimejamento, fraqueza, tontura, perda de reflexos e sensação de aperto no tórax.

Em razão disso, João procurou um médico que, então, pediu os exames de sangue, urina e imagem, a fim de comprovar uma possível intoxicação.

Com base na situação apresentada, você consegue perceber a importância de conhecer as noções de toxicologia?

Neste momento, você começa a sentir a importância desse conhecimento para entender problemas na vida das pessoas e descobrir como resolvê-los ou evitá-los.

Vamos juntos nesta viagem pela toxicologia? Bons estudos!

# Seção 1.1

## Introdução à toxicologia ocupacional

### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo! A partir de agora você iniciará seus estudos sobre as noções de toxicologia.

Nesta seção, você conhecerá as noções de toxicologia, englobando os conceitos de toxicologia ocupacional e também a sua evolução no decorrer da história, além de suas áreas de aplicação. Para uma melhor compreensão da toxicologia, serão necessários conhecimentos básicos em Química, Farmacologia e Fisiologia.

Vamos voltar ao caso hipotético de João, que sempre trabalhou com agrotóxicos e que nem sempre utilizava os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) para o manuseio seguro de produtos químicos, razão pela qual, agora, apresenta uma série de sintomas.

Nesse exemplo, você saberia dizer qual a relação do trabalho na agricultura com os sintomas apresentados por João? Para entender melhor a situação dele, você deverá conhecer algumas noções em toxicologia.

### Não pode faltar

Você saberia dizer quão antiga é a toxicologia?

A toxicologia é o estudo dos efeitos adversos de substâncias químicas nos organismos vivos. Ela é uma das ciências mais antigas da humanidade. Desde os primórdios da humanidade, o homem já possuía conhecimentos sobre os efeitos tóxicos de animais (venenos) e de plantas tóxicas. Esse conhecimento era usado na caça e também nas guerras contra inimigos.

Figura 1.1] Cicuta, acônito e ópio.



Fonte: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Conium\\_maculatum\\_Cresswell\\_02.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Conium_maculatum_Cresswell_02.jpg)>; <[https://commons.wikimedia.org/wiki/Aconitum\\_napellus#/media/File:Eisenhut\\_blau.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/Aconitum_napellus#/media/File:Eisenhut_blau.JPG)> e <<http://images.freeimages.com/images/previews/2a3/opium-1-1206489.jpg>>. Acesso em: 29 fev. 2016.

O Papiro de Ebers, encontrado cerca de **1.500 a.C.**, continha registro de mais de 800 ingredientes tóxicos, como metais do tipo chumbo, cobre e antimônio, venenos de animais e vegetais tóxicos, além de cicuta, acônito e ópio (Figura 1.1).

Há registros bíblicos, como **o livro de Jó**, que citam flechas envenenadas.

Os conhecimentos sobre plantas venenosas eram usados até para a pena de morte, como o caso de Sócrates (**470-399 a.C.**), condenado à morte com o uso de cicuta.

Uma das primeiras experiências toxicológicas foi feita por Mitridates (**120-63 a.C.**). Ele, que era rei do Ponto, temendo ser envenenado, ingeria regularmente um composto de 36 ingredientes, entre eles gordura de víbora.



Refleta

O raciocínio de Mitridates era simples: a gordura de víbora deveria ser usada contra envenenamento, pois a própria víbora era imune ao seu próprio veneno. Isso seria realmente válido?

Em Roma, por volta de **82 a.C.**, o uso indiscriminado de veneno levou à criação do que parece ter sido a primeira lei contra envenenadores: a Lex Cornelia.

A primeira classificação de venenos animais e vegetais foi de Dioscórides (40-90), um médico grego que classificou o ópio, a cicuta, o acônito e os digitalis como substâncias tóxicas vindas do reino vegetal e o veneno de sapos e serpentes como substâncias tóxicas do reino

animal. Além disso, também havia o reino mineral, no qual estavam o antimônio, o cobre, o chumbo e o arsênio.

Na Idade Média, Moses ben Maimon (**1135-1204**) escreveu sobre o efeito de retardamento que oferece o leite (incluindo a manteiga e o creme de leite) na absorção de veneno no intestino.

Do final da Idade Média (em que prevalecia um obscurantismo científico) até o início do renascentismo, venenos eram tão utilizados que, para a sociedade, o envenenamento era um risco cotidiano e normal.

No início do Renascimento, experimentos também foram feitos para constatar os efeitos do envenenamento.



### Exemplificando

Como eram feitos os testes de envenenamento na Idade Média? Um bom exemplo, mesmo que desumano, foi o de Catarina de Médici (**1519-1589**), que, sobre o pretexto de entregar mantimento aos doentes e pobres, testava compostos tóxicos, analisando atentamente sua eficácia em tempo e poder de intoxicação, além dos efeitos relatados pelos “pacientes”.

Paracelso – Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim (**1493-1541**), um médico alquimista, teve grande importância na história da medicina e da ciência. Ele desenvolveu vários princípios, revolucionários na época, de toxicologia, farmacologia e terapêutica, muitos dos quais são válidos até hoje. Esses princípios geraram o conceito da relação dose-resposta, um dos pontos fundamentais da toxicologia.



### Assimile

Paracelso postulou: “todas as substâncias são venenosas; não há nenhuma que não seja um veneno. A dose correta diferencia o veneno do remédio”.

CAMARGO, Marcia M. A.; BATISTUZZO, José A. O. **Fundamentos de Toxicologia**. 3. ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

Além disso, Paracelso publicou “Doenças das minas e outras doenças dos mineiros” em 1567, o estudo mais completo já feito em

toxicologia ocupacional, pois citava não só as doenças, mas também a prevenção de doenças associadas ao trabalho.

A toxicologia ocupacional avançou com Bernardino Ramazzini (**1633-1714**), que publicou em 1700 o livro *Discurso sobre doenças dos trabalhadores*, que tratava de profissões de mineiros a parteiras. Isso marcou o início da medicina e da Toxicologia Ocupacional.

Fontana (**1720-1855**) realizou vários estudos com venenos de serpentes, o que lhe garantiu o título de fundador da toxicologia moderna.

Megendie (**1783-1855**) introduziu a estricnina, o iodeto, o brometo e o ópio na medicina, descrevendo os mecanismos de ação nas membranas.

Claude Bernard (**1813-1878**), discípulo de Megendie, teve grande contribuição na toxicologia com a introdução do conceito de toxicidade de substâncias em órgão-alvo.

Mathieu Orfila (**1787-1853**) usou análises químicas e materiais de autópsia como forma legal de comprovação de envenenamento. Ele usava doses conhecidas de agentes tóxicos em animais e observava os efeitos examinando na sequência os órgãos e tecidos. Esses experimentos permitiram-lhe confirmar que os agentes tóxicos eram absorvidos pelo trato intestinal.

A toxicologia, como é atualmente compreendida, se originou no fim dos anos 1850 com a chegada dos anestésicos e dos desinfetantes. Nessa época, muitos medicamentos eram usados em fase de teste, o que provocou várias intoxicações.

Nos anos 1890 e no início de 1900, iniciaram-se os ensaios com animais para determinar se novos produtos, na época, como vitaminas, eram benéficos ou não.



## Refleta

Por volta do ano de 1955, Arnold Lehman afirmou: "Você também pode ser um toxicologista com apenas duas simples lições, cada uma com duração de dez anos".

KLAASSEN, C. D. **Fundamentos em Toxicologia de Casarett e Doull**. 2. Edição. Porto Alegre: AMGH, 2012.

Quais seriam realmente os requisitos para um toxicologista?

O livro *Primavera silenciosa*, publicado em 1962 por Rachel Carson, descreve o trágico acidente ocorrido nos anos 1960, em que milhares de crianças nasceram com defeitos congênitos. Após esse período, os estudos sobre produtos químicos e sua influência no embrião, no feto e na natureza, de forma geral, ganharam força.

Hoje, há uma grande preocupação quanto à segurança do uso de substâncias químicas. Dados são coletados em ensaios toxicológicos de forma a gerar um controle regulatório de substâncias químicas em alimentos, no ambiente de trabalho e na natureza.

Atualmente, centenas de profissões e organizações trabalham com a toxicologia. Há mais de 100 revistas científicas dedicadas a esse assunto no mundo. Há um congresso internacional de toxicologia composto por sociedades de toxicologia da Europa, da América do Sul, da Ásia, da África e da Oceania.

No mundo, há um consenso em testar a toxicidade em todos os medicamentos antes do seu registro nos órgãos de saúde competentes em todos os países.

No Brasil, a Resolução 1/88 do Conselho Nacional de Saúde estabelece normas para testes clínicos (BRASIL, 1988). Esses testes devem ser feitos em substâncias pertencentes a determinadas categorias, como praguicidas, domissanitários (saneantes destinados a uso domiciliar) e aditivos alimentares, com os quais o homem possa ter contato durante a fabricação ou uso. As regulamentações são regidas pelo Ministério da Saúde, da Agricultura e pelo IBAMA.

Por fim, vemos que a história da toxicologia é bem interessante, pois não teve um objetivo específico. Houve desenvolvimento de conhecimentos que são úteis para a ciência e para a sociedade em geral.

A toxicologia é o estudo dos efeitos adversos dos xenobióticos, e há várias áreas para a sua aplicação:

- Ecotoxicologia.
- Toxicologia de alimentos.
- Toxicologia analítica e forense.
- Toxicologia clínica.
- Toxicologia ocupacional.



**Xenobióticos:** são compostos químicos estranhos a um organismo ou sistema biológico.

ZAHA, Arnaldo; FERREIRA, Henrique Bunselmeyer; PASSAGLIA, Luciane P.

**Biologia molecular básica.** 5. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2014.

A ecotoxicologia é a caracterização e o estudo dos efeitos de substâncias tóxicas ou da mistura de substâncias em um ecossistema. Ela tem como principal objetivo explicar ou prever os efeitos da exposição a determinadas substâncias em vários níveis de organizações biológicas.

Assim, um produto químico pode entrar na atmosfera por evaporação, na água por dissolução ou na biosfera por absorção, inalação ou ingestão. Uma vez presente nesse meio, o agente tóxico pode atingir outros meios por outros métodos.

A toxicologia de alimentos é direcionada aos alimentos que podem ser tóxicos de duas maneiras: um alimento geralmente não tóxico torna-se tóxico por meio de algum ato do homem ou da natureza ou pelo seu consumo excessivo. A maioria das doenças de origem alimentar é causada pela contaminação microbiológica de alimentos. Dessa forma, a grande preocupação com a segurança alimentar deve ser dirigida no sentido de se preservar a integridade microbiológica dos alimentos, evitando a contaminação. Os alimentos contêm milhares de substâncias (que ainda não foram totalmente caracterizadas ou testadas) e os humanos estão mais expostos a eles do que a quaisquer outros produtos químicos!

Uma vez que alimentos crus, quando colhidos, estão em contato direto com o solo e com as águas e, por essa razão, estão suscetíveis a derivados de animais terrestres e às forças imprevisíveis da natureza, não são fontes confiáveis por estarem sujeitos à contaminação.

Dentro desse aspecto, destaca-se o trato intestinal. O intestino é um órgão extenso, complexo e dinâmico, com grande superfície de absorção.

O tempo de trânsito gastrointestinal fornece uma exposição adequada a uma variedade de condições de processamento, incluindo, mas não se limitando a, pH variável, ácidos e enzimas digestivas, agentes de saponificação (em bilis), e uma grande flora bacteriana (aproximadamente 100 bilhões de organismos).

A toxicologia analítica envolve a aplicação das ferramentas da química analítica para a estimativa quali-quantitativa de produtos químicos que podem exercer efeitos adversos sobre os organismos vivos.

A toxicologia forense envolve o uso de toxicologia para efeitos da lei, sendo a mais comum a identificação de produtos químicos que possam ter sido usados como agentes causadores de morte ou lesão.

Nas áreas analítica e forense, a investigação toxicológica de uma morte por veneno envolve a obtenção detalhada da história do caso, o recolhimento de amostras, a realização de análise toxicológica nas amostras disponíveis e, finalmente, a interpretação dos resultados analíticos.

A toxicologia clínica engloba os conhecimentos nas especialidades de toxicologia médica, toxicologia aplicada e informações clínicas sobre envenenamentos.

Os componentes importantes do estado clínico do paciente envenenado incluem a sua estabilização, a avaliação clínica, a prevenção de mais absorções de toxinas, o aumento da eliminação de toxinas, a administração de antídoto e o acompanhamento clínico.

A toxicologia ocupacional é a aplicação dos princípios e da metodologia da toxicologia para riscos químicos e biológicos encontrados no trabalho. As doenças ocupacionais que surgem em ambientes de trabalho envolvem exposição por meio da inalação, da ingestão ou da absorção cutânea.

Os ambientes de trabalho com seus riscos químicos e biológicos desempenham um papel fundamental na ocorrência de efeitos adversos para a saúde humana.

O objetivo do toxicologista ocupacional é evitar efeitos adversos na saúde decorrentes do ambiente de trabalho que, muitas vezes, apresenta vários tipos complexos de exposições. O toxicologista ocupacional deve reconhecer as combinações de exposição que possam ser particularmente perigosas.

Muitas vezes é difícil estabelecer uma ligação entre a doença de um trabalhador e o ambiente de trabalho. Em primeiro lugar porque as expressões clínicas de doenças provocadas por doenças profissionais são muitas vezes iguais àsquelas decorrentes de causas não ocupacionais. Além disso, pode haver um longo intervalo de tempo entre a exposição e a expressão da doença. Além disso, as doenças ocupacionais podem

envolver fatores pessoais (que variam de pessoa para pessoa) ou outros fatores que contribuam para o avanço da doença.



## Assimile

Na toxicologia, a dose é definida como a quantidade de substância tóxica que atinge o tecido-alvo ao longo de um determinado período de tempo.

A exposição a compostos químicos pode gerar doenças ocupacionais, como pode ser visto no Quadro 1.1. Assim, há vários riscos em vários ambientes diferentes de trabalho.

Quadro 1.1 | Alguns exemplos de doenças ocupacionais e de substâncias tóxicas causadoras

Órgão/Sistema	Doença	Agente causador
Pulmão e vias respiratórias	Edema pulmonar	Óxido de nitrogênio
	Enfisema	Pó de carvão, fumaça de cigarro
Pele	Dermatite alérgica	Látex de borracha, níquel
Sistema nervoso	Inibição da colinesterase	Inseticidas organofosforados
Rins	Nefropatia	Cloreto de mercúrio
Fígado	Cirrose	Arsênico, tricloroetileno
Câncer	Leucemia mieloide aguda	Benzeno, óxido de etileno

No estudo da toxicologia ocupacional, deve-se conhecer os níveis (as doses) aceitáveis de exposição a determinado agente químico, pois o ambiente de trabalho sempre vai apresentar o risco de exposição a substâncias tóxicas.



## Pesquise mais

Visite o site da Sociedade Brasileira de toxicologia. Disponível em: <<http://www.sbtox.org.br/>>. Acesso em: 30 out. 2016.

Artigos sobre toxicologia ocupacional:

**Compostos organofosforados pentavalentes:** histórico, métodos sintéticos de preparação e aplicações como inseticidas e agentes antitumorais. Disponível em: <[http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol30No1\\_159\\_27-DV05265.pdf](http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol30No1_159_27-DV05265.pdf)>. Acesso em: 9 dez. 2016.

**Exposição ocupacional por uso de mercúrio em odontologia:** uma revisão bibliográfica. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232008000200029&lng=pt&nrm=i](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232008000200029&lng=pt&nrm=i)>. Acesso em: 30 out. 2016.

- "A Gravidade das intoxicações por inseticidas inibidores das colinesterases no noroeste do estado do Paraná, Brasil". Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rgenf/v30n4/a10v30n4.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2016.

## Sem medo de errar

Após estudar as noções de toxicologia, sua evolução e as áreas de aplicação, vamos voltar à situação de João, apresentada no "Convite ao estudo".

A situação de João infelizmente é idêntica à de muitos agricultores que usam inseticidas na agricultura. Esses trabalhadores nem sempre tomam os cuidados necessários para evitar a intoxicação e, muitas vezes, não conhecem os riscos envolvidos na exposição prolongada a esses produtos químicos.



### Lembre-se

Qualquer exposição prolongada a agentes químicos causa risco de intoxicação.

Será que os inseticidas apresentam todas as informações de uso necessárias para a correta utilização? João conhecia os equipamentos de proteção e sabia como usá-los corretamente?



### Atenção

João poderia ter tomado algumas medidas de segurança para evitar essa intoxicação. A desinformação no campo é um dos fatores que contribuem para deixar os agricultores mais sujeitos a esse tipo de problema.

O caso de João é tipicamente um caso da toxicologia ocupacional. Longos períodos de contato com produtos químicos, como inseticidas organofosforados no seu trabalho, podem causar doenças do sistema nervoso.

Nas próximas unidades você saberá como detectar a exposição, diagnosticar, tratar e evitar esse tipo de intoxicação.

### Exposição a agentes químicos

#### Descrição da situação-problema

Uma pessoa trabalhando em uma refinaria de petróleo está exposta a vários agentes causadores de doenças. Você saberia dizer quais seriam esses agentes e quais são as doenças que poderiam ser desenvolvidas?

Nesse caso, o que seria pior: o contato rápido com uma grande quantidade de produto químico ou a exposição prolongada de pequenas quantidades?

Outra pessoa desenvolvendo o mesmo trabalho, no mesmo local, poderia apresentar também os mesmos problemas?



#### Lembre-se

As doenças ocupacionais que surgem em ambientes de trabalho envolvem exposição por meio da inalação, da ingestão ou da absorção cutânea.

A exposição segura a substâncias químicas não causa doenças.

#### Resolução da situação-problema

Para resolver esta situação-problema, você deve ler a respeito das áreas de aplicação da toxicologia e da toxicologia ocupacional no item "Não Pode Faltar" desta seção do livro. Lá você verá o Quadro 1.1, que contém como exemplo um derivado de petróleo presente nas refinarias: o benzeno. A exposição ao benzeno pode acarretar no aparecimento de câncer e de leucemia mieloide aguda. Em relação à curta exposição a grandes quantidades ou à longa exposição a pequenas quantidades, ambas podem trazer doenças. Dessa forma, todas as medidas de segurança devem ser tomadas para evitar contato com as substâncias em qualquer um desses casos.

Em um mesmo ambiente de trabalho com exposição ao benzeno, pessoas distintas podem apresentar diferentes reações à exposição. Algumas pessoas podem apresentar doenças em um curto espaço de tempo, outras em um longo espaço de tempo. E outras pessoas, ainda, podem apresentar algum tipo de predisposição a doenças causadas pela exposição ao benzeno. De qualquer forma, a curto ou longo prazo, a exposição ao benzeno, sem medidas de segurança, trará males à saúde para todos os expostos a esse agente químico.



## Faça você mesmo

Agora que você já aprendeu as noções de toxicologia, analise ambientes de trabalhos diferentes. Tente detectar outros problemas que possam decorrer da exposição. Além disso, tente detectar se medidas de segurança são tomadas de forma a se ter um contato seguro com agentes químicos. Tente identificar os equipamentos de proteção e o tempo máximo de exposição recomendados para cada agente químico.

### Faça valer a pena

- 1.** O uso de substâncias tóxicas tem sido feito desde os primórdios da humanidade. Sócrates, por exemplo, por ter sido acusado de corromper a juventude com a sua filosofia e introduzir novas entidades divinas, negando os deuses da pátria, foi condenado à morte pela ingestão de qual substância?
  - a) Veneno de serpente.
  - b) Ópio.
  - c) Acônito.
  - d) Cicuta.
  - e) Chumbo.
  
- 2.** Moses ben Maimon, na Idade Média, escreveu sobre o efeito de uma substância que ajuda a retardar a absorção de veneno no intestino. Qual é o nome dessa substância?
  - a) Arsênio.
  - b) Cobre.
  - c) Leite.
  - d) Água.
  - e) Mistura de ervas.
  
- 3.** Paracelso, um médico alquimista, teve grande importância na história da medicina e da ciência. De acordo com o que foi estudado, o que Paracelso postulou?
  - a) Todas as substâncias são saudáveis.
  - b) Nem todas as substâncias são venenosas.
  - c) Todas as substâncias são venenosas.
  - d) A dose da substância não altera suas propriedades benéficas.
  - e) A dose da substância não altera suas propriedades maléficas.

# Seção 1.2

## Metodologias laboratoriais em toxicologia ocupacional

### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo! A partir de agora você iniciará seus estudos sobre as metodologias laboratoriais em toxicologia ocupacional.

Nesta seção você vai conhecer os métodos utilizados na toxicologia ocupacional para a detecção de doenças, os valores de referência e quais compostos químicos são analisados.

Para uma melhor compreensão da toxicologia, serão necessários conhecimentos básicos em química, farmacologia e fisiologia.

Vamos voltar ao caso hipotético de João, que sempre trabalhou com agrotóxicos e que nem sempre utilizava os EPIs (Equipamentos de Proteção Individual) para o manuseio seguro de produtos químicos, razão pela qual, agora, apresenta uma série de sintomas.

Nesse exemplo, você saberia dizer quais exames João deverá fazer? Quais resultados indicariam os valores normais e quais indicariam os valores de uma pessoa intoxicada? Como esses valores são determinados? Para entender melhor os exames de João, você deverá conhecer os métodos laboratoriais usados em toxicologia ocupacional.

### Não pode faltar

Você sabe como são feitos os exames em toxicologia ocupacional?

As metodologias laboratoriais em toxicologia ocupacional envolvem uma grande variedade de xenobióticos e várias amostras.

As amostras utilizadas na atividade ocupacional têm papel fundamental na confiabilidade do resultado. Uma das maiores fontes de erros é a coleta incorreta, seja ela por contaminação, horário inadequado, ou pelo transporte incorreto da amostra.

Numa coleta para análise toxicológica ocupacional, é de extrema importância que sejam tomados cuidados extras, além daqueles já conhecidos. É essencial saber o número de pessoas a serem monitoradas, o tipo de ambiente a que estão expostas e o biomarcador que será analisado.



## Assimile

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define **biomarcador**, ou **indicador biológico**, como “toda a substância, estrutura ou processo que pode ser quantificado no organismo ou nos seus meios biológicos, que influencia ou prediz a incidência de um acontecimento ou de uma doença”. <[http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/download/Publicacao/234/Manual\\_Controlo\\_Medico-pdf](http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/download/Publicacao/234/Manual_Controlo_Medico-pdf)>. Acesso em: 30 out. 2016.

BUSCHINELLI, José Tarcísio P. **Manual de orientação sobre controle médico ocupacional da exposição a substâncias químicas**. São Paulo, Ministério do Trabalho e Emprego – FUNDACENTRO: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 2014. p. 27.

A fim de um melhor resultado da análise das amostras, é recomendado que se faça um questionário de toxicologia contendo os históricos ocupacionais e também os hábitos dos colaboradores, como, por exemplo: alimentação, tabagismo, consumo de bebidas alcoólicas, uso de medicamentos, entre outros. Esses fatores podem influenciar no resultado do exame.

Na toxicologia ocupacional são utilizados vários exames. Na sequência, vamos ver os principais.

No **exame de urina**, as amostras coletadas em um período específico do dia são as mais recomendadas. Em casos especiais, por exemplo, quando o resultado estiver muito próximo dos limites “inferior” ou “superior”, poderão ser feitos novos testes com urina de 24 horas. Após a coleta, os frascos devem ser transportados em caixas térmicas hermeticamente fechadas e a temperatura deve ser de no máximo 4 °C. Os frascos não devem ser abertos até o momento da análise. Um volume de 50 ml de urina é geralmente suficiente para uma boa análise.



**Anticoagulantes:** são substâncias usadas para prevenir a coagulação, que é o processo de estancamento do sangue, que acontece no corpo em condições de sangramentos. A maioria dos exames de sangue usa anticoagulante. A coagulação do sangue, mesmo quando leve, invalida o exame, sendo preciso coletar outra amostra.

**Diretrizes da OMS para a tiragem de sangue:** boas práticas em flebotomia. Disponível em: <[http://www.who.int/injection\\_safety/Phlebotomy-portugues\\_web.pdf](http://www.who.int/injection_safety/Phlebotomy-portugues_web.pdf)>. Acesso em: 30 out. 2016.

FISCHBACH, Frances Talaska, DUNNING, Marshall Barnett. **Exames Laboratoriais e Diagnósticos em Enfermagem**, 9. ed. Guanabara Koogan, 09/2015.

**Flebotomista:** especialista que executa a flebotomia – tiragem de sangue, venopunção, termo que significa “punção na veia”.

No **exame de sangue**, a coleta exige um profissional capacitado como o flebotomista, o enfermeiro do trabalho, o paramédico ou o médico do trabalho. A região da pele da qual o sangue vai ser coletado deve estar limpa. Em alguns casos específicos, cuidados extras são necessários: exames para determinação de baixa concentração de chumbo exigem uma limpeza mais específica com solução diluída de ácido clorídrico puríssimo e em seguida o uso de etanol para a limpeza. Para uma coleta correta, o paciente a passar pela coleta deve estar em repouso, sentado por pelo menos 15 minutos. Na coleta de sangue, o anticoagulante tem um papel fundamental. O anticoagulante vai mudar de acordo com o teste do biomarcador a ser analisado, com a concentração e com o tempo de conservação da amostra. O tubo de coleta a vácuo é o mais usado atualmente. Se for utilizada coleta com seringa e agulha, deve-se atentar ao material da agulha, uma vez que este, sendo de aço, poderá conter traços de metais, como níquel e cobalto, que podem contaminar a amostra. Após a coleta das amostras, há um fator importante para uma correta análise e resultado: o transporte das amostras. Para a coleta de sangue em método tradicional com seringa e agulha, as amostras devem ser transportadas dentro da própria seringa. Caso sejam necessários novos testes futuros, as amostras devem ser armazenadas em ambientes especiais a  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  ou no nitrogênio líquido a  $-130\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Um outro teste utilizado é o de **ar expirado**. Ele é um teste útil, pois não é invasivo e mostra a concentração sanguínea da substância química a ser testada. Por outro lado, apresenta algumas dificuldades iminentes no processo, como a pequena concentração de biomarcadores, o que exige análises mais precisas a um tempo curto, uma vez que os agentes químicos têm vida curta nesse exame.

O teste da **saliva** é um tipo de teste recente na toxicologia. Ele é um teste interessante para exames com biomarcadores do tipo chumbo, cádmio e outros metais. A principal vantagem desse teste é que a amostra se apresenta em tempo real, se comparado, por exemplo, com o de urina, uma vez que a urina fica estocada na bexiga por um período longo de tempo. Além disso, por ser rápido, fácil e não intrusivo, tem boa aceitação dos pacientes.

Agora que já conhecemos os principais exames, veremos como eles são aplicados na toxicologia ocupacional. Veremos a relação entre agente químico, biomarcador e valores de referência.

No Brasil, para análises laboratoriais em toxicologia ocupacional, é utilizada a Norma Regulamentadora Número 7, comumente abreviada como NR-7. Além dessa, há outras normas que, assim como a NR-7, são elaborados pelo Ministério de Trabalho e Emprego.

A seguir, a Tabela 1.1 mostra o agente químico com seu indicador biológico, os valores de referência, o IBMP e os tipos de exames (BRASIL, 1994, p. 5-6).



### Assimile

IBMP: Índice Biológico Máximo Permitido. É o valor máximo do indicador biológico segundo o qual se supõe que a maioria das pessoas ocupacionalmente expostas não correm risco de danos à saúde. A ultrapassagem desse valor significa exposição excessiva.

Nesta tabela, a sigla "NF" se refere a não fumantes.

Tabela 1.1 | Parâmetros para controle biológico da exposição ocupacional a alguns agentes químicos

Agente Químico	Indicador Biológico		Valor de Referência (VR)	IBMP	Método Analítico
	Material Biológico	Análise			
Anilina	Urina	p-aminofenol e/ou Meta-hemoglobina	Até 2%	50 mg/g creat.	CG
	Sangue			5%	E
Arsênico	Urina	Arsênico	Até 10 ug/g creat.	50 ug/g creat.	E ou EAA
Cádmio	Urina	Cádmio	Até 2 ug/g creat.	5 ug/g creat.	EAA
Chumbo Inorgânico	Sangue	Chumbo e Ácido deltaaminolevulínico ou zincoprotoporfirina	Até 40 ug/100 ml	60 ug/100 ml.	EAA
	Urina		Até 4,5 mg/g creat.	10 mg/g creat.	E
	Sangue		Até 40 ug/100 ml	100 ug/100 ml	HF
Chumbo Tetraetila	Urina	Chumbo	Até 50 ug/g creat.	100 ug/g creat.	EAA
Cromo Hexavalente	Urina	Cromo	Até 5 ug/g creat.	30 ug/g creat.	EAA
Diclorometano	Sangue	Carboxi-hemoglobina	Até 1% NF	3,5% NF	E
Dimetilformamida	Urina	N-Metilformamida		40 mg/g creat.	CG ou CLAD
Dissulfeto de Carbono	Urina	Ácido 2-TioTiazolidina		5mg/g creat.	CG ou CLAD
Ésteres Organofosforados e Carbamatos	Sangue	Acetilcolinesterase Eritrocitária	Determinar a atividade pré-ocupacional	30% de depressão da atividade inicial da enzima	
		Colinesterase Plasmática		50% de depressão da atividade inicial da enzima	
		Colinesterase Eritrocitária e plasmática (sangue total)		25% de depressão da atividade inicial da enzima	
Estireno	Urina	Ácido Mandélico e/ou Ácido Fenilglicólico		0,8 g/g creat.	CG ou CLAD
	Urina			240 mg/g creat.	CG ou CLAD
Etil-Benzeno	Urina	Ácido Mandélico		1,5 g/g creat.	CG ou CLAD
Fenol	Urina	Fenol	20 mg/g creat.	250 mg/g creat.	CG ou CLAD
Fluór e Fluoretos	Urina	Fluoreto	Até 0,5 mg/g	3 mg/g creat. no início da jornada e 10 mg/g creat. no final da jornada	IS

Mercúrio Inorgânico	Urina	Mercúrio	Até 5 ug/g creat.	35 ug/g creat.	EAA
Metanol	Urina	Metanol	Até 5 mg/l	15 mg/l	CG
Metiletilcetona	Urina	Metiletilcetona		2 mg/l	CG
Monóxido de Carbono	Sangue	Carboxi-hemoglobina	Até 1% NF	3,5 NF	E
N-Hexano	Urina	2,5 Hexanodiona		5 mg/g creat.	CG
Nitrobenzeno	Sangue	Meta-hemoglobina	Até 2%	5%	E
Pentaclorofenol	Urina	Pentaclorofenol		2 mg/g creat	CG ou CLAD
Tetracloroetileno	Urina	Ácido Tricloroacético		3,5 mg/l	E
Tolueno	Urina	Ácido Hipúrico	Até 1,5 g/g creat.	2,5 g/g creat.	CG ou CLAD
Tricloroetano	Urina	Triclorocompostos Totais		40 mg/g creat.	E
Tricloroetileno	Urina	Triclorocompostos Totais		300 mg/g creat.	E
Xileno	Urina	Ácido Metil-Hipúrico		1,5 g/g creat	CG ou CLAD

Fonte: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR7.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Os exames, que são os métodos analíticos na tabela, estão abreviados como:

- E – Espectrofotometria Ultravioleta/Visível: a espectrofotometria é uma técnica analítica que usa a luz (regiões de luz visível ultravioleta) para medir as concentrações das soluções através da interação da matéria e da luz.

- EAA – Espectrofotometria de Absorção Atômica: este método tem como princípio a absorção de radiação dos elétrons nos metais de uma solução.

- CG – Cromatografia em Fase Gasosa: neste método, os componentes são separados em fase estacionária e fase móvel. Na fase móvel, o fluxo de gás como a amostra vaporizada passa por um duto contendo a outra fase estacionária, e, assim, ocorre a separação.

- CLAD – Cromatografia Líquida de Alto Desempenho: neste método, assim como na CG, os componentes são separados em fase móvel e estacionária, mas, neste caso, o fluido é um solvente, não um gás.

- IS – Eletrodo Íon-seletivo: neste método, dois elétrons são usados, um dos quais apresenta potencial constante. A concentração de íons na solução é calculada pela diferença de potencial entre esses dois eletrodos.
- HF – Hematofluorômetro: é um equipamento que mede a quantidade de luz absorvida pela hemoglobina.



### Exemplificando

Vamos entender a tabela de modo prático. No chumbo inorgânico, por exemplo, o exame de urina tem como valor de referência até 4,5 mg/g (de creatinina) e IBMP de 10 mg/g (de creatinina).

Primeiramente, 4,5 mg/g de creatinina significa a quantidade de chumbo inorgânico que pode estar presente na urina.

Assim, o valor de referência deveria ser o valor (máximo) para pessoas sem exposição, e o IBMP (de 10 mg/g de creatinina) o valor máximo para pessoas em exposições a esses agentes.

Caso algum elemento químico não esteja presente na Tabela 1.1, outras referências podem ser usadas nos exames, como a ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), órgão norte-americano; a HSE (Health and Safe Executive), do Reino Unido; ou a SCOEL (Scientific Committee on Occupational Exposure Limits), da União Europeia.

O benzeno, por exemplo, não está especificado na NR-7, mas pode ser encontrado na ACGIH. O biomarcador do benzeno é o ácido *trans, trans-mucônico* urinário (ATTM). O benzeno é derivado da gasolina e é usado como solvente em indústrias, estando presente em plásticos, corantes, inseticidas, entre outros, mas geralmente não está presente em produtos domésticos. Na avaliação de resultados, deve-se atentar a alguns fatores que podem alterar os testes, como os alimentos com ácido sórbico e o tabagismo (um cigarro contém de 60 a 80 µg de benzeno, o que resulta em 1 a 2 mg de benzeno por dia para um fumante em média), aumentando a concentração do ATTM. Para os exames que são feitos pela urina, com os quais a concentração será definida, o valor de referência é 1,3 mg/g de creatinina.

Outros cuidados também devem ser tomados na coleta, como é

o caso dos inseticidas organofosforados, que abrangem uma vasta quantidade de produtos agrícolas. Sua coleta não deve ser feita no ambiente de trabalho, uma vez que este já apresentaria uma possível contaminação na amostra pela presença dos inseticidas no ambiente.



### Refleta

Os inseticidas organofosforados são inibidores de colinesterase e são amplamente utilizados na agricultura, sendo responsáveis por um grande número de intoxicações. Aproximadamente 200 mil mortes ao ano em zonas rurais de países em desenvolvimento são causadas por esses inseticidas.

Qual é a razão desse número elevado de morte estar mais presente em países em desenvolvimento? Os agricultores não deveriam fazer exames constantemente?

Agora aproveite para aprender mais sobre o assunto! Nas próximas seções, voltaremos a estudar a NR-7.



### Pesquise mais

Visite a NR7 no site do Ministério do Trabalho e Emprego:

- NR 7 - Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR7.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2016.

Artigos sobre biomarcadores:

- **Benzeno**: reflexos sobre a saúde pública, presença ambiental e indicadores biológicos utilizados para a determinação da exposição. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-462X2014000400329&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-462X2014000400329&script=sci_arttext)>. Acesso em: 30 out. 2016.

- **Exposição pré-natal ao etanol**: toxicidade, biomarcadores e métodos de detecção. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-608320110003000006&script=sci\\_arttext&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-608320110003000006&script=sci_arttext&tlng=es)>. Acesso em: 15 mar. 2016.

- **Validação do método de Ducos modificado para a determinação do ácido trans, trans-mucônico urinário**. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-933220030001000006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-933220030001000006&script=sci_arttext)>. Acesso em: 30 out. 2016.

## Sem medo de errar

Depois de estudar as metodologias laboratoriais em toxicologia ocupacional, vamos voltar ao caso de João, proposto no início desta unidade, no item Convite ao Estudo.

João deverá fazer os exames de sangue, e os agentes químicos serão os ésteres organofosforados e carbamatos. O valor de referência é de 30% de diminuição da atividade da enzima para acetil-colinesterase eritrocitária, 50% de diminuição da atividade para a colinesterase plasmática e 25% de diminuição da atividade para colinesterase eritrocitária e plasmática. Como João apresenta sintomas de intoxicação, o exame deverá dar positivo!



### Atenção

João, como outros agricultores, apresenta sintomas de intoxicação em razão do seu trabalho na agricultura. Não é comum que esses tipos de exames sejam feitos em pessoas que trabalham no campo, a não ser que apresentem sintomas de contaminação. Poderia haver um programa de incentivo a esses tipos de exames para agricultores a fim de detectar o início da intoxicação, evitando, assim, consequências piores para os trabalhadores.

Se João fizesse esse exame desde que começou a trabalhar com inseticidas, poderia ter evitado ou pelo menos amenizado essa intoxicação.

Os exames para toxicologia ocupacional já estão padronizados com os parâmetros necessários para uma correta identificação de exposição. A partir do agente químico, tem-se o biomarcador e os valores de referência. Como foi citado no conteúdo do item “Não pode faltar”, caso os valores não estejam disponíveis na NR-7, outras fontes confiáveis podem ser usadas.

De forma geral, qualquer exposição a agente químico já tem os parâmetros necessários para um exame laboratorial correspondente.

## Avançando na prática

### Exames para detecção de Benzeno

#### Descrição da situação-problema

Um trabalhador de refinaria de petróleo está exposto a vários agentes, entre os quais está o benzeno.

Você saberia dizer qual exame ele deveria fazer a fim de detectar uma exposição excessiva? Qual é o biomarcador e qual é o valor de referência para esse agente químico?



#### Lembre-se

A NR-7 fornece os principais agentes, biomarcadores e valores de referência para os principais casos de toxicologia ocupacional. Outras fontes confiáveis, como a americana ACGIH, a inglesa HSE e a europeia SCOEL, podem ser usadas.

#### Resolução da situação-problema

Para resolver essa situação-problema você deve ler o item “Não pode faltar” desta seção do livro. Você encontrará informações importantes na Tabela 1.1, embora não vá encontrar as do benzeno. O etil-benzeno ( $C_8H_{10}$ ) não é o agente químico benzeno ( $C_6H_6$ ). Assim, conforme informado no item “Não pode faltar”, ele pode ser encontrado na ACGIH, e o biomarcador será o ácido *trans, trans-mucônico* (ATTM).

O material biológico será a urina e o valor de referência para o ATTM será de 1,3 mg/g de creatinina.



#### Faça você mesmo

Agora que você já conhece os agentes químicos, seus biomarcadores e seus valores de referência, você poderá identificar quais exames para a detecção de exposição ocupacional deverão ser feitos em cada ambiente de trabalho.

Basta, para isso, identificar a qual agente químico o ambiente está exposto.

## Faça valer a pena

- 1.** Quais destes exames laboratoriais são considerados não invasivos?
- a) Exame de sangue e exame de urina.
  - b) Exame de sangue e ar inspirado.
  - c) Exame de sangue e saliva.
  - d) Ar expirado e saliva.
  - e) Ar inspirado e saliva.
- 2.** Qual é o órgão federal responsável pelas Normas Regulamentadoras?
- a) Ministério da Saúde.
  - b) Ministério do Desenvolvimento.
  - c) Ministério da Justiça.
  - d) Ministério da Energia.
  - e) Ministério do Trabalho e Emprego.
- 3.** O que significa IBMP, usado como valor limite ocupacional na avaliação dos exames?
- a) Índice Biológico Máximo Permitido.
  - b) Índice Biométrico Máximo Permitido.
  - c) Índice Biométrico Mínimo Permitido.
  - d) Índice Biológico Mínimo Permitido.
  - e) Índice Bioquímico Máximo Permitido.

# Seção 1.3

## Segurança no trabalho e toxicologia

### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo! A partir de agora você iniciará seus estudos sobre segurança no trabalho e toxicologia.

Nesta seção, você vai conhecer as vias de penetração e eliminação dos agentes químicos no organismo, os tipos de exposição humana ambiental e ocupacional, além de vários sites com informações úteis sobre toxicologia para saúde e segurança do trabalho.

Vamos voltar ao caso hipotético de João, que sempre trabalhou com agrotóxicos, mas que nem sempre utilizava os EPIs para o manuseio seguro de produtos químicos, razão pela qual, agora, apresenta uma série de sintomas.

Neste exemplo, você saberia dizer por qual via o agente químico teria chegado ao organismo de João? Para entender melhor a situação de João, você deverá conhecer algumas vias de penetração e eliminação e também mais informações sobre exposição ambiental e ocupacional.

### Não pode faltar

#### Vias de Penetração e Eliminação no Organismo

Basicamente, um agente químico em um ambiente de trabalho sujeito a exposição, usará algumas vias para tentar penetrar no organismo do indivíduo exposto. Ele, quando já absorvido, passará pelo sangue, chegará a determinados órgãos em que será biotransformado, produzirá alguns efeitos tóxicos e posteriormente será eliminado do organismo.



Biotransformação: mecanismo pelo qual agentes tóxicos sofrem alterações químicas no organismo pela ação de enzimas (são proteínas especializadas que agem como catalisadores biológicos), resultando em uma substância, para alguns casos, menos tóxica e, para outros casos, mais tóxica do que o agente tóxico original.

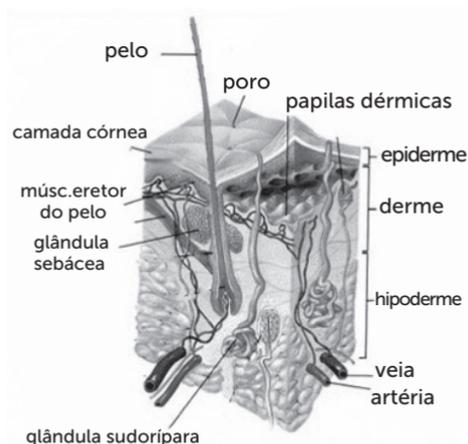
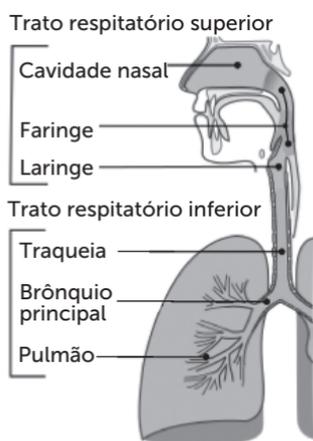
Agora vamos detalhar cada uma dessas fases.

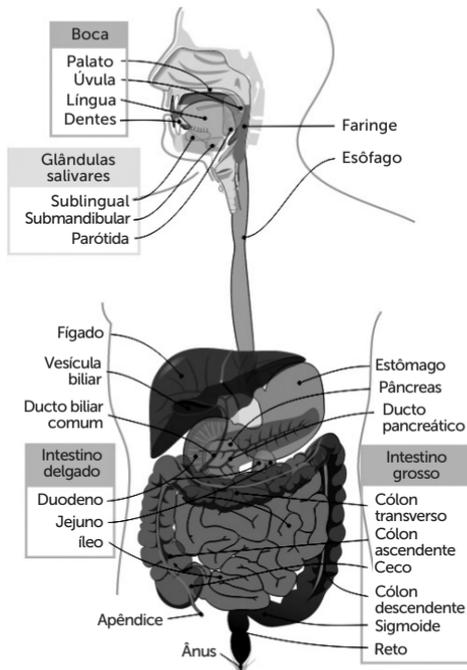
Os agentes químicos (xenobióticos) podem entrar em nosso organismo pelas seguintes vias de penetração:

- Via respiratória.
- Via cutânea.
- Via gastrointestinal.

A absorção por via respiratória (Figura 1.2) é a mais frequente em ambientes de trabalho e é também a mais rápida, pois o fluxo sanguíneo absorve rapidamente o agente químico nos pulmões. A absorção se dá pelas vias respiratórias superiores (boca, nariz, faringe e laringe) e também pelos alvéolos pulmonares nas vias respiratórias inferiores.

Figura 1.2 | Sistemas respiratórios (superior e inferior), pele humana e sistema digestivo





Fonte: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/llu\\_conducting\\_passages\\_pt.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/llu_conducting_passages_pt.svg)>; <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/Pele\\_humana.jpg?uselang=pt-br](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/96/Pele_humana.jpg?uselang=pt-br)> e <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Digestive\\_system\\_diagram\\_pt.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f8/Digestive_system_diagram_pt.svg)>. Acesso em: 30 out. 2016.

A absorção de gases, vapores e poeira leva os agentes químicos até os pulmões e, lá, pelos alvéolos, eles entram na circulação sanguínea.

Na toxicologia ocupacional, essa via é importante para a determinação da quantidade de horas que um indivíduo pode ficar exposto às substâncias tóxicas, levando-se em consideração, também, o volume de ar inalado durante o período de trabalho.

Alguns fatores que podem influenciar na absorção de agentes tóxicos por inalação: concentração do agente químico no ar, taxa de respiração, que varia de acordo com o metabolismo de cada um, e tempo de exposição.

Outra via de absorção é a **via cutânea**, pela pele (Figura 1.2), sendo a segunda via de maior ocorrência na toxicologia ocupacional. A intoxicação cutânea inicia-se pela pele. Depois, o agente químico ingressa na circulação sanguínea pela epiderme. Vale lembrar, porém, que a pele é uma barreira intransponível para alguns agentes químicos.

As reações a esses agentes químicos costumam ser pontuais, como

dermatoses ocupacionais (reações alérgicas persistentes na pele).

Alguns fatores que podem influenciar na absorção pela via cutânea: espessura da pele do local de contato, área do contato, tempo de contato, temperatura e possibilidade de que a pele já estivesse com algum tipo de inflamação.

Por fim, o terceiro meio de absorção é a **via gastrointestinal** (Figura 1.2), o menos comum na toxicologia ocupacional.

As intoxicações por via gastrointestinal acontecem principalmente por problemas de higiene e devido a condições precárias no ambiente de trabalho.

Nesse tipo de intoxicação, a absorção poderá ocorrer desde a boca até o reto, ainda que poucos agentes tóxicos sejam absorvidos na mucosa oral. O mais provável, então, é que o agente químico seja absorvido no trato intestinal, sendo o intestino delgado o principal órgão responsável pela absorção desse agente químico. Um fator que contribui para isso é a presença de microvilosidades.



### Assimile

Microvilosidades no intestino delgado são estruturas parecidas com "luvas", as quais, graças a esse formato, aumentam as superfícies de contato e, conseqüentemente, facilitam a absorção da substância.

Posteriormente, esse agente químico será levado ao fígado pela circulação sanguínea.

Alguns fatores que podem influenciar na absorção pela via gastrointestinal: lipossolubilidade da substância (facilidade com que pode penetrar a membrana biológica), sua facilidade de sofrer transformações e a quantidade de alimento a ser digerido no momento do recebimento da substância química tóxica.

A absorção pela via gastrointestinal ainda é responsável por substâncias inaladas que ficaram presas no trato respiratório e que foram engolidas posteriormente, chegando ao estômago.



### Refleta

Caso boas práticas de higiene sejam tomadas (como lavar as mãos e o rosto antes das refeições no período de trabalho, trocar

roupas de trabalho para outras atividades, não comer ou beber no ambiente de trabalho etc.), não se espera haver algum tipo de absorção de agentes químicos pela via gastrointestinal. Essa via é relevante quando é intencional a ingestão de produtos químicos tóxicos, como nos casos de suicídio.

Nos casos de intoxicação, pode haver dois quadros: a intoxicação aguda e a intoxicação crônica. A intoxicação aguda é decorrente de um contato breve com o agente tóxico muito agressivo em grandes quantidades. Os efeitos surgem imediatamente em um curto espaço de tempo ou, no máximo, dentro de alguns dias. Por sua vez, a intoxicação crônica é decorrente do contato prolongado com determinado agente tóxico, em quantidades menores. Com o passar dos anos, esses agentes vão se acumulando e futuramente os efeitos aparecem. Isso pode acontecer dentro de alguns meses ou de alguns anos.

Agora que o agente químico penetrou no corpo, caberá ao organismo minimizar seu efeito. Isso é feito por **armazenamento, biotransformação e eliminação**.

O agente químico chega ao sangue e **armazena-se** no órgão-alvo em que o agente causará a ação nociva. Entende-se por órgão-alvo o local no qual se evidencia primeiro um efeito nocivo.

Para que o efeito nocivo seja significativo no órgão-alvo, é necessário que a concentração dessa substância também seja significativa. Por isso, a dose, como já foi citado em seções anteriores, é de fundamental importância. Ela determina o quanto de um agente tóxico uma pessoa absorveu.

Além disso, se a exposição for maior, outros órgãos também podem ser afetados, pois haverá também o aumento da absorção do agente químico.

O acúmulo pode também acontecer no sangue, uma vez que algumas substâncias são capazes de se unir às suas proteínas.

A **biotransformação** pode acontecer em vários órgãos ou tecidos, tais como os pulmões, os rins, a pele e o intestino, mas a maioria das biotransformações acontece no fígado.

A biotransformação é um meio de o organismo eliminar a substância tóxica.



O que aconteceria se o organismo não fizesse a biotransformação? Cientistas acreditam que nosso organismo levaria vários anos para eliminar qualquer substância química tóxica em caso de contaminação.

Agora, após a biotransformação, os agentes químicos que foram absorvidos serão eliminados do organismo. Isso poderá ocorrer por meio da urina, da bile, das fezes, pelo ar expirado, pelo leite materno, pelo suor e por outras excreções. Se a substância é solúvel em água, por exemplo, será eliminada pela urina, se é um gás, será liberado pela expiração.

### **Tipos de exposição humana ambiental e ocupacional**

Muitos dos conhecimentos e das práticas utilizadas na toxicologia ocupacional podem ser usados no controle de risco de origem ambiental.

Assim, a análise de risco no meio ambiente e na toxicologia ocupacional são os mesmos: identificar o agente químico, analisar dose-resposta e exposição.

Apesar dessas similaridades, há fatores diferentes e importantes: na análise da toxicologia ocupacional, o tempo de exposição é geralmente a jornada de trabalho: oito horas diárias e cinco ou seis dias por semana; mas, na exposição ambiental, em ambiente externo, essa exposição é de vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana.

As normas para segurança ambiental costumam ser mais rígidas, pelos fatores já mencionados e também pela exposição ambiental geralmente atingir uma população que pode ser composta por idosos, doentes, crianças, mulheres grávidas e outros indivíduos mais suscetíveis àquilo a que estão expostos. Já no ambiente de trabalho, na toxicologia ocupacional, a exposição será para indivíduos adultos e teoricamente saudáveis para realizar as correspondentes ações no trabalho.



Veja a diferença entre limite ocupacional e ambiental para o chumbo:

- Limite ocupacional de exposição para o Chumbo no ar pela ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists): **50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .
- Limite estabelecido pela Organização Mundial de Saúde para exposição ambiental ao chumbo no ar: **0.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Na exposição humana aos contaminantes químicos, tratados dentro da ecotoxicologia, há medidas periódicas de amostras colhidas no solo, na água, no ar e há também exames feitos na população exposta pela determinação dos biomarcadores correspondentes.

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), o chumbo é um dos agentes químicos que causam doenças por exposição ambiental e ocupacional. A exposição ambiental ao chumbo é a maior exposição em relação a outros elementos da natureza.

No decorrer da história, graças ao período de industrialização, milhões de toneladas de chumbo foram expostas no meio ambiente, principalmente nos últimos séculos.

A associação de chumbo e petróleo, sobretudo na indústria automobilística, aumentou ainda mais o uso desse elemento. Estima-se que a contaminação por chumbo é 500 vezes maior hoje do que no período pré-industrial.

A exposição ambiental, conforme já citado anteriormente, deve ter limites menores do que a ocupacional. No caso do chumbo, a contaminação em crianças, por exemplo, é especialmente sensível. Isso ocorre porque, nesse caso, a proporção de contaminação por peso é bem maior se comparada com a de um adulto. As crianças, em razão do hábito de terem mais contato com o solo, de levarem objetos à boca, estarão mais sujeitas à contaminação. Além disso, por terem o corpo em formação, muitos de seus órgãos serão mais vulneráveis ao efeito do chumbo do que os órgãos de um adulto.

Na exposição ocupacional, trabalhadores em montagem de veículos, baterias, soldas, mineração e tinta, dentre outros, têm maior exposição ao chumbo.



Crianças mais pobres estão mais sujeitas à contaminação por chumbo por estarem geralmente mais próximas de indústrias, vias de alto fluxo de automóveis e também por apresentarem, na maioria das vezes, algum tipo de desnutrição. É comprovado que a contaminação por chumbo nessas crianças trará uma diminuição no desenvolvimento intelectual.

O que poderia ser feito para melhorar esse cenário?

### **Sites de informação toxicológica para uso na saúde e segurança no trabalho**

A seguir, veja alguns *sites* interessantes sobre toxicologia que poderão ser úteis.

– **Anvisa, agrotóxicos e toxicologia:** a Anvisa coordena as ações na área de toxicologia no Sistema Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: <<http://websphere.anvisa.gov.br/wps/content/Anvisa+Portal/Anvisa/Inicio/Agrotoxicos+e+Toxicologia>>. Acesso em: 30 out. 2016.

– Organização Mundial de Saúde (World Health Organization: WHO). Disponível em: <<http://www.who.int/en/>>. Acesso em: 30 out. 2016.

– A Organização Pan-Americana da Saúde é um organismo internacional de saúde pública com um século de experiência, dedicado a melhorar as condições de saúde dos países das Américas. Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS/OMS). Disponível em: <<http://www.paho.org/bra>>. Acesso em: 30 out. 2016.

– É possível acessar a NR-7, entre outras normas. Ministério do Trabalho e Previdência Social. Disponível em: <<http://www.mtps.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>>. Acesso em: 30 out. 2016.

– Fundacentro – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho: A Fundacentro é uma entidade governamental do Brasil que atua na segurança e saúde dos trabalhadores. É o maior centro de pesquisa da América Latina na área de Segurança e Saúde no Trabalho (SST). Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br>>. Acesso em: 30 out. 2016.



Artigos sobre exposição e vias de penetração:

**Sintomas respiratórios como indicadores de estado de saúde em trabalhadores de indústrias de cerâmicas.** Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-37132011000100007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-37132011000100007&script=sci_arttext)>. Acesso em: 30 out. 2016.

Avaliação da exposição a metais numa oficina de recuperação de armamento . Disponível em: <[http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232009000600036](http://www.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232009000600036)>. Acesso em: 30 out. 2016.

– **Prevalência de anemia em trabalhadores expostos ocupacionalmente ao chumbo.** Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-84842009005000018&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-84842009005000018&script=sci_arttext)>. Acesso em: 30 out. 2016.

## Sem medo de errar

Agora que você já estudou as vias de penetração e eliminação dos agentes químicos no organismo e os tipos de exposição ambiental e ocupacional, vamos voltar para a situação de João do início desta seção.

João pode ter sofrido penetração do agente químico por várias vias, conforme visto no item “Não pode faltar”.

Os agrotóxicos, de forma geral, terão maior contato com a via cutânea pelo não uso de EPIs que protegeriam a pele.

Pelo não uso de EPIs, os agentes químicos podem ter acessado o organismo de João também pela via respiratória. O uso de máscaras é de extrema importância na aplicação por pulverização desses defensivos agrícolas.

É também possível que uma penetração pela via gastrointestinal tenha ocorrido, tendo em vista que João, ao não utilizar EPIs, também pode ter cometido alguns descuidos na higiene das mãos e do rosto após a aplicação dos produtos organofosforados na lavoura.

No organismo, os organofosforados serão biotransformados e, posteriormente, eliminados, neste caso, pela urina e também pelas fezes.



## Atenção

João está sujeito à intoxicação ocupacional usando organofosforados em seu trabalho. Porém, o que também pode acontecer em consequência do uso de organofosforados é uma contaminação ambiental.

Assim, alimentos cultivados perto de áreas de utilização dos inseticidas organofosforados podem ser contaminados também.

Além de João, que tem contato direto com os inseticidas, outras pessoas próximas também podem sofrer exposição ambiental.

## Avançando na prática

### Via de penetração do benzeno

#### Descrição da situação-problema

Um trabalhador de refinaria de petróleo está exposto ao Benzeno.

Você saberia dizer qual seria a via de penetração do benzeno?



#### Lembre-se

Para saber como o benzeno pode penetrar no corpo, pense em como o ele é manipulado e qual via estaria mais suscetível à penetração.

Considere o benzeno, para este caso, como uma substância líquida aquosa, incolor, com cheiro de gasolina.

#### Resolução da situação-problema

Como o benzeno se apresenta na forma líquida, ele pode penetrar pela pele. Além disso, como apresenta odor de gasolina, ele pode acessar o organismo pelas vias respiratórias.

Outro fator importante é que pode haver, além dessa exposição ocupacional, a exposição ambiental se o benzeno for depositado ou descartado por indústrias em áreas habitadas.



## Faça você mesmo

Agora que você já sabe as vias de exposição, pense em como outros agentes químicos são manipulados e, assim, por quais vias estariam disponíveis para penetração. Pense, também, em quais EPIs poderiam ser utilizados para evitar essa penetração.

### Faça valer a pena

- 1.** O que acontece no processo de biotransformação de agentes químicos?
  - a) Serão sempre biotransformados em substâncias mais tóxicas que a original.
  - b) Serão sempre biotransformados em substâncias menos tóxicas que a original.
  - c) Serão sempre biotransformados em substâncias com a mesma toxicidade que a original.
  - d) Serão sempre biotransformados em substâncias sem nenhuma toxicidade, tal como a original.
  - e) Serão biotransformados em substâncias mais tóxicas ou menos tóxicas que a original.
  
- 2.** Qual das vias de penetração do agente químico no organismo é a mais comum?
  - a) Via respiratória.
  - b) Via gastrointestinal.
  - c) Via cutânea.
  - d) Via gastroesofágica.
  - e) Via geniturinária.
  
- 3.** Na intoxicação por via respiratória, em qual parte do sistema respiratório o agente químico entrará na circulação sanguínea?
  - a) Faringe.
  - b) Laringe.
  - c) Traqueia.
  - d) Alvéolos.
  - e) Faringe ou Laringe.

# Seção 1.4

## Substâncias químicas prejudiciais à saúde e ao meio ambiente

### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo! A partir de agora você começará seus estudos sobre substâncias químicas prejudiciais à saúde e ao meio ambiente.

Nesta seção você vai conhecer algumas características do sistema nervoso e os efeitos dos agentes químicos nesse sistema. Também vai conhecer o ciclo dos agentes químicos depositados no meio ambiente e a forma como eles afetam o meio e a saúde do homem.

Vamos voltar ao caso hipotético de João, que sempre trabalhou com agrotóxicos e que nem sempre utilizava os EPIs para o manuseio seguro de produtos químicos, razão pela qual, agora, apresenta uma série de sintomas.

Neste exemplo, você saberia dizer quais foram os efeitos da intoxicação e como o sistema nervoso foi afetado? Para entender melhor a situação de João, você deverá conhecer melhor as substâncias químicas prejudiciais à saúde e também ao meio ambiente.

### Não pode faltar

#### Neurotoxicidade de substâncias químicas



#### Assimile

Neurotoxicidade refere-se às alterações no sistema nervoso, sejam elas funcionais, estruturais ou bioquímicas, causadas pela exposição aos agentes químicos tóxicos.

O sistema nervoso, quando submetido a um ambiente exposto a agentes químicos, é um dos sistemas mais vulneráveis. Ele possui menor proteção contra os agentes tóxicos devido a alguns fatores: ele não é capaz de repor células danificadas ou mortas; alguns componentes

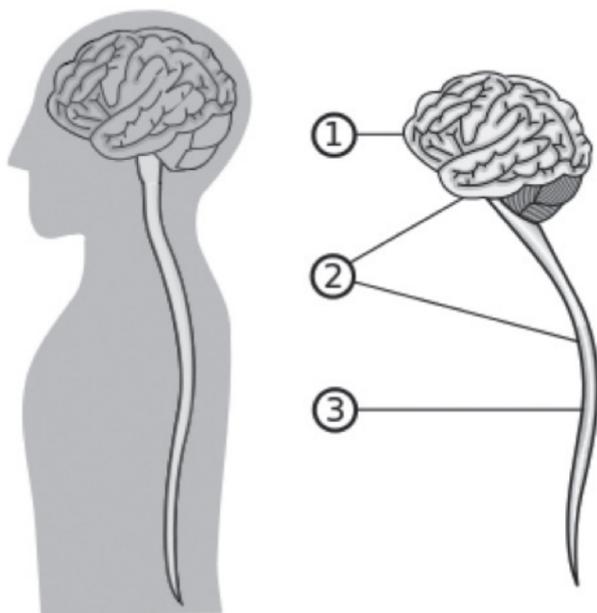
têm a tendência de acumular e reter substâncias lipofílicas (substâncias que têm a capacidade de se dissolver em lipídios: gorduras, óleos) em que se encaixam os solventes; além disso, o sistema nervoso ocupa uma grande área, o que facilita a fixação de agentes químicos.

Os efeitos da intoxicação englobam neuropatias periféricas, alterações nos sentidos, depressão, psicose, depressão do sistema nervoso periférico e central, podendo levar a casos de óbito.

O aumento do conhecimento dos efeitos tóxicos dos agentes químicos no sistema nervoso também levou ao conhecimento de mais agentes químicos causadores de intoxicação. No mundo atual, considera-se que há pelo menos 750 substâncias capazes de gerar efeitos neurotóxicos após determinado tempo de exposição. Atualmente, estima-se que mais de 20% dos produtos utilizados em processos industriais sejam neurotóxicos.

Para melhor se entender os efeitos tóxicos, faz-se importante, primeiramente, entender um pouco melhor o sistema nervoso.

Figura 1.3 | Sistema Nervoso Central (Itens: 1 - Encéfalo; 2 - Sistema nervoso central; 3 - Medula Espinhal)



Fonte: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f1/Central\\_nervous\\_system\\_2.svg/138px-Central\\_nervous\\_system\\_2.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f1/Central_nervous_system_2.svg/138px-Central_nervous_system_2.svg.png)> e <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0f/Central\\_nervous\\_system.svg/188px-Central\\_nervous\\_system.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0f/Central_nervous_system.svg/188px-Central_nervous_system.svg.png)>. Acesso em: 30 out. 2016.

O sistema nervoso é dividido em sistema nervoso central e periférico:

- O sistema nervoso central (Figura 1.3) é constituído pelo encéfalo e pela medula espinhal.
- O sistema nervoso periférico é constituído de nervos (axónios, Figura 1.4) que ligam o sistema nervoso central a todos os outros órgãos do corpo.

Na exposição a agentes químicos tóxicos, podem ocorrer alterações no sistema nervoso, as quais podem ser temporárias ou permanentes.

Como já citado em outros casos no decorrer desta unidade, a dose e o tempo de exposição são de extrema importância para o diagnóstico da intoxicação. Isso também é válido para os agentes neurotóxicos.

Há de se considerar, porém, que algumas alterações no sistema nervoso podem ser decorrentes de outros órgãos com os quais o sistema nervoso interage; por exemplo, alguma substância cancerígena, como a aflatoxina, que produz mudança de comportamento, seria em tese um efeito nefrotóxico. Nesse caso, esse efeito não deve ser considerado neurológico por ser um efeito secundário.

No caso da intoxicação do sistema nervoso, alguns fatores são importantes: as propriedades físico-químicas da substância (agente químico), a dose e a via de exposição. Fatores como idade, saúde e sensibilidade a determinada substância também são importantes.

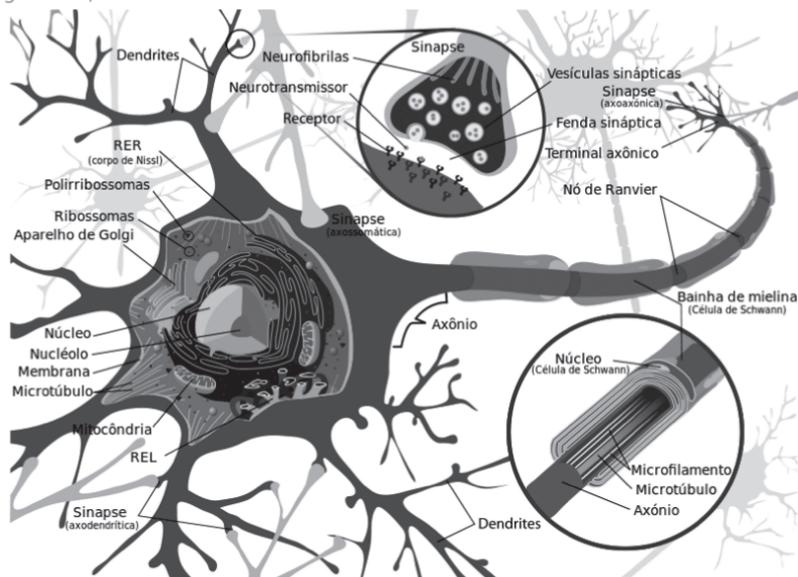
A maioria dos agentes neurotóxicos age nos sistemas nervoso central e periférico.

Os agentes químicos que afetam só o sistema nervoso periférico são mais fáceis de serem identificados graças aos sintomas observados.

Basicamente, o agente químico pode causar três alterações no sistema nervoso:

- Distúrbios sensoriais em algum dos cinco sentidos. Exemplos são: sais inorgânicos, compostos organofosforados, chumbo.
- Distúrbios motores que podem levar à paralisia. A hidrazida isonicotínica é um exemplo.
- Alteração na capacidade de aprendizagem, perda na capacidade de memorização e alterações emocionais. O monóxido de carbono é um desses causadores.

Figura 1.4 | Neurônio



Fonte: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Complete\\_neuron\\_cell\\_diagram\\_pt.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Complete_neuron_cell_diagram_pt.svg)>. Acesso em: 30 out. 2016.

Essas alterações afetam os neurônios (Figura 1.4) e são causadas pelos seguintes mecanismos:

- **Neuropatia:** a substância atua diretamente nas células do cérebro, causando degeneração ou mesmo a morte das células. Este processo é irreversível. Como efeito causado pelos agentes neurotóxicos pode-se citar o aparecimento de doenças no cérebro.
- **Axonopatias:** a ação dos agentes neurotóxicos, neste caso, é realizada no axônio. O axônio é degenerado, o que causa dificuldade na transmissão dos impulsos nervosos. No sistema nervoso central, o dano é irreversível; no sistema nervoso periférico, no entanto, o dano pode ser reparado. Exemplos deste caso são os compostos organofosforados. Os efeitos aparecerão após uma semana.
- **Mielinopatias:** os agentes neurotóxicos interagem diretamente com a bainha de mielina (bainha que envolve o axônio). A mielina é desnaturada, causando assim a separação com o axônio e, conseqüentemente, a desmielinização (perda da bainha de mielina). A seriedade deste efeito depende da extensão da desmielinização e do sistema que foi afetado: o sistema nervoso central ou o sistema nervoso periférico. O chumbo é um exemplo de agente químico deste efeito.

- Toxicidade associada à neurotransmissão: há interrupção na transmissão, causando a perda total ou parcial do impulso nervoso. Nicotina, cocaína e anfetaminas são exemplos de substâncias que tem este efeito.

## **Processos biogeoquímicos de poluentes inorgânicos e orgânicos no sistema ambiental**



### **Assimile**

Processos biogeoquímicos são processos naturais que reciclam elementos químicos no meio ambiente para os organismos e depois fazem o processo inverso.

A natureza, de forma geral, mediante ciclos biogeoquímicos, mantém-se equilibrada.

Os ciclos biogeoquímicos são percorridos pela água, pelo carbono, pelo nitrogênio, pelo oxigênio, pelo fósforo, entre outros elementos.



### **Refleta**

A natureza não é fonte inesgotável de recursos? A natureza sempre pode se renovar? A resposta do homem moderno seria "sim", mas sabe-se que isso não é verdade. Até que ponto a raça humana pode tratar a natureza dessa forma? Há um limite a partir do qual essas alterações não poderão (ou já não podem) ser compensadas.

Os poluentes sofrem esse ciclo e são transportados e distribuídos pela água, pelo solo, pelos alimentos e dentro dos organismos vivos (vias de exposição).

Os principais poluentes:

- Na atmosfera: CO (monóxido de carbono), CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), CH<sub>4</sub> (metano), H<sub>2</sub>S (sulfeto de hidrogênio), SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre), NO<sub>2</sub> (dióxido de Nitrogênio), F (flúor), ozônio, clorofórmio, aldeídos, hidrocarbonetos, inseticidas.

- Nas águas: fenóis, hidrocarbonetos, inseticidas, nitrogênio, fósforo, detergentes, dentre outros.

- No solo: inseticidas e fertilizantes, hidrocarbonetos, fenóis, dioxina, dentre outros.

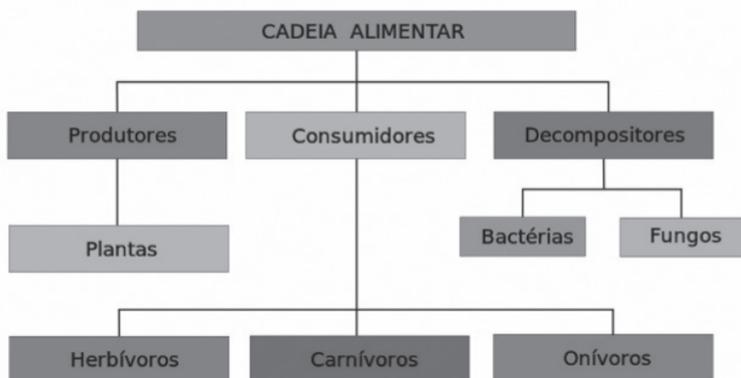
A maioria das atividades humanas na natureza acaba sendo fonte potencial de poluição. A descarga de substâncias químicas pelo homem no meio ambiente pode trazer vários problemas ao próprio homem e ao meio ambiente. Substâncias descartadas pelo homem podem voltar ao próprio homem mediante alimentos, ar e água. Além disso, tais substâncias podem também comprometer o equilíbrio do ecossistema, colocando em risco a vida de seres humanos, uma vez que o próprio homem depende do meio para a sua sobrevivência.

As substâncias poluentes descartadas no meio ambiente podem ser classificadas em:

- Poluentes quantitativos: já existem no meio ambiente, mas são liberadas pelo homem em uma quantidade bem maior do que a existente.
- Poluentes qualitativos: não existem em condições normais no meio ambiente e são liberados por processos industriais.

Substâncias poluentes são extremamente perigosas mesmo em pequenas quantidades, pois podem se concentrar em diversos níveis da cadeia alimentar (Figura 1.5). Um poluente que se concentra na base da cadeia alimentar pode chegar aos consumidores.

Figura 1.5 | Cadeia Alimentar



Fonte: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/20/Diagrama\\_da\\_Cadeia\\_Alimentar\\_simples.svg/800px-Diagrama\\_da\\_Cadeia\\_Alimentar\\_simples.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/20/Diagrama_da_Cadeia_Alimentar_simples.svg/800px-Diagrama_da_Cadeia_Alimentar_simples.svg.png)>. Acesso em: 30 out. 2016.

Os poluentes orgânicos não são biodegradáveis (não se decompõem na natureza), são altamente estáveis e têm a capacidade de se acumular nos organismos vivos.

Vamos usar o exemplo do DDT (diclorodifeniltricloroetano). Ele é um inseticida muito utilizado desde a Segunda Guerra Mundial. Foi utilizado inclusive no combate ao mosquito transmissor da malária e ao tifo. Por ser um inseticida barato e muito eficiente em curto prazo, foi usado indiscriminadamente durante muito tempo.

Seu alto poder pesticida revelou, porém, dois pontos negativos: i) muitos animais que não eram pragas (e alguns deles eram importantes para o ciclo natural) também foram mortos; ii) alguns insetos ficaram mais resistentes a esse composto.

Como desvantagem primordial, os organoclorados, caso do DDT, não são biodegradáveis e se acumulam no meio. Assim, plantas repassam esse composto ao próximo nível da cadeia alimentar até chegar ao homem: o homem libera o DDT nas plantas como inseticida, que é levado aos animais e dos animais chega de volta ao homem.

Uma solução para substituir o DDT foi o uso de outros inseticidas, os organofosforados, que não apresentam a desvantagem de criar resistência nos insetos e têm a vantagem de serem ainda mais tóxicos; entretanto, como vimos nas seções anteriores, são também agentes de doenças ocupacionais.

Entre os poluentes inorgânicos, por sua vez, há o chumbo, o arsênio, o mercúrio, o cádmio, o níquel e o cromo. Dentre eles, podemos destacar o mercúrio.

O mercúrio, quando descartado nas águas, pelo garimpo, por exemplo, vai se depositar nos peixes que serão consumidos pelo homem.



### Exemplificando

Um exemplo de contaminação por mercúrio ocorreu na Baía de Minamata, no Japão.

Nos anos da Segunda Guerra Mundial, uma empresa que havia se instalado na cidade de Minamata utilizava sulfato de mercúrio como catalizador na produção de ácido acético e cloreto de mercúrio para a produção de cloreto de vinila.

Acreditava-se, na época, que essa liberação nas águas não era poluente.

Porém, o mercúrio inorgânico liberado era convertido pelas bactérias da baía em metilmercúrio, um composto orgânico extremamente tóxico. Os peixes absorvem o metilmercúrio 100 vezes mais rápido que o mercúrio inorgânico. Como consequência, 3.000 pessoas foram contaminadas e aproximadamente 1.800 morreram.



Pesquise mais

Artigo sobre exposição e vias de penetração:

– **Avaliação de contaminação ambiental causada por poluentes orgânicos persistentes utilizando simulação computacional.** Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422007000300011&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000300011&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 14 abr. 2016.

## Sem medo de errar

Agora que você já estudou os efeitos neurotóxicos dos agentes químicos e seu ciclo na natureza, vamos voltar para a situação de João vista no início desta seção.

João poderá ter danos no sistema nervoso, com possível alteração em um dos sentidos, causada por uma axonopatia. A ação dos agentes neurotóxicos ocorre no axônio que será degenerado, causando a dificuldade na transmissão dos impulsos nervosos.

Vale lembrar que os efeitos poderão ser reversíveis ou não, dependendo da região do sistema nervoso afetada.



Atenção

Inseticidas organofosforados ainda podem ter chegado ao organismo de João indiretamente, pela contaminação de águas e posterior alimentação de peixes de local contaminado, ou pela contaminação do solo e consumo de alimentos.

## Avançando na prática

### Uso indiscriminado do DDT

#### Descrição da situação-problema

Um morador da região amazônica do Brasil apresenta sinais de intoxicação por DDT, mas ele não teve contato com o inseticida.

Você saberia dizer como aconteceu essa contaminação?



#### Lembre-se

O DDT foi muito usado no Brasil entre as décadas de 1970 e 1990 para o controle do mosquito da malária na região amazônica. Vale lembrar que o DDT não é biodegradável.

#### Resolução da situação-problema

Como o DDT não é biodegradável, ele permanece no ambiente por décadas. Assim, caso esse indivíduo tenha usado o solo ainda contaminado por DDT, pode ter consumido alimentos contaminados.



#### Faça você mesmo

Além do solo, o que mais poderia levar o DDT ao organismo dos moradores daquela região?

Consumo de carne de animais que se alimentam nessa área, água, peixes, tudo o que pode fazer parte do ciclo, principalmente por se tratar de um agente químico que permanece décadas no meio ambiente. Avalie outras possíveis fontes.

## Faça valer a pena

1. Quais órgãos compõem o sistema nervoso central humano?

- a) Encéfalo e Bulbo.
- b) Bulbo e Hipocampo.
- c) Encéfalo e Medula Espinhal.
- d) Medula Espinhal e Bulbo.
- e) Hipocampo e Cérebro.

**2.** Que sistema é mais vulnerável aos agentes químicos por não ser capaz de repor células danificadas e de ocupar grande área no corpo humano?

- a) Sistema respiratório.
- b) Sistema renal.
- c) Sistema muscular.
- d) Sistema cardiovascular.
- e) Sistema nervoso.

**3.** Uma das alterações no sistema nervoso causadas por agentes químicos é a perda da capacidade de memorização. Qual agente pode causar esse dano ao sistema nervoso?

- a) Compostos organofosforados.
- b) Chumbo.
- c) Hidrazida Isonicotínica.
- d) Monóxido de carbono.
- e) DDT.

# Referências

- ANTUNES, P. B. **Dano Ambiental**: Uma Abordagem Conceitual. 2. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2015.
- BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman 2011.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria n.º 24/GM, de 29 de dezembro de 1994. NR 7, Norma Regulamentadora-7 (1994) – Programa de controle médico de saúde ocupacional. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez. 1994. Disponível em: <<http://portal.mte.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR7.pdf>>. Acesso em: 3 jun. 2016.
- BRASIL. Conselho Nacional de saúde. RESOLUÇÃO Nº 001, DE 1988: **normas de pesquisa em saúde**. Disponível em: <[http://conselho.saude.gov.br/web\\_comissoes/conep/aquivos/resolucoes/resolucoes.htm](http://conselho.saude.gov.br/web_comissoes/conep/aquivos/resolucoes/resolucoes.htm)>. Acesso em: 8 jun. 2016.
- BUSCHINELLI, J. T. P. **Manual de Orientação sobre Controle Médico Ocupacional da Exposição a Substâncias Químicas**. São Paulo, Ministério do Trabalho e Emprego – FUNDACENTRO: Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, 2014, p. 27.
- KLAASSEN, C. D. **Fundamentos em Toxicologia de Casarett e Doull**. 2. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- MARCÃO, R. F. **Tóxicos**: Lei n. 11.343, de 23 de agosto de 2006: anotada e interpretada. 10. ed. São Paulo: Saraiva. 2014.
- MICHEL, O. R. **Toxicologia Ocupacional**. Rio de Janeiro: Revinter, 2000.
- OLSON, K. R. **Manual de Toxicologia Clínica**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- PASSAGLI, M. **Toxicologia Forense**: teoria e prática. 4. ed. São Paulo: Millennium, 2013.
- STANLEY, E. M. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

# Avaliação da exposição

### Convite ao estudo

Na unidade anterior, foram mostradas as noções de toxicologia, a evolução histórica, os métodos laboratoriais na toxicologia ocupacional e as substâncias químicas prejudiciais à natureza e ao homem.

Nesta unidade vamos estudar as análises de risco no ambiente de trabalho, os controles envolvidos para evitar exposição excessiva a agentes tóxicos, os agentes químicos com insalubridade e, por fim, as análises de contaminantes químicos.

Os objetivos desta unidade são: compreender as avaliações qualitativas e quantitativas e as medidas de controle para contaminantes químicos; conhecer a exposição ocupacional a agentes químicos com insalubridade por limite de tolerância; conhecer a amostragem e as análises de contaminantes químicos, incluindo processos industriais; e aplicar os conceitos adquiridos na atividade profissional, utilizando situações reais.

Para ajudar no melhor entendimento deste conteúdo, a seguir, será apresentada uma situação hipotética, visando aproximar os conteúdos teóricos e a prática.

José trabalha há muito tempo em uma indústria de tintas em uma grande metrópole. Ele começou a apresentar sintomas de intoxicação por agente químico e, conversando com mais algumas pessoas na mesma empresa, detecta os mesmos sintomas em outros colaboradores.

A empresa decide fazer uma avaliação de exposição toxicológica para identificar o problema de José e evitar novos casos com outros colaboradores.

No caso de José, pode-se perceber a importância da avaliação de risco para que se evitem tais situações de intoxicação em ambientes com exposição a agentes químicos, caso de indústrias de tinta e vernizes.

Nas próximas seções serão tratados os riscos toxicológicos, os controles utilizados em toxicologia, mais informações sobre

exposição ocupacional e as análises de agentes químicos. Com essas informações vamos poder analisar melhor o caso de José.

Vamos nos aprofundar no conhecimento sobre toxicologia. Bons estudos!

# Seção 2.1

## Tipos de análises de risco toxicológico

### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora você iniciará seus estudos sobre os tipos de análises de risco toxicológico.

Nesta seção, você vai conhecer as duas principais avaliações de exposição: a avaliação quantitativa e a qualitativa. Para compreender melhor esta seção, serão necessários conhecimentos básicos em química e conhecimentos adquiridos nas seções anteriores deste livro.

Vamos voltar ao caso hipotético de José, que trabalha em uma indústria de tinta e está exposto constantemente a agentes químicos. Ele apresenta sinais de intoxicação e a empresa onde trabalha irá realizar um trabalho de avaliação de exposição para identificar os causadores da intoxicação.

Neste exemplo, você saberia dizer qual tipo de avaliação de exposição deve ser feita no ambiente de trabalho de José? Para entender melhor a situação, você deverá conhecer os tipos de análises de risco toxicológico.

### Não pode faltar

A avaliação de risco é um processo sistemático baseado nos perigos associados a uma atividade de trabalho. Ela avalia os riscos em decorrência desta atividade profissional, levando em conta a probabilidade ou a eventualidade de que o perigo ocorra, e a severidade das consequências desse perigo.



### Assimile

A avaliação de risco é uma avaliação sistemática, uma abordagem proativa para a prevenção dos acidentes de trabalho e problemas de saúde.

Neste contexto, a identificação, a avaliação e o controle dos riscos são um processo cíclico: há a identificação dos riscos, as avaliações dos riscos e, caso este risco seja efetivo, deve haver o controle do risco, voltando assim à primeira etapa para uma nova identificação de riscos (Figura 2.1).

Figura 2.1 | Identificação, avaliação e controle de riscos



Fonte: elaborada pela autora.

Em relação ao perigo e ao risco, há uma diferença conceitual entre estes termos:

- **Perigo** é o potencial que um agente químico tem de produzir efeitos adversos à saúde (toxicidade).

- **Risco** é a probabilidade de que um perigo seja percebido sobre certas condições de uso ou exposição.

Desta forma, o risco pode ser entendido como perigo x exposição, ou seja, o risco é a existência de um perigo em um ambiente de exposição.

Muitas substâncias tóxicas podem ser usadas com segurança, sem produzir toxicidade, desde que se tenha um controle no ambiente envolvido na utilização.

Num ambiente de trabalho, vários agentes podem ser tóxicos: poeiras e gases, sendo inalados ou em contato com a pele podem ser ingeridos, a própria presença de alguns agentes químicos já os torna uma ameaça à saúde (Figura 2.2).

Figura 2.2 | Tipos de perigos químicos



Fonte: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Types\\_of\\_chemical\\_hazards.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Types_of_chemical_hazards.jpg)>. Acesso em: 30 jun. 2016.

### **Avaliação qualitativa do risco**

A avaliação qualitativa de risco é feita usando profissionais especializados para determinar o potencial da exposição com base na duração, na magnitude e na toxicidade de um agente, independentemente dos equipamentos de proteção individual (EPIs).

A finalidade da avaliação qualitativa de risco é:

- Identificar o perigo.
- Antecipar/estimar a severidade da exposição.
- Desenvolver monitoramento de exposição: quantificar e confirmar as estimativas de gravidade de exposição.

Na análise da exposição, há dois tipos principais de avaliação de risco toxicológico: a avaliação qualitativa e a avaliação quantitativa, que serão tratadas na sequência.

### **Avaliação qualitativa da exposição**

A simples presença do agente químico já é um indicio para a análise qualitativa. De forma mais concreta e coerente, esta análise deve ser feita por um profissional que vai avaliar qualitativamente os efeitos tóxicos do agente químico à saúde (avaliação da toxicidade).

A caracterização básica da avaliação qualitativa é a utilização de um processo que identifica os agentes manipulados por todos os funcionários no local de trabalho (elemento-chave neste tipo de avaliação).

Nesta avaliação são considerados: probabilidade de exposição, frequência de exposição, efeitos agudos e crônicos à saúde e rotas de exposição.

Alguns fatores (mínimos) a serem abordados na avaliação qualitativa: os agentes avaliados, a descrição de como é a exposição a esses agentes, o controle para manipulação dos agentes e a classificação da gravidade de exposição (extrema, alta, média ou baixa).

A avaliação qualitativa de exposição está relacionada com todo o processo (ou operação), em um sistema ou processo industrial.



### Exemplificando

No Brasil, de acordo com Ministério do Trabalho e Previdência Social (2015), para a análise de insalubridade, por exemplo, a avaliação dos agentes nocivos pode ser **de modo qualitativo**, quando a toxicidade acontece pela simples presença do agente no ambiente de trabalho. Estas informações estão na NR-15, anexos VI, XIII, XIII-A e XIV.

No anexo número 13: "Agentes químicos", o primeiro elemento é o arsênio, e há três níveis **qualitativos** de insalubridade:

Quadro 2.1 | Níveis de insalubridade do arsênio.

<b>Insalubridade de grau máximo</b>	Fabricação de produtos parasitocidas, inseticidas e raticidas contendo compostos de arsênio.
<b>Insalubridade de grau médio</b>	Descoloração de vidros e cristais à base de compostos de arsênio.
<b>Insalubridade de grau mínimo</b>	Empalhamento de animais à base de compostos de arsênio.

Fonte: <<http://www.mtps.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO13.pdf>>. Acesso em: 30 out. 2016.

## Avaliação quantitativa da exposição

Essencialmente a avaliação quantitativa é uma estratégia de amostragem com a finalidade de determinar valores de exposição para comparações com valores limites aceitáveis em um ambiente de trabalho. Na avaliação quantitativa, a quantidade de agente deve ser mensurada, a partir de uma inspeção no local de trabalho, utilizando equipamentos de medição, de forma a quantificar os agentes químicos presentes no ambiente.

Devem-se considerar algumas perguntas importantes: o que monitorar? Quando, onde e por quanto tempo monitorar?

O primeiro passo é determinar qual o agente exposto no ambiente de trabalho, o que pode ser feito por meio de uma avaliação qualitativa.

Após a determinação do agente, deve ser feita uma monitoração do ambiente:

- Determinar todas as áreas/tarefas que requerem amostragem.
- O tipo de amostragem a ser conduzida.
- Amostragem de exposição pessoal durante a atividade: turno completo, turno parcial (se for o caso).
- Frequência de amostragem - com base na classificação da exposição.

O plano de amostragem é feito de acordo com a avaliação da exposição qualitativa, que determinará os agentes e os riscos, e estabelece o modelo de amostragem.

Caso haja alguma alteração no ambiente, na quantidade, novos agentes químicos, ou qualquer outro fator que altere o agente ou a quantidade, novas amostras devem ser feitas.



## Refleta

Quando o valor da exposição for um valor muito baixo, por exemplo, quando há exposições curtas e esporádicas ao agente químico, não há necessidade de monitoramento, uma vez que o resultado será praticamente nulo. Estas situações nem mesmo devem ser consideradas como exposição ocupacional (exceto em casos de substâncias mutagênicas e/ou carcinogênicas).

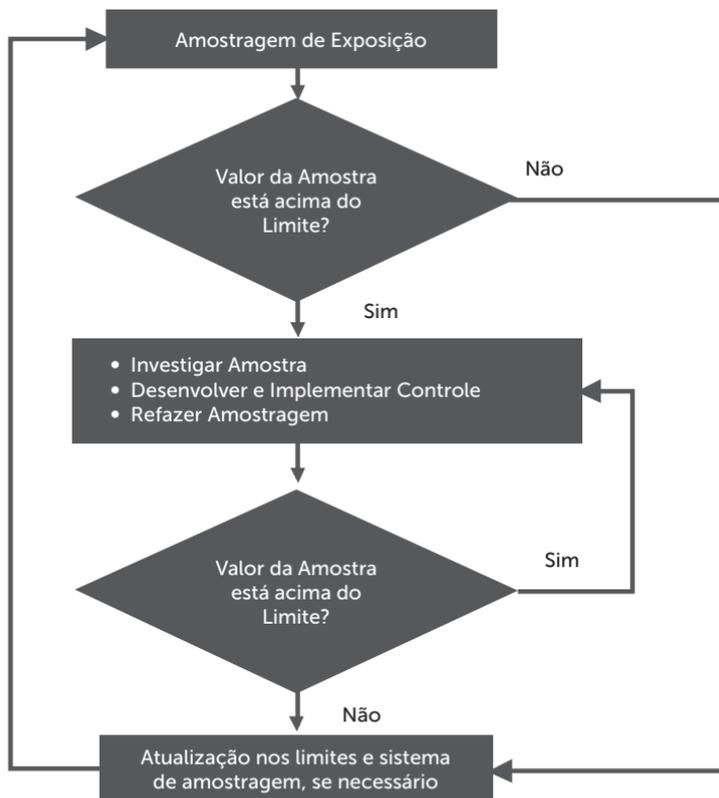
Exemplos: utilização de produtos químicos em laboratórios em que são manipuladas centenas de substâncias químicas, mas em quantidades muito pequenas, muitas delas diluídas em soluções. Além disso, o manuseio é feito com longos intervalos de tempo entre um e outro.

Seguindo o fluxograma da Figura 2.2, pode-se perceber a realimentação no sistema de avaliação quantitativa.

Primeiramente a amostragem é feita em busca de valores acima dos limites predeterminados para o agente químico. O processo de amostragem é composto por um grande número de amostras.

Estas amostras devem ser feitas em dias e períodos diferentes do ano, com várias amostras colhidas de pessoas que exerçam funções parecidas em um ambiente de trabalho. A razão disto é obter uma melhor amostragem do ambiente.

Figura 2.3 | Fluxograma da avaliação quantitativa da exposição



Fonte: elaborada pela autora.

Caso o valor da amostra esteja acima do limite, é preciso ter um método de controle para conseguir um resultado favorável, ou seja, abaixo do limite. Esses processos de investigação, controle e novas amostragens são feitos até que se tenha um resultado abaixo do limite. Caso não sejam encontrados problemas, somente alterações pontuais no método serão feitas.



## Pesquise mais

O seguinte material do SESI tem informações interessantes sobre "Procedimento de identificação de perigos e avaliação de riscos". A Tabela 1, na seção 1.4.3, mostra como é usada a avaliação qualitativa e quantitativa.

Disponível em: <[http://sst.pe.sesi.org.br:8080/sst/modeloSesiSst/04\\_Inventarioderisco\\_ModeloSESI.pdf](http://sst.pe.sesi.org.br:8080/sst/modeloSesiSst/04_Inventarioderisco_ModeloSESI.pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2016.

Com os resultados das avaliações qualitativa e quantitativa, as medidas de controle correspondentes podem ser tomadas, conforme Tabela 1 do arquivo indicado no item *Pesquise mais*, caso as medidas existentes não sejam adequadas ou efetivas.



## Assimile

As amostragens são feitas no ambiente de trabalho. Caso medidas de controle sejam necessárias, pode-se fazer uso do monitoramento biológico através do indicador biológico que deve ser utilizado de acordo com cada agente no ambiente (conforme tratado na unidade anterior deste livro didático).



## Pesquise mais

Os valores para o limite de exposição ocupacional (LEO) podem ser encontrados no site do Fundacentro (Quadro 2).

Manual completo de Orientação sobre Controle Médico Ocupacional da Exposição a Substâncias Químicas do Fundacentro. Disponível em: <[http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/download/Publicacao/234/Manual\\_Controlo\\_Medico-pdf](http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/biblioteca-digital/download/Publicacao/234/Manual_Controlo_Medico-pdf)>. Acesso em: 30 jun. 2016.

## Sem medo de errar

Após estudar os tipos de análises de risco toxicológico, vamos voltar à situação de José, apresentada no convite ao estudo.

O que aconteceu com José pode ocorrer com outros funcionários em indústrias de tinta. No processo de fabricação de tinta, o agente químico Tolueno é utilizado como solvente.

Assim, a avaliação qualitativa da exposição indicará qual é o grau de exposição a este agente, dependendo do quão exposto José estará ao agente, conforme Tabela 1.2 do arquivo indicado no item "Pesquise mais". O grau pode ser maior, por exemplo, se o contato de José tiver acontecido pela pele e também por inalação.

Já a avaliação quantitativa irá mostrar o valor da exposição. Por exemplo, pela tabela da Fundacentro, o LEO para o tolueno é 78 ppm (partes por milhão). Assim, no melhor caso, funcionários com a função de José deveriam estar recebendo no máximo 7,8 ppm de tolueno (<10%). Como José apresenta sintomas de intoxicação, os valores estarão acima de 7,8 ppm e talvez até acima do valor máximo.



#### Lembre-se

O propósito das avaliações qualitativa e quantitativa é, além de determinar a exposição acima do limite, promover um controle do ambiente de forma a evitar uma exposição excessiva.

Como resultado, algumas medidas de controle devem ser tomadas, como, por exemplo, outros tipos de EPIs, melhorias na ventilação do ambiente etc.



#### Atenção

Caso medidas de controle sejam necessárias, o que será muito provável para o caso de José, exames laboratoriais de urina devem utilizar o indicador biológico ácido Hipúrico, usado na análise do tolueno (conforme foi visto nas seções anteriores). De acordo com a NR-7, o valor deverá estar abaixo de 2,5 g/g de creatinina (IBMP), caso estas medidas de controle realmente sejam eficazes.

## Avançando na prática

### Avaliação de exposição em fábricas de pneus

#### Descrição da situação-problema

Pedro trabalha em uma fábrica de pneus, diretamente na fabricação.

Como deveria ser feita uma análise de risco neste ambiente de trabalho de Pedro?



#### Lembre-se

Para a análise de risco devem ser feitas as avaliações qualitativa e quantitativa.

Na análise quantitativa é possível detectar mais de um agente químico.

#### Resolução da situação-problema

Na fabricação de pneus, mais de um agente químico é utilizado, como enxofre e derivados de petróleo, ambos tóxicos. Assim, serão feitas as avaliações qualitativas (de forma a se detectar o agente químico no ambiente) e depois a avaliação quantitativa de forma a se medir todos os agentes identificados na avaliação qualitativa.



#### Faça você mesmo

Agora que você já conhece os tipos de análise de risco toxicológico, tente identificar os riscos em outros ambientes de trabalho e pondere os resultados de possíveis avaliações de exposição qualitativa e quantitativa.

## Faça valer a pena

**1.** De acordo com o texto da Seção 2.1, em que é baseada a avaliação de riscos?

- a) Nos perigos ambientais e no risco de alimentos contaminados.
- b) No perigo por esforço repetitivo que pode gerar lesões no corpo.
- c) No perigo por má postura durante a jornada de trabalho.
- d) Nos perigos associados a uma atividade de trabalho.
- e) No perigo por cansaço no trabalho, que pode causar acidentes.

**2.** De acordo com o texto da Seção 2.1, qual seria o sequenciamento correto para o ciclo de análise de risco toxicológico?

- a) Identificação de riscos > avaliação de riscos > controle de riscos.
- b) Avaliação de riscos > identificação de riscos > controle de riscos.
- c) Identificação de riscos > controle de riscos > reavaliação de riscos.
- d) Criação de riscos > controle de riscos > reavaliação de riscos.
- e) Criação de riscos > avaliação de riscos > controle de riscos.

**3.** O que é definido como avaliação qualitativa do risco em toxicologia?

- a) Qualificar o agente químico e proceder com exames laboratoriais nos indivíduos mais propensos ao desenvolvimento de doenças.
- b) Quantificar o agente químico e proceder com exames laboratoriais nos indivíduos menos propensos ao desenvolvimento de doenças.
- c) Avaliar o potencial de exposição com base na duração, na magnitude da exposição e na toxicidade do agente químico.
- d) Identificar o agente químico presente no meio e os indivíduos que já apresentam doença ocupacional.
- e) Analisar os indivíduos que já apresentam doença ocupacional e proceder com medidas preventivas.

## Seção 2.2

### Controle de contaminantes químicos

#### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora você iniciará seus estudos sobre controle de contaminantes químicos.

Nesta seção você conhecerá mais sobre gases, vapores, névoas, conceitos de dose, efeito e resposta, e também sobre as medidas de controle dos contaminantes químicos. Para uma melhor compreensão desta seção, serão necessários conhecimentos básicos em química e conhecimentos da seção anterior deste livro.

Vamos voltar ao caso hipotético de José, que trabalha há muito tempo em uma indústria de tintas e está exposto a agentes químicos. Ele apresenta sinais de intoxicação e a empresa em que trabalha irá realizar uma atividade de avaliação de exposição de forma a identificar os causadores de intoxicação.

Diante deste exemplo, você saberia dizer se José está exposto a gás, vapor ou névoa? Qual seria a classificação desta substância? Qual equipamento José deveria usar? Para entender melhor a situação de José, você deverá conhecer o controle de contaminantes químicos.

#### Não pode faltar

##### Conceito de dose, efeito e resposta

Dentro da toxicologia temos três conceitos muito importantes: dose, efeito e resposta.

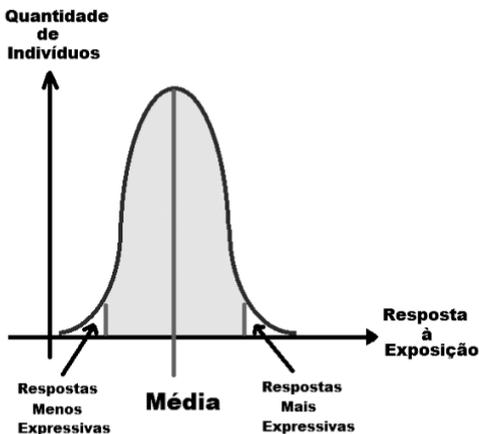
- **Dose** é a quantidade ou concentração de um agente químico que atinge o organismo pelas vias de penetração.
- **Efeito** é a alteração biológica, morfológica ou fisiológica observada em um indivíduo ou população em decorrência da exposição a determinado agente químico.
- **Resposta** é o índice percentual de incidência de um efeito, isto é, a proporção da população que apresenta um determinado efeito.

Na toxicologia ocupacional, os estudos das relações dose-resposta e dose-efeito devem ser analisados a partir de uma amostra homogênea de indivíduos expostos aos mesmos agentes químicos.

Conhecendo-se a relação dose-resposta, pode-se determinar a conexão entre um ambiente com agentes químicos expostos e as consequências da exposição a este ambiente, estabelecer a menor dose admissível e estimar a evolução do dano causado à saúde com o tempo.

Dentro de uma amostragem na população de indivíduos expostos haverá variações nas respostas à exposição (Figura 2.4), a maioria dos indivíduos apresentará resposta próxima da média, uma quantidade pequena de indivíduos apresentará respostas menos expressivas e também haverá uma quantidade pequena com respostas mais expressivas, ou seja, a maioria dos indivíduos apresenta resposta próxima da média e os indivíduos mais e menos suscetíveis estão nos extremos da curva. O valor médio será usado como resultado da amostragem.

Figura 2.4 | Distribuição da resposta à exposição na curva gaussiana



Fonte: elaborada pela autora.

## Gases, vapores e névoa

**Gás**, por definição, é um estado físico da matéria. Gás é o nome dado às substâncias que estão no estado gasoso. São fluidos que somente podem mudar de estado químico por meio de uma combinação de pressão e temperatura.

Os gases são uma mistura de moléculas e se misturam com ar, que também é uma mistura de moléculas. Os gases não possuem volume nem forma e apresentam-se em constante expansão.

**Vapor** é uma fase gasosa de uma substância que se apresenta em estado líquido.

Os vapores são também uma mistura de moléculas de ar, mas diferentemente dos gases, podem condensar-se formando líquidos ou sólidos em condições normais de temperatura e pressão. Outra diferença é que eles chegam a uma máxima concentração no ar, chamada saturação. Esta marca nunca é ultrapassada e acontece em locais fechados.

Gases e vapores se misturam no ar, pois têm a mesma forma e, assim, chegam aos pulmões pelas vias respiratórias e nos alvéolos atingem a corrente sanguínea a partir da qual atingem todos os órgãos do corpo humano.

Gases e vapores podem ser classificados como:

**Irritantes:** são capazes de produzir irritação ou inflamação, se em contato direto com a pele, com os olhos e com as vias respiratórias. A gravidade da irritação dependerá da concentração da substância no ar, de seu poder de toxicidade e do tempo de exposição. As substâncias irritantes altamente solúveis em água atuam nas vias respiratórias superiores (nariz e garganta) e produzem rapidamente efeitos nas membranas, nas mucosas dos olhos, no nariz e na garganta. São exemplos dessas substâncias: amônia e cloro. As menos solúveis em água são lentamente absorvidas, atuam nas vias respiratórias superiores e também no pulmão. Exemplos: foscênio, dióxido de nitrogênio. De modo geral, a via de exposição é a via respiratória. Alguns dos efeitos tóxicos são: cefaleia, rinite, laringite, conjuntivite, bronquite.

**Gases asfixiantes:** são subdivididos em simples e químicos.

- Asfixiantes simples: são inertes, mas reduzem a disponibilidade do oxigênio quando se apresentam em altas concentrações. Exemplos: gases nobres, metano, butano e propano.

- Asfixiantes químicos: estes gases, quando penetram no organismo, impedem a utilização do oxigênio pelos tecidos. Assim, causam asfixia mesmo com a presença de oxigênio no ar. Exemplos: monóxido de carbono, cianeto e gás sulfídrico.

**Gases anestésicos:** Estes gases apresentam efeito anestésico no sistema nervoso central. São subdivididos em cinco grupos:

- **Anestésicos primários:** caracterizam-se por somente causar efeito anestésico mesmo se submetidos a repetidas exposições. Exemplos: aldeídos, cetonas, ésteres etc.

- **Anestésicos de efeito sobre as vísceras:** podem causar danos aos rins e ao fígado do indivíduo exposto. Exemplos: tetracloreto de carbono, tricloreto etc.

- **Anestésicos de ação sobre o sistema formador do sangue:** acumulam-se no sistema nervoso, na medula óssea e nos tecidos gordurosos. Exemplos: benzeno, tolueno e xileno.

- **Anestésicos de ação sobre o sistema nervoso:** apresentam-se com alta solubilidade em água e, assim, atuam mais intensivamente no sistema nervoso. São eliminados lentamente do organismo. Exemplos: álcool etílico e metílico.

- **Anestésicos de ação sobre o sangue e sistema circulatório:** podem alterar a hemoglobina do sangue. São substâncias pertencentes aos nitrocompostos de carbono. Exemplos: nitro tolueno, nitrito de etila, nitro benzeno e anilina.

Além de vapores e gases há outras substâncias químicas que são perigosas: os aerodispersóides.



### Assimile

Os **aerodispersóides** (poeiras, névoas, neblinas e fumos) são definidos como um composto de partículas sólidas ou líquidas presentes no ar. Elas apresentam tamanho de aproximadamente 150  $\mu\text{m}$  (micrômetros) e também são conhecidas como aerossol.

Quanto mais exposto ao ar com aerodispersóides um indivíduo estiver, maior a possibilidade dele inalar estas substâncias. O período de permanência do aerossol no ar dependerá da densidade, do tamanho e de outros aspectos físicos das substâncias que o compõem.



### Refleta

Para a toxicologia, o tamanho destas partículas é de fundamental importância para o desenvolvimento de métodos e equipamentos de controle.

EPIs devem ser especificados de acordo com o tipo e tamanho da partícula. Filtros de respiradores devem ser especificados de acordo com a partícula.

Os aerodispersóides, que estão presentes em vários processos industriais, serão descritos na sequência.

**Poeira** é a mais comum. Caracteriza-se por partículas sólidas dispersas no ar, sendo visíveis ou não. São originadas de quebras de sólidos maiores. Exemplo: trabalhos com areia, processos com pedras britas, explosão de rochas, trabalho com cimento etc.

**Névoas** são compostas por partículas no estado líquido, produzidas por quebra de líquidos que se dispersam no ar. Um exemplo de névoa é a dispersão de partículas resultantes da aplicação de agrotóxicos por meio da pulverização na agricultura.

**Neblina** não é névoa e vice-versa. A neblina é composta também por partículas no estado líquido, que se originam da condensação de vapores de substâncias no estado líquido. Um exemplo é a "neblina" presente em autoestradas.

**Fumos**, assim como a neblina, são produzidos pela condensação de vapores. No caso dos fumos, no entanto, a condensação é originada a partir de substâncias em estado sólido (em geral pelos vapores produzidos por metais em processo de fundição). Exemplo: fumo de chumbo durante processo de galvanização.

Os aerodispersóides penetram o organismo pelas vias respiratórias e causam pneumoconiose.



## Vocabulário

**Pneumoconioses:** são doenças pulmonares causadas pelo acúmulo de poeira nos pulmões.

Alguns exemplos de doenças causadas por aerodispersóides são a Bagaçose e a Silicose.

**Bagaçose:** é uma doença ocupacional que acomete trabalhadores em contato com resíduos secos de cana-de-açúcar (ou bagaço). Ela é causada pelas fibras da cana esmagada que penetram no organismo pelas vias respiratórias, causando doenças respiratórias que podem levar à morte.

A **Silicose** é uma doença ocupacional causada pela inalação de poeira de sílica. A sílica é um dos principais elementos da areia, deixando, assim, expostos todos os trabalhadores das atividades que envolvem areia, como: mineiros, cortadores de granito, operários de fundições, entre outros. A inalação de partículas de sílica causa inflamação e cicatrização na forma de lesões no pulmão. O resultado da doença pode deixar a respiração difícil.

## Medidas de controle

Quando forem detectados contaminantes químicos, medidas devem ser tomadas de forma a se eliminar, reduzir ou neutralizar as exposições. Algumas medidas a serem tomadas são:

- Limitar a utilização do agente ou substituí-lo: tintas que usam solventes podem ser trocadas por solventes à base de água que, além de menos tóxicos, são menos inflamáveis.
- Limitar ou substituir o processo em que o agente é usado: fechar recipientes com agentes químicos expostos, reduzir a quantidade de produtos químicos armazenados nos processos industriais, mudar a temperatura do processo a fim de se diminuir a evaporação e, conseqüentemente, a possível inalação; usar motores elétricos ao invés motores de combustão; isolar fontes de perigo.
- Evitar manipulações desnecessárias de produtos químicos.
- Medições constantes do ambiente de trabalho para detectar possíveis mudanças no ambiente de exposição.
- Melhorar ventilação em ambiente com exposição.
- Utilizar máquinas com cabine fechada para evitar contato do operador com a substância.
- Treinamento de manipulação a fim de evitar contato frequente com os agentes químicos.
- Adequação e uso correto de EPIs.
- Limpeza de ambientes expostos e manutenção regular de equipamentos de proteção.
- Conscientização de higienização de mãos e rosto no trabalho com agentes químicos.
- Sinais de advertências para agentes químicos e locais de exposição.
- Exames periódicos para monitoração por indicador biológico usando a NR-7.
- Estabelecer procedimentos de emergência em caso de evacuação.

- Estabelecer procedimentos de emergência em caso de acidentes.

No caso de gases, vapores e aerodispersóides, os EPIs utilizados devem ser os Equipamentos de Proteção Respiratória (EPRs).

Os EPRs classificam-se em dois tipos:

- **Que filtram o ar:** podem utilizar filtro químico (usado para gases e vapores) e filtros mecânicos (utilizados para poeiras) e podem ser reutilizáveis (podem ser lavados para reuso) e descartáveis (não podem ser reutilizados). Podem também ser do tipo facial total (protegem o nariz, a boca e os olhos) ou semifacial (protegem somente o nariz e a boca) como mostra a Figura 2.5.
- **Que recebe o ar de fonte externa:** podem receber ar através de um cilindro ou de uma linha de gás (Figura 2.5).

Há ainda as máscaras de fuga (classificam-se como respiradores que purificam o ar), que são usadas a saída de áreas que contém contaminantes químicos como gases, vapores e aerodispersóides.

Figura 2.5 | Máscara semifacial (esquerda), facial total (centro) e ar por fonte externa (direita)



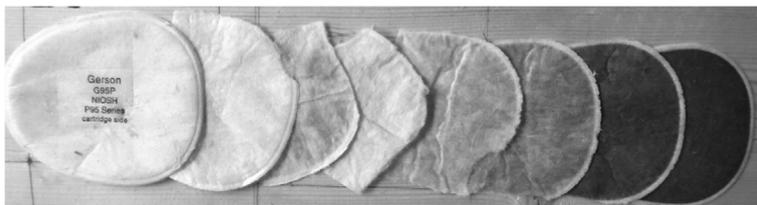
Fonte: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/Air-Purifying\\_Respirator.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8b/Air-Purifying_Respirator.jpg)> e <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/c/cb/SCBA\\_Mask\\_JustinDiPierro.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/c/cb/SCBA_Mask_JustinDiPierro.jpg)>. <<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/%D0%90%D0%9F-%D0%9E%D0%BC%D0%B5%D0%B3%D0%B0-%D0%A1.jpg>>. Acesso em: 30 jun. 2016.



### Exemplificando

Máscaras simples de proteção semifacial (Figura 2.6) devem ser usadas até o momento em que apresentem proteção efetiva. Na figura, da esquerda para a direita, vemos um exemplo de deterioração da máscara com o uso.

Figura 2.6 | Seção transversal de uma máscara usada na fabricação de aço (à esquerda – máscara nova; à direita – alguns meses de uso)



Fonte: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/c/c6/NIOSH\\_P95\\_cross\\_section.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/c/c6/NIOSH_P95_cross_section.jpg)>. Acesso em: 31 de out. de 2016.



### Pesquise mais

Veja mais informações sobre os riscos e cuidados no uso do Tolueno, fornecidos pela Petrobras Distribuidora S.A. Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/2b25800043a79d82ba8abfecc2d0136c/fispq-quim-arom-tolueno.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 31 out. 2016.

## Sem medo de errar

Após estudar o controle de contaminantes químicos, voltaremos à situação de José, apresentada no “Convite ao estudo”.

José trabalha há muito tempo em uma indústria de tintas e está exposto a agentes químicos. Ele apresenta sinais de intoxicação e a empresa em que trabalha irá realizar uma atividade de avaliação de exposição, de forma a identificar os causadores da intoxicação.

Neste exemplo, você saberia dizer se José está exposto a gás, vapor ou névoa? Qual seria a classificação dessa substância? Qual equipamento José deveria usar?

Como sabemos, José trabalha na fabricação de tintas e tem contato com o agente químico tolueno, que é utilizado como solvente.

O tolueno é classificado como um gás anestésico de ação sobre o sistema formador do sangue. José poderá sofrer acúmulo desse agente químico no sistema nervoso, na medula óssea e nos tecidos gordurosos. Como medida de controle, EPIs mais adequados devem ser usados e também a troca do tolueno por um solvente à base de água.

Nem sempre é necessária uma proteção extrema ao agente químico.

No caso do tolueno, conforme indicado em “Pesquise mais”, há a seguinte recomendação: “Recomenda-se a utilização de respirador com filtro para vapores orgânicos para exposições médias acima da metade do TLV-TWA. Nos casos em que a exposição exceda 3 vezes o valor TLV-TWA, utilize respirador do tipo autônomo (SCBA) com suprimento de ar, de peça facial inteira, operado em modo de pressão positiva.”

Sendo “TLV – TWA” (*Threshold Limit Value - Time Weight Average*): Limite de Exposição – Média Ponderada pelo Tempo - é a concentração média ponderada pelo tempo de exposição para a jornada de 8h/dia, 40h/semana, sem apresentar efeitos prejudiciais à saúde.

Fonte: Ficha de Informações de Segurança de Produto Químico – FISPQ,

Produto: Tolueno, página 7 - Data: 23/06/2015, nº FISPQ: BR600

Nome do produto: Tolueno - Código interno de identificação: BR600

Nome da empresa: Petrobras Distribuidora S.A.

Disponível em: <<http://www.br.com.br/wps/wcm/connect/2b25800043a79d82ba8abfecc2d0136c/fispq-quim-arom-tolueno.pdf?MOD=AJPERES>>. Acesso em: 31 out. 2016.

## Avançando na prática

### Doença ocupacional na lavoura de cana-de-açúcar

#### Descrição da situação-problema

Um trabalhador de usina de cana-de-açúcar apresenta pneumoconiose (doença pulmonar causada pela inalação de substâncias químicas). Qual tipo de gás, vapor, névoa, neblina ou aerodispersóides pode ter causado esta doença? Quais devem ser as medidas de controle?



## Lembre-se

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) devem ser dimensionados de acordo com a via de penetração e também de acordo com o tamanho da partícula, para que o filtro utilizado na máscara seja eficaz.

O uso de máquinas e tratores equipados com cabine com ar condicionado e filtro pode ser uma boa alternativa, pois bloqueiam a poeira externa do operador.

### Resolução da situação-problema

No trabalho com a cana-de-açúcar, o contato com os resíduos secos pode gerar a bagaçose, que é uma pneumoconiose.

Na inalação de resíduos secos do bagaço da cana-de-açúcar há muitos fungos. Um deles pode causar uma reação alérgica. Assim, por ser uma doença alérgica, nem todos os trabalhadores expostos desenvolverão a doença, somente aqueles com hipersensibilidade a este fungo.

Como medida de controle, EPIs como máscaras de pó devem ser utilizados para se evitar a exposição, de acordo com o tamanho estimado da partícula de bagaço a qual o trabalhador está exposto. Além disso, treinamentos devem ser feitos de forma a orientar os trabalhadores do risco que podem correr.



## Faça você mesmo

Identifique outros trabalhos que possam deixar trabalhadores expostos a gases, vapores, névoas ou aerodispersóides.

Identifique meios de controle para estas exposições.

## Faça valer a pena

**1.** Na toxicologia, na amostragem de indivíduos expostos, os resultados vão ser distribuídos em uma curva gaussiana da seguinte forma:

a) A maioria dos indivíduos apresentará resposta próxima da média (centro da curva), uma quantidade pequena de indivíduos apresentará respostas menos expressivas (à esquerda da curva) e também haverá uma quantidade pequena com respostas mais expressivas (à direita da curva).

b) A maioria dos indivíduos apresentará resposta próxima da média (à direita da curva), uma quantidade pequena de indivíduos apresentará respostas menos expressivas (centro da curva) e também haverá uma quantidade pequena com respostas mais expressivas (à esquerda da curva).

c) A maioria dos indivíduos apresentará respostas próximas da média (à esquerda da curva), uma quantidade pequena de indivíduos apresentará respostas menos expressivas (centro da curva) e também haverá uma quantidade pequena com respostas mais expressivas (à direita da curva).

d) A maioria dos indivíduos apresentará resposta próxima da média (à direita da curva), uma quantidade pequena de indivíduos apresentará respostas menos expressivas (à esquerda da curva) e também uma quantidade pequena com respostas mais expressivas (centro da curva).

e) A maioria dos indivíduos apresentará respostas próximas da média (à direita da curva), uma quantidade pequena de indivíduos apresentará respostas menos expressivas (centro da curva) e também haverá uma quantidade pequena com respostas mais expressivas (à esquerda da curva).

**2.** Conhecendo-se uma relação importante em toxicologia pode-se determinar a conexão entre um ambiente com agentes químicos e as consequências da exposição a este ambiente, estabelecer a menor dose admissível e estimar a evolução do dano causado à saúde com o tempo.

Que relação é esta?

- a) Relação resposta-efeito.
- b) Relação dose-doença.
- c) Relação resposta-doença.
- d) Relação dose-resposta.
- e) Relação dose-exposição.

**3.** Na toxicologia, como são classificados os gases e vapores?

- a) Fatais, asfixiantes e anestésicos.
- b) Irritantes, asfixiantes e anestésicos.
- c) Irritantes, não fatais e anestésicos.
- d) Irritantes, asfixiantes e fatais.
- e) Irritantes, asfixiantes e não fatais.

# Seção 2.3

## Exposição ocupacional

### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora você iniciará seus estudos sobre exposição ocupacional.

Nesta seção você conhecerá mais sobre a exposição ocupacional a agentes químicos, quais são os agentes com insalubridade por limite de tolerância e como funcionam as inspeções em locais de trabalho. Para uma melhor compreensão desta seção, serão necessários conhecimentos básicos em química e das seções anteriores deste livro.

Vamos voltar ao caso hipotético de José, que trabalha há muito tempo em uma indústria de tintas e está exposto a agentes químicos. Ele apresenta sinais de intoxicação e a empresa em que trabalha irá realizar uma atividade de avaliação de exposição de forma a identificar os agentes da intoxicação.

Diante desse exemplo, você saberia dizer se José está em uma atividade insalubre? Como isto poderia ser determinado? Para entender melhor a situação de José, você deverá conhecer mais sobre exposição ocupacional.

### Não pode faltar

#### Exposição ocupacional de agentes químicos

Conforme visto nas seções anteriores deste livro didático, o ambiente de trabalho pode estar sujeito a várias exposições a agentes químicos. Deve ser feita a análise qualitativa seguida da análise quantitativa da exposição, de forma a determinar os agentes químicos presentes no ambiente e os níveis de exposição. Devem ser consideradas também as vias de penetração que os agentes químicos usam para chegar ao organismo. Em casos específicos, medidas de controle devem ser tomadas (podem incluir a análise de biomarcador para se fazer uma melhor avaliação das ações).



Limite de tolerância é a concentração ou intensidade máxima de exposição que não causará danos à saúde em um ambiente de trabalho.



Acesse o site a seguir para ter acesso a Norma Regulamentadora nº 15 e seus anexos, que serão tratados na sequência. Disponível em: <<http://www.mtps.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>>. Acesso em: 31 out. 2016.

Figura 2.7 | Amostra – Quadro 1 do Anexo nº 11 da Norma Regulamentadora nº 15

**Quadro nº 1**  
**TABELA DE LIMITES DE TOLERÂNCIA**

AGENTES QUÍMICOS	Valor teto	Absorção também para pele	até 48 horas/semana		Grau de insalubridade a ser considerado no caso da sua caracterização
			ppm*	mg/m3**	
Acetaldeído			78	140	Máximo
Acetato de Cellosolve			78	420	médio
Acetato de éter monoetilico de etileno glicol (vide acetato de Cellosolve)			–	–	–
Acetato de etila			310	1090	mínimo
Acetato de 2-etóxi etila (vide acetato de Cellosolve)			–	–	–
Acetileno			axfixiante	simples	–
Acetona			780	1870	mínimo
Acetonitrila			30	55	Máximo
Ácido acético			8	20	médio
Ácido cianídrico		+	8	9	Máximo
Ácido clorídrico	+		4	5,5	Máximo

Consulte a Tabela de Limites de Tolerância completa a partir da página 2, Quadro 1 do Anexo nº 11 da Norma Regulamentadora nº 15. <<http://www.mtps.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO11.pdf>>. 31 out. 2016.

As substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho podem ser dispostas em sete grupos distintos de acordo com as substâncias presentes na Norma Regulamentadora nº 15:

- **Grupo 1 - Substâncias de ação generalizada sobre o organismo**

Para este grupo, os efeitos serão determinados pela quantidade

de substância tóxica absorvida. São a maioria dos agentes presentes no Quadro 1 do Anexo nº 11 da NR-15. O valor limite de tolerância é obtido pela média ponderada, ou seja, os valores amostrados até podem exceder o valor máximo (limite de tolerância), mas devem ser compensados por concentrações inferiores durante a jornada de trabalho de forma que, ao final da jornada, a média da quantidade de agente químico esteja abaixo do valor máximo estipulado. Não há nenhuma marcação nas colunas "Valor teto" e "absorção também pela pele" (Figura 2.7). Alguns exemplos: amônia, chumbo, monóxido de carbono.

- **Grupo 2 - Substâncias de ação generalizada sobre o organismo, que também podem ser absorvidas por via cutânea**

Os limites de tolerância são estabelecidos para via respiratória, porém, em virtude desses agentes químicos serem absorvidos também pela pele, pelos olhos e pelas mucosas, a proteção para estas outras vias de penetração é necessária. Da mesma forma que o grupo 1, estas substâncias também podem ter o limite de tolerância excedido em medidas pontuais mantendo a média abaixo do valor máximo. Tem marcação na coluna "absorção também pela pele" (Figura 2.7). Exemplos: anilina, benzeno, fenol, tolueno.

- **Grupo 3 - Substâncias de efeito extremamente rápido**

Diferentemente dos grupos 1 e 2, estas substâncias não podem ter o limite de tolerância excedido em nenhuma hipótese durante toda a jornada de trabalho. O valor médio não será válido se em alguma medição os valores excederem o limite de tolerância. Tem marcação na coluna "Valor teto". Exemplos: ácido clorídrico, cloreto de vinila, formaldeído.

- **Grupo 4 - Substâncias de ação extremamente rápida, que também podem ser absorvidas por via cutânea**

Nesse grupo, além dos valores limites não poderem em nenhuma hipótese serem ultrapassados, são necessárias medidas de proteção para se evitar a absorção por via cutânea (EPIs). Tem marcação nas colunas "Valor teto" e "Absorção também pela pele". Exemplos: álcool n-butílico, m-butilamona, monometil hidrazina e sulfato de dimetila.

- **Grupo 5 - Asfixiantes simples**

São gases e vapores em alta concentração que descolam o

oxigênio e não causam efeitos fisiológicos importantes. Exemplos: acetileno, argônio, hélio, hidrogênio.

- **Grupo 6 – Poeiras minerais**

Composto por substâncias que podem causar pneumoconiose. Estão descritas no Anexo nº 12. Exemplos: asbestos ou amianto (limite de tolerância é de quatro fibras maiores que 5 mm/cm<sup>3</sup>), sílica livre cristalizada (que tem quatro limites de tolerância fixados, de acordo com o método utilizado para avaliação) e manganês e seus compostos.

- **Grupo 7 – Substâncias cancerígenas**

São substâncias que foram cientificamente identificadas como causadoras de câncer, tendo induzido o câncer em testes com animais. Substâncias deste grupo presente no Anexo nº 13 da NR-15 não permitem nenhum tipo de contato. Assim, o processo em que estas substâncias são utilizadas deve ser totalmente isolado e os trabalhadores totalmente protegidos de qualquer contato. Exemplos: 4 - amino difenil (p-xenilamina); produção de benzidina; betanaftilamina; 4-nitrodifenil.

### **Agentes químicos com insalubridade por limite de tolerância**

A Norma Regulamentadora nº 15 - Atividades e Operações Insalubres, e seus anexos definem os agentes insalubres e os limites de tolerância para caracterizar atividades e operações insalubres.

Serão consideradas atividades insalubres aquelas executadas em condições nas quais a exposição acima dos limites a agentes nocivos à saúde do trabalhador está acima dos limites de tolerância predeterminados.

De forma geral, são consideradas atividades ou operações insalubres as que se desenvolvem acima dos limites de tolerância previstos nos Anexos nº 1, 2, 3, 5, 11 e 12. Esta exposição poderá acontecer pela intensidade da concentração, pelo tempo de exposição sem o uso das medidas de controle necessárias, ou mesmo pela própria natureza da exposição.

Assim, serão necessárias medidas de acompanhamento e controle sobre estas atividades consideradas insalubres e para estas medidas de controle a higiene ocupacional tem papel de extrema importância.



Higiene ocupacional: é a ciência que avalia, analisa e antecipa os riscos ocupacionais, de forma a prevenir e controlar as ameaças, por meio da promoção de medidas corretivas e preventivas, protegendo, assim, a saúde e o bem-estar dos indivíduos no ambiente de trabalho.

A higiene ocupacional é composta por algumas fases:

- **Antecipação:** identifica os riscos no ambiente de trabalho. É uma atividade qualitativa.
- **Reconhecimento:** analisa os riscos envolvidos, mas matérias-primas e as fases iniciais e finais de um processo. Também é um processo qualitativo.
- **Avaliação:** esta fase está diretamente relacionada à NR-15, pois nela serão quantizados os agentes químicos e estabelecidos os limites de tolerância no ambiente de trabalho.

Para uso da NR-15 deverão ser considerados os períodos de exposição para as diversas normas usadas no Brasil, dentre as principais estão as consideradas exposições de longo prazo e curto prazo.

- **Exposições de longo prazo:**
  - o Limites de tolerância média ponderada no tempo (LT-MPT) para 8h/dia e até 48h/semana.
  - o ACGIH: TLV – TWA (threshold limit value - time weight average): limite de exposição – média ponderada pelo tempo - é a concentração média ponderada pelo tempo de exposição para a jornada de 8h/dia, 40h/semana, sem apresentar efeitos prejudiciais à saúde.
- **Exposições de curto prazo:**
  - o Limite de tolerância – valor teto para até 48h/semana: medições instantâneas.
  - o ACGIH: TLV-Ceiling (limite de exposição valor teto): 8h/dia e 40h/semana – ACGIH: medições instantâneas.
  - o ACGIH: TLV-STEL (short time exposure limit: limite de exposição em espaço curto de tempo): medições de 15 minutos e instantâneo.

Estes valores de curto prazo devem ser analisados cuidadosamente, pois não podem ser excedidos em nenhuma hipótese. Esta informação está disponível no Anexo nº 11 da Norma Regulamentadora nº 15, conforme Figura 2.7, com símbolo “+” na coluna “valor teto”.

Além destes valores, devem ser considerados também o valor máximo permitido (disponível no Quadro 2 do Anexo nº 11 da Norma Regulamentadora nº 15, Figura 2.8).

Figura 2.8 | Quadro 2 do Anexo nº 11 da Norma Regulamentadora nº 15

Valor máximo = L.T. x F. D.

em que:

L.T. = limite de tolerância para o agente químico, segundo o Quadro nº 1.

F.D. = fator de desvio, segundo definido no Quadro nº 2.

QUADRO Nº 2			
L.T.			F.D.
(PP,	OU	mg/m <sup>3</sup> )	
0	a	1	3
1	a	10	2
10	a	100	1,5
100	a	1000	1,25
acima	de	1000	1,1

Fonte: <<http://www.mtps.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO11.pdf>>. Acesso em: 30 jun 2016.



## Exemplificando

**Exemplo 1:** Agente químico: acetaldeído

Foram feitas quatro amostragens:

1ª amostragem: 4 horas a 70 ppm.

2ª amostragem: 2 horas a 60 ppm.

3ª amostragem: 3 horas a 55 ppm.

4ª amostragem: 1 hora a 65 ppm.

A atividade é insalubre?

Resposta: do Anexo nº 11 da NR-15 vem: Acetaldeído = 78 PPM/sem valor de teto. Portanto, usa-se a média ponderada:

$$MPT = (4 \times 70 + 2 \times 60 + 3 \times 55 + 1 \times 65) / (4 + 2 + 3 + 1) = 63$$

Pela média ponderada a atividade é salubre.

Porém, para valores de média ponderada, deve-se analisar também o valor máximo:  $VM = L.T \times F.D.$

Pela Figura 2.8, para o valor de 78 ppm o fator de desvio será 1,5. Assim:

$$VM = L.T \times F.D = 78 \times 1,5 = 117.$$

O valor máximo não foi ultrapassado também nas amostragens. Portanto, a atividade é considerada **salubre**.

### **Exemplo 2:** Agente químico: ácido clorídrico

Foram feitas quatro amostragens:

1ª amostragem: 4 horas a 2 ppm.

2ª amostragem: 2 horas a 3 ppm.

3ª amostragem: 3 horas a 5 ppm.

4ª amostragem: 1 hora a 4 ppm.

A atividade é insalubre?

Resposta: do Anexo nº 11 da NR-15 vem ácido clorídrico = 4 PPM (valor de teto).

O valor da média ponderada não será considerado, uma vez que este agente tem valor de teto e nenhuma amostragem poderia ter ficado acima do valor de 4 ppm, o que não aconteceu na amostragem 3. Portanto, a atividade é considerada **insalubre**.

Na terceira coluna do Quadro 1 na Figura 2.7 ("Absorção também pela pele"), estão marcados com o símbolo "+" os agentes químicos que também podem ser absorvidos pela pele, necessitando assim de EPIs adequados de proteção.



### **Refleta**

O fornecimento de EPIs aos funcionários elimina a insalubridade em uma atividade de exposição a agentes químicos?

Tecnicamente os EPIs eliminam os riscos de exposição a agentes químicos, porém, para que sejam efetivos, devem ser usados corretamente e devem ser observadas as condições de conservação dos equipamentos.

O que pode validar a utilização e a eficácia de EPIs são exames periódicos que detectem valores de exposição abaixo dos limites de tolerância.

### **Inspeção no local de trabalho**

A inspeção no local de trabalho é importante na detecção de ambientes expostos a agentes químicos e pode determinar, assim, atividades insalubres. Na NR-15, no Anexo nº 11 constam os agentes químicos que têm insalubridade dada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho e o Anexo nº 13 lista os agentes químicos que têm insalubridade dada pela inspeção no local de trabalho. Desta forma, para a detecção de atividades insalubres, a inspeção no local de trabalho é fundamental.

Ela pode antecipar acidentes com agentes químicos, determinar o

grau de exposição e, assim, estabelecer o nível de tolerância.

De forma geral, o objetivo da inspeção no ambiente de trabalho é detectar problemas que comprometam a saúde e a segurança do nesse ambiente. No âmbito da toxicologia, esta inspeção irá detectar agentes químicos presentes no ambiente e que possam oferecer perigo aos trabalhadores.

## Sem medo de errar

Após estudar a exposição ocupacional de agentes químicos, vamos voltar ao caso hipotético de José, que trabalha há muito tempo em uma indústria de tintas e está exposto a agentes químicos. Ele apresenta sinais de intoxicação e a empresa em que trabalha irá realizar uma atividade de avaliação de exposição de forma a identificar os causadores de intoxicação.

José está em uma atividade insalubre? Como isto poderia ser determinado?

Para responder esta questão, vamos analisar as informações na NR-15, no Anexo nº 11, Quadro 1 e Quadro 2.

- Agentes químicos: tolueno.
- Valor teto: não.
- Absorção também pela pele: sim.
- Até 48 horas/semana ppm: 78.
- Até 48 horas/semana mg/m<sup>3</sup>: 290.
- Grau de insalubridade a ser considerado no caso de sua caracterização: média.
- F.D. = 1,5 (Quadro 2).

Com estas informações, podemos ver que o tolueno faz parte dos agentes presentes em atividades insalubres. Assim, caso seja detectado que José está exposto a doses maiores que 78 ppm (calculado pela média ponderada por tempo) ou exceda em alguma amostragem o valor máximo (78 ppm x 1,5 = 117 ppm), a atividade que exerce será caracterizada como insalubre.

Como já sabemos que José apresenta sintomas, ele deve estar recebendo e absorvendo uma dose prejudicial à sua saúde.

Deve ser feita a inspeção no local de trabalho de forma a se confirmar os valores de exposição observados. Mesmo que o problema de José seja resolvido, novas inspeções devem ser feitas como medida de acompanhamento e controle.



## Atenção

O tolueno não apresenta valor de teto, assim, medidas instantâneas superiores a 78 ppm são permitidas, porém, nesse caso, só não poderiam ficar acima do valor máximo de 117 ppm.

O tolueno é um dos agentes químicos que exigem dos usuários proteção para a pele durante o seu manuseio. Desta forma, José deve usar EPIs específicos para proteção da pele.

O contato com o tolueno sem a devida proteção é um fator que pode colaborar para intoxicação.

## Avançando na prática

### Atividade insalubre com monóxido de carbono

#### Descrição da situação-problema

Pedro trabalha em uma indústria e está sujeito à exposição do monóxido de carbono.

Será que Pedro corre risco de estar em uma atividade insalubre?



#### Lembre-se

Atividades insalubres são determinadas pela Norma Regulamentadora nº 15 - Atividades e Operações Insalubres, e seus 14 Anexos definem os agentes insalubres e os limites de tolerância para caracterizar atividades e operações nocivas.

#### Resolução da situação-problema

Analisando o Anexo nº 11 da Norma Regulamentadora nº 15, há a seguinte informação: "Nas atividades ou operações nas quais os trabalhadores ficam expostos a agentes químicos, a caracterização de insalubridade ocorrerá quando forem ultrapassados os limites de tolerância constantes do Quadro nº 1 deste Anexo."

No Quadro 1, há o monóxido de carbono com os valores máximos de 39 ppm, não tendo valor de teto e não sendo um agente químico absorvido também pela pele.

Assim, Pedro realmente pode estar em uma atividade insalubre, caso o valor medido seja superior ao valor de tolerância (que neste

caso é 39 ppm) ou alguma amostragem seja maior que o valor máximo (VM = L.T x F.D. = 39 x 1,5 = 58,5 ppm).



### Faça você mesmo

Com o auxílio do Anexo nº 11 da Norma Regulamentadora nº 15, identifique outros tipos de trabalhos que possam estar em atividades insalubres, também. Não se esqueça de observar se há valor de teto e se a absorção também pode ocorrer pela pele.

## Faça valer a pena

**1.** Para a determinação de atividades insalubres são utilizados uma norma reguladora e seus anexos. Qual norma é esta e quantos anexos ela possui?

- a) Norma Regulamentadora nº 15 com seus 14 anexos.
- b) Norma Regulamentadora nº 9 com seus 15 anexos.
- c) Norma Regulamentadora nº 16 com seus 10 anexos.
- d) Norma Regulamentadora nº 32 com seus 10 anexos.
- e) Norma Regulamentadora nº 1 com seus 14 anexos.

**2.** As substâncias presentes na Norma Regulamentadora nº 15 podem ser divididas em quantos grupos?

- a) 4 grupos.
- b) 5 grupos.
- c) 6 grupos.
- d) 7 grupos.
- e) 8 grupos.

**3.** As substâncias da Norma Regulamentadora nº 15, no grupo quatro, são substâncias de ação extremamente rápida e também podem ser absorvidas por via cutânea. Como estas substâncias podem ser detectadas no Quadro 1 do Anexo nº 11?

- a) Terão as marcações em “Valor teto” e limites de tolerância muito altos.
- b) Terão as marcações em “Valor teto” e limites de tolerância muito baixos.
- c) Terão as marcações em “Valor teto” e “Absorção também pela pele”.
- d) Terão as marcações em “Absorção também pela pele” e limites de tolerância muito altos.
- e) Terão as marcações em “Absorção também pela pele” e limites de tolerância muito baixos.

# Seção 2.4

## Análise de contaminantes químicos

### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora você iniciará seus estudos sobre análise de contaminantes químicos.

Nesta seção conhecerá mais sobre como são feitas as amostras e os equipamentos utilizados na amostragem e na análise de contaminantes químicos. Conhecerá também como os contaminantes químicos estão presentes nas atividades industriais. Para uma melhor compreensão desta seção, serão necessários conhecimentos básicos em química e conhecimentos das seções anteriores deste livro.

Vamos voltar ao caso hipotético de José, que trabalha há muito tempo em uma indústria de tintas e está exposto a agentes químicos. Ele apresenta sinais de intoxicação e a empresa em que trabalha irá realizar uma atividade de avaliação de exposição de forma a identificar os causadores da intoxicação.

Diante deste exemplo, você saberia dizer como seriam feitas as análises do ambiente de trabalho de José? Quais método e equipamento seriam utilizados?

Para entender melhor a situação de José, você deverá conhecer a análise de contaminantes químicos.

### Não pode faltar

#### Amostras e análise de contaminantes químicos

Antes de começar o processo de análise de contaminantes químicos, deve-se fazer o levantamento dos contaminantes químicos presentes no ambiente para a correta especificação dos métodos e equipamentos para a amostragem.

O principal objetivo da coleta de amostras de contaminantes químicos é quantizar a exposição no ambiente de trabalho.

Para que a amostragem seja correta, alguns fatores são importantes.

Um destes fatores é o **tempo de amostragem**. As características típicas de cada contaminante químico ou agente químico, juntamente com o estudo da jornada de trabalho, vão determinar o tempo de amostragem. A amostra deve durar tempo suficiente para coletar o mínimo de material para a análise.

Outro fator importante é a **repetição da amostragem**. Novamente as características dos contaminantes e as características da jornada de trabalho e do próprio ambiente de trabalho vão determinar a repetição da amostragem, podendo ser feita mais de uma vez em um dia ou em dias diferentes. De forma geral, elas devem ser feitas respeitando as condições de um dia normal de trabalho em períodos em que a exposição é efetiva. As repetições são importantes, pois diminuem as flutuações que podem ocorrer durante o processo industrial.

Além dos fatores tempo e repetição, o **tipo de amostragem** e o **tipo de equipamento** utilizados também são importantes.

Figura 2.9 | Equipamentos para amostragem pessoal



Fonte: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b6/Cologne\\_Germany\\_Industrial-work-with-Personal-Protective-Equipment-04.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b6/Cologne_Germany_Industrial-work-with-Personal-Protective-Equipment-04.jpg)> e [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Personal\\_Dust\\_Monitor\\_NIOSH\\_2010.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Personal_Dust_Monitor_NIOSH_2010.jpg)>. Acesso em: 30 out. 2016.

Em relação ao tipo de amostragem usada na medição, ela pode ser do **tipo pessoal** (Figura 2.9, à esquerda, amostrador de  $H_2S$  no colete do trabalhador e à direita, amostrador pessoal de poeiras), em que o equipamento de medição é colocado no indivíduo, que permanece com ele durante toda a sua jornada de trabalho. A amostragem pode ser também do **tipo fixa** (Figura 2.10, amostradores de  $O_2$  e  $CO$ ), colocada no ambiente de trabalho na mesma área de exposição dos trabalhadores.

Figura 2.10 | Equipamentos para amostragem fixa



Fonte: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gas\\_detector.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gas_detector.jpg)> e <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/CO-W%C3%A4chter\\_-\\_Dr%C3%A4ger.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/28/CO-W%C3%A4chter_-_Dr%C3%A4ger.jpg)>. Acesso em: 31 out. 2016.

Em relação à duração da amostragem, as amostras podem ser **instantâneas** ou do **tipo contínua**. A instantânea é utilizada para a detecção de valores de pico, motivo pelo qual ela é realizada em curto intervalo de tempo (alguns minutos). A contínua, por outro lado, é utilizada para a medição ponderada de tempo, conforme método visto na seção anterior deste livro.

Os amostradores utilizados na amostragem podem ser passivos ou ativos.

Os **amostradores ativos** utilizam o método de passagem forçada de ar (por meio de bombas) para detectar os contaminantes.

Figura 2.11 | Amostrador com valores instantâneos

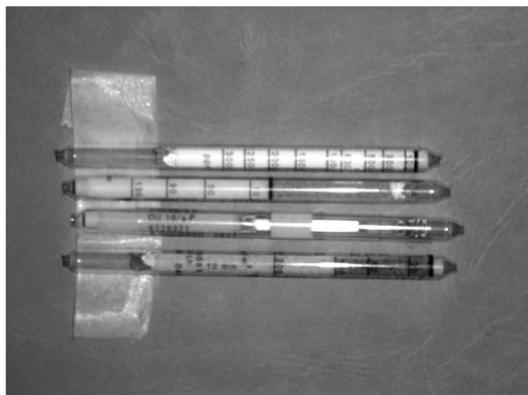


Fonte: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dräger\\_x-am\\_7000\\_mit\\_stab.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dräger_x-am_7000_mit_stab.jpg)> e <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dräger\\_x-am\\_7000\\_display.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dräger_x-am_7000_display.jpg)>. Acesso em: 31 out. 2016.

Os equipamentos para medições ativas realizam a amostragem e a análise no próprio equipamento e no ambiente de exposição

indicando, assim, a concentração do agente químico (Figura 2.11). Estes equipamentos podem ser usados nas análises de gases, vapores e aerodispersóides. As vantagens desse equipamento são a rapidez e a facilidade com que realiza medidas e as desvantagens são a pouca precisão e a possibilidade dos resultados sofrerem interferência de outros contaminantes.

Figura 2.12 | Amostrador com valores instantâneos



Fonte: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/48/Draeger\\_tubes\\_showing\\_air\\_quality\\_test\\_results\\_DSC09470.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/48/Draeger_tubes_showing_air_quality_test_results_DSC09470.JPG)>. Acesso em: 31 out. 2016.



### Exemplificando

Os amostradores ativos, como na Figura 2.11, devem apresentar um método para fácil obtenção do resultado. Para tanto, há amostradores colorimétricos (uma reação química resultará em uma cor indicando a concentração. Exemplos: filtros de papel e tubos indicadores com reagentes sólidos), amostradores elétricos (um sensor elétrico que se alterará pelas propriedades do contaminante), amostradores eletromagnéticos (utilizam processos de radiação ultravioleta, visível e infravermelho na análise do contaminante) e outros tipos como térmicos e magnéticos.

Na amostragem com tubos colorimétricos (Figura 2.12) haverá um tubo para cada contaminante químico. Eles devem ser utilizados em equipamentos apropriados e tem a vantagem de apresentarem o valor da concentração (indicado por meio de cores) instantaneamente.

Para amostras que são analisadas em laboratórios, há equipamentos que coletam diretamente as amostras de ar, conservando-as até serem analisadas. Esse tipo de amostragem é particularmente importante quando não se conhecem todos os agentes presentes no ambiente, porém necessitam de uma quantidade mínima para que as análises laboratoriais sejam eficientes.



## Refleta

Equipamentos que coletam o ar para uma posterior análise em laboratórios são bons, pois não necessitam de manipulação destas amostras por estarem retidas no próprio equipamento, o que previne contaminações. Porém, podem ter uma baixa relação custo-benefício, pela necessidade de serem utilizados durante toda a jornada.

O método mais utilizado para a análise é o método ativo com uso de coletores, preparado em laboratório de acordo com o contaminante a ser analisado. Os coletores utilizados nesta amostragem podem ser: solução absorvente (retenção em meio líquido), membranas porosas ou filtros (são utilizados na coleta de aerodispersóides) e sólidos adsorventes (moléculas de contaminantes concentram-se em uma superfície sólida de carvão ativado ou sílica gel).

Além da amostragem ativa citada, há também a **amostragem passiva**.

Na amostragem passiva, os amostradores passivos não usam bombas e o ar passa naturalmente pelo equipamento. As amostras são obtidas e armazenadas para análise posterior em laboratório (Figura 2.13). As vantagens são o fácil manuseio, uma vez que não requerem mão de obra qualificada e que os equipamentos mais simples são leves por não utilizarem bombas. As desvantagens são as seguintes: só podem ser utilizadas na amostragem de gases e vapores e sua eficiência pode ser comprometida por variações de temperatura, pressão e pela velocidade do ar, entre outros fatores.

A qualidade das amostras e das análises é um fator importante. Para que ela seja atingida, alguns pontos são essenciais, como a qualidade dos dados amostrados e a qualidade dos resultados do laboratórios. Além disso, é imprescindível que os dados tenham uma quantidade de amostra significativa para uma conclusão.

Figura 2.13 | Teste de amostras de ar em laboratório



Fonte: <[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/US\\_Navy\\_060207-N-3019M-003\\_Lt\\_Kyle\\_Lim%2C\\_industrial\\_hygiene\\_officer\\_assigned\\_to\\_Navy\\_Environmental\\_and\\_Preventative\\_Medicine\\_Unit\\_Six\\_%28NEPMU-6%29%2C\\_tests\\_an\\_air\\_sample\\_for\\_contaminants.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/af/US_Navy_060207-N-3019M-003_Lt_Kyle_Lim%2C_industrial_hygiene_officer_assigned_to_Navy_Environmental_and_Preventative_Medicine_Unit_Six_%28NEPMU-6%29%2C_tests_an_air_sample_for_contaminants.jpg)>. Acesso em: 31 out. 2016.

É importante que a amostragem seja feita em grupos de trabalhadores que executem as mesmas atividades e condições de exposição semelhantes.



#### Assimile

O grau de confiabilidade da amostra será maior com o aumento da amostragem.

### Contaminantes químicos em processos industriais

Os contaminantes químicos estão presentes em várias atividades e processos industriais. As poeiras geradas nos processos industriais são fonte de exposição em ambientes industriais.

A seguir, alguns exemplos de contaminantes e em que são utilizados.

O **arsênio** está presente em atividades industriais e agrícolas. Na atividade agrícola, ele é usado como praguicida e herbicida. Na indústria, ele é liberado no ar como resultado do processo de fundições de minérios e da fabricação de vidros. A maior fonte de exposição ocorre na fundição de metais não ferrosos através de fumos e poeiras.

O **cádmio** está presente em atividades que envolvem refino de minério de zinco, chumbo e ferro, na indústria de cimento,

na fabricação de pigmentos de tinta, na indústria de baterias para eletrônicos e nos processos de galvanização. Sua principal via de penetração é a respiratória.

O **chumbo** está presente em atividades de soldagem, na fabricação de joias e armas, nas cerâmicas, no polimento, pintura e fabricação de vidros. O chumbo também está presente na fabricação de ligas como bronze e latão.

O **mercúrio** é utilizado na fabricação de instrumentos e aparelhos eletrônicos, na odontologia (amálgamas utilizadas em restaurações odontológicas), e na fabricação de lâmpadas e termômetros. Podem ocorrer também exposições acidentais através de acidentes em laboratórios industriais que contenham frascos de mercúrio ou equipamentos que usem mercúrio, como barômetros, por exemplo.

A **platina** também é utilizada em ligas odontológicas. Ela é usada também na fabricação de catalisadores para a indústria automotiva e na fabricação de joias.

O **níquel** é utilizado em várias ligas metálicas na indústria, como nos processos de galvanização. A principal fonte de exposição são os próprios processos de produção do níquel que geram poeiras, fumos e aerossóis. Há exposição também em fundições, atividades com solda, e na indústria de baterias para eletrônicos.

O **cobre** está exposto em processos de fundição, mineração e solda. Os fumos gerados destes processos industriais podem ser inalados causando problemas à saúde.

O **tolueno** é usado na indústria de tintas, laca, colas e produtos de limpeza, entre outros, além de ser utilizado na fabricação de outros produtos químicos. Ele é um solvente muito utilizado em vários processos industriais. A via de penetração principal é a respiratória seguida pela via cutânea.

A exposição ocupacional ao **alumínio** ocorre durante sua atividade de mineração e processamento e também em atividades de solda com alumínio que geram fumos.

O **zinco**, assim como o alumínio, está exposto no seu processamento de mineração e fundição. Pode ocorrer exposição na atividade industrial ainda pelo uso do cobre galvanizado e de canos plásticos que apresentam alta concentração de zinco.

Na indústria de fabricação de baterias para eletrônicos é utilizado

o **lítio**, que também é utilizado na fabricação de catalisadores, na indústria espacial e em materiais fotográficos.

○ **tricloroetileno** é usado na indústria como solvente e desengordurante para metais.

○ **benzeno** é um derivado do petróleo e é utilizado na fabricação de outros produtos químicos.



Pesquise mais

Leia o artigo: **Avaliação da exposição a metais numa oficina de recuperação de armamento de uma organização militar**. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232009000600036](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232009000600036)>. Acesso em: 12 dez. 2016.

## Sem medo de errar

Após estudar a análise de contaminantes químicos, vamos voltar para a situação de José, apresentada no “Convite ao estudo”.

José trabalha há muito tempo em uma indústria de tintas e está exposto a agentes químicos. Ele apresenta sinais de intoxicação e a empresa em que trabalha irá realizar uma atividade de avaliação de exposição de forma a identificar os causadores da intoxicação.

Neste exemplo você saberia dizer como poderiam ser feitas as análises do ambiente de trabalho de José? Quais método e equipamento poderiam ser utilizados?

Antes de respondermos a esta questão, voltaremos à seção anterior para confirmarmos as informações sobre o tolueno: ele não apresenta valor de teto e, por isso, a média ponderada deve ser realizada pelo tempo. A amostragem deve ser, então, do tipo contínua (não deve ser instantânea) de forma a se ter a média ponderada ao final do período de amostragem e, conforme citado na seção anterior, a média deverá ser de até 78 ppm, desde que nenhuma amostragem ultrapasse 117 ppm, que é o valor máximo permitido.

Conforme citado no tópico “Não pode faltar”, o método mais utilizado é a amostragem ativa, que utiliza o modo forçado de passagem de ar para detectar, neste caso, o tolueno.

Poderá ser feita amostragem pessoal ou fixa dependendo da disponibilidade de equipamentos.



### Atenção

Lembre-se que o grau de confiabilidade da amostra será maior com o aumento da amostragem. Assim, José deverá ter toda a sua jornada de trabalho monitorada por equipamentos individuais ou fixos, de modo que o resultado da exposição seja confiável.

Outros agentes podem estar presentes também no ambiente e necessitem de outros métodos de amostragem e análise. O Anexo nº 11 da Norma Reguladora nº 15 é muito importante para especificação do método e análise do resultado.

## Avançando na prática

### Amostras e análise de sulfeto de hidrogênio (H<sub>2</sub>S)

#### Descrição da situação-problema

Francisco trabalha em uma indústria e está sujeito à exposição por sulfeto de hidrogênio.

Qual deverá ser o método de amostragem para Francisco?



### Lembre-se

Consulte o Anexo nº 11 da Norma Reguladora nº 15 para analisar os resultados amostrados.

#### Resolução da situação-problema

O equipamento de amostragem deverá ser do tipo pessoal, como mostrado na Figura 2.9, à esquerda (amostrador de H<sub>2</sub>S), que monitorará o H<sub>2</sub>S, somente. Caso seja necessário o monitoramento de outros agentes, pode ser utilizado o equipamento mostrado na Figura 2.11 (amostrador com valores instantâneos), que demonstra até quatro contaminantes químicos.

Consultando o Anexo nº 11 da Norma Reguladora nº 15, temos: "sulfeto de hidrogênio (vide gás sulfídrico)".

O valor do gás sulfídrico (usado para H<sub>2</sub>S) deverá ser 8 ppm máximo.

Como não apresenta valor de teto, os valores devem ser feitos pela média ponderada de tempo.

Com o Anexo nº 11 da Norma Reguladora nº 15 vem o fator de desvio (para 8 ppm = 2). Assim, o valor máximo será:  $8 \times 2 = 16$  ppm.



### Faça você mesmo

Utilizando o Anexo nº 11 da Norma Reguladora nº 15, identifique outros ambientes de trabalho para amostragem ativa ou passiva, utilizando equipamentos de amostragem pessoal ou fixa e analise os resultados.

Agentes químicos com valor teto, por exemplo, deverão usar amostragem instantânea.

## Faça valer a pena

**1.** Na amostragem e análise de contaminantes químicos, quais fatores são essenciais para determinar o tempo de amostragem?

- As características do ambiente de trabalho e a quantidade de trabalhadores no local.
- A quantidade de amostradores disponíveis para o ambiente de trabalho a ser analisado.
- As características típicas do contaminante químico e o estudo da jornada de trabalho.
- As ocorrências de acidentes com contaminantes químicos ocorridas no ambiente de trabalho.
- A capacidade de absorção dos equipamentos a serem utilizados na amostragem e análise.

**2.** Na amostragem e análise de contaminantes químicos, as características dos contaminantes e as características da jornada de trabalho e do próprio ambiente de trabalho vão determinar a repetição da amostragem. Qual é a importância desta repetição no resultado final da amostragem?

- Para verificar erros nos processos industriais durante o período de medições.
- Para que os trabalhadores se acostumem com os equipamentos, facilitando próximas amostragens.

- c) Para detectar novos contaminantes químicos presentes no ambiente durante a amostragem.
- d) As repetições diminuem as possíveis flutuações que podem ocorrer no processo industrial.
- e) Para testar equipamentos de amostragem e substituí-los em caso de medidas divergentes.

**3.** Há vários tipos de amostragem de contaminantes químicos. Qual é o tipo de amostragem em que os equipamentos são fixados no trabalhador durante toda a jornada de trabalho?

- a) Amostragem do tipo pessoal.
- b) Amostragem do tipo fixo.
- c) Amostragem do tipo flexível.
- d) Amostragem do tipo móvel.
- e) Amostragem do tipo ambiental.

# Referências

- ANTUNES, P. B. **Dano ambiental**: uma abordagem conceitual. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2015.
- BAIRD, C.; CANN, M. **Química ambiental**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.
- CARVALHO, Geraldo de. **Enfermagem do trabalho**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- KLAASSEN, C. D. **Fundamentos em toxicologia de Casarett e Doull**. 2. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- MARCÃO, R. **Tóxicos**: Lei n. 11.343, de 23 de agosto de 2006: anotada e interpretada. 10. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.
- MICHEL, O. R. **Toxicologia ocupacional**. Rio de Janeiro: Revinter, 2000.
- MINISTÉRIO do Trabalho e Previdência Social. **Norma Regulamentadora Nº 15 - Atividades e Operações Insalubres**. 2015. Disponível em: <<http://www.mtps.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/normaregulamentadora-n-15-atividades-e-operacoes-insalubres>>. Acesso em: 29 abr. 2016.
- OLSON, K. R. **Manual de toxicologia clínica**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- PASSAGLI, M. **Toxicologia forense**: teoria e prática. 4. ed. São Paulo: Millennium, 2013.
- STANLEY, E. M. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2015.



# Epidemiologia

## Convite ao estudo

A Unidade 1 estudou as noções de toxicologia, sua evolução histórica e sua relação com a segurança do trabalho. Abordou também as substâncias prejudiciais à saúde e todos os laboratoriais utilizados para a detecção de intoxicações. A Unidade 2, por sua vez, tratou da análise de risco e dos controles envolvidos na exposição a agentes tóxicos, desenvolvendo conceitos sobre insalubridade e descrevendo análises de contaminantes químicos.

Esta unidade irá tratar da epidemiologia e de sua importância na prevenção e no controle de doenças. O objetivo desta unidade será entender como a epidemiologia usa os recursos disponíveis no levantamento das doenças de uma determinada população e como este estudo é importante para a manutenção da saúde. É importante frisar que muitos dos conceitos obtidos nas unidades anteriores são de extrema importância para o entendimento da epidemiologia, uma vez que ela utiliza vários conceitos e estudos já citados neste livro didático.

Para melhor entendimento deste conteúdo, a seguir será apresentada uma situação hipotética, visando aproximar os conteúdos teóricos da prática.

Miguel trabalha há muito tempo em uma refinaria de petróleo. Ele vem apresentando sintomas de intoxicação pela exposição a agentes químicos em seu ambiente de trabalho. Conversando com outros colaboradores, ele descobriu outros casos iguais ao seu no mesmo ambiente de trabalho. Ouviu também relatos de trabalhadores que apresentaram sintomas iguais aos dele alguns anos atrás.

Depois de detectar esse problema, agentes da segurança do trabalho farão um levantamento epidemiológico na refinaria.

Para que os agentes de segurança desempenhem um bom trabalho, o conhecimento de epidemiologia, que será tratado nas próximas seções desta unidade, será fundamental.

Sendo assim, vamos nos aprofundar no conhecimento sobre epidemiologia.

Bons estudos!

# Seção 3.1

## Epidemiologia na toxicologia

### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora você iniciará seus estudos sobre epidemiologia na toxicologia.

Nesta seção você conhecerá os principais conceitos envolvidos na epidemiologia e sua relação com a toxicologia. Conhecerá também sua importância na manutenção da saúde e na prevenção de doenças, além de alguns casos de doenças ocupacionais tratadas na epidemiologia.

Vamos voltar ao caso hipotético de Miguel e de outros colaboradores da refinaria que apresentam sintomas de intoxicação. Agentes de segurança vão fazer um estudo epidemiológico da refinaria. Neste exemplo, você saberia dizer qual é a importância do estudo epidemiológico no ambiente de trabalho? Para entender essa importância, você deverá conhecer a epidemiologia e sua relação com a toxicologia.

### Não pode faltar

#### Epidemiologia

Os primeiros estudos em epidemiologia surgiram muito tempo atrás, há mais de 2000 anos quando Hipócrates identificou fatores ambientais que influenciavam doenças. Somente no século XIX as doenças foram medidas em grupos de pessoas, o que marcou o início formal da epidemiologia.



#### Assimile

**Epidemiologia:** é a ciência que estuda os padrões da ocorrência de doenças em populações humanas e os fatores determinantes desses padrões (LILIENTFELD, 1980).

Uma das primeiras observações epidemiológicas foi feita por John Snow. Em Londres, no período de 1848 a 1854, havia muitos casos de cólera. John Snow analisou os casos de morte de acordo com o abastecimento de água e detectou que ocorreram mais mortes entre a população abastecida por uma determinada companhia (Figura 3.1). Assim, ele comprovou que a cólera, uma doença infecciosa, era transmitida pela água contaminada. Depois disso, John ainda propôs melhorias no suprimento de água. Seus estudos ajudaram também as políticas de saúde pública.



Refleta

Apesar de todos os avanços, inclusive na área da epidemiologia, casos de cólera ainda acontecem em populações de países mais carentes, como é o caso de Angola. Em 2006, o país teve mais de 40 mil casos de cólera, chegando a 1.600 mortes.

Figura 3.1 | Mapa utilizado por John Snow no estudo da epidemia de cólera em Londres



Fonte: <<http://goo.gl/p2U0x9>>. Acesso em: 2 nov. 2016.

Outro caso marcante na história foi o acidente na baía de Minamata no Japão (tratado na Unidade 1, Seção 1.4 deste livro didático), que causou uma série de envenenamentos graves por metilmercúrio.

Este foi o primeiro relato de epidemia por envenenamento com metilmercúrio pela contaminação de peixes.



### Exemplificando

A epidemiologia teve papel fundamental no desastre de Minamata.

Os primeiros casos foram confundidos com meningite infecciosa. Porém, foi observado que a maioria dos pacientes morava próximo à baía da Minamata. Além disso, os estudos epidemiológicos identificaram que as pessoas com a doença pertenciam a famílias de pescadores e se alimentavam basicamente de peixes. Pessoas que não se alimentavam de peixe, ou se alimentavam de pequena quantidade, não apresentavam sintomas. Assim, pôde-se concluir que alguma contaminação nos peixes estava desencadeando a intoxicação.

A epidemiologia atual é uma ciência nova e usa métodos quantitativos. Estudos feitos nos anos de 1950 por Richard Doll e Andrew Hill mostraram a relação do cigarro com o aparecimento do câncer de pulmão em médicos britânicos. Estudos anteriores mostravam os danos causados pelo tabaco. Da mesma forma, posteriormente, observou-se que médicos não fumantes tiveram uma redução nas mortes por câncer.

De forma geral, o objetivo da epidemiologia é sempre o estudo de uma população em um determinado momento. Têm-se aqui as variáveis de tempo e espaço. No caso da toxicologia ocupacional, este estudo poderia ser de um grupo de trabalhadores em uma indústria por algumas semanas, por exemplo. Porém, nessa população, os resultados medidos em um ano podem ser diferentes dos medidos em outro ano (variação no tempo) e também pode haver variação de uma indústria para outra (variação de espaço). Desta forma, deve-se estabelecer uma população e um período de tempo para o estudo.

A epidemiologia estuda a interação saúde-doença em um grupo de pessoas, que pode variar de pequenos grupos até grandes populações, relacionando as informações de saúde da população com as atividades exercidas no trabalho. O estudo da epidemiologia também é importante na prevenção e controle das doenças, melhorando assim a saúde dos trabalhadores.

A maioria das doenças é causada por interseção com fatores

ambientais. Assim, a definição de ambiente é ampla e inclui vários fatores: biológicos, físicos, químicos etc. A epidemiologia analisa esse ambiente e o comportamento da população incluída nele, buscando alternativas para prevenir o aparecimento de doenças. Além disso, no estudo da epidemiologia, o histórico de doenças de uma população é também importante, ajudando a entender melhor as doenças e contribuindo para sua prevenção e tratamento.

Os critérios para determinação de uma doença podem ser: os sintomas e sinais, históricos clínicos, resultado de exames e testes. Por exemplo, a asbestose (doença provocada pela inalação de partículas de asbesto) pode ser determinada por alterações pulmonares.

Os critérios relacionados às doenças estão também em constante evolução, acompanhando a evolução da ciência e de suas novas descobertas. Por exemplo, o uso de equipamentos na saúde alterou padrões de diagnósticos, como a análise de mais componentes do sangue, que leva a diagnósticos melhores e mais detalhados.

Um fator importante usado no cálculo da ocorrência de doenças é a quantidade de pessoas expostas. Esse fator é passível de erros em muitos estudos. Alguns, por exemplo, não são coerentes e incluem homens em pesquisas de doenças tipicamente femininas, ou vice-versa. Veremos mais sobre esse fator futuramente.

## Conceitos em epidemiologia

Agora vamos ver alguns conceitos importantes usados em epidemiologia.

O primeiro conceito importante é mais básico: o conceito de **saúde**. A Saúde foi definida pela Organização Mundial de Saúde (OMS) em 1948 como: “um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a mera ausência de doença”.

A **Incidência** é definida como novos casos de doenças que ocorreram sobre uma população e a **Prevalência** é definida como a soma de todos os casos (novos e velhos) sobre uma população. São essas as duas formas básicas de se medir doenças em uma população. Uma doença pode ter alta prevalência e baixa incidência, ou vice-versa.



## Exemplificando

Baixa incidência e alta prevalência: hipertensão (muitos casos no geral, mas poucos casos novos).

Alta incidência e baixa prevalência: gripe (poucos casos no geral, mas muitos casos novos para um determinado período de tempo em uma população).

A **Letalidade** representa o quão letal é uma doença, ou seja, a proporção de mortes em uma população em um intervalo de tempo. Já a **Mortalidade** é o uso dos dados de morte, por meio de registros de óbitos e registros hospitalares, considerando idade, sexo, local de nascimento, residência etc. Os dados de mortalidade exigem um resultado confiável da análise do óbito. Essa taxa é usada para levantar o histórico de uma população e em vários outros estudos, como os utilizados na OMS.



## Refleta

Nem todos os países conseguem levantar corretamente os dados de óbitos para a OMS. Isso ocorre devido à precariedade na obtenção e na própria estrutura de saúde dos países mais pobres. A incoerência desses dados apresenta valores não reais, além de não colaborar de forma eficiente para a detecção e prevenção dos problemas de saúde nesses mesmos países.

A **expectativa de vida** é a estimativa do número de anos que se espera que os indivíduos de uma população possam viver, em média, mantendo-se outros itens atuais da população, como a mortalidade.

Outro conceito usado é a **morbilidade** que é a quantidade de pessoas com uma determinada doença em relação à população em estudo. Dados de morbilidade são especialmente úteis em casos de doenças de baixa letalidade, como a caxumba, por exemplo.

Baseado nesses conceitos, o estudo epidemiológico em população é feito. Porém, esse estudo está sujeito ainda a **erros** em vários níveis. A epidemiologia tem como objetivo fornecer resultados precisos, mas erros podem acontecer em diversos níveis do estudo: erros divergentes no valor do estudo (por exemplo, no valor da população), variações fisiológicas individuais, amostragens erradas, erros nas medições, mau

dimensionamento da população a ser amostrada, seleção de indivíduos para a amostragem na população, e classificação errada de doenças são alguns erros possíveis.

No estudo da epidemiologia, também há a **epidemiologia ambiental e ocupacional**: o ambiente de vida e trabalho influencia o aparecimento de doenças e a degradação da saúde. A exposição a agentes ambientais pode ser quantificada como uma "dose" que é usada para estabelecer relações dose-efeito e dose-resposta.

A epidemiologia ambiental fornece as bases para o entendimento das relações entre agentes ambientais e saúde da população. E a epidemiologia ocupacional trata dos fatores no ambiente de trabalho. A epidemiologia ocupacional trata da população efetivamente ativa, pessoas jovens e adultas e com aptidões para exercer algum tipo de trabalho. De forma geral, essas pessoas não apresentam nenhum problema de saúde quando iniciam o trabalho nesse ambiente de exposição. Já na epidemiologia ambiental, a população em estudo é composta também de crianças e pessoas idosas, que são mais sensíveis que pessoas jovens e adultas no ambiente de trabalho. Esse fator é importante na elaboração de ações em relação aos resultados encontrados, já que se tratam de populações distintas. Na epidemiologia ocupacional, é possível utilizar a monitoração do indicador biológico para determinar uma possível contaminação por agentes químicos.

O principal objetivo da epidemiologia ambiental e ocupacional é avaliar medidas preventivas para reduzir a exposição a agentes causadores de doenças, por meio do estudo das doenças em uma população.

Fatores de risco são geralmente resultado de trabalhos em indústrias e agricultura que trazem desenvolvimento ao país e à população como um todo. Porém, a exposição de trabalhadores a agentes causadores de doenças deve ser analisada e as epidemiologias ambientais e ocupacionais mostram-se muito eficientes para essa análise.

Por intermédio do estudo da epidemiologia, é possível estabelecer:

- A origem de uma determinada doença na população.
- O histórico de saúde da população, por meio de estudos frequentes.
- O nível de saúde da população.
- A eficiência das medidas de controle e prevenção de doenças.

## Especificidade da epidemiologia

Na sequência, alguns casos de doenças ocupacionais abordados na epidemiologia.

Tuberculose: estima-se que no mundo haja um bilhão de pessoas com tuberculose ativa, oito milhões de novos casos e três milhões de mortes anuais. Ela ocorre na infecção, devido a número excessivo de bacilos e/ou diminuição da resistência imunológica. Pode ocorrer também a tuberculose secundária, gerada por uma nova infecção. Ela pode ser considerada uma doença ocupacional em trabalhos com poeira de sílica ou silicose.

Carbúnculo: é uma zoonose causada pelos *Bacillus anthracis*. Ataca pelas vias cutânea, respiratória e gastrointestinal. Ocorre em todo o mundo na forma de epidemias. É decorrente da exposição ao bacilo em atividades industriais, artesanais, na agricultura e em laboratórios.

Brucelose: ocorre pela exposição ocupacional às bactérias *Brucella melitensis*, *Brucella abortus*, *Brucella suis* e *Brucella canis*. Há exposição em frigoríficos e manipulação de carne.

Leptospirose: é uma zoonose ubiqüitária (encontra-se em vários lugares) causada por espiroquetas patogênicas do grupo *Leptospiracea*. Ocorre exposição ocupacional em trabalhadores que têm contato com água ou solo contaminados pela urina dos animais portadores.

Tétano: doença causada pela neurotoxina do *Clostridium tetani*. A exposição ocupacional é comum na agricultura e em acidentes de trabalho de outras áreas. O bacilo é encontrado na natureza em solos, espinhos de arbustos, galhos de árvores, em pregos enferrujados e instrumentos de trabalho, em fezes de animais e agulhas não esterilizadas.

Psitacose, Ornitose ou doenças dos tratadores de aves: doença produzida pela *Chlamydia psittaci* e pela *Chlamydophila pneumoniae*. A exposição se dá pelo contato com aves como periquitos, papagaios, pombos, patos, perus e canários, por exemplo. A transmissão é feita inalação de fezes dessecadas e disseminadas na poeira. Estão expostos trabalhadores em criadouro de aves, clínicas veterinárias, zoológicos e laboratórios.

Dengue: doença aguda epidêmica causada por um dos Flavivírus

da dengue. Pode ser considerada ocupacional pela exposição ao mosquito (*Aedes*, mosquito transmissor). Trabalhadores em zonas de epidemia, que trabalham na saúde pública e em laboratórios estão expostos.

Febre amarela: doença febril causada pelo Flavivírus da febre amarela. Trabalhadores em florestas estão expostos. Assim como a dengue, o mosquito transmissor também é o *Aedes*.

Neoplasia maligna do estômago: exposição ocupacional ao asbesto (ou amianto) é um dos principais fatores de desenvolvimento do câncer gástrico. Em epidemiologia, estudos mostram de 30% a 100% mais ocorrências de câncer de estômago em populações expostas ao asbesto. Há ainda estudos epidemiológicos em andamento sobre trabalhos em minas de carvão, refinarias de petróleo e indústrias de borracha.

Angiossarcoma do fígado: tumores malignos no fígado são causados em sua maioria por carcinomas primitivos. Exposição ao arsênio, esteroides anabólicos, dióxido de tório e o monômetro de cloreto de vinila estão presentes nas fábricas de cloro de vinila e produção de PVC, entre outros.

Neoplasia maligna dos brônquios: o câncer nos brônquios pode sofrer influência da exposição ao arsênio e seus compostos, e também ao amianto. Mesmo pequenas exposições por longos períodos podem ser prejudiciais, como por exemplo, encanadores que estão expostos constantemente ao amianto.

Neoplasia maligna dos ossos e cartilagem: ocorre em trabalhadores expostos à radiação ionizante em fábricas e oficinas de relógio que contenham tintas luminescentes. Esta tinta contém radium e sulfeto de zinco, agentes causadores desse tipo de doença.

Mesoteliomas da pleura, do peritônio e do pericárdio: exposição ao asbesto através de roupas contaminadas que eram usadas em fábricas e chegavam à residência dos trabalhadores.

Neoplasia maligna da bexiga: exposição a hidrocarbonetos aromáticos policíclicos estão associados a essa doença.

Síndrome mielodisplásica: são doenças clonais adquiridas da célula primordial hematopoiética. Exposição ao benzeno nas indústrias químicas e petroquímicas está associada a essa síndrome.

Anemia hemolítica adquirida: a anemia é caracterizada pela diminuição da quantidade de hemoglobina no sangue. Exposição aos derivados nitrados e aminados do benzeno, arsina, chumbo, mercúrio, cobre e manganês podem agravar esse quadro.

Hipotireoidismo: doença que provoca a redução na circulação do hormônio tireoidiano (HT). Pode ser causada por exposição a chumbo, hidrocarbonetos halogêneos, tiourea, entre outros.



**Pesquise mais**

Leia este artigo sobre as bases históricas da Epidemiologia que cita inclusive o caso de John Snow e a epidemia de cólera em Londres.

Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X1986000300004](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X1986000300004)>. Acesso em: 2 nov. 2016

## Sem medo de errar

Após estudar a epidemiologia e sua relação com a toxicologia, vamos voltar à situação da refinaria onde Miguel trabalha.

O estudo de epidemiologia é de extrema importância para a detecção e prevenção de doenças. E deve envolver vários fatores, pois é importante determinar a saúde da população dessa refinaria e não somente o caso isolado de Miguel. Para isso, deve-se:

- Analisar os dados de inventários para determinar agentes que podem ser avaliados qualitativamente e quantitativamente.
  - Determinar a quantidade de trabalhadores expostos.
  - Identificar o uso correto de EPIs.
  - Investigar o histórico de trabalhadores intoxicados no passado, como relatado anteriormente. Saber se medidas foram tomadas e se foram efetivas.
    - Pode ser feita também a análise por Indicador Biológico.
    - Fazer o levantamento das taxas de Mortalidade, Letalidade e Morbidade dos trabalhadores dessa refinaria.
  - Buscar em centros de atendimento por notificações de casos de intoxicação já ocorridos nessa refinaria e sintomas apresentados.

- Determinar a saúde da população dessa refinaria.
- Identificar pontos de exposição.
- Associar os dados obtidos e propor medidas de controle.

Após coleta e análise dos itens acima, fazer nova análise para determinar a eficiência das medidas de controle.



### Atenção

A confiabilidade dos dados levantados nessa refinaria será de extrema importância para a equipe de segurança do trabalho, de forma a se ter um resultado epidemiológico confiável.

Pode-se perceber que o levantamento de dados é a parte mais importante de todo o estudo epidemiológico.

## Avançando na prática

### Descrição da situação-problema

Foi feito um trabalho epidemiológico em uma indústria com exposição ao chumbo da seguinte forma: levantamento dos agentes químicos, medições de exposição, análise de EPIs, históricos das intoxicações com chumbo em centro de atendimento de saúde, taxa de mortalidade.

Após os resultados encontrados, medidas de controle foram tomadas. Porém, mesmo após essas medidas, ainda foram encontrados alguns casos de intoxicação.

O que poderia ser melhorado no método?



### Lembre-se

Estudos epidemiológicos estão susceptíveis a erros e podem comprometer o resultado final e, conseqüentemente, as medidas de controle.

### Resolução da situação-problema

A epidemiologia está sujeita a erros em vários níveis. Assim, deve-se atentar para a confiabilidade dessa análise. Outro fator importante, que não é necessariamente obrigatório, é a análise de Indicador

Biológico. Conforme visto nas unidades anteriores, esses indicadores são feitos geralmente por sangue e urina, usam a NR 7 (lembrando que, para o chumbo, o exame pode ser feito por sangue e urina e o indicador biológico será chumbo, ácido delta aminolevulínico ou zincoprotoporfirina). Com a análise do indicador biológico, o resultado das medidas pode ser aferido com mais eficiência.



### Faça você mesmo

Identifique como podem ser desenvolvidos os estudos epidemiológicos em outros ambientes de trabalho com um ou mais agentes expostos. É importante lembrar que, para uma melhor eficiência e acompanhamento da saúde da população, esse estudo deve ser contínuo.

### Faça valer a pena

**1.** Um dos primeiros estudos em epidemiologia foi feito por John Snow. Que epidemia John Snow estudou?

- a) A epidemia de Tuberculose em Portugal, entre 1832 e 1836.
- b) A epidemia de Malária na África, entre 1840 e 1850.
- c) A epidemia de Gripe na Espanha, entre 1850 e 1855.
- d) A epidemia de Peste Negra na Itália, entre 1835 e 1837.
- e) A epidemia de Cólera em Londres, entre 1848 e 1854.

**2.** A epidemiologia teve papel fundamental no desastre de Minamata. A respeito desse fato é correto afirmar:

- I. Os primeiros casos foram confundidos com cólera.
- II. A epidemiologia identificou que a maioria dos pacientes morava próxima à baía da Minamata.
- III. Os estudos epidemiológicos identificaram que as pessoas com a doença pertenciam à família de pescadores e se alimentava, basicamente, de peixes
- IV. De acordo com os estudos epidemiológicos, pode-se concluir que alguma contaminação nos peixes estava desencadeando a intoxicação.

Estão corretas somente as afirmações:

- a) II, III e IV
- b) I e II

- c) III e IV
- d) I e IV
- e) I, II, III e IV

**3.** Estudos epidemiológicos feitos nos anos de 1950 por Richard Doll e Andrew Hill mostraram a relação ..... com o aparecimento ..... em médicos britânicos. Posteriormente, médicos ..... tiveram uma redução nas mortes por essa doença.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas no texto acima:

- a) da poluição, de câncer de pulmão, menos expostos.
- b) de medicamentos, de ataque cardíaco, que utilizam plantas medicinais.
- c) do cigarro, de câncer de pulmão, não fumantes.
- d) do clorofórmio, de problemas de pele, que não utilizam clorofórmio.
- e) do vício em endorfina, taquicardia, tratados após o vício.

## Seção 3.2

### Toxicovigilância

#### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora você iniciará seus estudos sobre toxicovigilância.

Nesta seção você conhecerá o conceito de toxicovigilância e a principal utilização da epidemiologia no estudo das doenças em uma população, além de conceitos de investigação etiológica que também são utilizados na epidemiologia.

Vamos voltar ao caso hipotético de Miguel e de outros colaboradores da refinaria que apresentam sintomas de intoxicação. Agentes de segurança vão fazer um estudo epidemiológico da refinaria. Nesse exemplo, você saberia dizer em qual doença essa situação se enquadraria (doença esporádica, conglomerado temporal, endemia, epidemia, surto epidêmico ou pandemia)? Como a epidemiologia pode ser utilizada nesse caso? Para responder a essas questões, você deverá conhecer a toxicovigilância e os principais usos da epidemiologia.

#### Não pode faltar

A toxicovigilância usa um processo ativo na identificação, investigação e análise de risco em uma população.



#### Assimile

De acordo com o Centro de Vigilância Sanitária (Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo/Coordenadoria de Controle de Doenças), Toxicovigilância é o conjunto de medidas e ações que tem por finalidade conhecer a ocorrência e fatores relacionados às intoxicações e promover a sua prevenção ou controle.

Um programa de toxicovigilância deve usar os recursos disponíveis numa população, sejam municipais, estaduais ou federais, para atender às necessidades de cada área.

Para que o método de vigilância seja eficaz, é preciso realizar um levantamento de dados e depois analisá-los utilizando um estudo epidemiológico.

A Associação Internacional de Epidemiologia (IEA), foi fundada em 1954 por John Pemberton, da Grã-Bretanha, e Harold N. Willard, dos Estados Unidos. Ela estabelece três principais objetivos da epidemiologia:

- Identificar como estão distribuídos os problemas de saúde presentes nas populações mundiais e qual a gravidade deles.
- Gerar os dados necessários para planejar, executar e avaliar as ações de prevenção, controle e tratamento das doenças, assim como priorizar essas ações.
- Identificar o fatores causadores de doenças.

Vamos agora analisar onde a epidemiologia pode ser usada.

### **Principais usos da epidemiologia**

A epidemiologia descritiva é o estudo da epidemiologia que tem por objetivo compreender o comportamento de uma doença em uma população, levantando- hipóteses entre as causas e efeitos dessas doenças.

Após essas hipóteses serem levantadas, o próximo passo é a validação, que é um estudo analítico da situação.

A análise na epidemiologia está ligada a determinar as relações etiológicas e de causa. Desta forma, os problemas de saúde em uma população devem ser analisados a partir de algumas características que são estipuladas anteriormente à fase de análises.

A epidemiologia pode ser usada para definir as doenças e as formas de ocorrência em uma população: doenças esporádicas, conglomerados temporais, endemia, epidemia, surto epidêmico e pandemia, conforme descrição a seguir.

**Doenças esporádicas:** são casos raros e isolados de uma doença não prevista em uma população.

**Conglomerados temporais:** um grupo de casos com um fator comum, dentro de um intervalo igual de tempo, a partir de um evento de origem.

**Endemia:** neste caso as doenças apresentam sempre as

mesmas variações na incidência, sendo regular e constante. Assim, uma mesma população será acometida por essa doença sistematicamente.

**Epidemia:** são casos de doenças que aumentam inesperadamente em relação a históricos anteriores. Esse aumento é sem controle, rápido e por um período de tempo.

**Surto epidêmico:** é definido quando mais de dois casos de uma determinada doença apresentam inter-relação com uma população próxima, como edifícios, bairros e comunidades. Nessa situação, os casos têm a mesma fonte de contágio e também acontecem no mesmo momento.

**Pandemia:** doenças em escala nacional, afetando várias populações. Exemplo de pandemia foram os casos de H1N1 no mundo em 2009 (Figura 3.2).

Figura 3.2 | Pandemia de Gripe H1N1 no mundo em 2009



Fonte: <<http://goo.gl/YQfqn5>>. Acesso em: 2 nov. 2016



### Exemplificando

Alguns exemplos de acordo com formas de ocorrência em uma população:

**Conglomerados temporais:** Leptospirose

**Doenças esporádicas:** Peste

**Endemia:** Febre Amarela e Malária

**Epidemia:** Dengue

**Pandemia:** uma estirpe do vírus Influenza A do subtipo H1N1 foi a gripe de 1918 (gripe espanhola), causada pelo vírus influenza que se espalhou por quase toda parte do mundo.

Epidemias ou surtos epidêmicos são ocasionados por dois fatores. O primeiro fator é o aumento na quantidade de pessoas suscetíveis a certa doença em uma população. Com isso, a doença se espalha rapidamente. O outro fator são as alterações ambientais na população que podem favorecer a transmissão dessas doenças.



**Refleta**

A ocorrência de um ou mais casos de doenças tidas como não existentes em uma população é justificativa para se iniciar um estudo epidemiológico, visando diagnosticar e adotar medidas de controle para essa doença.

Visto que a epidemiologia é uma ciência que estuda os padrões da ocorrência de doenças em populações humanas e os fatores determinantes desses padrões, é possível aplicá-la para estudar qualquer evento relacionado à saúde de uma população.

A epidemiologia pode ser aplicada desde a descrição das condições de saúde, as causas das doenças, o impacto das consequências de uma doença, até a avaliação da eficiência dos serviços de saúde. Desta forma, a epidemiologia se mostra de extrema importância no entendimento da real condição de saúde de uma população.

A seguir, serão listados outros usos da epidemiologia:

**Diagnóstico da situação de saúde:** com base em dados quantitativos corretamente gerados, é feita a análise das condições de saúde de uma população. Essa análise pode ser feita por uma única condição (uma característica, ou fator de risco na população), por um grupo de condições (doenças infecciosas na população), ou ainda de forma geral. Esse diagnóstico tem como objetivo levantar os dados que possam explicar a variação dessas doenças na população e apontar ações de melhoria na qualidade de vida, além de identificar possíveis carências e possíveis causas dos problemas encontrados.

Neste aspecto, pode ser usada a epidemiologia descritiva (variação de eventos que ocorrem na população). Dois aspectos são importantes: a abrangência do diagnóstico e a seleção de indicadores de saúde.

**Determinação do risco:** risco em toxicologia é a probabilidade de que um perigo seja percebido sobre certas condições de uso ou exposição. O risco pode ser calculado pela probabilidade de um incidente vir a ocorrer futuramente devido à exposição a um ou mais riscos.

Este item será tratado de forma mais detalhada na próxima seção.

**Melhoramento nas descrições de quadros clínicos:** algumas doenças só são perfeitamente entendidas através de estudos epidemiológicos bem direcionados sobre uma população. Essas melhorias podem ser feitas através da observação de casos, que facilitem a melhor identificação de suas características específicas. Exemplo: doença de chagas.

**Determinação de prognósticos:** prevê o desenvolvimento no quadro clínico de uma doença após sua instalação. Este item também será tratado em maiores detalhes na próxima seção.

**Identificação de síndromes e classificação das doenças:** com o estudo da evolução das doenças, pode-se encontrar padrões diferentes que podem melhor classificar doenças antes entendidas com apenas um padrão no passado. A coleta de dados ajudará na identificação das doenças já existentes e também a criar novas classificações.

**Verificação da precisão nos processos de diagnóstico:** a precisão dos resultados da investigação epidemiológica individual dos diagnósticos garante que esses resultados possam ser usados de forma a se entender melhor uma situação coletiva. Para que isso aconteça, uma validação da informação coletada, de forma que se possa validar o diagnóstico de acordo com a real situação da doença em análise, deverá ser realizada. Também deve haver uma confiabilidade no poder de repetição dos resultados para que se possa obter resultados similares em testes futuros.

**Organização e planejamento dos serviços:** através do estudo epidemiológico, deverão ser tomadas decisões para a organização e para o planejamento de serviços. Para uma melhor eficiência na definição dos serviços, devem ser analisados no estudo

epidemiológico: as características e os fatores de riscos da população; o quanto os problemas de saúde estão presentes na população; os recursos financeiros e humanos disponíveis; a relação entre os fatores de risco na população.

**Análise das técnicas, serviços e programas:** com o desenvolvimento da tecnologia e da ciência, há uma maior oferta de recursos disponíveis para serem utilizados na modernização dos sistemas de saúde. No entanto, isso pode representar também um fator oneroso no sistema, assim, devem ser analisados os benefícios efetivos no sistema, para que os recursos tenham resultados efetivos, diminuindo, assim, eventuais perdas de recursos humanos e financeiros.

**Análise de dados em trabalhos científicos:** o estudo contínuo das informações disponíveis é de extrema importância no melhoramento dos sistemas de saúde de forma geral. Um estudo epidemiológico deverá sempre estar atualizado com métodos e medições; ele não pode ficar ultrapassado sobre forte pena de decaimento na qualidade de vida de uma população. Porém, com uma crescente disponibilidade de informação, há de fazer uma análise de forma a se captar trabalhos científicos e métodos que tenham qualidade. Dessas características, deve-se destacar: os métodos empregados, os indicadores de saúde, a fonte dos dados, possíveis erros na coleta, dentre outras variáveis.

## **Investigação etiológica**

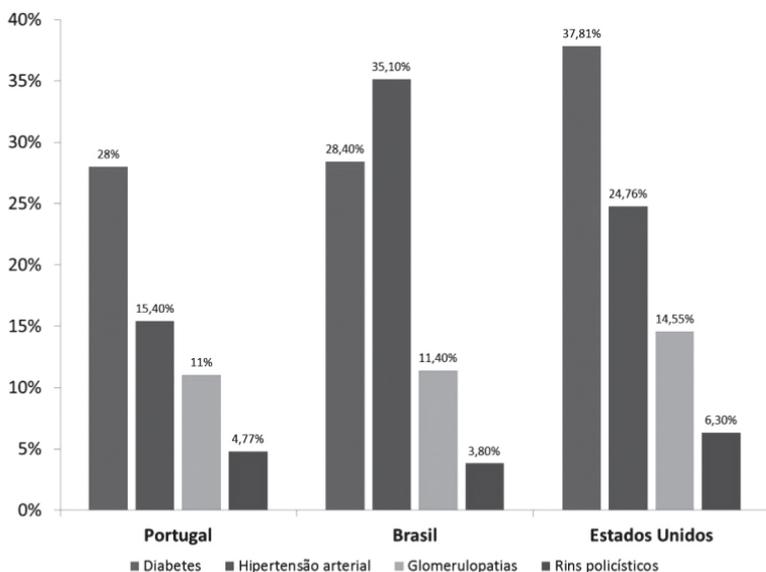
Quando investigações etiológicas buscam identificar a origem de um determinado objeto em estudo, podem ser usadas em diversas ciências, como a biologia, a psicologia e a medicina.

Assim, no uso em epidemiologia, o objetivo da investigação etiológica é a busca das causas para a ocorrência e para a distribuição dos eventos na população.

Pode-se ver na Figura 3.3 um exemplo de investigação etiológica, em que são mostradas as causas de doenças renais crônicas terminais no Brasil, em Portugal e nos Estados Unidos, com quatro causas identificadas como principais. São elas: a diabetes, a hipertensão arterial, as glomerulopatias (são infecções no glomérulo que são estruturas microscópicas do rim formadas por capilares, sendo a

principal estrutura responsável pela filtração do sangue) e os rins policísticos.

Figura 3.3 | Etiologia da DRC (Doença Renal Crônica) terminal no Brasil, Portugal e Estados Unidos



Fonte: <<http://goo.gl/s0hKva>>. Acesso em: 7 out. 2016.

Nas investigações etiológicas podem haver dois tipos de abordagem:

**Abordagem unicausal:** que relaciona uma causa a um efeito.

**Abordagem multicausal:** se houver muitos fatores envolvidos no processo etiológico causador de doenças, as ações de prevenção devem ser feitas em várias abordagens, atingindo assim uma maior quantidade de fatores possíveis.



### Exemplificando

**Exemplo de doença com abordagem unicausal:** a poliomielite pode ser erradicada por vacinação (é esperado que a doença seja eliminada caso a vacinação tenha sucesso).

**Exemplo de doença com abordagem multicausal:** doenças do pulmão estão relacionadas ao uso de tabaco, à poluição causada pelos automóveis

e pela indústria e também pela exposição ocupacional (há mais de um fator de causa da doença).



Pesquise mais

Leia o artigo:

**Perfil clínico, epidemiológico e etiológico de pacientes com pneumonia adquirida na comunidade internados em um hospital geral da microrregião de Sumaré, SP.** Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-37132011000200010](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132011000200010)>. Acesso em: 27 jun. 2016.

## Sem medo de errar

Após estudar a toxicovigilância e os principais usos da epidemiologia, vamos voltar para a situação da refinaria onde Miguel trabalha, apresentada no “Convite ao estudo”.

Nesse exemplo, como Miguel e outros funcionários apresentam sintomas de intoxicação, pelas definições apresentadas no item “Não pode faltar” desta seção, o caso pode ser definido como uma doença do tipo conglomerado temporal.

A epidemiologia pode se aplicar nas etapas de:

- Diagnóstico da situação de saúde: levantamento de dados na refinaria onde Miguel trabalha.
- Determinação do risco: risco envolvido nas atividades da refinaria.
- Melhoramento nas descrições de quadros clínicos: monitoração do caso de Miguel e de outros funcionários com os mesmos sintomas.
- Determinação de prognósticos: identificar como a doença se desenvolveu em Miguel e em toda a refinaria, caso se espalhe.
- Identificação de síndromes e classificação das doenças: identificar e confirmar a doença e suas possíveis variações;
- Verificação da precisão nos processos de diagnóstico: comprovar a veracidade dos dados coletados para o estudo epidemiológico.

- Organização e planejamento dos serviços: planejar as medidas de controle;
- Análise das técnicas, serviços e programas: analisar os recursos e as medidas disponíveis procurando encontrar a melhor opção.
- Análise de dados em trabalhos científicos: pesquisar mais sobre casos semelhantes e quais foram as medidas e os dados observados em trabalhos anteriores.
- Investigação etiológica: identificar a causa da doença em Miguel e em outros funcionários.



### Atenção

Conforme citado no item “Não pode faltar”, qualquer ocorrência de doença em uma indústria, neste caso, deve ser motivação para o início de um trabalho epidemiológico, conforme feito pelos agentes de segurança. Assim, quanto mais rápido os dados forem levantados, mais rapidamente as medidas de controle poderão ser tomadas e a doença erradicada ou pelo menos controlada.

## Avançando na prática

### Casos de Gripe H1N1 em uma indústria

#### Descrição da situação-problema

Foi identificado, em uma indústria de processamento de celulose, um funcionário com gripe H1N1.

Como a epidemiologia poderá ajudar nesse caso?



### Lembre-se

Uma doença presente em um indivíduo pode contaminar toda a população, podendo até tornar-se uma pandemia.

#### Resolução da situação-problema

Em casos isolados, com o uso de algumas das ferramentas da epidemiologia, é possível identificar em qual caso de H1N1 um indivíduo se enquadra. Como esse tipo de gripe apresenta risco de morte,

deverão ser tomadas medidas de controle para se evitar uma epidemia.

Como forma de prevenção, uma campanha de vacinação pode ser feita, considerando-se o período imunológico para a eficácia da vacina.

Com o uso da epidemiologia, pode-se ter um melhor entendimento da doença e de como ela pode se propagar para outros setores na indústria, o que pode causar efeitos mais catastróficos. Devem ser analisados, a partir dos dados obtidos, o número correto de pessoas contaminadas e o risco que as funções do trabalho apresentam para uma maior contaminação. Além disso, é preciso identificar as consequências de uma epidemia, buscar por métodos eficazes no combate ao contágio e, como resultado final, apresentar medidas efetivas de controle.



### Faça você mesmo

Identifique como podem ser aplicados os estudos epidemiológicos em outros ambientes de trabalho com um ou mais agentes expostos.

Identifique possíveis riscos de contaminação em escala maior, como uma pandemia, por exemplo.

## Faça valer a pena

**1.** A toxicovigilância usa um processo ..... nas ....., investigação e ..... em ..... Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas acima:

- a) passivo, identificação, análise de risco, uma região.
- b) ativo, identificação, análise de risco, uma população.
- c) ativo, suposição, análise de risco, uma região.
- d) passivo, suposição, análise de morte, uma região.
- e) ativo, identificação, análise de morte, uma população.

**2.** Instituição iniciada em 1954 por John Pemberton da Grã-Bretanha e por Harold N. Willard dos Estados Unidos que estabelece três principais objetivos: identificação, como é distribuído e a gravidade dos problemas de saúde presentes nas populações mundiais; geração de dados necessários para planejar, executar e avaliar as ações de prevenção, controle e tratamento

das doenças, assim como priorizar essas ações; identificação dos fatores causadores de doenças.

O texto acima se refere a qual instituição?

- a) Organização Continental de Toxicovigilância
- b) Organização Mundial de Epidemiologia
- c) Associação Internacional de Epidemiologia
- d) Associação Americana de Epidemiologia
- e) Associação Internacional de Toxicovigilância

**3.** Dos itens abaixo:

I. Doenças Esporádicas.

II. Endemia.

III. Epidemia.

IV. Pandemia.

Quais são usados para definir a ocorrência de doenças em epidemiologia?

- a) I, II, III e IV.
- b) Apenas I, II e III.
- c) Apenas I, II e IV.
- d) Apenas I e III.
- e) Apenas III e IV.

## Seção 3.3

### Epidemiologia e determinação na toxicologia

#### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora você iniciará seus estudos sobre epidemiologia e determinação na toxicologia.

Nesta seção você conhecerá mais sobre epidemiologia e sobre seu uso na determinação da toxicologia por meio da determinação dos riscos e da determinação de prognóstico. Para uma melhor compreensão desta seção, serão necessários os conhecimentos das seções anteriores deste livro.

Vamos voltar ao caso hipotético de Miguel e de outros colaboradores da refinaria que apresentam sintomas de intoxicação. Agentes de segurança farão um estudo epidemiológico na refinaria. Nesse exemplo, você saberia dizer como os estudos da determinação de risco e do prognóstico poderiam ajudar no estudo epidemiológico na refinaria?

Para entender melhor essa contribuição, você deverá conhecer mais sobre epidemiologia e determinação na toxicologia.

#### Não pode faltar

##### Determinação dos riscos

Para uma determinação de riscos, deve-se fazer primeiramente uma avaliação de risco.

O conceito de risco vem sendo adaptado ao longo do tempo e, para os dias atuais, ele tem um enfoque mais contemporâneo. Com o aumento da industrialização, a quantidade de trabalhadores na indústria também aumentou e, conseqüentemente, há um maior risco de exposição em ambientes de trabalho.

Muitos fatores levaram o conceito de risco a ser adaptado e aplicado às atividades modernas. As doenças do século passado, causadas pelo risco de determinadas atividades de trabalho, não existem mais em alguns casos.



Minas de carvão apresentavam muitos acidentes no passado, mas nos dias atuais esses casos diminuíram. Porém, atividades em refinarias que têm contato com derivados do petróleo apresentam risco crescente. Esses riscos não existiam no passado.

O risco é mais presente hoje para trabalhadores, pois, com o aumento da expectativa de vida, fatores até então desconsiderados no passado são observados visando a prevenção de doenças decorrentes de riscos em ambientes de trabalho para o alcance de uma expectativa de vida ainda maior.

O desenvolvimento da tecnologia criou novas atividades, métodos e processos e, conseqüentemente, novos riscos, como os radioativos, os químicos e os biológicos, que estão presentes na vida de milhões de pessoas.

Avanços em testes laboratoriais, estudos em epidemiologia e segurança do trabalho e simulações computacionais melhoraram a capacidade de se identificar melhor os riscos ou até mesmo descobrir riscos antes não conhecidos.

Análises quantitativas melhoram as decisões nos processos de gerenciamento de risco. Melhorias no serviço de saúde e na legislação, além da criação de agências públicas, são itens que melhoraram o entendimento e o desenvolvimento da avaliação de risco.

Casos que chegam até a área jurídica ajudam na evolução de medidas de avaliação de risco e de controle. Pessoas que se sentiam prejudicadas por riscos que corriam em seus trabalhos entraram com processos judiciais, o que favoreceu a jurisdição sobre o assunto.

O aumento do interesse pelo assunto por grupos ligados à indústria e à segurança do trabalho, por ambientalistas ou mesmo pelo público em geral, ajudou na evolução dos estudos envolvidos na avaliação de risco.

Na avaliação de riscos na toxicologia e epidemiologia, podem-se destacar algumas etapas importantes:

- **Identificação do perigo:** análise qualitativa e quantitativa das substâncias químicas presentes no ambiente de trabalho que apresentem risco à saúde.

- **Avaliar a relação dose-resposta:** a reação que as pessoas expostas apresentam em relação à certa dose de agente.
- **Avaliar a exposição:** identifica as situações que expõem os indivíduos a substâncias químicas e as doses presentes nessa exposição.
- **Caracterizar os riscos:** identificar os efeitos adversos que podem acontecer devido à exposição a substâncias químicas, apresentando também probabilidade de ocorrência nos indivíduos expostos. É importante, nesta fase, identificar a confiabilidade das informações levantadas.

A partir da última etapa (caracterização dos riscos) podem ser tomadas medidas de controle para o correto gerenciamento de risco.



### Assimile

O conceito de risco em epidemiologia está associado à probabilidade de um membro de uma população desenvolver uma determinada doença em um período de tempo.

Além da diferença do próprio conceito de risco, na epidemiologia o risco pode ser absoluto relativo ou atribuível.

**Risco absoluto** é a incidência de uma doença, ou seja, a intensidade com que a morbidade atinge uma população em um determinado intervalo de tempo.



### Exemplificando

Casos de câncer de pulmão podem ser de 5,6 por 10.000 pessoas em um dado ano (significa que um risco absoluto de uma pessoa ser acometida pelo câncer de pulmão é de 5,6/10.000)

O risco relativo é expresso pela razão entre o risco da doença em indivíduos exposto por indivíduos não exposto (Figura 3.4)

$$\text{Risco Relativo} = \frac{\text{Risco da doença em indivíduos exposto}}{\text{Risco da doença em indivíduos não exposto}}$$

Fonte: elaborada pelo autor.

A partir dessa relação, algumas conclusões podem ser obtidas: caso o risco relativo seja igual a um, pode-se considerar que o risco na população exposta equivale ao risco presente na população não exposta. Então, aparentemente, não há relação entre doença e a exposição. Caso o risco relativo seja maior que um, há mais casos de doenças na população exposta. Caso o risco relativo seja menor que um, a população exposta tem menos casos da doença que a população não exposta. Aparentemente, há alguma causa na exposição que pode proteger as pessoas de certo risco.



### Exemplificando

Risco relativo para câncer de pulmão = 4,5

(risco na população fumante) / (risco na população não fumante) = 4,5

Isso representa que o risco de se ter câncer de pulmão é 4,5 maior para a população fumante.

**Risco atribuível** é uma diferença entre riscos. A finalidade desse índice é indicar o quanto o risco a uma doença está associado a uma exposição específica. Por exemplo: usando-se a taxa de mortalidade por câncer de pulmão para não fumantes e subtraindo-se a taxa de mortalidade por câncer de pulmão na população, tem-se como resultado o risco atribuível.

Após a fase de análise de risco, pode-se fazer a determinação de risco.

De forma geral, a determinação de risco inclui uma análise de todos os resultados retirados da avaliação de risco (identificação de perigo, da avaliação da relação dose-resposta e da avaliação de exposição) para posteriormente se fazer as estimativas de risco para ambientes de exposição em estudo. Os objetivos são: identificar o perigo, avaliar a dose-resposta e a exposição, determinar a probabilidade de risco

para uma população e apresentar as incertezas e os erros presentes em uma avaliação.

A determinação de risco é uma parte importante em um posterior relatório de risco para um ambiente. A partir dos resultados da determinação de risco, recursos e estudos podem ser alocados para melhores controle e prevenção.

Cabe aos profissionais, nos processos de avaliação de risco, priorizar as questões mais importantes de acordo com o impacto que podem gerar em uma população.

Os resultados da avaliação de risco realizados na toxicologia podem ter se originado de experimentos laboratoriais e também de estudos epidemiológicos, mas algumas avaliações são feitas puramente em laboratório, quando não há estudos de base feitos em uma população para confirmar a exatidão dos valores encontrados. Assim, a confiabilidade pode não ser a melhor possível.

Os procedimentos para caracterizar os riscos são:

- Apresentar procedimentos para determinar riscos (baseado em relações dose e dose-resposta).
- Análise de todos os riscos envolvidos.
- Apresentar as descrições de todos os riscos.
- Apresentar possíveis erros e confiabilidade dos dados (identificar a confiabilidade, os resultados e orientações para futuras coletas de dados).

Devem ser feitas revisões nos resultados da determinação de riscos para evitar subestimá-los. Isso pode ocorrer em algumas situações:

- Se houver alguma limitação na avaliação de exposição ou rota de exposição no ambiente;
- Omissão de algum contaminante presente no ambiente em estudo.
- Amostragem de concentração em condições de não exposição.
- Contaminantes com níveis muito baixos de detecção.
- Rotas de exposição não detectadas na análise.

No estudo epidemiológico um método útil é o estudo de coorte.



**Estudo de coorte:** são estudos observacionais no qual indivíduos são selecionados segundo os tipos de exposição, sendo assim monitorados para a determinação de doenças.

O estudo de coorte na análise de risco tem como objetivo observar e analisar a relação existente entre a presença de fatores de riscos ou características e o desenvolvimento de doenças em uma população.

O estudo de coortes também é usado para avaliação da etiologia de doenças (ex.: associação entre fumo e câncer de pulmão), para a avaliação natural de doenças (ex.: evolução de pacientes HIV positivos), para o estudo de fatores prognósticos (ex.: marcadores tumorais e evolução de câncer), para o estudo de intervenções diagnósticas (ex.: impacto da realização de colpocitologia sobre a mortalidade por câncer de colo uterino), entre outros.

### **Determinação de prognóstico**

A determinação de risco deverá ser feita em uma população exposta a algum agente químico para indicar se essa população corre o risco do desenvolvimento de doenças. Assim, quanto maior a quantidade de pessoas expostas, maior a probabilidade de desenvolver doenças. Com o aparecimento de doenças, a determinação do prognóstico é importante.

O prognóstico em epidemiologia é definido como a forma como uma doença irá se desenvolver a partir do momento em que foi identificada. Ou seja, é um estudo complexo que envolve prever o futuro da doença em um indivíduo doente.

Há também o conceito de fatores prognósticos, que são características individuais associadas a uma doença. O conceito de fator prognóstico é parecido com o conceito de fatores de risco, com exceção do fato de que, no fator prognóstico, os pacientes são diferentes, pois os fatores prognósticos estudam pessoas doentes, e os fatores de risco usualmente estudam pessoas saudáveis. No fator de risco o resultado é a doença, no fator prognóstico o resultado é a doença e tudo que está envolvido no cenário.

Um estudo de prognóstico apresenta os seguintes itens:

- População e áreas predefinidas.
- Observação a partir de um determinado momento no tempo.
- Monitoração de todos os pacientes.
- Amostra significativa.
- Acompanhamento da doença.

A medida usada em prognóstico é uma taxa que representa a proporção de indivíduos que experimentam o evento final sobre os indivíduos doentes. Exemplo: sobrevida em anos (percentual de pacientes que sobrevivem em anos a partir da detecção da doença), letalidade (percentual de óbitos decorrentes da doença), mortalidade específica da doença (número de pessoas que morreram de uma doença específica), recorrência (percentual de pessoas que tiveram reincidência da doença) e remissão (percentual de pessoas que não apresentam mais a doença).



#### Refleta

Mais importante que estipular a sobrevida é medir a qualidade de vida. É fundamental que, além de ter um aumento nos anos de sobrevivência a uma doença, um indivíduo, acima de tudo, viva bem.

Para o estudo de sobrevida, por exemplo, a probabilidade de sobreviver é calculada da seguinte forma: a porcentagem é calculada pela razão entre pacientes que morrem em 1, 2, 3, 4 anos (ou a quantidade de anos determinada no estudo) pela quantidade total que sobreviveu para a quantidade de anos considerada no estudo. Em um ano em que ninguém morre, a probabilidade de sobreviver é igual a um, assim, a probabilidade de sobreviver é recalculada nos intervalos em que há morte.

Na determinação de prognóstico, o tempo a partir do qual uma doença é monitorada deve ser o mesmo para todos os pacientes na população.

Para a determinação do prognóstico, o passo inicial se dá no diagnóstico, que pode ser feito em testes de laboratório, a partir de exames de imagem ou físicos e do acompanhamento do histórico do paciente.

Um fator importante sobre o diagnóstico é seu poder de realmente confirmar valores medidos. Ou seja, o quanto qualitativamente ou quantitativamente um teste é útil para diagnosticar eventos ou prevêê-los. Alguns testes de diagnóstico são considerados 100% precisos na detecção de algumas doenças, enquanto testes mais simples podem levar a um incorreto diagnóstico, o que pode comprometer todo o tratamento e prognóstico associado a esse diagnóstico.

Um teste ideal sempre deveria ser capaz de fornecer a resposta correta: negativo para casos negativos e positivo para casos positivos.

Para a análise dos resultados, uma das medidas usadas é a razão de verossimilhança. Assim, há a razão de verossimilhança positiva e a negativa, conforme Figura 3.5.

Figura 3.5 | Razão de verossimilhança

$$\text{Razão de Verossimilhança Positiva} = \frac{\text{Probabilidade de um Doente ter resultado Positivo em um Teste}}{\text{Probabilidade de um Não Doente ter resultado Positivo no Teste}}$$
$$\text{Razão de Verossimilhança Negativa} = \frac{\text{Probabilidade de um Doente ter resultado Negativo em um Teste}}{\text{Probabilidade de um Não Doente ter resultado Negativo no Teste}}$$

Fonte: elaborada pelo autor.

Pela fórmula, pode-se notar que quanto maior a razão de verossimilhança positiva, maior a probabilidade da presença real da doença. Da mesma forma, quanto menor a razão de verossimilhança negativa, menor a probabilidade de presença da doença.



Pesquise mais

Leia o artigo: **Sobrevida de cinco anos e fatores prognósticos em coorte de pacientes com câncer de mama assistidas em Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.** Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/csp/v25n11/15.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2016..

## Sem medo de errar

Após estudar epidemiologia e determinação na toxicologia, vamos voltar para a situação da refinaria onde Miguel trabalha, apresentada no “Convite ao estudo”.

Miguel e outros colaboradores de uma refinaria apresentam sintomas de intoxicação. Por essa razão, agentes de segurança farão um estudo epidemiológico na refinaria. Nesse exemplo, você saberia dizer como os estudos de determinação de risco e prognóstico poderiam ajudar no estudo epidemiológico na refinaria?

Primeiramente, conforme citado na seção “Não pode faltar”, deverá ser feita a avaliação de riscos, que engloba os itens: identificação do perigo (análise qualitativa e quantitativa das substâncias químicas presentes na refinaria que ofereçam risco à saúde), avaliação da relação dose-resposta (análise das respostas das pessoas expostas às doses de agentes químicos), avaliação da exposição (identificação das situações que expõem os trabalhadores na refinaria a substâncias químicas e às respectivas doses presentes no ambiente), caracterização dos riscos (identificação dos efeitos adversos que podem ocorrer devido à exposição a substâncias químicas).

Após essa fase de análise de risco, a determinação de risco pode ser realizada para analisar todos os riscos presentes na refinaria para que medidas de controle possam ser adotadas.

A determinação de prognóstico também pode ser feita, a partir do levantamento das pessoas doentes e da predição de como será a evolução dessas doenças. Assim, medidas de acompanhamento podem ser tomadas tendo como objetivo o alcance da remissão de doenças dessas pessoas.



### Atenção

Vários erros podem ocorrer em todo o processo durante a avaliação de risco e durante o diagnóstico. É importante minimizar esses erros para se ter resultados mais eficientes!

## Avançando na prática

### Risco relativo da exposição em refinarias

#### Descrição da situação-problema

Em uma refinaria um estudo de risco para determinar o desenvolvimento de câncer foi feito. Para uma população de 10.000 pessoas observadas, foram encontradas 15 pessoas com câncer. Para

pessoas não expostas a derivados de petróleo, o número é de 5 pessoas a cada 10.000. Qual é o valor do risco relativo neste caso?



### Lembre-se

O risco relativo é expresso pela razão entre o risco da doença em indivíduos expostos por indivíduos não expostos. O risco relativo é uma medida de associação, que se refere à intensidade com que uma determinada exposição está relacionada a uma doença.

### Resolução da situação-problema

O risco relativo será a razão entre pessoas expostas por pessoas não expostas. Assim, tem-se:

$$\text{Risco Relativo} = (15/10.000)/(5/10.000) = 3$$

Com isso, conclui-se que: como o risco relativo é maior que um, há mais casos de doenças na população exposta. Neste caso, o risco de desenvolvimento de câncer em indivíduos que trabalham em uma refinaria é três vezes maior do que o risco presente em indivíduos que não trabalham.



### Faça você mesmo

A partir desse exemplo, identifique outros riscos relativos a outras atividades que apresentem risco de exposição.

Como resultado do risco relativo (igual a um, maior que um ou menor que um), pode-se concluir o risco real da população exposta.

### Faça valer a pena

**1.** Termo que vem sendo adaptado para os dias atuais e também para conceitos mais contemporâneos. Com o aumento da industrialização, a quantidade de trabalhadores na indústria também aumentou e, conseqüentemente, houve um aumento de exposição a esse termo.

A que termo se refere o texto acima?

- a) Perigo.
- b) Exposição.
- c) Risco.

- d) Doença.
- e) Epidemia.

**2.** Das etapas:

- I. Identificação do perigo.
- II. Avaliar a relação dose-resposta.
- III. Avaliar a exposição.
- IV. Caracterizar os riscos.
- V. Quantidade de doentes.

Dos itens acima, quais são as etapas importantes da avaliação de riscos na toxicologia e na epidemiologia?

- a) I, II, III e IV apenas.
- b) I, III, IV e V apenas.
- c) II, III, IV e V apenas.
- d) I, IV e V apenas.
- e) I e IV apenas.

**3.** Qual é o nome dado ao estudo da determinação de risco em epidemiologia que possui o conceito de risco que se refere à incidência de uma doença, ou seja, à intensidade com que a morbilidade atinge uma população em determinado intervalo de tempo?

- a) Risco estimado.
- b) Risco relativo.
- c) Risco total.
- d) Risco atribuível.
- e) Risco absoluto.

## Seção 3.4

### Planejamento e organização de serviços em toxicologia

#### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora você iniciará seus estudos sobre planejamento e organização de serviços em toxicologia.

Nesta seção você conhecerá mais sobre planejamento e organização de serviços em toxicologia por meio da notificação de eventos toxicológicos, a partir do preenchimento da ficha de notificação de registros e do fluxo das informações dos eventos. Para uma melhor compreensão desta seção serão necessários os conhecimentos das seções, anteriores deste livro.

Vamos voltar ao caso hipotético de Miguel e de outros colaboradores da refinaria que apresentam sintomas de intoxicação. Agentes de segurança vão fazer um estudo epidemiológico na refinaria. Nesse exemplo, você saberia dizer se a notificação dos eventos toxicológicos ocorridos na refinaria é necessária?

Para entender melhor esse tipo de notificação, você deverá conhecer mais sobre planejamento e organização de serviços em toxicologia.

#### Não pode faltar

##### Notificação de eventos toxicológicos

O objetivo dos serviços de saúde é melhorar as condições de saúde da população e o estudo da epidemiologia pode melhorar a funcionalidade desses serviços.

Em um estudo de vigilância epidemiológica, as informações coletadas são de extrema importância, pois são utilizadas para planejamento, para a organização, para o desenvolvimento e para

a avaliação das ações pelos serviços de saúde. A epidemiologia ajuda na vigilância da saúde pública pela observação de doenças por intermédio da avaliação das taxas de morbidade e mortalidade e da evolução de doenças em uma população. A epidemiologia também deve fornecer dados para o controle de doenças em uma população. A vigilância epidemiológica deve monitorar doenças e suas consequências em uma população de forma a gerar dados para uma rápida ação de controle de doenças, evitando, assim, epidemias, pandemias, ou seja, que a doença se propague na população.

Um das maneiras de se melhorar as condições de saúde ou mesmo prevenir e acompanhar doenças é o procedimento chamado de lista de doenças de notificação compulsória.



### Assimile

Lista de doenças de notificação compulsória (LDNC): é uma lista que obriga e universaliza as notificações de doenças para que o seu controle seja prontamente Disponível em: <[http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-16732000000100006](http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-16732000000100006)>. Acesso em: 8 nov. 2016.

Na história, os primeiros registros de uma lista de doenças de notificação compulsória datam do ano de 1377 em Veneza. O primeiro regulamento sanitário internacional, no qual seis enfermidades de notificação internacional foram definidas, só apareceu em 1951.

Na América Latina, em 1962, a Argentina foi o primeiro país a ter seu CIAT (Centro de Informação e Assistência Toxicológica) com o objetivo de vigilância das populações expostas a riscos tóxicos. No Brasil, o primeiro centro de atendimento toxicológico foi criado em 1971 em São Paulo e depois em 1976 em Porto Alegre. Nesse mesmo ano, foi criado o Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica (SNVE) abrangendo uma quantidade maior de doenças de notificação compulsória. Foram agregados acidentes, doenças ocupacionais e demais eventos ligados a riscos em ambientes expostos a agentes como poeiras, substâncias químicas, metais, entre outros.



## Refleta

No Brasil, devido às suas dimensões continentais, uma única lista de doenças compulsórias não é ideal pela diversidade das várias regiões englobadas no território. Porém, uma lista mínima é o primeiro passo.

De forma a se ter uma lista mais precisa por região, é essencial que estados e municípios gerem suas listas de acordo com as ocorrências locais.

A evolução de um programa de vigilância epidemiológica em municípios é de fundamental importância para as medidas de controle local. Há constantes mudanças de perfil epidemiológico da população: novas doenças surgem e outras passam a não ser tão frequentes.

O avanço da industrialização no Brasil e também no mundo desencadeou um uso indiscriminado de produtos nocivos à saúde humana. No Brasil, a capacidade de verificação do uso desses produtos não se desenvolveu na mesma velocidade que a sua utilização.



## Exemplificando

De acordo com a OMS (Organização Mundial da Saúde) a estimativa no Brasil é de que 12 mil pessoas são intoxicadas todos os dias.

As mortes ocorrem na proporção de 1/1000. Assim, no Brasil, é esperada uma mortalidade diária de 12 pessoas por intoxicação.

Problemas ambientais também são fontes de problemas à saúde. Muitas vezes a única forma de controle ocorre por meio de denúncias. O que torna o sistema extremamente ineficiente, pois os acompanhamentos deveriam ser feitos antes que desastres e contaminações acontecessem, o que nem sempre é possível por meio das denúncias. Intoxicações por agrotóxicos, por exemplo, são muito comuns no Brasil.

No Brasil, em alguns estados como o Paraná, ações de vigilância epidemiológica englobam as intoxicações por agrotóxicos, mas isso não acontece na maioria dos estados da federação, que não apresentam regulamentação.

Na Europa e nos Estados Unidos as primeiras instituições ligadas ao controle de intoxicação foram criadas há mais de 50 anos quando se detectou a necessidade de centros de assistência para

ajudar na vigilância das populações expostas a riscos tóxicos. Nos Estados Unidos há mais de 60 centros ativos atualmente.

No Brasil, em 1980, foi criado o Sistema Nacional de Informações Tóxico-farmacológica (SINITOX) pelo Ministério da Saúde juntamente com a Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). O objetivo era criar um sistema abrangente de informação e documentação em toxicologia e farmacologia com abrangência nacional. Profissionais ligados à saúde deveriam conseguir informações sobre agentes tóxicos.

Após cinco anos da criação, o SINITOX também divulgava casos de intoxicações registradas em outros centros, os Centros de Assistência Toxicológica (CATs), atualmente chamados de CEATOX. Foram implantados, até 1985, quinze CEATOX no país. Atualmente, esse número é maior, há 33 centros em todo o país, conforme listado na Figura 3.6.

Figura 3.6 | Centros de atendimento toxicológico (CEATOX)

CCI/SP - São Paulo	CIAVE/MT - Cuiabá
CIT/RS - Porto Alegre	CEATOX/CE - Fortaleza
CIAVE/BA - Salvador	CCI/RJ - Niterói
CEATOX/SP - Botucatu	CCI/SP - São José dos Campos
CIT/PR - Curitiba	CEATOX/SP - São José do Rio Preto
CIT/MS - Campo Grande	CEATOX/SP - Marília
ST/MG - Belo Horizonte	CCI/PR - Maringá
CIT/RJ - Rio de Janeiro	CEATOX/SP - São Paulo
CCI/UNICAMP - Campinas	CAT/SP - Presidente Prudente
CCI/SP - Ribeirão Preto	CAT/PE - Recife
CIT/RN - Natal	CCI/ES - Vitória
CIT/SC - Florianópolis	CCI/SP - Santos
CCI/PR - Londrina	CIT/AM - Manaus
CIT/PB - João Pessoa	CIT/MG - Uberlândia
CCI/SP - Taubaté	CEATOX/CE - Iguatu
CIT/GO - Goiânia	CIT/PA - Belém
	CEATOX/SP - Registro

Fonte: <<http://goo.gl/fDxrmD>>. Acesso em: 8 nov. 2016.



**Pesquise mais**

Contato dos Centros de Assistência Toxicológicos:

Disponível em: <[http://www.cvs.saude.sp.gov.br/procura\\_det.asp?procura\\_id=6](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/procura_det.asp?procura_id=6)>. Acesso em: 8 nov. 2016.

Dados de intoxicação: SINITOX:

Disponível em: <<http://sinitox.icict.fiocruz.br/dados-nacionais>>.

Acesso em: 8 nov. 2016.

Desde a sua criação, o SINITOX vem se aprimorando principalmente no que se refere à coleta de dados em busca de uma melhor padronização e de uma melhor confiabilidade dos dados coletados.

Hoje, o SINITOX é controlado pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pela FIOCRUZ que coordena a coleta, o processamento, a análise e a publicação de casos de intoxicação registrados nos CEATOX.

Conforme já comentado, a notificação compulsória é importante para o processo de ação e essas notificações devem ser feitas nos CEATOX ou em uma unidade de saúde ligada a esse sistema.



### Assimile

"Notificação é a comunicação da ocorrência de determinada doença ou agravo à saúde, feita à autoridade sanitária por profissionais de saúde ou qualquer cidadão, para fins de adoção de medidas de intervenção pertinentes".

Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo / Coordenadoria de Controle de Doenças. Disponível em: <<http://www.saude.sp.gov.br/coordenadoria-de-controle-de-doencas/>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

Eventos toxicológicos são entendidos como acontecimentos em que há uma possível exposição à agente tóxico que pode ocasionar efeitos prejudiciais à saúde.

Os CEATOX, por sua distribuição nacional, têm grande quantidade de casos registrados. Porém, esses dados não permitem determinar de forma eficiente, por exemplo, a incidência ou prevalência de casos.

Alguns problemas encontrados:

- São necessários estrutura e equipamentos além de pessoas qualificadas.
- Os centros não apresentam uma distribuição ideal no país, pois este tem dimensões continentais e características próprias em cada região.
- Na maioria dos estados as notificações não são obrigatórias, o que aumenta o número de casos não notificados (subnotificação).

- O índice de escolaridade no Brasil é relativamente baixo, o que dificulta a absorção de novos conhecimentos pela população.
- O estudo da Toxicologia é de extrema importância para o entendimento das condições de saúde de uma população, que muitas vezes é deficiente em profissionais de saúde.

Além desses fatores, cada caso de intoxicação é dependente de uma determinada substância e de uma determinada dose, que geram diferentes consequências à saúde. Assim, cada caso pode exigir diferentes medidas de controle.

Como estudado em seções anteriores, o estudo da avaliação de risco mostra as consequências da exposição a agentes tóxicos. Esses estudos, juntamente com a coleta das ocorrências de intoxicações, contribuem para o planejamento de ações de controle.

Deverão ser notificados todos os casos relacionados a eventos toxicológicos que envolvam: agrotóxicos, medicamentos, produtos veterinários, raticidas, produtos para higienização, desinfecção ou desinfestação domiciliar, cosméticos, produtos químicos de uso domiciliar e industrial, metais, drogas de abuso, plantas, alimentos e animais peçonhentos.

Os sistemas de informações dos CEATOX espalhados pelo Brasil devem coletar e processar os eventos toxicológicos atendidos nas respectivas unidades de saúde. As notificações devem ser feitas no serviço que atender o paciente, e a principal fonte de informação será o prontuário.

Para melhorar as fontes de informação, casos especiais de notificação serão coletados também em creches e ambientes de trabalho. Casos com pacientes grande risco de vida e óbitos no sistema de saúde também serão registrados.

### **Preenchimento da ficha de notificação de registros**

A Ficha Individual de Notificação do Evento Toxicológico será preenchida na alta ou na transferência do paciente para algum serviço privado (informando o local de destino da transferência). A ficha será preenchida por profissionais da saúde. Todas as informações disponíveis devem ser registradas, principalmente as relacionadas à localização dos casos, pois este dado é importante para fins epidemiológicos.

As informações na ficha são confidenciais e deverão conter a maior quantidade de informações possíveis. Porém, a ausência de alguma informação não deve ser motivo para o descarte de uma ficha.

Dos campos para preenchimento, pode-se destacar alguns importantes:

- Nome da unidade.
- Vítima: indicar se é humana ou animal.
- Zona urbana ou rural.
- Local: podendo ter como opções: residência, ambiente de trabalho, trajeto de trabalho, serviço de saúde, escola/creche, ambiente externo ou outros;
  - O campo Evento deve especificar o tipo de notificação para: intoxicação (após exposição a uma determinada substância química há sinais de alterações clínicas no paciente); exposição (após exposição a uma determinada substância química não há sinais de alterações clínicas no paciente, ou seja, não detectado intoxicação); reação adversa (sintomas inesperados decorrentes do uso de medicamentos); diagnóstico diferencial (casos em que não pode ser detectada a possibilidade de intoxicação); e síndrome de abstinência (reação decorrente da interrupção de uso de substância química que provoque dependência).
  - Tipos de exposição: aguda única, aguda repetida, crônica, aguda sobre crônica ou ignorada.
  - Duração da exposição (tempo em minutos, horas, dias, meses ou anos que o paciente foi exposto à substância tóxica).
  - Tempo decorrido da exposição (tempo entre a exposição e o atendimento).
  - No campo de Circunstância, há opções para: acidente individual (acidente não intencional com uma substância química para uma única vítima); acidente coletivo (acidente não intencional com uma substância química para mais de uma vítima); acidente ambiental (intoxicação ou exposição não intencional em ambiente externo com contaminação de ar, solo ou água); ocupacional (intoxicação ou exposição em ambiente de trabalho); uso terapêutico (uso de medicamentos para fins terapêuticos); erro de administração (uso de medicamento fora da precisão recebida); automedicação

(uso de medicamentos sem prescrição); abstinência (sintomas decorrentes de interrupção de algum medicamento); abuso (uso de drogas lícitas ou ilícitas ou outro agente químico para fins de efeito estimulante ou alucinógeno, mas sem intenção de suicídio); ingestão de alimentos (ingestão de alimentos contaminados); tentativa de suicídio (intoxicação ou exposição intencional com finalidade de suicídio); tentativa de aborto (intoxicação ou exposição com a finalidade abortiva); violência/homicídio (intoxicação ou exposição por produto químico sem consentimento com intuito de tortura ou provocar morte); outras, ou ignorada.

- Caso seja ocupacional, deverá ser informado se foi emitida a CAT (Comunicação de Acidente de Trabalho).
- Para as informações em relação ao agente tóxico: nome comercial/popular, princípio(s) ativo(s) e dose.
- Grupo de Agente Tóxico/Classificação Geral: medicamento, agrotóxico, produto veterinário, produto químico de uso domiciliar, produto químico de uso industrial, plantas, alimentos e bebidas, drogas de abuso, animais (peçonhentos ou não), ignorado/desconhecido.
- Para agrotóxicos há mais opções: qual o uso e qual a atividade do paciente.
- Evolução: cura, cura não confirmada, sequela, óbito, óbito por outra causa ou outras.

### **Fluxo das informações dos eventos**

As fichas preenchidas pelos CEATOX serão arquivadas e digitalizadas no sistema. Esse trabalho resultará em relatórios que serão usados em ações de vigilância e na prevenção epidemiológica com atuação regional.

Informações referentes a medicamentos e acidentes de trabalho serão encaminhadas aos órgãos responsáveis. Como o sistema estará sempre recebendo informações, haverá sempre dados atualizados, o que contribuirá para o aperfeiçoamento do sistema.

O objetivo principal desse sistema é a coleta nacional de informações. Assim, mesmo que não haja alguma unidade CEATOX próxima, unidades de saúde municipais podem coletar informações e depois enviá-las a centros ligados ao CEATOX. Desta forma, a

escala passará de municipal para estadual até chegar ao âmbito nacional.

Todas as informações que são coletadas nesse sistema são extremamente dependentes da correta coleta de dados nos centros responsáveis pelo atendimento das notificações.

## Sem medo de errar

Após estudar o planejamento e a organização de serviços em toxicologia, vamos voltar para a apresentada no “Convite ao estudo”: Miguel e outros colaboradores da refinaria que apresentam sintomas de intoxicação. Agentes de segurança farão um estudo epidemiológico na refinaria. Nesse exemplo, você saberia dizer se uma notificação dos eventos toxicológicos acontecidos na refinaria é necessária?

Conforme estudado no item “Não pode faltar”, desta seção, todo evento toxicológico deve ser informado a uma unidade do CEATOX. Caso não haja nenhum centro próximo, as autoridades de saúde deverão ser informadas de forma que estas informações cheguem à coleta de dados nacional do sistema.

Em decorrência dessa notificação é esperado que as autoridades de saúde analisem eventuais medidas de controle na região da refinaria com o objetivo de controlar as doenças que estão ocorrendo.

É importante também que a maior quantidade de informações possíveis seja fornecida para um melhor entendimento. Além disso, essas informações devem ser sempre verídicas.



### Atenção

A principal motivação para se fazer uma notificação de qualquer evento é o propósito de que essa notificação chegue aos órgãos responsáveis de modo que essas informações sejam processadas e que medidas de intervenção sejam adotadas para o controle do evento.

### A importância da notificação de eventos toxicológicos

#### Descrição da situação-problema

Em uma pequena cidade no interior do país, uma unidade de saúde recebeu um caso de intoxicação por agrotóxico organofosforado. Uma semana depois, mais dois casos de intoxicação por agrotóxico organofosforados foram atendidos. O que deveria fazer o profissional de saúde em relação à notificação de eventos toxicológicos?



#### Lembre-se

A recomendação para as agências de atendimento no sistema de saúde é que, quando forem detectadas ocorrências de mais de um caso de intoxicação pela mesma substância no mesmo local de atendimento, a ocorrência deverá ser notificada às instâncias superiores ou competentes o mais breve possível.

#### Resolução da situação-problema

Qualquer notificação de intoxicação deve ser informada. Principalmente neste caso, no qual o agente tóxico foi o mesmo, o procedimento de notificação é de extrema importância para a tomada de medidas de controle.

Óbitos por agrotóxicos são altos, conforme mostrado no relatório da FIOCRUZ.

Disponível em: <[http://sinitox.iciet.fiocruz.br/sites/sinitox.iciet.fiocruz.br/files//Tabela10\\_2013.pdf](http://sinitox.iciet.fiocruz.br/sites/sinitox.iciet.fiocruz.br/files//Tabela10_2013.pdf)>. Acesso em: 9 nov. 2016.

Conforme tabela, as intoxicações por agrotóxicos foram os responsáveis pela maior quantidade de óbitos em 2013.



#### Faça você mesmo

Analise outras informações dadas pela FIOCRUZ e identifique quais outros agentes são responsáveis por óbitos e sequelas. Além disso, pense em como melhorar o sistema de notificação para esses casos.

Consulte os dados de intoxicação no site a seguir. Disponível em: <<http://sinitox.iciet.fiocruz.br/dados-nacionais>>. Acesso em: 9 nov. 2016.

## Faça valer a pena

**1.** Quem, dentro da epidemiologia, é responsável pelo monitoramento de doenças e de duas consequências em uma população, gerando dados para uma rápida ação de controle?

- a) Vigilância epidemiológica.
- b) Gerência epidemiológica.
- c) Proposta epidemiológica.
- d) Vigilância sanitária.
- e) Fármaco toxicovigilância.

**2.** Dentro do estudo da epidemiologia, o que são as listas de doenças de notificação compulsória (LDNC)?

- a) É uma lista que obriga e padroniza as notificações de doenças.
- b) É uma lista com novas doenças que surgem a cada ano na população.
- c) É uma lista com novas doenças que surgem a cada mês na população.
- d) É uma lista com as doenças erradicadas em uma população.
- e) É uma lista utilizada em campanhas de vacinação de uma região.

**3.** Na América Latina, o primeiro centro de informação e assistência toxicológica foi criado em 1962. Onde esse centro foi criado?

- a) Brasil.
- b) Argentina.
- c) Chile.
- d) Equador.
- e) México.

# Referências

- BONITA, R.; BEAGLEHOLE, R.; KJELLSTRÖM, T. **Epidemiologia básica**. Tradução de Juraci A. Cesar. 2. ed. São Paulo: Livraria Santos, 2010. Disponível em: <[http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43541/5/9788572888394\\_por.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43541/5/9788572888394_por.pdf)>. Acesso em: 9 nov. 2016.
- CARVALHO, G. de. **Enfermagem do trabalho**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- KLAASSEN, C. D.; WATKINS III, J. B. **Fundamentos em toxicologia de Casarett e Doull**. 2. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.
- LILIENTELD Abraham M., Lilienfeld David E. **Foundations of epidemiology**. 2. ed. Nova York: Editora Universidade de Oxford, 1980.
- MICHEL, O. R. **Toxicologia ocupacional**. Rio de Janeiro: Revinter, 2000.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Curso básico de vigilância epidemiológica**. Brasília: MS, 2005. Disponível em: <[http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/Curso\\_vigilancia\\_epidemiologico.pdf](http://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/Curso_vigilancia_epidemiologico.pdf)>. Acesso em: 9 nov. 2016.
- OLSON, K. R. **Manual de Toxicologia Clínica**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.
- PASSAGLI, M. **Toxicologia forense: teoria e prática**. 4. ed. São Paulo: Millennium, 2013.
- QUEIROZ, S. **Tratado de toxicologia ocupacional**. 2. ed. São Paulo: Editora Biblioteca 24 horas, 2015.



# Preservação da saúde

## Convite ao estudo

A Unidade 1 estudou as noções de toxicologia, sua evolução histórica e sua relação com a segurança do trabalho. Além disso, apresentou as substâncias prejudiciais à saúde e os métodos laboratoriais utilizados para identificar intoxicações causadas pela exposição a essas substâncias. A Unidade 2 tratou da análise de risco e dos controles envolvidos na exposição a agentes tóxicos, da insalubridade e da análises de contaminantes químicos. A Unidade 3 estudou a epidemiologia e sua importância para o controle e para a prevenção de doenças, que contribui para a manutenção da saúde da população.

Nesta unidade, serão estudadas a prevenção da saúde, as principais doenças ocupacionais, seus sintomas e diagnósticos e os indicadores de saúde. Todo o conhecimento obtido nas unidades anteriores será importante para o entendimento desta última unidade.

Para melhor entendimento deste conteúdo, a seguir será apresentada uma situação hipotética visando aproximar os conteúdos teóricos com a prática.

Antônio, casado, três filhos, 45 anos, trabalha em uma cerâmica. Antônio não tem histórico de doença crônica, não fuma e não bebe. Ele e outros trabalhadores vêm apresentando problemas de saúde, como dificuldade respiratória. Após detectar vários casos iguais na cerâmica, agentes do sistema de saúde estão estudando o caso para entender o problema e, posteriormente, fazer uma campanha de prevenção.

Para que os agentes de saúde desempenhem um bom trabalho e elaborem ações de prevenção, é importante o conhecimento das doenças ocupacionais. Sendo assim, vamos nos aprofundar no conhecimento sobre prevenção da saúde.

Bons estudos!

# Seção 4.1

## Doenças ocupacionais

### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre doenças ocupacionais.

Nesta seção, conhecerá as principais doenças ocupacionais, suas patologias, fisiopatologia, imunodeficiências primárias e secundárias. Além disso, fará um estudo sobre intoxicações.

Vamos voltar ao caso hipotético de Antônio, que trabalha em uma indústria de cerâmicas e apresenta dificuldade respiratória. Ele não tem antecedentes de doenças crônicas, não fuma e não bebe. Agentes de saúde estão estudando o problema na cerâmica para uma posterior campanha de prevenção. Nesse exemplo, você saberia dizer qual a possível doença apresentada por Antônio? Qual é a sua patologia e a sua fisiopatologia? Como ela se desenvolve?

Para entender essa doença que acomete trabalhadores de cerâmica, você deverá conhecer melhor as doenças ocupacionais.

### Não pode faltar

#### Patogenia e fisiopatologia das principais doenças ocupacionais

O trabalho é entendido como fundamental para a sobrevivência e para a evolução da sociedade, contudo é também responsável por muitas doenças adquiridas no decorrer da vida profissional.

Doenças e danos à saúde, sejam eles individuais ou coletivos, se causados por ambientes de trabalhos, devem incentivar medidas dos serviços de saúde em prol do trabalhador. O primeiro passo é a identificação de quais são os riscos à saúde que o ambiente de trabalho oferece. Diagnósticos, tratamentos e medidas de prevenção são de extrema importância para a garantia da saúde.

As doenças podem se apresentar como doenças sem relação com o trabalho. Mas há também doenças que se agravam em decorrência das condições de trabalho e às doenças que surgem em decorrência do trabalho.

De acordo com o Ministério da Saúde (portaria do Ministério da Saúde nº 1.339/1999), as doenças relacionadas ao trabalho podem ser divididas nas seguintes listas: doenças infecciosas e parasitárias; neoplasias (tumores); doenças do sangue e dos órgãos hematopoiéticos; doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas; transtornos mentais e do comportamento; doenças do sistema nervoso; doenças do olho e anexos; doenças do ouvido; doenças do sistema circulatório; doenças do sistema respiratório; doenças do sistema digestivo; doenças da pele e do tecido subcutâneo; doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo; doenças do sistema gênito-urinário.



### Pesquise mais

Acesse a lista completa publicada pelo Ministério da Saúde do Brasil e pela Organização Pan-Americana da Saúde/Brasil: Doenças relacionadas ao Trabalho: Manual de Procedimentos para os Serviços de Saúde.

Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/seguranca%20e%20saude%20no%20trabalho/Saudedotrabalhador.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2016.

Essa lista contém as doenças (com seus respectivos códigos no CID-10) relacionadas a cada órgão/sistema.



### Assimile

CID-10: A sigla significa Classificação Internacional de Doenças. É uma padronização de códigos de doenças e outros problemas de saúde publicada pela Organização Mundial de Saúde.

Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o\\_internacional\\_de\\_doen%C3%A7as#CID10](https://pt.wikipedia.org/wiki/Classifica%C3%A7%C3%A3o_internacional_de_doen%C3%A7as#CID10)>. Acesso em: 9 nov. 2016.

Disponível em: <<http://www.cid10.com.br/>>. Acesso em: 9 nov. 2016.

Na sequência, serão detalhadas a patogenia e a fisiopatologia das principais doenças dessa lista.

As **neoplasias malignas da pele (C44.-)** estão listadas nas neoplasias (tumores).

O epitélio tem a função de revestir a superfície externa do organismo. As neoplasias do epitélio são chamadas de epitelomas e podem ser malignas.

O aparecimento desse tipo de doença está diretamente ligado à exposição a raios ultravioletas. A maioria desses cânceres acontece em áreas expostas ao sol. A incidência é maior em populações de pele mais clara, sendo raro em crianças e indivíduos de pele negra. Agricultores, trabalhadores da construção civil, mineração e pescadores têm mais chances de desenvolver essa doença.

Na história, o primeiro registro desse tipo de câncer foi com limpadores de chaminés pelo contato com a fuligem. Outro exemplo de câncer de pele devido à atividade ocupacional é decorrente da exposição ao arsênio, seja na sua produção, no seu uso em produtos ou ingestão.

O quadro clínico apresenta o carcinoma como pequenas manchas marrons regulares na pele, salientes ou não (popularmente conhecidos por pintas e verrugas) de crescimento lento, evoluindo para nódulos que se transformam em feridas.

Pode ocorrer em decorrência do câncer a perda de peso, anorexia, derrame pleural e sintomas neurológicos.

O diagnóstico é feito de forma mais precisa pela biopsia da lesão suspeita.

Como a pele é um órgão heterogêneo, o câncer de pele pode se apresentar em diferentes formas. As mais comuns são carcinoma basocelular (70% dos casos), o carcinoma epidermoide (25% dos casos) e melanoma (4% dos casos).

A **polineuropatia devida a outros agentes tóxicos (G62.2)** e a **polineuropatia induzida pela radiação (G62.8)** estão listadas nas doenças do sistema nervoso.

As neuropatias periféricas são alterações neurológicas que têm como consequência alguns sintomas como formigamento, podendo culminar em uma perda de sensibilidade. Os danos causados nas células nervosas motoras podem resultar em fraqueza muscular e

até atrofia. Dependendo do nervo afetado, as polineuropatias (várias neuropatias) podem ser definidas como axonopatias (afetando os axônios) e apresentar danos nas extremidades inferiores. Podem ocorrer também as mielinopatias (desmielinização) e as neuronopatias (lesões no corpo celular do neurônio).

O quadro clínico apresenta como sintoma mais comum a perda de sensibilidade. Além disso, podem ocorrer dificuldades de identificação de posição, temperatura e vibração. Exames eletromiográficos podem detectar alterações na velocidade de comunicação dos neurônios, bem como a amplitude do pulso. Se ocorrer a desmielinização, a condução nervosa será mais lenta. Em alterações axoniais, é possível notar uma diminuição na amplitude do pulso. Alguns exemplos de substâncias químicas com ação tóxica ao sistema nervoso são: solventes orgânicos, arsênio, chumbo e metais pesados, os compostos organofosforados, sulfeto de carbono, radiação ionizante, entre outros. Assim, trabalhos com exposição a esses agentes químicos estão sujeitos ao aparecimento dessa doença.

A **pneumoconiose dos trabalhadores do carvão (J60.-)** está listada nas doenças do sistema respiratório. É uma doença causada pela inalação de poeiras de carvão mineral (em pequenas partículas) que se depositam nos alvéolos e causam lesões. Trabalhadores em minas de carvão representam a maior exposição. Os fatores que influenciam no aparecimento e evolução da doença são: a concentração da poeira e tipo de carvão, além do tempo e condições de exposição. Somente o carvão mineral é responsável pela pneumoconiose. O carvão de origem vegetal não oferece riscos, nesse caso.

A doença é irreversível e a evolução pode ser lenta, dificultando também sua identificação precoce.

O sintoma principal é a falta de ar decorrente de esforços, que só aparece na fase avançada devido à fibrose pulmonar. Além da pneumoconiose, a inalação da poeira poderá resultar também em bronquite crônica e enfisema e, se houver presença de sílica, poderá haver também o desenvolvimento da silicose.

O diagnóstico é feito por radiologia e histórico clínico e também com o histórico profissional (em que poderá ser detectada exposição ocupacional).

A **pneumoconiose por exposição ao asbesto (asbestose) e a outras fibras minerais (J61.-)** também estão listadas nas doenças do sistema respiratório. A exposição ao asbesto (ou amianto) leva também à pneumoconiose. A exposição e intoxicação dependerão da quantidade de amianto no ar. Neste caso, a doença também se desenvolve lentamente. Além da pneumoconiose, o amianto está também relacionado a outras doenças. O quadro clínico apresenta sintomas como falta de ar decorrente de esforços, rachaduras nas estruturas dos pulmões, aumento (hipertrofia) das falanges distais dos dedos e unhas da mão. A evolução da asbestose pode levar também ao câncer de pulmão. O diagnóstico é feito por radiologia e histórico profissional (em que poderá ser detectada exposição ocupacional).

A **pneumoconiose por exposição à poeira de sílica (silicose) (J62.8)** também está listada nas doenças do sistema respiratório. A silicose é também uma pneumoconiose causada pela deposição de sílica livre (quartzo, SiO<sub>2</sub> cristalizada) no pulmão. É uma doença ocupacional para trabalhos que envolvam exposição a partículas de sílica, como jateamento de areia, trabalho em pedreiras, extração de minérios, fundições de metais, cerâmicas, entre outros que usem sílica.

A silicose pode se apresentar de três formas: aguda (aparece nos cinco primeiros anos de exposição), subaguda (mais de cinco anos de exposição) e crônica (dez anos após início da exposição). A silicose, como outras doenças pneumoconioses, não apresentam sintomas no início. Com a evolução, também são detectadas dispnéia aos esforços (falta de ar) e astenia (sensação de fraqueza). O avanço da doença apresenta insuficiência respiratória, falta de ar ao mínimo esforço ou mesmo em repouso. Há presença de bronquite crônica com tosse e escarro. Podem aparecer tumores malignos nos pulmões ou na pele em pessoas expostas ao pó de sílica por muito tempo.

A sílica também pode influenciar no desenvolvimento da tuberculose.

O diagnóstico é realizado pela radiologia do tórax, histórico clínico e ocupacional de exposição à poeira de sílica.

## Intoxicações

A intoxicação é o ato ou efeito de intoxicar, ou seja, absorver alguma substância tóxica. O diagnóstico da intoxicação é realizado por histórico, exame clínico e exames toxicológicos. No caso da exposição ocupacional, devem ser verificadas a atividade profissional, o ambiente de trabalho e os agentes químicos ao qual o indivíduo possa estar exposto, além do tempo de contato com o agente químico.

Seguem alguns sintomas da intoxicação:

- Pupilas dilatadas (para intoxicação por vegetais tóxicos, solventes, nicotina etc.), pupilas contraídas (intoxicação por inseticidas organofosforados).
- Boca seca (vegetais tóxicos), hipersalivação (metais e pesticidas), alterações nas gengivas (metais).
- Sistema neurológico: pode levar ao coma (intoxicações por álcool etílico, solvente orgânico, cianeto, anti-histamínico), convulsões (inseticidas organoclorados e organofosforados, estricnina etc.), tremores (nicotina, inseticidas organofosforados), paralisia (metais pesados), cefaleia (monóxido de carbono, nitrato).
- Sistema renal: retenção da urina.

O agente tóxico (ou mesmo o medicamento em superdose, podendo causar intoxicações) penetra no organismo pelas vias oral, gastrointestinal, retal, respiratória, cutânea, endovenosa e interarterial. As mais comuns são as vias oral, gastrointestinal e respiratória. Para alcançar o organismo e desencadear a intoxicação, o veneno tem de alcançar o sistema circulatório.

Algumas definições são importantes para intoxicações:

- LD (do inglês *lethal dose*): significa dose letal, que é a quantidade de substância recebida de uma única vez capaz de matar uma porcentagem de indivíduos em um grupo em estudo. LD é usado para sólidos e líquidos e sua unidade de medida é expressa em miligramas de agente químico por quilograma (mg/kg) de peso corporal.
- LC (do inglês *lethal concentration*): significa concentração letal, que é a quantidade de substância recebida capaz de matar uma porcentagem de indivíduos em um grupo em estudo. LC é usado para gases e vapores e sua unidade de medida é expressa em

partes por milhão (ppm) ou miligrama por metro cúbico (mg/m<sup>3</sup>) no ar. É independente do peso corporal.

- LDLO (do inglês: *the lowest dose causing lethality*): a menor dose que causa letalidade.
- TDLO (do inglês: *the lowest dose causing a toxic effect*): a menor dose que causa efeito tóxico.



### Exemplificando

Exemplos (sólidos e líquidos) / (gases e vapores):

LD01 / LC01: dose letal para 1% das pessoas em um grupo em estudo.

LD50 / LC50: dose letal para 50% (metade) das pessoas em um grupo em estudo.

LD100 / LC100: dose letal para 100% (todas) as pessoas em um grupo em estudo.



### Refleta

A absorção cutânea e respiratória são as vias mais comuns de absorção em um ambiente de trabalho. Um nível LD deve ser avaliado por cada via de penetração, pois diferentes vias de penetração podem apresentar diferentes LD.

Durante a penetração de um veneno no organismo, a defesa imunológica irá tentar parar o ingresso da substância. O primeiro obstáculo é o fígado, capaz de fixar substâncias estranhas em seus tecidos. Por exemplo: chumbo em pequenas quantidades é fixado no fígado e eliminado depois pela bile. Além disso, o fígado pode ainda alterar a característica da substância tóxica, diminuindo sua toxicidade.

O sistema ósseo também é capaz de reter substâncias, por exemplo, o arsênio pode ser armazenado nos ossos quando em pequenas quantidades.

Porém, se absorvidos em grande quantidade, nesse exemplo, o chumbo e o arsênio podem causar a morte.

Os pulmões também são capazes de defender o organismo se receberem pequenas quantidades de ar tóxico: pelas trocas gasosas

ele impede que o gás tóxico alcance a corrente sanguínea. Óxido de carbono, ácido sulfídrico e clorofórmio são substâncias eliminadas pelos pulmões.

### **Mecanismos fisiopatológicos das imunodeficiências primárias e secundárias**

O sistema imunológico é composto por um sistema complexo de células e órgãos que funcionam integralmente e têm como objetivo defender o organismo de infecções.

As primeiras barreiras contra infecções são a pele, as membranas mucosas e as substâncias secretadas por essas membranas.

Quando uma parte desse sistema se mostra inexistente ou não funcional, ocorre a imunodeficiência. As imunodeficiências envolvem um conjunto de doenças relacionadas ao desenvolvimento de células de forma anormal do sistema imunológico.

Se a causa dessa imunodeficiência for congênita (adquiridas desde o nascimento), a imunodeficiência é chamada de **primária**. São desordens hereditárias, causadas por mutações genéticas.

Caso essa imunodeficiência seja adquirida durante a vida (depois do nascimento), ela é chamada **secundária**. Ocorre devido a fatores ambientais como infecções, quimioterapias, irradiação e desnutrição.

A imunodeficiência primária ocorre na proporção de um a cada duas mil crianças nascidas. Há mais de 120 doenças diferentes decorrentes dessa imunodeficiência. Alguns sintomas podem apontar para uma imunodeficiência primária: suscetibilidade a infecções crônicas acontecendo de forma recorrente, infecções sistêmicas por bactérias incomuns, entre outras.

O tratamento da imunodeficiência primária é feito basicamente com o uso de antibióticos de forma a controlar infecções e também através da reposição de imunoglobina humana (anticorpos) de forma a também conter infecções.

A imunodeficiência secundária pode se desenvolver pela mutação de células (que são extremamente reguladas na divisão celular), resultando na transformação dessas células, que apresentam crescimento descontrolado e produzem tumores.

Caso as células permaneçam agrupadas em um local, o tumor é

definido como benigno, mas as células tumorais podem se soltar e ser transportadas pelo sangue a outros órgãos, nos quais se alojam e crescem. Nesse caso, o tumor é definido como maligno e os tumores que aparecem nesses locais são chamados metástases.

Isso pode acontecer por mutações espontâneas e por mutações induzidas.

As mutações induzidas acontecem por agentes químicos (hidrocarbonetos aromáticos, aminas aromáticas), radiação ionizante, raios x, raios ultravioletas e por agentes virais.

Assim, tumores podem ser decorrentes de exposição ocupacional a hidrocarbonetos aromáticos ou aminas aromáticas.

## Sem medo de errar

Após estudar as doenças ocupacionais, vamos voltar à situação apresentada no convite ao estudo: Antônio trabalha em uma indústria de cerâmicas e apresenta dificuldade respiratória. Ele não tem antecedentes de doenças crônicas, não fuma e não bebe. Agentes de saúde estão estudando o problema na cerâmica para uma posterior campanha de prevenção. Nesse exemplo, você saberia dizer qual seria a possível doença apresentada por Antônio? Quais são a sua patologia e a fisiopatologia? Como ela se desenvolve?

Conforme estudado no item “Não pode faltar” desta seção, Antônio está com os sintomas de uma doença respiratória ocupacional: a silicose, decorrente da exposição à sílica, um dos compostos utilizados em indústrias cerâmicas.

A silicose é uma pneumoconiose causada pela deposição de sílica. Assim como outras pneumoconioses, as partículas de sílica se alojam nos alvéolos, causando danos aos pulmões.

A silicose pode apresentar sintomas somente após alguns anos, o que dificulta o seu diagnóstico precoce e o seu tratamento.

Com a evolução da silicose, são detectadas a falta de ar, apresentada por Antônio, e a sensação de fraqueza. O avanço da doença apresenta insuficiência respiratória, falta de ar ao mínimo esforço ou mesmo em repouso.

## Atenção

É importante que Antônio comece o tratamento, assim que confirmada a doença, pois a silicose, está associada ao aparecimento de câncer de pulmão.

## Avançando na prática

### A pneumoconiose na mineração

#### Descrição da situação-problema

Em uma mina de carvão, no Rio Grande do Sul, trabalhadores estão apresentando problemas respiratórios. O uso de máscaras de proteção nem sempre é verificado e é provável que os mineradores tenham inalado grande quantidade de poeiras geradas pela manipulação do carvão mineral.

Quais doenças ocupacionais poderiam estar relacionadas à atividade de mineração?



#### Lembre-se

Um mesmo agente pode desencadear várias doenças diferentes.

#### Resolução da situação-problema

As poeiras de carvão mineral podem gerar as pneumoconioses dos trabalhos de carvão (código J60). Entretanto, além da pneumoconiose, a inalação da poeira poderá resultar também em bronquite crônica e enfisema, e, se houver presença de sílica (comum nas regiões ao sul do Brasil), haverá também a silicose.



#### Faça você mesmo

Acesse o link abaixo do centro de vigilância sanitária para verificar todos os agentes etiológicos (ou fatores de risco de natureza ocupacional) e as doenças relacionadas.

Disponível em: <[http://www.cvs.saude.sp.gov.br/antigo/ldoen\\_a.html](http://www.cvs.saude.sp.gov.br/antigo/ldoen_a.html)>.

Acesso em: 9 nov. 2016.

Identifique quais trabalhos estão expostos a esses agentes.

## Faça valer a pena

**1.** De acordo com o Ministério da Saúde (portaria do Ministério da Saúde nº 1.339/1999), as doenças relacionadas ao trabalho podem ser divididas em listas.

Em relação a essas listas, é correto afirmar:

I – As neoplasias malignas da pele (C44) estão listadas nas neoplasias (tumores).

II – A polineuropatia devida a outros agentes tóxicos (G62.2) está listada nas doenças do sistema nervoso.

III – Pneumoconiose devido à poeira de sílica (J62.8) está listada nas doenças do sangue e dos órgãos hematopoéticos.

Estão corretas as afirmações:

- a) I apenas.
- b) II apenas.
- c) I e II apenas.
- d) I e III apenas.
- e) I, II e III.

**2.** Dentre as doenças relacionadas ao trabalho, estão as neoplasias malignas da pele. Essa neoplasia (tumor), quando ataca a camada mais externa da pele, responsável por revestir o organismo, recebe qual nome?

- a) Melanomas.
- b) Adenocarcinoma.
- c) Insulinomas.
- d) Epitelioma.
- e) Somatostatínomas.

**3.** Como a pele é um órgão heterogêneo, o câncer de pele pode se apresentar em diferentes formas. Quais são as formas mais comuns (com 70% dos casos)?

- a) Melanoma.
- b) Somatostatínomas.
- c) Carcinomas epidermoide.
- d) Carcinoma basocelular.
- e) Leiomioma.

## Seção 4.2

### Diagnóstico e tratamento de doenças

#### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre diagnóstico e tratamento de doenças.

Nesta seção, conhecerá mais sobre o diagnóstico e sobre o tratamento das doenças ocupacionais, além dos características do afastamento por doenças ocupacionais.

Vamos voltar ao caso hipotético de Antônio, que trabalha em uma cerâmica e apresenta dificuldade respiratória. Ele não tem antecedentes de doenças crônicas, não fuma e não bebe. Agentes de saúde estão estudando o problema na cerâmica para uma posterior campanha de prevenção. Nesse exemplo, você saberia dizer como poderia ser diagnosticada e tratada a doença apresentada por Antônio?

Para entender melhor esses procedimentos, você deverá conhecer melhor o diagnóstico e o tratamento de doenças.

#### Não pode faltar

##### Diagnóstico das doenças ocupacionais

No estudo das doenças ocupacionais e do risco em ambiente de trabalho, algumas abordagens podem ser tomadas:

- No caso de doenças, para casos individuais, podem ser feitos exames clínicos, laboratoriais, toxicológicos e provas funcionais. Para casos coletivos de doenças, o mais funcional são estudos epidemiológicos, apresentados nas seções anteriores deste livro didático;
- No caso de riscos em condições de trabalhos, para casos individuais devem ser feitos estudos qualitativos e quantitativos do ambiente de trabalho. Para os casos coletivos, também

devem ser feitos estudos qualitativos e quantitativos, além da elaboração de mapas de risco por atividade.

Um dos principais instrumentos utilizados para a investigação de doenças ocupacionais é a anamnese ocupacional.



### Assimile

Anamnese ocupacional: é uma entrevista feita através de perguntas que um profissional de saúde faz a um paciente no momento do atendimento. Esse é o primeiro método de avaliação clínica do paciente. Ela deverá abranger a história clínica do paciente, os antecedentes pessoais e familiares, o histórico ocupacional e o estilo de vida acompanhado de exame físico.

Levando-se em consideração os fatores clínicos e ocupacionais, os seguintes itens devem ser considerados na anamnese:

- Investigar a ocorrência de doenças em progressão ou de doenças recentes que tenham ou não relação com o trabalho.
- Deve estar direcionada a sinais de cada sistema do corpo humano, atentando para alterações de saúde que possam decorrer dos sintomas detectados.
- Deve confirmar todos os antecedentes ocupacionais, incluindo doenças, acidentes, sequelas e afastamentos do trabalho em decorrência desses problemas.
- Deve analisar e registrar os antecedentes ocupacionais e exposições a riscos sofridas pelo paciente e as consequências que essas exposições tiveram na saúde. Incluídos nesta análise devem estar os agentes químicos e a exposição sofrida.
- Deve analisar estilo de vida dos pacientes.



### Exemplificando

Na anamnese ocupacional, as perguntas devem ser relacionadas às suas atividades de trabalho, como: quais são os horários de trabalho? Existem pausas na jornada de trabalho? Quanto tempo de descanso semanal? Como é medida a produção no trabalho? Como é feito o controle de produção? Qual é a posição de trabalho e como é o esforço físico? Há levantamento e/ou transporte manual de cargas? Utiliza-se algum tipo de ferramenta ou máquina? Qual é a matéria-prima utilizada? Quais são as

formas de processamento dessa matéria-prima? Há produtos químicos? Quais? Quais são os possíveis riscos químicos e biológicos? Há repetição de movimentos? Como são as condições ambientais de conforto? Como é a relação pessoal no trabalho com outros colaboradores, clientes etc.?



### Pesquise mais

Acesse: Anamnese ocupacional: manual de preenchimento da Ficha Resumo de Atendimento Ambulatorial em Saúde do Trabalhador (Firaast).

Disponível em: <[http://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_details&gid=1337&Itemid=965](http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&task=doc_details&gid=1337&Itemid=965)>. Acesso em: 9 nov.. 2016.

Após a análise dos fatores de risco no ambiente de trabalho detectado pela entrevista com o paciente, outras informações podem ser adquiridas pela identificação de agentes químicos e fichas toxicológicas obtidas diretamente do trabalho (empregadores).

A partir das análises feitas no paciente, e também em seu ambiente de trabalho, pode-se estabelecer a relação entre trabalho e doença. Ou seja, se há conexão entre a execução de um determinado trabalho sujeito a algum tipo de exposição e o aparecimento da doença.

Alguns fatores que podem ajudar nessa determinação da relação entre trabalho e doença:

- Os agentes causadores de doença podem ser identificados no ambiente de trabalho?
- O agente causador de doenças está contribuindo para a evolução da doença? Ou seja, o trabalho pode ser considerado a causa, uma contribuição ou um agravante de doenças?
- A dose, o tempo e a frequência de exposição são condizentes com a doença que se desenvolveu no paciente?
- O estado de saúde antes do diagnóstico da doença pode determinar ou não a relação do trabalho com a causa da doença. As avaliações epidemiológicas são úteis nessas determinações.

Para a determinação efetiva da presença da doença, devem ser utilizados exames toxicológicos (que detectam a exposição, qualidade de produtos ou alimentos), eletromiográficos, exames de imagem, exames clínicos específicos, testes respiratórios e de audiometria.

Conforme já citado em seções anteriores, a correta amostragem para a execução de exames é primordial para a comprovação de doenças. Nesse caso também.

Alguns fatores que podem prejudicar o diagnóstico de doenças são: as múltiplas exposições (vários agentes químicos em ambientes de trabalho) e alto custo de exames (principalmente os toxicológicos), que exigem laboratórios bem equipados, fator crítico principalmente na rede pública de saúde.

O levantamento de todos os agentes químicos aos quais o paciente está (ou esteve) exposto também é difícil. No caso de trabalhadores registrados, tais informações devem ser solicitadas ao empregador, como análises de risco, análises qualitativas e quantitativas que já tenham sido feitas no ambiente de trabalho.

A seguir, alguns exemplos de diagnóstico para algumas doenças ocupacionais comuns:

Para o diagnóstico das pneumoconioses:

- Anamnese ocupacional com coleta de dados dos tipos de agentes em exposição, tempo de exposição e frequência de contato. Vale lembrar que a doença pode aparecer só alguns anos após a exposição. Assim, estas informações são muito importantes.
- Histórico clínico: cada agente apresenta manifestações diferentes. No caso de poeiras causadoras de pneumoconiose, tosse e dificuldade de respiração ou desconforto ao respirar são comuns.
- Radiografia do tórax: confirmar a presença de pneumoconiose nos pulmões.
- Biopsia pulmonar: na maioria das vezes, não é necessária, mas nesse exame pode-se verificar a presença de causadores da doença como grafite e sílica.
- Exames de escarro: usado na suspeita de silicose que pode desencadear tuberculose.

- Pode ser utilizada também tomografia computadorizada e as provas de funções pulmonares.

Para diagnóstico de dermatoses ocupacionais os procedimentos são:

- Anamnese ocupacional, que deve mostrar o agente etiológico.
- Exames clínicos para avaliar a extensão da lesão, que acontece com maior frequência em mãos, antebraços, pescoço, face e pernas.
- Teste epicutâneo, que é um método de investigação alérgica no qual é possível distinguir entre dermatite irritativa de contato e dermatite alérgica de contato, podendo-se, assim, instruir o paciente a evitar futuros contatos com agentes agressivos.
- Inspeção do local de trabalho com inspeção da qualidade e conservação de EPIs, outras ocorrências de dermatose no mesmo ambiente de trabalho, condições inadequadas de trabalho.

### **Tratamento das doenças ocupacionais**

Doenças respiratórias, como as pneumoconioses, ainda são hoje um grande problema de saúde pública no Brasil. Elas são, em sua maioria, crônicas ou irreversíveis.

Como fator social, essas doenças são responsáveis por incapacitar trabalhadores jovens, o que leva a uma compensação previdenciária ou afastamento do trabalho precoce.

Das doenças respiratórias, alguns exemplos são a pneumoconiose do carvão, asbestose e silicose. Para essas doenças, não há tratamento específico, apenas os sintomáticos. Como o tratamento não é possível, o afastamento é necessário devido à grande possibilidade da progressão das doenças piorar ainda mais o quadro clínico do trabalhador. Caso o trabalhador seja fumante, é fortemente recomendada a suspensão do tabaco, sob pena de agravamento da doença. Em alguns casos, o transplante pulmonar pode ser a única opção. O tratamento sintomático faz uso de supressores de tosse, broncodilatadores e oxigenoterapia como tratamento para as dispneias (falta de ar) e também uso de antibióticos para as infecções respiratórias.

A dermatose ocupacional também é uma das doenças mais comuns em trabalhadores de diferentes áreas. O tratamento depende da gravidade das lesões e suas causas. Pode ser adotado tratamento com solução adstringente (como permanganato de potássio ou água salina) empregado em estágio primário de lesões. Lesões secundárias, quando houver, são tratadas com uso de antibióticos e antiestamínicos.

A mudança de atividade é uma ação extremamente importante na recuperação das lesões por dermatoses.

Assim como as dermatoses ocupacionais, muitas doenças ocupacionais devem ser tratadas com a mudança de ambiente de trabalho, de forma a evitar o contato com o agente causador, que pode fazer a doença progredir.

### **Afastamento por doenças ocupacionais**

A partir do momento em que é confirmada a relação entre trabalho e doença, algumas medidas devem ser tomadas, como informar ao trabalhador o quadro de sua doença e como deverá ser feita a recuperação.

Caso a presença no ambiente de trabalho ofereça exposição e seja prejudicial ao trabalhador, ele deve se afastar dessas atividades ou desses ambientes de exposição.

Deve ser também indicado o tratamento mais adequado, incluindo os procedimentos necessários para a total recuperação. Além disso, a empresa deve emitir o CAT (Comunicado de Acidente de Trabalho), que é válido apenas para funcionários segurados pelo INSS.

No caso de afastamento, é importante que as autoridades sanitárias, municipal ou estadual sejam informadas, assim como o Ministério do Trabalho e Emprego e também o sindicato de classe.

O afastamento do trabalho é indicado nos casos de incapacidade parcial ou temporária, até que se comprove uma melhora clínica.



Segundo a OMS: a incapacidade (*disability*) é "qualquer redução ou falta (resultante de uma deficiência ou disfunção) da capacidade para realizar uma atividade de uma maneira que seja considerada normal para o ser humano ou que esteja dentro do espectro considerado normal".

A incapacidade pode ser definida de acordo com o grau, duração e profissão.

Quanto ao grau, a incapacidade pode ser parcial ou total. A incapacidade parcial é definida como uma incapacidade que ainda permite desempenhar atividades sem risco ou agravamento à saúde. A incapacidade total impossibilita a permanência no ambiente de trabalho, pois o trabalhador não atinge o rendimento necessário para desempenho de funções executadas por um trabalhador em condições normais de saúde.

Quanto à duração, a incapacidade pode ser temporária ou permanente. Na incapacidade temporária, é esperada uma recuperação em prazo determinado e na incapacidade permanente não há previsão de recuperação.

Quanto à profissão, a incapacidade pode ser uniprofissional, multiprofissional ou omni-profissional. A incapacidade uniprofissional é estabelecida pela incapacidade em uma única atividade profissional específica; a incapacidade multiprofissional atinge várias atividades profissionais; e a incapacidade omni-profissional engloba a incapacidade de toda e qualquer atividade profissional.

Para casos em que o trabalhador se mantém na atividade, é importante que ele não esteja sofrendo qualquer risco à saúde e que não haja condições para a piora de seu estado de saúde. Deve ser verificado também se as limitações que sua condição de saúde lhe impõe são condizentes com a realização de suas atividades. Em alguns casos, ele pode ser remanejado para outras atividades, desempenhando jornada parcial ou total, dependendo de sua condição de saúde.

No caso de afastamento parcial ou total, o trabalhador deve ser encaminhado para o médico da empresa. Caso seja constatado que outros trabalhadores estão expostos, providências devem ser tomadas para que novos casos sejam evitados.

A empresa deverá oferecer as condições necessárias para a

reestabelecimento do trabalhador, o qual, se apresentar algum tipo de lesão, poderá ser realocado para atividades condizentes.

O afastamento se faz necessário para o repouso, para a recuperação e também para evitar a exposição em casos de doenças graves.

Porém, outras doenças não necessitam necessariamente de um afastamento do trabalho.



### Refleta

A decisão médica do tempo de afastamento é sempre uma questão complicada em dois sentidos: uma decisão drástica como um afastamento excessivo por um período longo não pode ser tomada, por outro lado, o afastamento precisa durar o tempo suficiente para que o trabalhador consiga se recuperar integralmente do dano sofrido. Assim, o ideal seria que o médico responsável pelo afastamento estivesse familiarizado com o ambiente de trabalho do trabalhador.

Caso seja necessário um afastamento por um período maior que 15 dias, é necessário que seja feita também uma perícia médica do INSS, em que será concluída a necessidade de afastamento em decorrência da incapacidade (parcial/temporária) de trabalhar. Assim, caso confirmada a necessidade de afastamento, no décimo sexto dia, o trabalhador será pago pelo INSS por quanto tempo for necessário até sua recuperação.

Devem ser consideradas as seguintes questões para a análise do médico do INSS a respeito da incapacidade:

- Grau de instrução do paciente.
- Capacidade de readaptação profissional.
- Diagnóstico da doença.
- Grau da deficiência gerada pela doença.
- Tipo e requisitos da atividade profissional.
- Necessidade de proteção contra agentes químicos.

O médico do INSS é também responsável pela confirmação da relação causal das doenças, ou seja, se realmente a causa foi à atividade executada no trabalho e se a intoxicação por exposição ocupacional ocorreu no trabalho exercido. Para isso, o médico poderá ir ao ambiente de trabalho para averiguação.

## Sem medo de errar

Após estudar as doenças ocupacionais, vamos voltar à situação apresentada no *convite ao estudo*: Antônio trabalha em uma cerâmica e apresenta dificuldade respiratória. Ele não tem antecedentes de doenças crônicas, não fuma e não bebe. Agentes de saúde estão estudando o problema na cerâmica para uma posterior campanha de prevenção. Nesse exemplo, você saberia dizer como poderia ser diagnosticada e tratada a doença apresentada por Antônio?

De acordo com a atividade profissional de Antônio, conforme estudado na seção anterior, ele está exposto à sílica, que é um dos compostos utilizados em indústrias cerâmicas. A exposição à sílica acarreta a silicose, uma pneumoconiose.

De acordo com o item *Não pode faltar*, para o diagnóstico da pneumoconiose, como a silicose, deve ser feita a anamnese ocupacional com a coleta de dados da exposição do ambiente de trabalho de Antônio e de sua vida pessoal e profissional.

Para o diagnóstico, é importante o histórico clínico com as manifestações apresentadas, devendo ser feitas radiografias do tórax para a verificação da presença e da evolução da doença, além da tomografia computadorizada, que podem ajudar no diagnóstico.

O tratamento da silicose, assim como o de outras pneumoconioses, é somente sintomático. Não há cura e somente os sintomas podem ser tratados. O afastamento das atividades do trabalho é indicado para se evitar a piora do estado clínico da silicose.



### Atenção

Assim como a silicose, as pneumoconioses não têm tratamento. A melhor maneira de se evitar a doença ainda é a prevenção com uso de EPIs que evitem a inalação da sílica e medidas de adequação do ambiente para que não haja produção de poeira, no caso da indústria cerâmica onde Antônio trabalha.

### Afastamento por silicose

#### Descrição da situação-problema

Um médico recebeu Gustavo, 40 anos, fumante, casado, que trabalha há 15 anos em uma indústria de cerâmica com exposição à sílica e que não usava corretamente máscaras e outros equipamentos de proteção. Gustavo apresenta sintomas de silicose.

Você saberia dizer se Gustavo deve ser afastado em decorrência da doença?



#### Lembre-se

A exposição à sílica pode adoecer vários trabalhadores expostos a esse pó. É de extrema importância que medidas de proteção sejam tomadas de forma a se evitar uma epidemia no ambiente de trabalho.

#### Resolução da situação-problema

Para o diagnóstico da silicose, o médico deve verificar a exposição à sílica, o tempo de exposição, além de exames de imagem do pulmão para confirmação da silicose. Infelizmente, não há tratamento para a silicose, que muitas vezes leva o doente à morte.

Como Gustavo é fumante, é recomendado que ele pare de fumar. O tabagismo pode piorar ainda mais a silicose.

A recomendação médica é o afastamento da exposição, o que, em muitos casos, resulta em licenças médicas ou até mesmo em aposentaria por invalidez devido à gravidade da doença. Assim, a empresa deve tomar as medidas de controle para evitar novos casos de doenças, que podem causar, muitas vezes, a perda do trabalhador por invalidez e aposentadoria precoce.



#### Faça você mesmo

Além da própria doença, no caso da silicose, por exemplo, pode haver desenvolvimento de câncer e tuberculose.

Assim, é de extrema importância sua prevenção, além de não haver tratamento para a cura.

Analise outros casos de pneumoconiose como a silicose e avalie as medidas de prevenção.

## Faça valer a pena

**1.** No diagnóstico de doenças ocupacionais, quais são os procedimentos para casos de doenças individuais?

- a) Exames quantitativos, laboratoriais, toxicológicos e provas funcionais.
- b) Exames clínicos, laboratoriais, toxicológicos e provas funcionais.
- c) Exames qualitativos, laboratoriais, toxicológicos e provas funcionais.
- d) Exames qualitativos e quantitativos, laboratoriais, exames clínicos e provas funcionais.
- e) Exames físicos, laboratoriais, toxicológicos e provas funcionais.

**2.** No diagnóstico de doenças ocupacionais, quais são os procedimentos para casos de riscos individuais e coletivos em condições de trabalhos?

a) Riscos individuais: exames qualitativos, laboratoriais e toxicológicos. Riscos coletivos: mesmo procedimento que o utilizado para riscos individuais mais provas funcionais.

b) Riscos individuais: exames clínicos, quantitativos, laboratoriais e toxicológicos. Riscos coletivos: mesmo procedimento que o utilizado para riscos individuais mais provas funcionais.

c) Riscos individuais: estudos qualitativos e quantitativos.

Riscos coletivos: mesmo procedimento que o utilizado para riscos individuais mais mapa de risco.

d) Riscos individuais: estudos qualitativos e quantitativos e mapa de risco. Riscos coletivos: estudos qualitativos e quantitativos.

e) Riscos individuais: exames clínicos, laboratoriais, toxicológicos e provas funcionais.

**3.** Levando-se em consideração os fatores clínicos e ocupacionais, da anamnese, deve-se investigar a ocorrência de \_\_\_\_\_ em progressão ou doenças \_\_\_\_\_ que tenham ou não relação com o \_\_\_\_\_.

Assinale a opção que completa corretamente as lacunas do texto acima.

- a) Doenças / recentes / trabalho.
- b) Enfermidade / fatais / agente químico.
- c) Epidemias / permanentes / agente químico.
- d) Pandemias / esporádicas / ambiente.
- e) Endemias / sazonais / paciente.

## Seção 4.3

### Indicadores de saúde em toxicologia

#### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre o diagnóstico e o tratamento de doenças.

Nesta seção, conhecerá mais sobre indicadores de saúde em toxicologia e estudará os índices de mortalidade e morbidade.

Vamos voltar ao caso hipotético de Antônio, que apresenta dificuldade respiratória e trabalha em uma indústria de cerâmica. Ele não tem antecedentes de doenças crônicas, não fuma e não bebe. Agentes de saúde estão estudando o problema na cerâmica para uma posterior campanha de prevenção. Nesse exemplo, você saberia dizer como os indicadores poderiam ajudar no entendimento e na prevenção da doença apresentada por Antônio?

Para entender melhor esses procedimentos, você deverá conhecer melhor os indicadores de saúde em toxicologia.

#### Não pode faltar

##### Mortalidade

Qualquer indicador, de forma geral, pode ser direcionado aos objetivos que se quer alcançar, podendo ser, assim, absoluto ou relativo.

Os indicadores absolutos representam dados de eventos, por exemplo, o número de casos de óbitos em um determinado espaço e tempo, mas não disponibilizam comparação com outros acontecimentos. Eles são úteis na estimativa de números absolutos para a saúde, como a quantidade de medicamentos e leitos hospitalares disponíveis.

Para que se possa comparar um índice, é necessário que ele seja relativo, ou seja, serão usadas frações para conseguir uma relação.

Dessa forma, os índices relativos mostram uma relação com outros índices.

Indicadores podem ser expressos por coeficientes, índices e razões.

- Coeficientes: representam o número de eventos reais pelo número de eventos que podem acontecer. Representam o risco de um evento. Exemplo: número de mortes por dengue em São Paulo em relação à quantidade de habitantes da cidade no período de um ano.
- Índice ou proporção: representa a frequência de um evento. O numerador é a frequência absoluta, que será um subproduto do denominador. Exemplo: número de mortes por dengue em São Paulo em relação à quantidade de mortes na cidade no período de um ano;
- Razão: representa a frequência de um evento relativa a outros eventos. Nesse caso, o numerador não é um subproduto de denominador. Exemplo: número de mortes de homens por dengue pelo número de mortes de mulheres por dengue em São Paulo.

Um dos métodos para medir e comparar a qualidade da saúde de uma população são os indicadores de saúde. Dois indicadores muito utilizados são as taxas de mortalidade e morbidade.



**Refleta**

Apesar de serem índices utilizados na qualidade de saúde de uma população, os indicadores de mortalidade e morbidade estão relacionados ao índice de morte e doença. Basicamente, é mais fácil medir a doença (aspectos negativos) do que a saúde (aspectos positivos) propriamente dita.

Mortalidade é uma variável utilizada em seres vivos, representando a quantidade de mortes em um intervalo de tempo. No cálculo da mortalidade, usam-se dados de morte através de registros de óbitos de registros hospitalares, considerando, para isso, idade, sexo, local de nascimento e residência etc.

Nos indicadores de saúde, entre os coeficientes, índices e razões, os coeficientes são os mais utilizados nas medidas de mortalidade.

Os principais coeficientes são: coeficiente de mortalidade geral, coeficiente de mortalidade infantil, coeficiente de mortalidade infantil precoce, coeficiente de mortalidade infantil tardia, coeficiente de mortalidade materna, coeficiente de mortalidade específico por causa.

Dentre esses indicadores, os mais utilizados são os coeficientes de mortalidade geral, infantil, materna e por causa.



### Assimile

Alguns pontos importantes no estudo dos coeficientes:

- Escolha da constante: é utilizada uma constante de forma que o valor encontrado seja de mais fácil leitura. Isso é feito pela multiplicação do resultado por uma potência de 10 (10, 100, 1.000, 10.000, 100.000..) escolhida de forma a aproximar os números obtidos o mais próximo possível do inteiro. Por exemplo, resultado de 0,0034 pode ser multiplicado por 1000, o resultado em 3,4, ou seja, 3,4 ocorrências em 1000. Essa constante é arbitrária, dependendo do valor encontrado. Valores muito pequenos forcem valores de constantes maiores. Alguns já são especificados com a mortalidade infantil, que representa casos em 1000.
- Intervalo de tempo: o período é importante na análise do coeficiente. Geralmente, o período é um ano. Nas aplicações da vigilância epidemiológica, esse período pode ser menor para melhores acompanhamentos com resultados mais rápidos em menores escalas de tempo.

O **coeficiente de mortalidade geral** é o resultado da divisão do número total de óbitos em um ano pelo número da população no mesmo ano multiplicado por 1000.



### Exemplificando

Mortes: 6.554.

População: 1.924.352 habitantes.

Assim, o coeficiente de mortalidade geral será: 3,4, pois:

$$(6.554/1.924.352) \times 1000 = 3,4$$

A desvantagem desse coeficiente é não considerar as variações por sexo, idade etc. Dessa forma, não deve ser utilizado, por exemplo, para comparar populações em áreas em que a concentração de jovens e idosos é diferente.

O **coeficiente de mortalidade infantil** é o resultado do número de óbitos de crianças com menos de um ano pelo número de nascidos vivos no mesmo local e período multiplicado por 1000. Esse coeficiente está diretamente relacionado a mudanças socioeconômicas e condições de saúde da população. O coeficiente de mortalidade infantil tem diminuído ultimamente em todas as regiões do mundo, mas ainda há uma diferença quando comparado ao índice de países ricos ou regiões dentro do mesmo país.

O **coeficiente de mortalidade infantil precoce** é o resultado do número de mortes de crianças menores de 28 dias pelo número de nascidos vivos no mesmo local e período multiplicado por 1000.

O **coeficiente de mortalidade infantil tardia** é o resultado do número de mortes de crianças entre 28 dias e um ano pelo número de nascidos vivos no mesmo local e período multiplicado por 1000.

O **coeficiente de mortalidade materna** é o resultado do número de mortes maternas pelo número de nascidos vivos no mesmo local e período multiplicado por 100.000. Essas mortes podem acontecer durante a gravidez ou até um ano após a gravidez.



Refleta

A mortalidade materna varia de 3/100.000 nascidos vivos em países ricos a 1.500/100.000 em países pobres.

O **coeficiente de mortalidade por causa** é o resultado do número de mortes por doença ou causa pela população exposta ao risco no mesmo local e período multiplicado por 100.000.



Pesquise mais

Consulte o site da base de dados do governo federal para ter acesso aos principais índices utilizados.

Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2012/matriz.htm>>.

Acesso em: 9 nov. 2016.

Por exemplo: número de óbitos infantis (menores de um ano) por 1.000 nascidos vivos no Brasil entre 2000 e 2011.

Em 2000, havia 26,1 mortes em 1000 e, em 2011, havia 15,3 mortes em 1000.

## Morbidade

A morbidade, também chamada de morbilidade, é definida como a quantidade de pessoas com uma determinada doença em relação à população em estudo. Esse índice é especialmente útil em casos de doenças de baixa letalidade, como a caxumba, por exemplo.

Diferentemente da mortalidade, a morbidade não está relacionada a uma situação irreversível como o óbito, pois a doença é um evento provisório, mas que pode resultar em sequelas leves ou mais graves. Assim, apesar de se tentar definir um termo genérico para o indicador de morbidade, o termo está relacionado a uma doença específica. Dessa forma, para uma melhor definição e resultado, a população, o intervalo de tempo a que se refere, o estudo e sua abrangência devem ser bem definidos.

A morbidade é um dos indicadores de saúde mais utilizados. Para acompanhar a morbidade de uma população e fazer comparações com outras locais, é importante que se utilizem medidas padrões de morbidade. As quatro medidas principais de morbidade são: incidência, prevalência, taxa de ataque e distribuição proporcional.

Como já visto em seções anteriores, a **incidência** é definida como casos novos de uma doença em um período determinado. Ela reflete a intensidade com que uma doença acomete uma população, mostrando a frequência e a probabilidade de aparição de novos casos em uma população. Dessa forma, a alta incidência representa um grande risco de se adquirir uma doença.

A incidência é um dos melhores indicadores na avaliação de saúde, uma vez que, indicando a quantidade de pessoas na população que passou de um estado não doente para doente, sinaliza uma melhora ou uma piora no quadro.

O **coeficiente de incidência** é o resultado do número de casos novos de uma doença pelo número da população em um determinado período multiplicado por uma constante (10n). Essa

medida é útil para se medir a frequência de doenças com duração média, como uma pneumonia, por exemplo.



### Exemplificando

Cinquenta pessoas do grupo dos 150 trabalhadores expostos à sílica durante um ano adquiriram câncer de pulmão (utilizando-se para a constante o valor  $n=2$ ).

Coefficiente de Incidência =  $50/150 \times 100 = 30$ .

Ou seja, 30 casos novos por 100 habitantes em um ano.

A **prevalência**, como também já estudado em seções anteriores, é definida como a soma de todos os casos (novos e velhos) sobre uma população. A palavra “prevalência” vem de prevalecer, ou seja, algo que acontece e permanece.

O coeficiente de prevalência é o resultado de casos (novos e antigos) de uma doença em um dado local e período pelo número da população em um determinado período multiplicado por uma constante (10n). Conforme já citado, o valor encontrado para o coeficiente de prevalência deve ser multiplicado por uma constante de forma a se ter um número de mais fácil leitura.

O coeficiente de prevalência é utilizado em doenças crônicas com duração prolongada, como diabetes, tuberculose, AIDS etc.



### Exemplificando

Exemplo de Prevalência: Silicose no Brasil

Prevalência (%)	Setor Econômico	Tipo de estudo	Autor
3,5	Pedreira	Seccional	Franco, 1978
3,9	Indústria Cerâmica	Estudo de Prevalência em Indústria Cerâmica	Oliveira, 1988
13,5	Borracharias	Estudo de caso	Souza Filho, 1992
23	Construção Civil e Construção e Reparo Naval – Rio de Janeiro	Busca ativa de dados	Comissão técnica estadual de pneumopatias, 1995
40,6	Cavadores de poço - Ceará	Intervenção em comunidade	Holanda, 1995
5	Fundição	Busca ativa de dados	Polity, 1995
3,9	Marmoraria de São Paulo	Seccional	Freitas, 2002
53,7	Escultores de pedra	Seccional	Antão, 2004
16,3	Pedreiras	Seccional	Araújo, 2004

Fonte: Ribeiro (2010).

A prevalência pode ser pontual ou lápsica.

A **prevalência pontual** (ou instantânea) é definida como a frequência de uma doença em um momento definido no tempo (dia, semana, mês ou ano).

A **prevalência lápsica** é definida em um período longo em que não haja concentração de informações em um dado ponto. Ela também é chamada de prevalência por período de tempo.

A **taxa de ataque** é expressa em porcentagem e é uma forma especial de incidência. Ela é calculada pelo número de casos de uma doença em um dado período pela população exposta multiplicada por 100 (por ser porcentagem). A taxa de ataque é utilizada para investigar um surto de doença em um local com população bem definida, como creches, condomínios, escolas etc. Esses locais são populações especiais expostas a riscos em um período de tempo também bem definido.

A **distribuição proporcional** também é representada em porcentagem. Ela é o resultado do número parcial de casos pelo número total de casos multiplicado por 100 (por ser porcentagem). Ela representa o total de casos ou mortes ocorridas, por exemplo, entre homens e entre mulheres ou ainda em grupos de idades diferentes. Nesse caso, o resultado da distribuição não indica a probabilidade ou o risco de adoecer, mas sim como é a distribuição entre homens, mulheres e entre diferentes locais.

A prevalência de uma doença está diretamente relacionada à incidência, ou seja, quanto maior a ocorrência de novos casos (incidência), maior será o número de casos existentes e maior será a prevalência. A incidência, por sua vez, dependerá do tempo de cura da doença e da taxa de sobrevivência.

A morbidade pode ser influenciada por: admissões e altas hospitalares, consultas ambulatoriais e de atenção primária; serviços de especialistas; registros de doenças. Assim, dados de registros médicos devem ser acessíveis para que ajudem no estudo epidemiológico, como as taxas de morbidade e mortalidade. Vale lembrar que a confiabilidade dos dados é de fundamental importância no estudo de mortalidade e morbidade.

A partir desses resultados (confiáveis) de mortalidade e morbidade, ações governamentais podem ser tomadas de forma a melhorar estes índices. A comprovação dessas medidas pode ser verificada pela atualização destes índices também.

## Sem medo de errar

Após estudar as doenças ocupacionais, vamos voltar à situação apresentada no "Convite ao estudo": Antônio trabalha em uma indústria de cerâmica e apresenta dificuldade respiratória. Ele não tem antecedentes de doenças crônicas, não fuma e não bebe. Agentes de saúde estão estudando o problema na cerâmica para uma posterior campanha de prevenção. Nesse exemplo, você saberia dizer como os indicadores poderiam ajudar no entendimento e na prevenção da doença apresentada por Antônio?

Na atividade profissional de Antônio, conforme estudado nas seções anteriores, ele está exposto à sílica, que é um dos compostos utilizados em indústrias cerâmicas. A exposição à sílica acarreta a silicose, uma pneumoconiose.

De acordo com o item *Não pode faltar*, podemos ver pelo item *Exemplificando*, que a prevalência de silicose no Brasil para trabalhadores na indústria cerâmica é de quase 4%. Esse é um valor médio, mas, se, por exemplo, na indústria onde Antônio trabalha existirem 200 trabalhadores, há grande chance de mais trabalhadores apresentarem a doença. Esses índices dão a dimensão do grande problema da silicose em diferentes ambientes de trabalho. Além disso, a mortalidade causada pela silicose é alta.

Alguns dados de mortalidade de silicose: segundo o Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional (National Institute Occupational Safety Health, uma agência federal dos Estados Unidos responsável por realizar pesquisas para a prevenção de acidentes e doenças no trabalho), de 1968 até os dias atuais ocorreram mais de 14 mil mortes por silicose nos EUA. Há 200 mortes registradas por ano, com milhares de novos casos de trabalhadores adquirindo a doença.

Embora os casos graves de silicose venham diminuindo anualmente, ainda existe um contingente elevado de trabalhadores expostos à sílica. Dessa forma, medidas de prevenção são de extrema importância para a melhora destes índices.



### Atenção

Independente da idade do trabalhador exposto, a sílica apresentará o mesmo poder de intoxicação. Ainda de acordo com Instituto Nacional

de Segurança e Saúde Ocupacional dos EUA, muitos dos trabalhadores diagnosticados com silicose têm menos de 30 anos e, em decorrência da fragilidade causada pela doença, não podem cuidar de si mesmo nem de seus familiares.

Então, cuidado, a silicose ataca trabalhadores de todas as idades!

## Avançando na prática

### Silicose nos trabalhadores de poços

#### Descrição da situação-problema

De acordo com os indicadores de saúde, qual seria o risco de um trabalhador em poços de escavação estar exposto à sílica?



#### Lembre-se

Verifique os índices de saúde disponíveis para diferentes tipos de trabalhos!

#### Resolução da situação-problema

De acordo com o item *Não pode faltar*, podemos ver pelo item *Exemplificando*, que a prevalência de silicose no Brasil para trabalhadores na atividade de cavadores de poços é de mais de 40%. Um valor extremamente alto, o que exige medidas de prevenção.

Máscaras e respiradores têm como objetivo prevenir a inalação destas partículas de sílica e devem ser usados nesses ambientes de exposição. O filtro utilizado nos respiradores deve ser capaz de reter esta poeira de sílica.

Para ambientes subterrâneos e com baixas concentrações de oxigênio, são recomendadas máscaras com proteção para toda a cabeça.



## Faça você mesmo

Analise os dados da prevalência de silicose no Brasil em relação às diferentes porcentagens e tente identificar a razão para os diferentes valores.

Por exemplo, trabalhos com corte a seco de compostos com sílica apresentarão grande concentração de poeira.

## Faça valer a pena

**1.** Em relação aos indicadores de saúde, analise as afirmativas a seguir:

I – Os indicadores absolutos comparam um índice com outro. Para isso, usam-se frações.

II – Os indicadores relativos representam dados de eventos sem compará-los com outros acontecimentos.

III – Os indicadores podem ser expressos por coeficientes, índices e razões.

Estão corretas somente as afirmativas:

a) Apenas I e II.

b) Apenas III.

c) Apenas II e III.

d) Apenas I e III.

e) I, II e III.

**2.** Os coeficientes utilizados como indicadores de saúde podem ser:

- \_\_\_\_\_: representa o número de eventos reais pelo número de eventos que podem acontecer.

- \_\_\_\_\_: representa a frequência de um evento.

- \_\_\_\_\_: representa a frequência de um evento relativa a outros eventos.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas acima:

a) Razão / Coeficiente / Índice.

b) Razão / Índice / Coeficiente.

c) Coeficiente / Índice / Razão.

d) Coeficiente / Razão / Índice.

e) Índice / Coeficiente / Razão.

**3.** A mortalidade e morbidade são dois métodos muito comuns nas medições de indicador de saúde da população.

Apesar de medir saúde, estes índices estão relacionados com:

- a) Morte e doença.
- b) Medicamentos e internações.
- c) Consultas e óbitos.
- d) Nascimentos e óbitos.
- e) Sequelas e recuperações.

# Seção 4.4

## Prevenção em toxicologia ocupacional

### Diálogo aberto

Caro aluno, seja bem-vindo!

A partir de agora, você iniciará seus estudos sobre diagnóstico e tratamento de doenças.

Nesta seção, conhecerá mais sobre prevenção em toxicologia ocupacional e estudará o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO).

Vamos voltar ao caso hipotético de Antônio, que apresenta dificuldade respiratória e trabalha em uma indústria de cerâmica. Ele não tem antecedentes de doenças crônicas, não fuma e não bebe. Agentes de saúde estão estudando o problema na cerâmica para uma posterior campanha de prevenção. Nesse exemplo, você saberia dizer como os Programas de Prevenção de Riscos Ambientais e o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional poderiam ajudar a melhorar a saúde dos trabalhadores na cerâmica onde Antônio trabalha?

Para entender melhor esses programas, você deverá conhecer melhor a prevenção em toxicologia ocupacional.

### Não pode faltar

#### Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA)



#### Assimile

##### NR-9 – PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS

Essa norma regulamentadora – NR-9 estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, visando a preservação da saúde e da integridade dos trabalhadores, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e conseqüente controle da ocorrência de

riscos ambientais existentes ou que venham a existir no ambiente de trabalho, tendo em consideração a proteção do meio ambiente e dos recursos naturais.

### **NR 9 - PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS.**

Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-09atualizada2014III.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2016.

O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) é uma norma federal baseada na NR-9, que é emitida pelo Ministério do Trabalho.

O PPRA é um programa técnico-preventivo de segurança do trabalho. Seu objetivo é a prevenção de riscos ambientais e a preservação da saúde, da segurança e da integridade dos trabalhadores pela identificação, pela avaliação e pelo controle dos riscos nos ambientes de trabalho. O PPRA analisa os riscos ambientais, pela quantificação e pela qualificação e propõe medidas práticas para eliminar ou para pelo menos minimizar os riscos.

Cada empresa deve adequar suas ações do PPRA de acordo com suas atividades e ambientes de trabalho. Sua abrangência vai depender dos riscos envolvidos.

O PPRA deve estar conectado com as outras normas reguladoras, principalmente a NR7 – Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO).

No ambiente de trabalho, de acordo com o PPRA, são considerados riscos os agentes físicos, químicos e biológicos de acordo com: dose, tipo e tempo de exposição.

São considerados agentes físicos: ruídos, vibrações, temperaturas muito altas ou muito baixas, radiação etc. Agentes químicos são definidos como substâncias químicas que usam umas das vias de penetração (via respiratória, via cutânea e via gastrointestinal) para chegar ao organismo. São considerados agentes biológicos: bactérias, fungos, vírus, entre outros.

No PPRA, são exigidos alguns requisitos mínimos: cronogramas com metas e prioridades deverão ser feitos anualmente, dados devem ser registrados e divulgados e o desdobramento do PPRA deve ser analisado sempre que necessário e pelo menos uma vez no ano.

O PPRA é dividido nas seguintes etapas:

- Predição de risco.
- Estabelecimento de metas para as medidas de controle e também para as suas avaliações.
- Avaliação de risco e exposição dos trabalhadores.
- Implantação de medidas de controle.
- Verificação de sua eficácia, armazenamento e publicação de resultados.

Todo o processo do PPRA deve ser feito por profissionais especializados em segurança e medicina do trabalho.

A antecipação de risco no PPRA é feita pela análise dos ambientes de trabalho, dos métodos e processos e das eventuais alterações. O objetivo é identificar precocemente os riscos e gerar medidas de controle. Os riscos devem ser identificados, localizados, bem como sua rota no ambiente de trabalho.

Também deve ser identificada a quantidade de trabalhadores expostos, suas atividades e a exposição sofrida, assim como as implicações destes riscos à saúde. A partir disso, devem ser executadas medidas de controle.

No PPRA, deve ser feita a análise quantitativa em que é verificada a exposição, o controle da exposição dos trabalhadores e, conseqüentemente, a eficiência dos EPIs.

As medidas de controle no PPRA devem minimizar os riscos ambientais quando não for possível eliminá-los. Isso é feito através da identificação do risco que pode ser obtido pela/pelos:

- Identificação antecipada de risco potencial à saúde.
- Identificação confirmada de risco evidente à saúde.
- Resultados quantitativos da NR-15 mostrando exposição excedente no ambiente de trabalho conforme estudado na Seção 2.3 deste livro didático.
- Identificação que o ambiente de trabalho efetivamente causa dano à saúde.

As medidas de controle deverão, portanto, eliminar ou reduzir o contato com o agente prejudicial à saúde. Também deve ser evitada a liberação de agentes químicos no ambiente de trabalho, além de diminuir a concentração e, conseqüentemente, a dose em exposição do agente prejudicial.

Um das formas de controle e proteção é o uso de EPIs. Os EPIs

devem ser adequados ao risco e ao tipo de trabalho exercido. Deve ser feito também um treinamento para o correto uso desses equipamentos, bem como para o estabelecimento de regras e procedimentos para o uso adequado, para sua manutenção, reposição, higienização etc.

Os trabalhadores devem colaborar e participar da implantação e da execução do PPRA, assim como seguir as orientações por ele recebidas. Também é de responsabilidade do trabalhador informar possíveis situações geradoras de risco para a saúde no ambiente de trabalho.



**Refleta**

Mesmo que a empresa tenha somente um funcionário, os programas PPRA e PCMSO devem ser implantados, pois mesmo nesse caso está caracterizada a função de empregador.

Todos os empregadores são obrigados a implantar o PPRA em suas empresas. Independente da quantidade de trabalhadores nas empresas.

O PPRA deve ser permanente na empresa; ele deverá ser elaborado e aplicado por profissionais da segurança do trabalho, como técnicos, engenheiros e médicos.

## **Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO)**



**Assimile**

NR-7 – PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO DE SAÚDE OCUPACIONAL

Essa norma regulamentadora – NR-7 estabelece a obrigatoriedade de elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores como empregados, do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO, com o objetivo de promoção e preservação da saúde do conjunto dos seus trabalhadores.

### **NR 7 - PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO DE SAÚDE OCUPACIONAL**

Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR7.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2016.

A partir da identificação dos riscos no ambiente de trabalho, sejam eles físicos, químicos ou biológicos, no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), elabora-se o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), que determina medidas de prevenção,

monitoramento e diagnóstico dos problemas de saúde do trabalhador.

No PCMSO, são determinados os exames clínicos e complementares aos quais os trabalhadores serão submetidos, assim como a determinação da frequência desses exames de acordo com os riscos levantados no PPRA.

Todas as empresas públicas e privadas devem elaborar e implementar os programas PPRA e PCMSO.

O objetivo do PCMSO é promover a prevenção, o monitoramento e o diagnóstico precoce dos problemas que acometem a saúde de trabalhadores em ambientes de exposição. Além disso, tem o objetivo de detectar doenças profissionais.

Os custos de implantação dos programas PPRA e PCMSO podem variar, dependendo da quantidade de funcionários e da avaliação de riscos envolvidos nos processos e nos ambientes de trabalho de cada empresa.

São responsabilidades dos empregadores no PCMSO:

- Garantir a elaboração e implementação e também manter sua eficácia.
- Arcar com todos os encargos relacionados aos procedimentos do PCMSO.
- Apontar um médico da segurança do trabalho para coordenar a execução do PCMSO.

São tarefas desse médico coordenador:

- Realizar exames clínicos e exames complementares.
- Utilizar instituições devidamente capacitadas e equipadas para a realização deles.

No PCMSO, são obrigatórios os exames: Admissional, Periódico, Retorno ao trabalho, Mudança de função e Demissional.

Esses exames devem abranger: avaliação clínica: anamnese ocupacional, exames físico e mental e também exames complementares.

O PCMSO deve ser planejado para a execução durante todo o ano e, ao final de cada ano, deverá ser gerado um relatório de acompanhamento.

Esse relatório deverá mostrar a quantidade e tipo de exames médicos feitos durante o ano, incluindo as avaliações clínicas e os exames complementares. Deverá mostrar também dados estatísticos dos casos de doenças e enfermidades fora das condições normais de saúde.

Se identificado algum caso de trabalhador submetido a valores de exposição acima dos recomendados, mesmo que esse trabalhador não

apresente sintomas, ele deverá ser afastado do local de trabalho. Após a normalização do indicador biológico de exposição e de medidas de controle tomadas, o trabalhador poderá voltar às suas atividades.

Caso seja detectada uma doença profissional através dos exames, o médico coordenador deverá:

- Solicitar a empresa a emissão do CAT (Comunicação de Acidente de Trabalho).
- Recomendar o afastamento do trabalhador do ambiente de exposição.
- Encaminhar o trabalhador à Previdência Social para avaliação.
- Apontar medidas de prevenção ao empregador.

Para cada exame realizado, o médico deverá emitir o ASO (Atestado de Saúde Ocupacional). Esse atestado terá duas vias: a primeira ficará arquivada no local de trabalho e a segunda deverá ser entregue ao trabalhador.



### Exemplificando

Itens que devem estar presentes no ASO (Atestado de Saúde Ocupacional):

- Informações do trabalhador: nome, RG e função no trabalho.
- Riscos no ambiente de trabalho.
- Histórico médico do trabalhador com exames feitos.
- Nome do médico coordenador.
- Confirmação da aptidão ou não da função ao qual o trabalhador está submetido;
- Nome do médico encarregado do exame.
- Data e assinatura do médico responsável pelo exame com o número no Conselho Regional de Medicina.

É indicado também no PCMSO que todo local de trabalho tenha materiais necessários para a prestação de primeiros socorros, de acordo com as atividades ocupacionais desenvolvidas nos respectivos ambientes de trabalho.



### Assimile

As NR-7 (PCMSO) e NR-9 (PPRA) são normas primárias e devem ser satisfeitas para que medidas de proteção ao trabalhador possam ser alcançadas.



## Pesquise mais

Acesse o site do Ministério de Trabalho para ter acesso a todas as normas reguladoras.

Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/>>. Acesso em: 9 nov. 2016.

A relação entre o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) é uma relação de coexistência: o PPRA levanta os riscos existentes e propõe mecanismos de controle. Os riscos que não forem eliminados pelo PPRA serão tratados no PCMSO.

## Sem medo de errar

Após estudar a prevenção em toxicologia ocupacional, vamos voltar à situação apresentada no convite ao estudo: Antônio trabalha em uma indústria de cerâmica e apresenta dificuldade respiratória. Ele não tem antecedentes de doenças crônicas, não fuma e não bebe. Agentes de saúde estão estudando o problema na cerâmica para uma posterior campanha de prevenção. Nesse exemplo, você saberia dizer como os Programas de Prevenção de Riscos Ambientais e Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional poderiam ajudar a melhorar a saúde dos trabalhadores na cerâmica onde Antônio trabalha?



## Atenção

No caso de exposição à sílica, o valor limite será dado pela NR-15 – Atividades e operações Insalubres:

ANEXO nº 12: Limites de tolerância para poeiras e minerais:

Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documents/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO12.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2016.

Pelo PPRA, podemos considerar:

- Prever o risco que os trabalhadores da cerâmica correm pela inalação da sílica.
- Estabelecer metas para o controle da inalação da sílica.
- Que o risco na exposição é extremamente alto.

- Medidas de controle, como uso obrigatório de EPIs, a umidificação de peças a serem cortadas etc.
- Verificar a quantidade de poeira no ambiente e verificar a eficiência dos respiradores (EPIs).

Pelo PCMSO, podemos considerar:

- Exames periódicos de forma a se detectar a presença de sílica nos pulmões, para o caso de silicose.
- Caso já seja detectada a presença de silicose, o trabalhador deve ser afastado do ambiente de trabalho e encaminhado à Previdência Social para avaliação.
- Indicar medidas de controle no ambiente de trabalho com exposição.

## Avançando na prática

### PPRA e PCMSO aplicados à exposição ao mercúrio

#### Descrição da situação-problema

Em uma indústria que utiliza o mercúrio no processo de fabricação, como poderia ser implementado o PPRA para análise de riscos e as demais medidas do PCMSO?



#### Lembre-se

NR-15, Anexo 11: Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO11.pdf>>. Acesso em: 8 ago. 2016.

NR-7: Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional

Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR7.pdf>>. Acesso em: 9 nov. 2016.

#### Resolução da situação-problema

No PPRA, na análise de risco, devem ser identificadas e caracterizadas as funções na indústria com exposição ao Mercúrio.

Deve ser feita uma análise quantitativa utilizando-se a NR-15, Anexo 11, que estabelecerá os valores limites (conforme estudado na Seção 2.3 deste livro didático).

No PCMSO, devem ser feitos exames e, de acordo com NR-7, o exame indicado seria o exame de sangue de forma a se obter o indicador biológico para o Mercúrio.



### Faça você mesmo

Utilize os valores dessas duas normas reguladoras (NR-15, Anexo 11 e NR-7) e identifique outras situações em que essas normas se aplicam também.

## Faça valer a pena

**1.** O \_\_\_\_\_ é um programa técnico-preventivo \_\_\_\_\_. Seu objetivo é a prevenção de \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_, segurança e integridade dos trabalhadores pela identificação, pela avaliação e pelo controle dos riscos nos ambientes de trabalho.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas acima:

- a) PPRA / de segurança do trabalho / riscos ambientais / preservação da saúde.
- b) PCMSO / do PPRA / acidentes de trabalho / preservação da saúde.
- c) PPRA / de saúde pública / doenças / combate a riscos.
- d) PPRA / de segurança do trabalho / acidentes de trabalho / combate a riscos.
- e) PPRA / de saúde pública / riscos ambientais / boas condições de trabalho.

**2.** Em relação ao PPRA, analise as afirmativas abaixo:

I – O PPRA analisa os riscos ambientais, usando somente a quantificação, e propõe medidas práticas para eliminar definitivamente os riscos.

II – Cada empresa deve adequar as ações do PPRA de acordo com suas atividades e ambientes de trabalho. Sua abrangência dependerá dos riscos envolvidos.

III – Todo o processo do PPRA deve ser feito por profissionais especializados em segurança e medicina do trabalho.

Estão corretas somente as afirmativas:

- a) I e II.
- b) I e III.
- c) I, II e III.
- d) II e III.
- e) III.

**3.** Cada ambiente de trabalho deve ter um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) adequado de acordo com os riscos de suas atividades. No ambiente de trabalho, de acordo com o PPRA, o que são considerados riscos?

- a) Agentes físicos, bioquímicos e Ambientais.
- b) Agentes físicos, químicos e Mecânicos.
- c) Agentes ambientais, químicos e Biológicos.
- d) Agentes ergonômicos, químicos e Biológicos.
- e) Agentes físicos, químicos e Biológicos.

# Referências

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Medidas em saúde coletiva e introdução à epidemiologia descritiva**. Brasília: MS, 2003. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso\\_vigilancia\\_epidemiologica\\_modulo\\_3.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/curso_vigilancia_epidemiologica_modulo_3.pdf)>. Acesso em: 8 ago. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria-Executiva. Subsecretaria de Planejamento e Orçamento. **Plano Nacional de Saúde – PNS, 2012-2015**. Brasília: MS, 2011. (Série B. Textos Básicos de Saúde). Disponível em: <[http://conselho.saude.gov.br/biblioteca/Relatorios/plano\\_nacional\\_saude\\_2012\\_2015.pdf](http://conselho.saude.gov.br/biblioteca/Relatorios/plano_nacional_saude_2012_2015.pdf)>. Acesso em: 9 nov. 2016.

CARVALHO, G. de. **Enfermagem do trabalho**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

MICHEL, O. R. **Toxicologia ocupacional**. Rio de Janeiro: Revinter, 2000.

KLAASSEN, C. D. **Fundamentos em toxicologia de Casarett e Doull**. 2. ed. Porto Alegre: AMGH, 2012.

MORAES, M. V. de. **Doenças ocupacionais**: agentes: físico, químico, biológico, ergonômico. 2. ed. São Paulo: Érica, 2014.

OLSON, K. R. **Manual de toxicologia clínica**. 6. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

PASSAGLI, M. **Toxicologia forense**: teoria e prática. 4. ed. São Paulo: Millennium, 2013.

QUEIROZ, S. **Tratado de toxicologia ocupacional**. São Paulo: Editora Biblioteca 24 horas, 2010.

RIBEIRO NETO, F. S. N. (Coord.). **O mapa da exposição à sílica no Brasil**. Rio de Janeiro: UERJ, Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/mapa\\_exposicao\\_silica\\_brasil.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/mapa_exposicao_silica_brasil.pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2016.



ISBN 978-85-8482-696-4



9 788584 826964 >