

# POTENCIALIDADES DA QUÍMICA VERDE NO ENSINO DA SEGURANÇA LABORATORIAL

**MORTE NO LABORATÓRIO OU QUÍMICA VERDE?**

**ADÉLIO A S C MACHADO**

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E BIOQUÍMICA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE DO PORTO

**[amachado@fc.up.pt](mailto:amachado@fc.up.pt)**

# **OBJETIVO GERAL**

---

**AVERIGUAR SE/COMO A QV  
PERMITE UM LABORATÓRIO  
MAIS SEGURO E  
SUSTENTÁVEL**

# OBJETIVO ESPECÍFICO

**USO DOS 12 PRINCÍPIOS DA QV  
PARA IMPLEMENTAR  
SEGURANÇA LABORATORIAL**



**QUAIS E COMO SE APLICAM?  
DIRETAMENTE OU NÃO?**

# TÓPICOS A TRATAR

---

1

**SEGURANÇA NA QUÍMICA/SEGURANÇA  
LABORATORIAL (SL)/PERIGOS/...**

2

**ACIDENTES NO LABORATÓRIO**

3

**QUÍMICA VERDE (QV) E SL**

4

**CONCLUSÕES**

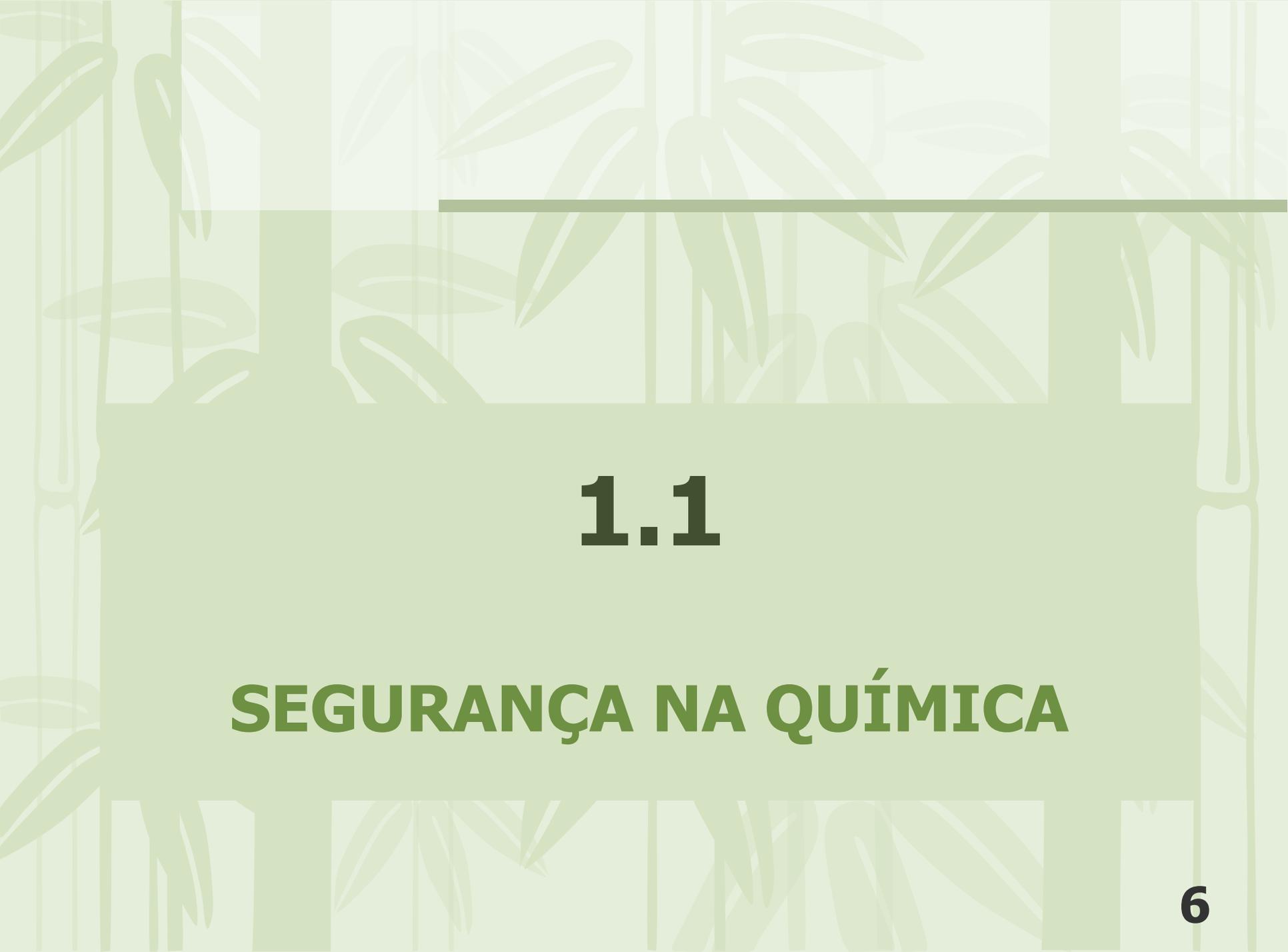
---

# 1

## **SEGURANÇA NA QUÍMICA/SEGURANÇA LABORATORIAL (SL)/PERIGOS/...**

**A COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA NO  
LABORATÓRIO QUÍMICO**

**REV. BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA, 11(2)...(2016)**

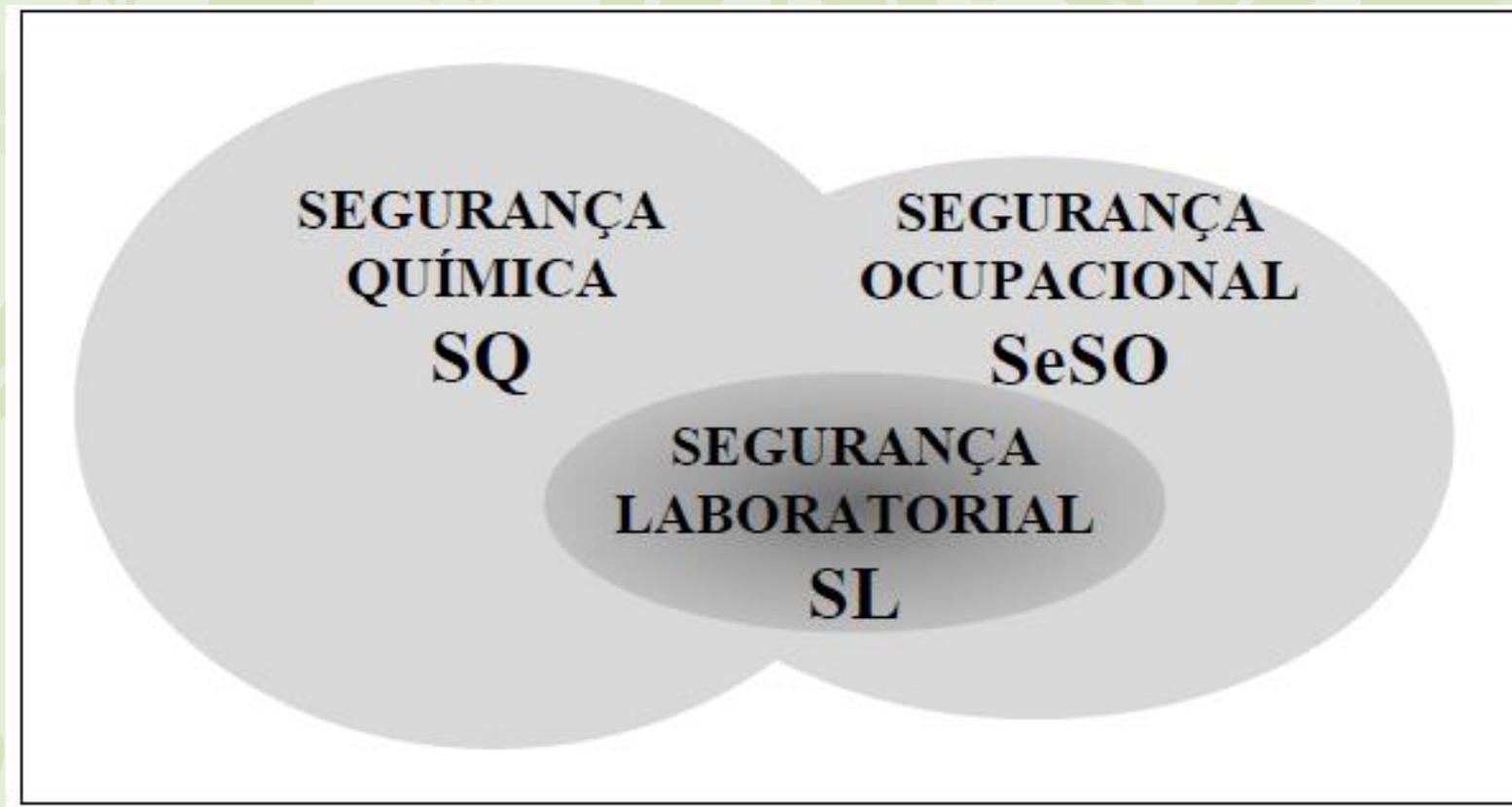


---

# 1.1

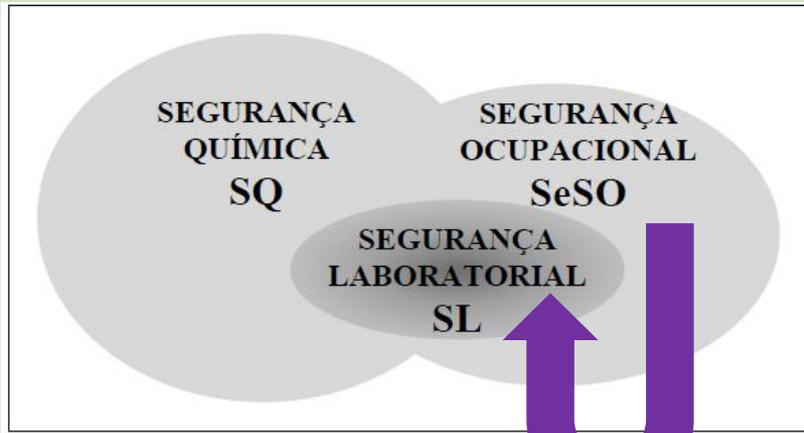
## SEGURANÇA NA QUÍMICA

# DIFERENTES “SEGURANÇAS” NA QUÍMICA



ADÉLIO A. S. C. MACHADO, A COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA NO LABORATÓRIO QUÍMICO, REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA, 11(2) xx-xx (2016) – FIG. 1

# BREVE HISTÓRIA DA SL



## ORIGEM

**SAÚDE E SEGURANÇA  
OCUPACIONAL**

**SeSO → SL**

# SL

**NASCEU NA**

**INDÚSTRIA  
QUÍMICA**

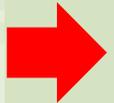
# BREVE HISTÓRIA DA SL

## INDÚSTRIA

SEC XIX



**PRESSÃO LEGISLATIVA PARA DEFENDER A  
SAÚDE E SEGURANÇA DOS TRABALHADORES**



**PERCEÇÃO DOS CUSTOS DOS ACIDENTES**



**SAÚDE E SEGURANÇA OCUPACIONAL**

**PRIMEIRAS MEDIDAS DE SL:**

**LABORATÓRIOS FABRIS DA IND. QUÍMICA**

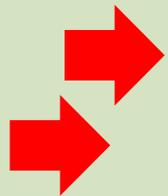
# BREVE HISTÓRIA DA SL

**LAB. INVESTIGAÇÃO ACADÉMICOS**

**ATÉ AO SEC XX**

**ACIDENTES CONSIDERADOS UMA QUASE  
INEVITABILIDADE**

**PERIGOS MENORIZADOS EM FAVOR DE**



**PROGRESSO DOS TRABALHOS**

**PREMÊNÇA DE OBTER RESULTADOS**

**MENTALIDADE AINDA EM VIGOR!**

# BREVE HISTÓRIA DA SL

---

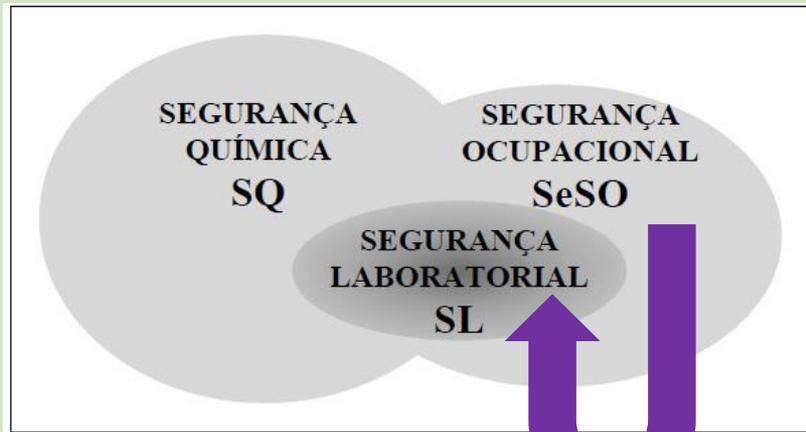
**KEKULÉ (AULA, 1890)**

**ESTADIA NO LABORATÓRIO DE LIEBIG (CA. 1850)**

**LIEBIG: “SE QUER SER QUÍMICO, TEM DE ESTAR PREPARADO PARA ARRUINAR A SUA SAÚDE – CASO CONTRÁRIO, NUNCA ATINGIRÁ BOM NÍVEL PROFISSIONAL”**

**US NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *PRUDENT PRACTICES IN THE LABORATORY*, VERSÃO REVISTA, NAP, 2011, p. 2 (TRADUÇÃO LIVRE)**

# BREVE HISTÓRIA DA SL



## ORIGEM

SAÚDE E SEGURANÇA  
OCUPACIONAL

SeSO → SL

SL  
NOS LABORATÓRIOS  
ACADÉMICOS

PRIMEIRAS DÉCADAS  
DO SEC XX:  
INDÚSTRIA



LABORATÓRIO

# BREVE HISTÓRIA DA SL

**A PARTIR DE 1920:  
PRIMEIROS ARTIGOS SOBRE  
TEMAS DE SL**

- ➔ PRECAUÇÕES NA ARMAZENAGEM**
- ➔ NECESSIDADE DE VENTILAÇÃO**
- ➔ IMPORTÂNCIA DOS ANTÍDOTOS**

**POR AUTORES DA INDÚSTRIA!**

# BREVE HISTÓRIA DA SL

ATENÇÃO À SL NAS UNIVERSIDADES



**ENSINO DA SL**

**TREINO** *AD HOC* EM LAB. DE ENSINO

➔ QUÍMICA GERAL E SEMELHANTES

➔ Q. INORGÂNICA E ORGÂNICA (SÍNTESE)

# BREVE HISTÓRIA DA SL

## OBJETIVO

REALIZAR AS ATIVIDADES EM SEGURANÇA



**BOAS PRÁTICAS DE OPERAÇÕES PERIGOSAS**  
NOS TRABALHOS A REALIZAR

## DESENVOLVIMENTO

NÚMERO/TIPOS DE SITUAÇÕES PERIGOSAS  
VARIEDADE DE EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO...



# BREVE HISTÓRIA DA SL

---

## LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

APRENDIZAGEM **INFORMAL**:

TRANSMISSÃO DIRETA DA PRÁTICA ADQUIRIDA  
PELO SUPERVISOR E COLEGAS MAIS ADIANTADOS

### LIMITAÇÃO

**"CONSANGUINIDADE"** ("*INBREEDING*")

AUSÊNCIA DE CONTRIBUIÇÕES EXTERIORES

**TRAVA A RENOVAÇÃO** DO CONHECIMENTO

# BREVE HISTÓRIA DA SL

EM AMBOS OS TIPOS DE LABORATÓRIOS

ENSINO CONSIDERADO **LATERAL À**

**TAREFA PRINCIPAL:**

**ENSINAR E INVESTIGAR QUÍMICA**

**ALCANCE LIMITADO**

-  **SITUAÇÕES BEM CARATERIZADAS**
-  **RECONHECIDAMENTE INSEGURAS**

**VIGORA AINDA EM MUITAS INSTITUIÇÕES!**

# BREVE HISTÓRIA DA SL

---

## ENSINO REDUTOR:

PRÁTICA DA SEGURANÇA

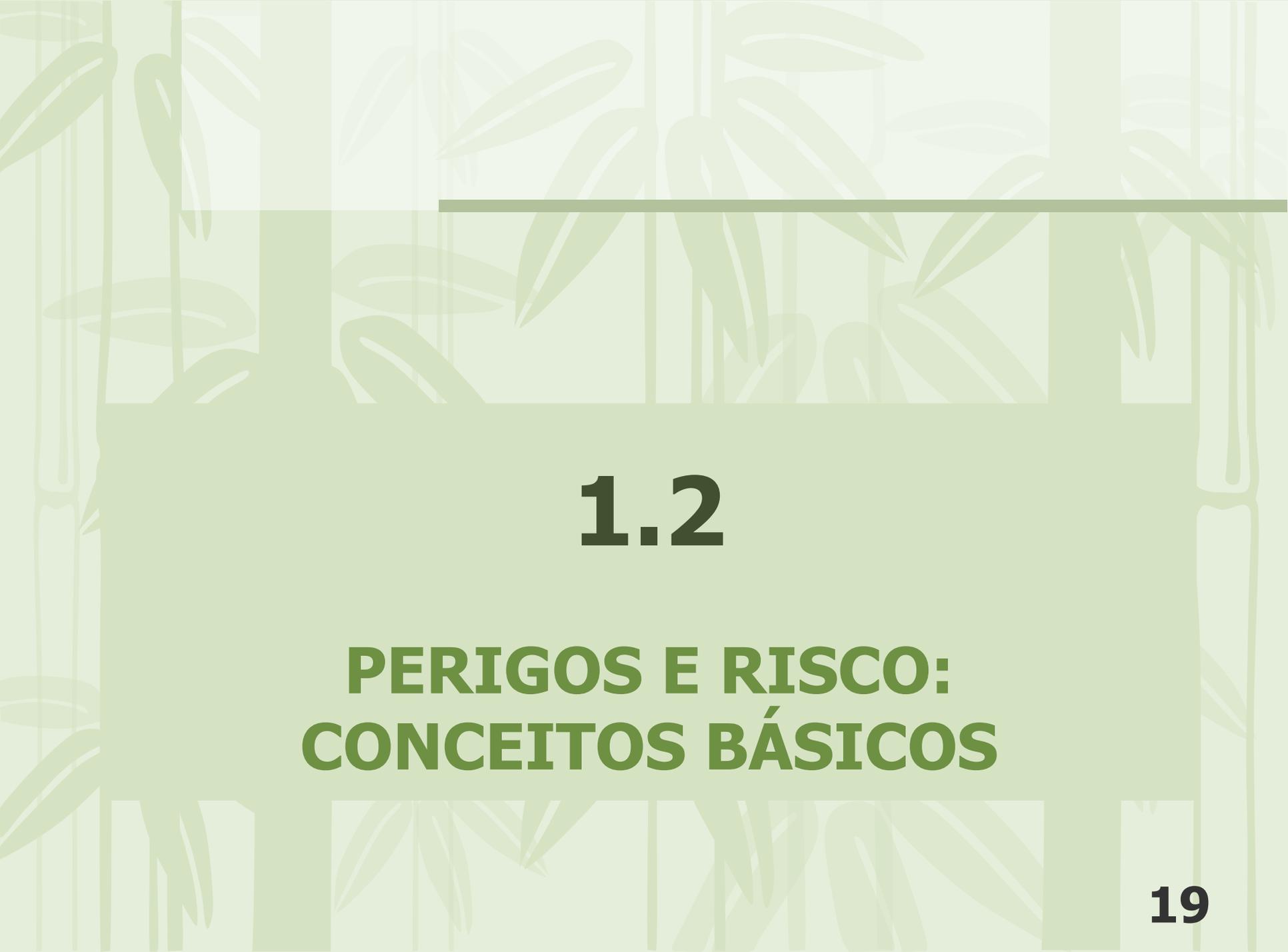
SEM PREOCUPAÇÕES COM

SUORTE TEÓRICO

DA QUÍMICA E OUTRAS CIÊNCIAS

ENVOLVE FUNDAMENTALMENTE **TREINO**

NÃO PROPICIA **EDUCAÇÃO/CULTURA**



---

# 1.2

## **PERIGOS E RISCO: CONCEITOS BÁSICOS**

# **TRÊS CONCEITOS BÁSICOS**

---

**PERIGO POTENCIAL (HAZARD)**

**PERIGO REAL (DANGER)**

**RISCO**

# PERIGO POTENCIAL (HAZARD)

(CASO: **SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS**)

UMA OU VÁRIAS

**PROPRIEDADES INTRÍNSECAS**

(“EMBUTIDAS NA MOLÉCULA”)

OU **SITUAÇÃO** (EX. REAÇÃO)

QUE **POSSAM CAUSAR DANOS**

A BENS, SAÚDE HUMANA, AMBIENTE, ...

# PERIGO REAL (DANGER)

---

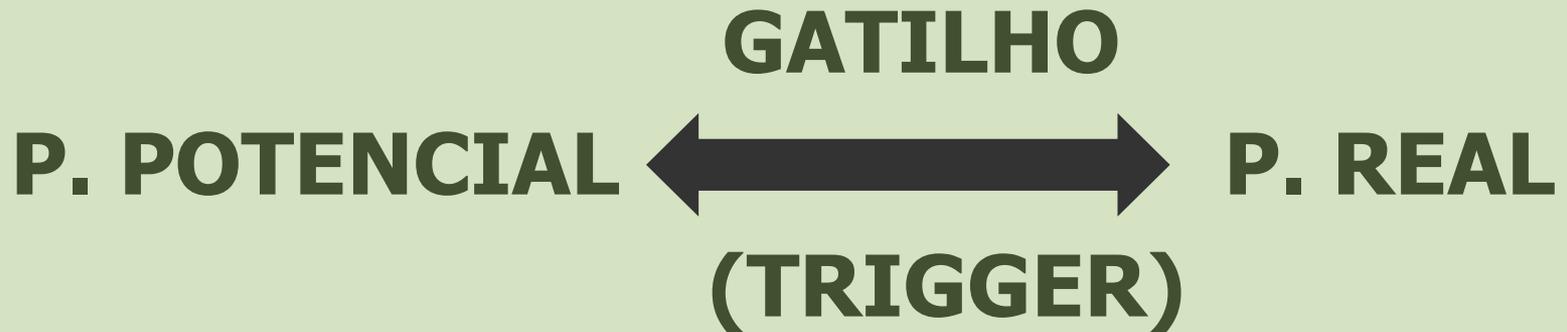
**CONCRETIZAÇÃO  
DO PERIGO POTENCIAL**



**ACIDENTE = DANOS**

**“QUASE-ACIDENTE” (“NEAR MISS”):  
NÃO HÁ DANOS!**

# GATILHO (“TRIGGER”)



**AGENTE QUE DESPOLETA O P. REAL**

**ÀS VEZES “ENCRAVA”  “NEAR MISS”**

# GATILHO (“TRIGGER”)

---

## GATILHO

**NÃO** ESTABELECE UMA

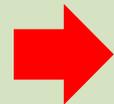
**RELAÇÃO CAUSAL**

**ENTRE P. POTENCIAL E P. REAL**

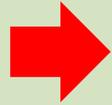
# GATILHO (“TRIGGER”)

## RELAÇÃO DE TRANSIÇÃO

P. POTENCIAL ➡ P. REAL



ALEATÓRIA



NÃO REPRODUTÍVEL



NECESSÁRIA MAS NÃO SUFICIENTE

...



**NÃO CAUSAL - COMPLEXA!**

# RISCO

---

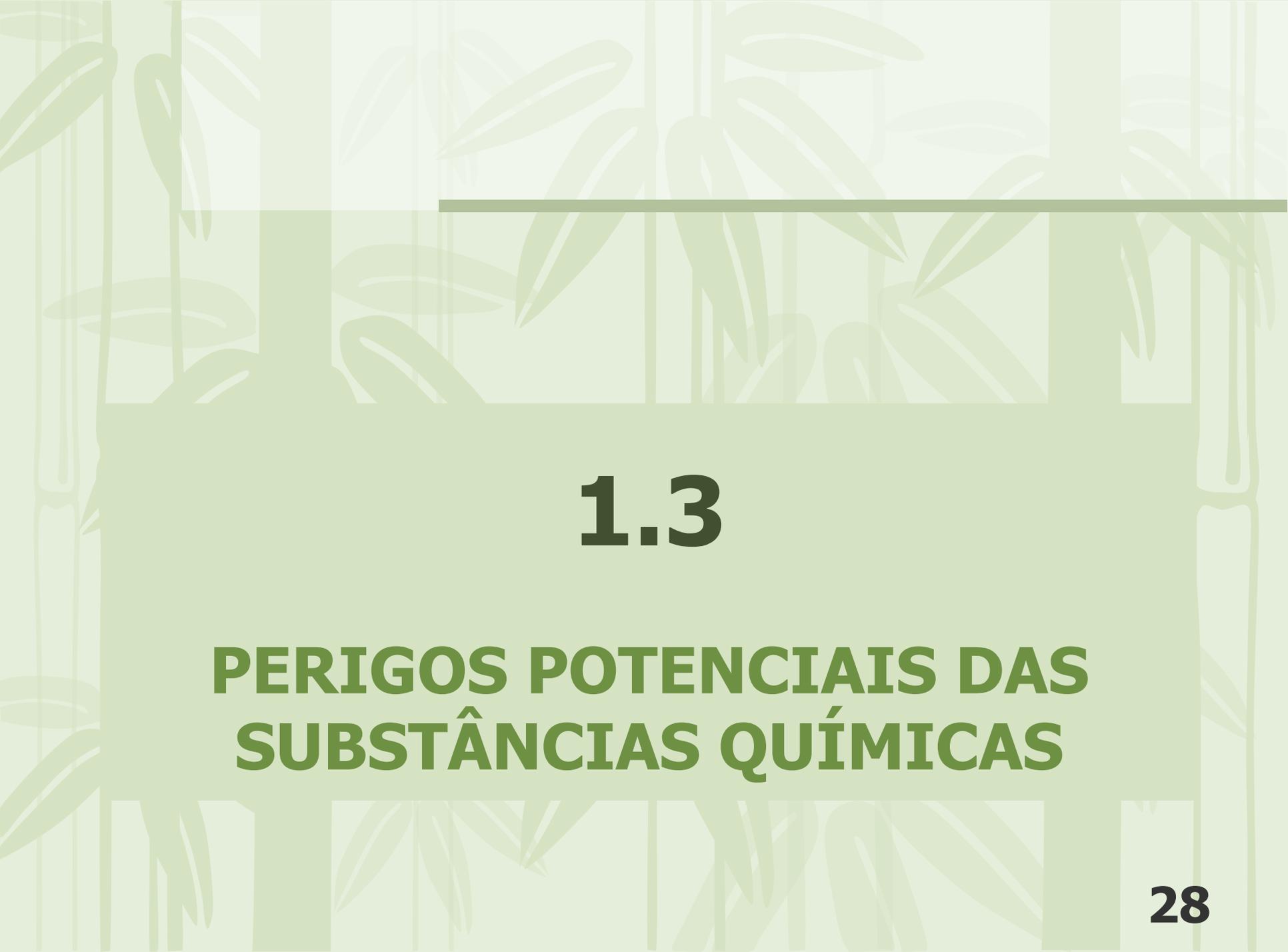
**MEDIDA DA  
PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA  
DA TRANSIÇÃO P. POTENCIAL → P. REAL  
(→ ACIDENTE = DANOS)**

**DEPENDE DO CONTEXTO:  
UTILIZADOR DA SUBSTÂNCIA  
MODO DE UTILIZAÇÃO ...**

# RISCO, PERIGOSIDADE E EXPOSIÇÃO



ADÉLIO A. S. C. MACHADO, A COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA NO LABORATÓRIO QUÍMICO, REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA, 11(2) xx-xx (2016) – FIG. 5



---

# 1.3

## **PERIGOS POTENCIAIS DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS**

# PERIGOS "SHE"

**SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS:  
PERIGOS NUMEROSOS E VARIADOS**

**TRÊS TIPOS:**

**S**AFETY (PHYSICAL SAFETY)

**H**UMAN HEALTH

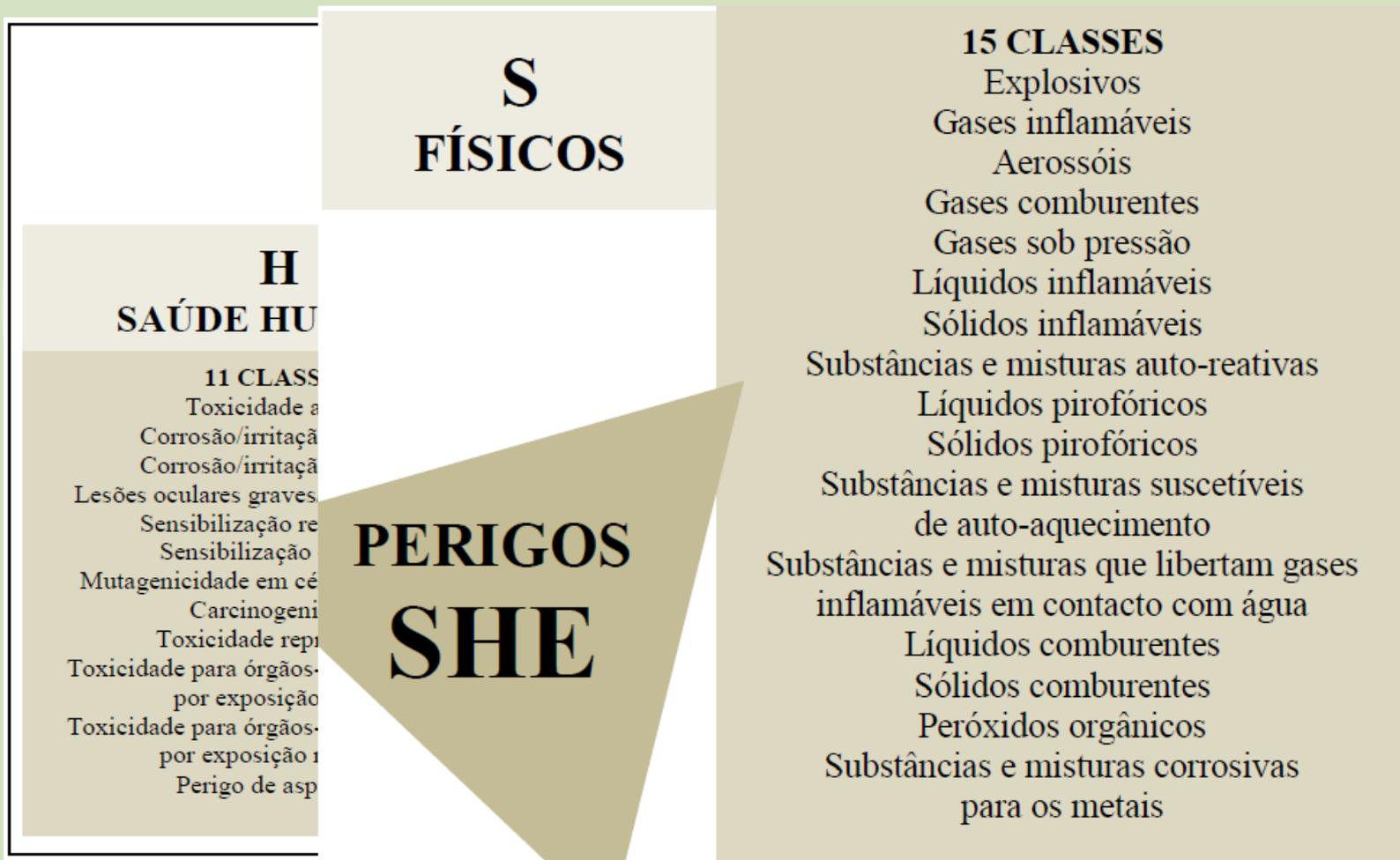
**E**NVIRONMENT

# TIPOS E CLASSES DOS "PERIGOS SHE"



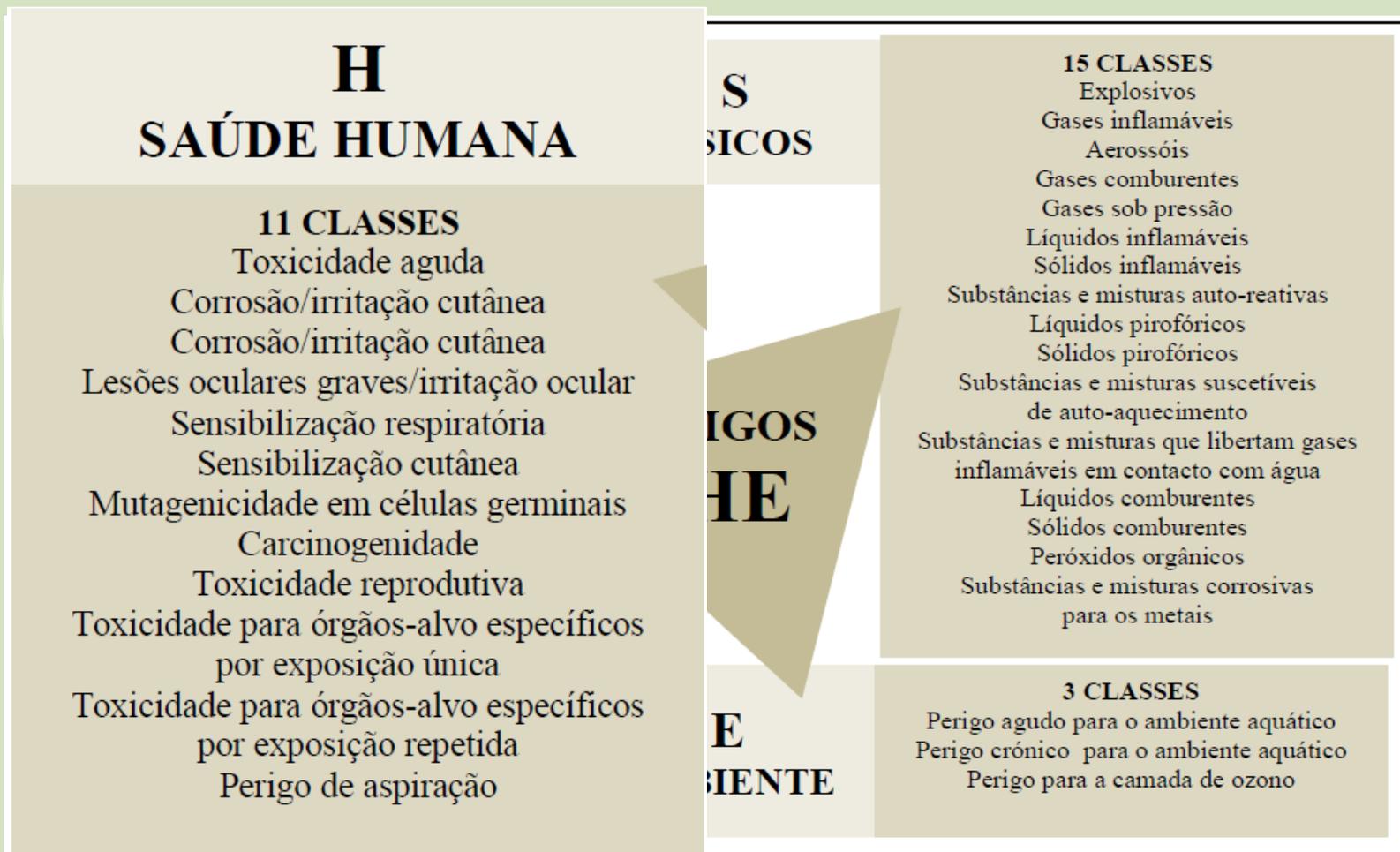
ADÉLIO A. S. C. MACHADO, A COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA NO LABORATÓRIO QUÍMICO, REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA, 11(2) xx-xx (2016) – FIG. 3

# TIPOS E CLASSES DOS "PERIGOS SHE"



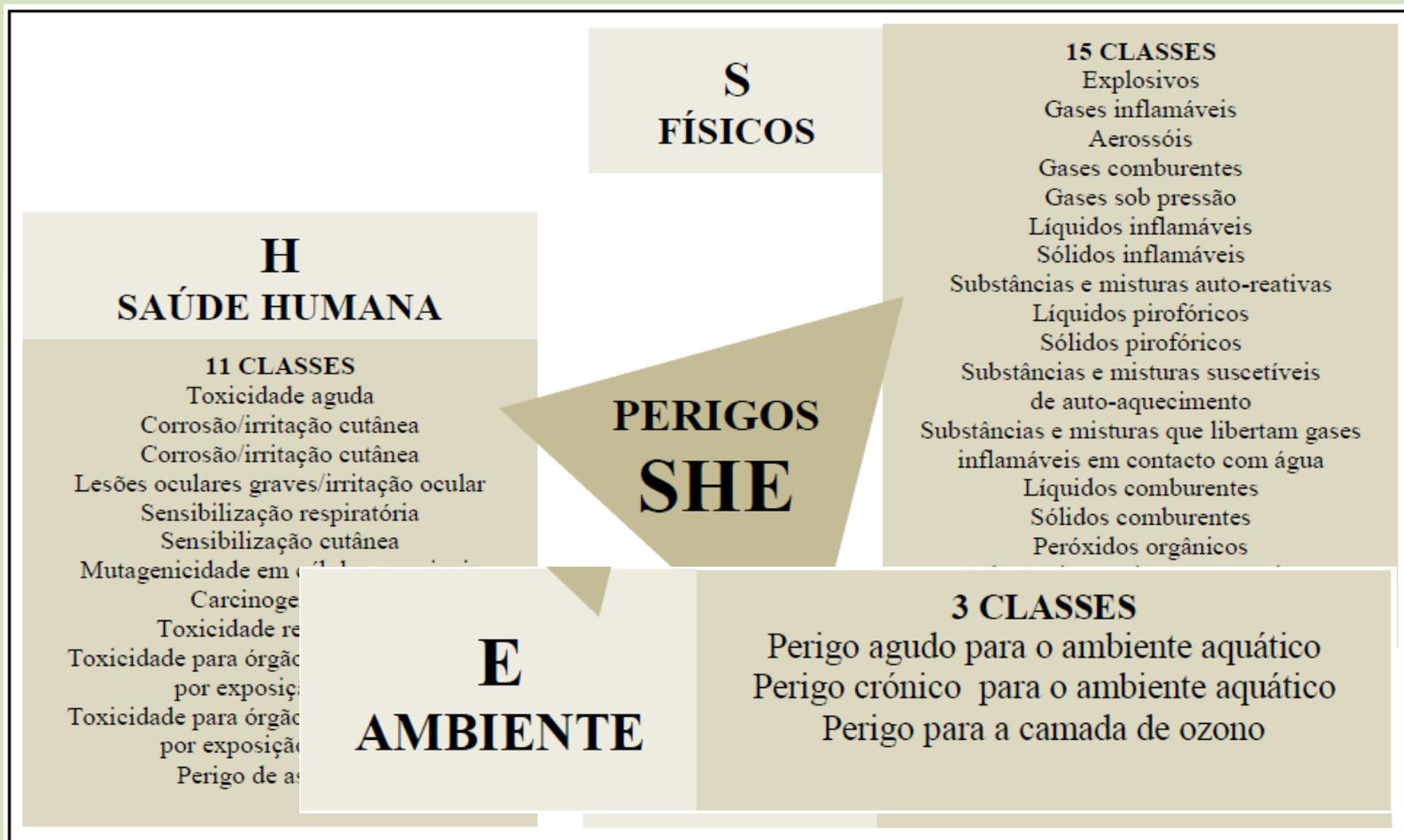
ADÉLIO A. S. C. MACHADO, A COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA NO LABORATORIO QUÍMICO, REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA, 11(2) xx-xx (2016) – FIG. 3

# TIPOS E CLASSES DOS "PERIGOS SHE"



ADÉLIO A. S. C. MACHADO, A COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA NO LABORATÓRIO QUÍMICO, REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA, 11(2) xx-xx (2016) – FIG. 3

# TIPOS E CLASSES DOS "PERIGOS SHE"



ADÉLIO A. S. C. MACHADO, A COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA NO LABORATÓRIO QUÍMICO, REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA, 11(2) xx-xx (2016) – FIG. 3

# AMBIGUIDADES DOS PERIGOS SHE



**ADÉLIO A. S. C. MACHADO, A COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA NO LABORATÓRIO QUÍMICO, REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA, 11(2) xx-xx (2016) – FIG. 4**

# AMBIGUIDADES DOS PERIGOS SHE

---

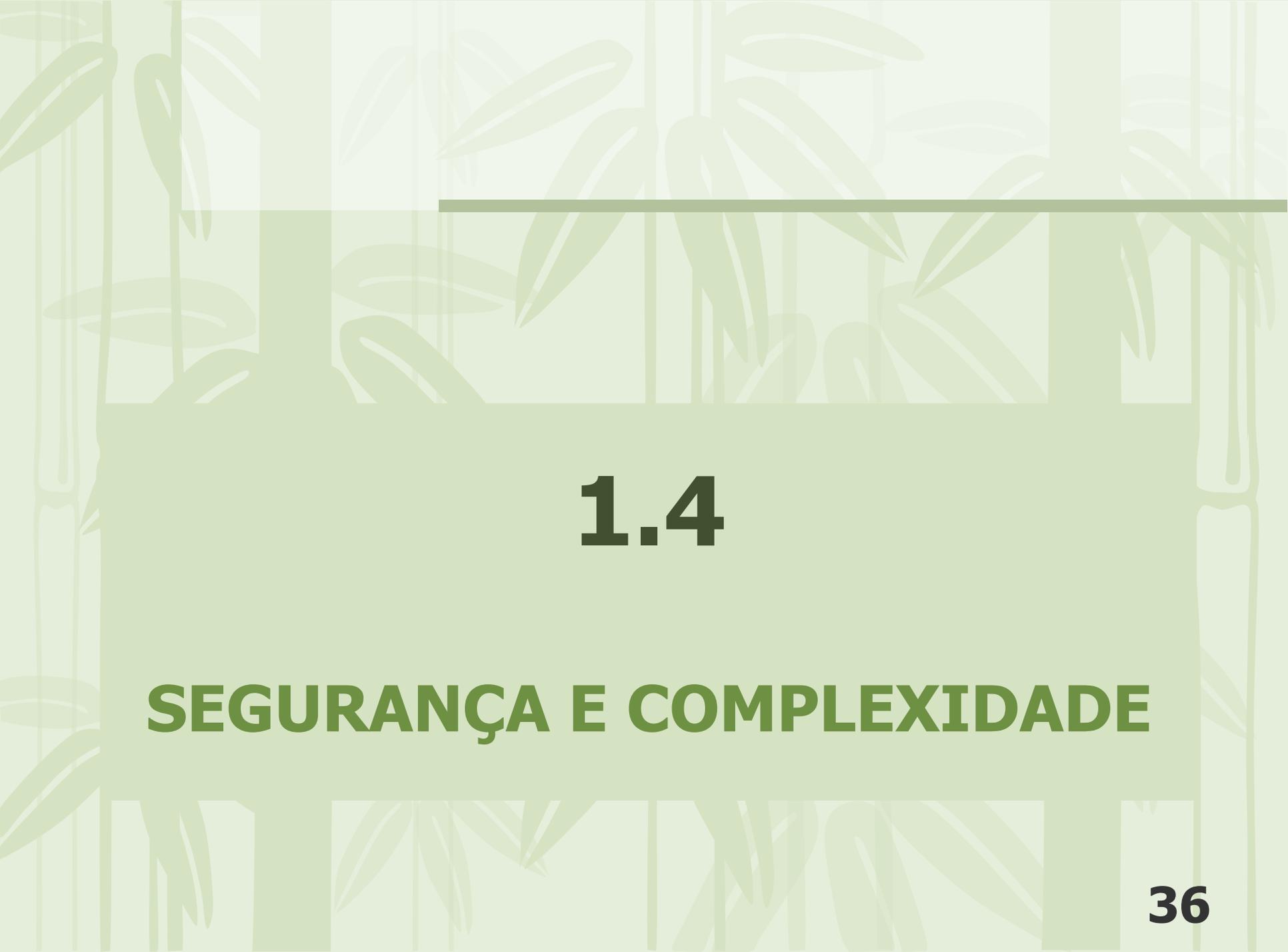
## EXEMPLO

**ÁGUA NEM SEMPRE É BENIGNA**

➔ **MORTE DE MILITARES EM TREINO**

➔ **ACIDENTE DE BHOPAL:  
ÁGUA + ISOCIANATO DE METILO**

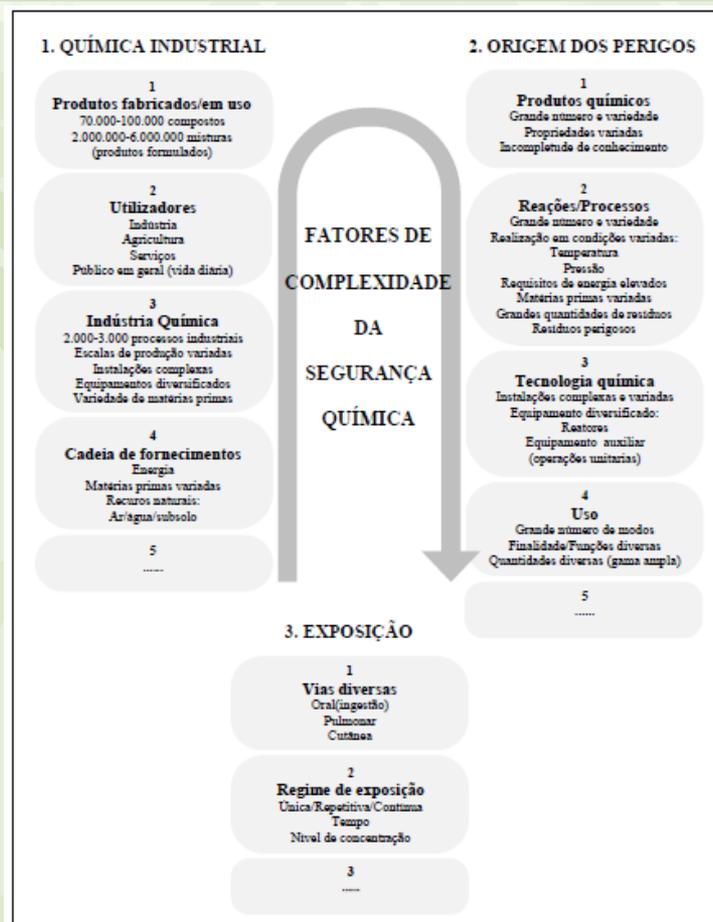
**AMBIGUIDADE DE DESCRIÇÃO!**

The background features a light green bamboo leaf pattern. A solid horizontal line is positioned near the top of the slide. Below it, a large, semi-transparent green rectangular box contains the text.

# 1.4

## SEGURANÇA E COMPLEXIDADE

# COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA QUÍMICA



ADÉLIO A. S. C. MACHADO, A COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA NO LABORATÓRIO QUÍMICO, REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA, 11(2) xx-xx (2016) – FIG. 2

## 1. QUÍMICA INDUSTRIAL

1

### Produtos fabricados/em uso

70.000-100.000 compostos  
2.000.000-6.000.000 misturas  
(produtos formulados)

2

### Utilizadores

Indústria  
Agricultura  
Serviços  
Público em geral (vida diária)

3

### Indústria Química

2.000-3.000 processos industriais  
Escala de produção variadas  
Instalações complexas  
Equipamentos diversificados  
Variedade de matérias primas

4

### Cadeia de fornecimentos

Energia  
Matérias primas variadas  
Recursos naturais:  
Ar/água/subsolo

5

.....

## 2. ORIGEM DOS PERIGOS

1

### Produtos químicos

Grande número e variedade  
Propriedades variadas  
Incompletude de conhecimento

2

### Reações/Processos

Grande número e variedade  
Realização em condições variadas:  
Temperatura  
Pressão  
Requisitos de energia elevados  
Matérias primas variadas  
Grandes quantidades de resíduos  
Resíduos perigosos

3

### Tecnologia química

Instalações complexas e variadas  
Equipamento diversificado:  
Reatores  
Equipamento auxiliar  
(operações unitárias)

4

### Uso

Grande número de modos  
Finalidade/Funções diversas  
Quantidades diversas (gama ampla)

5

.....

# EXPOSIÇÃO QUÍMICA

## 3. EXPOSIÇÃO

1

### Vias diversas

Oral(ingestão)  
Pulmonar  
Cutânea

2

### Regime de exposição

Única/Repetitiva/Contínua  
Tempo  
Nível de concentração

3

.....

## EXPOSIÇÃO NO LABORATÓRIO

NR 1(2) xx-xx (2016) – FIG. 2

# COMPLEXIDADE SINÉRGICA DA SEGURANÇA QUÍMICA



ADÉLIO A. S. C. MACHADO, A COMPLEXIDADE DA SEGURANÇA NO LABORATÓRIO QUÍMICO, REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE QUÍMICA, 11(2) xx-xx (2016) – FIG. 6

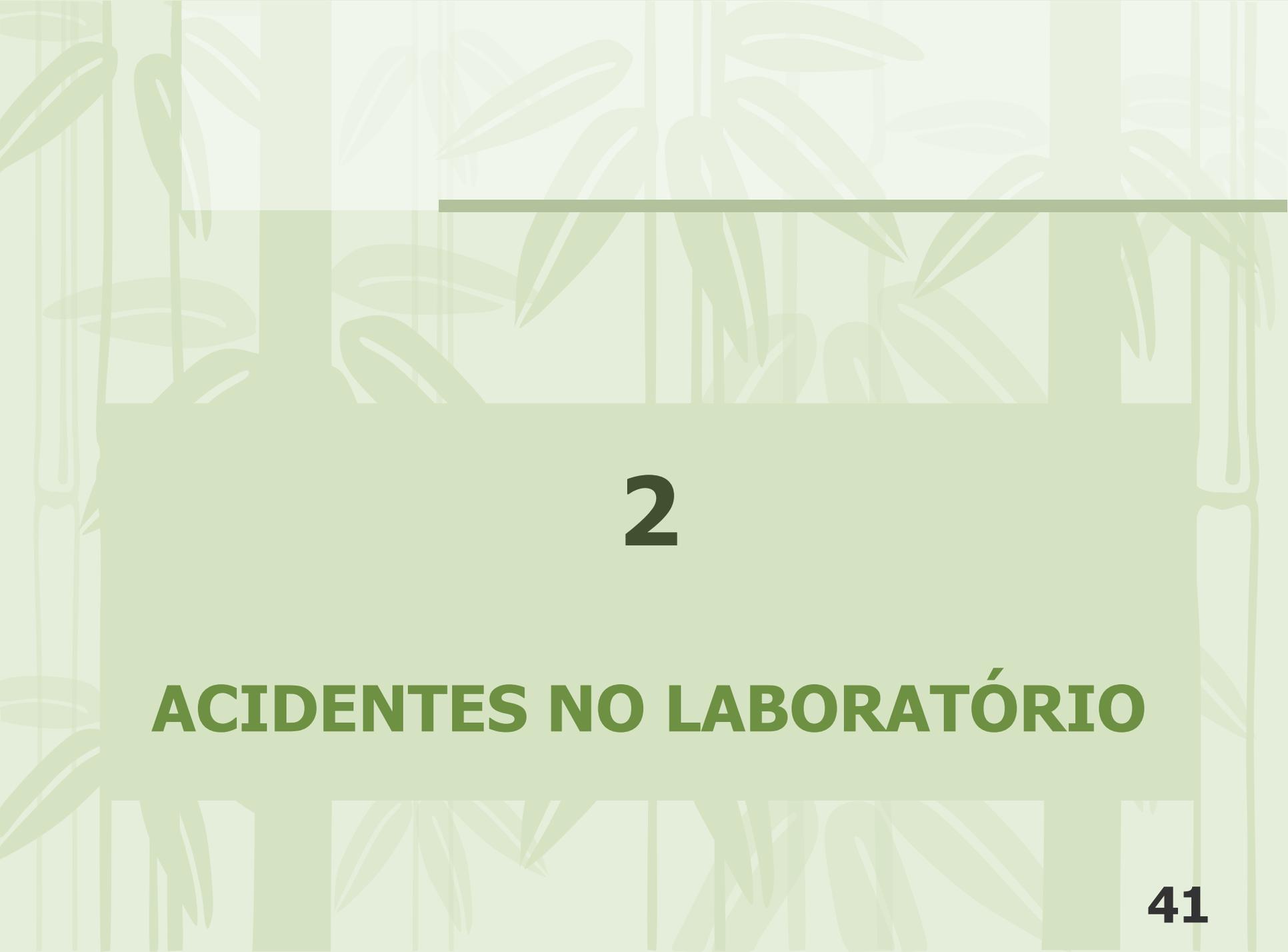
# COMPLEXIDADE SINÉRGICA DA SEGURANÇA QUÍMICA

**“SUPERCOMPLEXIDADE”**



**SITUAÇÃO ATUAL:  
CONTINUAÇÃO DA OCORRÊNCIA  
FREQUENTE DE**

**ACIDENTES LABORATORIAIS**

The background features a repeating pattern of bamboo leaves and stalks in a light green color. A solid dark green horizontal line is positioned near the top of the page.

# 2

## **ACIDENTES NO LABORATÓRIO**

# ACIDENTES NO LABORATÓRIO

**LABORATÓRIOS DE ENSINO  
ESCOLAS SECUNDÁRIAS/ENSINO SUPERIOR**

**AO LONGO DO SEC. XX**

**ATENÇÃO CRESCENTE À SL**

**MAS...**

**CONTINUAM A OCORRER ACIDENTES**

# ACIDENTES NO LABORATÓRIO

## ACIDENTES COM

### PESADAS CONSEQUÊNCIAS:

- ➔ FERIDOS GRAVES E OU MORTES
- ➔ ELEVADOS PREJUÍZOS MATERIAIS



**EUA:**

**AMPLA DIVULGAÇÃO NOS MEDIA:  
CELEUMA PÚBLICA!**

# ACIDENTES NO LABORATÓRIO

---

**ESCOLAS:** EXPERIÊNCIAS/DEMONSTRAÇÕES



**CRIANÇAS**

**UNIVERSIDADES:** INVESTIGAÇÃO



**DOUTORANDOS/INVESTIGADORES**  
**MORTE OU MUTILAÇÕES GRAVES**

# ACIDENTES EM DEMONSTRAÇÕES

**ESCOLAS, MUSEUS DE CIÊNCIA, ETC.**

**EUA: 18 ACIDENTES DESDE 2011**

**OCORRÊNCIA REPETIDA → CELEUMA MEDIÁTICA**

**CHAMA ARCO-ÍRIS (*RAINBOW FLAME*)/TORNADO**

**CHAMA DE METANOL**



**INCÊNDIOS E QUEIMADORAS - DIFERENTES GRAUS**

# RENO, NEVADA, EUA - 2014

## MUSEU DE CIÊNCIA

**"TORNADO"**

**QUEIMADURAS EM 13 PESSOAS**

**8 CRIANÇAS E 1 ADULTO → HOSPITAL**

**UMA CRIANÇA INTERNADA**

**INVESTIGAÇÃO**

**COMISSÃO DE INVESTIGAÇÃO DE SEGURANÇA E  
PERIGOS QUÍMICOS DOS EUA**

**(US CHEMICAL SAFETY AND HAZARD  
INVESTIGATION BOARD, CSB)**

# RENO, NEVADA, EUA - 2014

## MUSEU DE CIÊNCIA

### RELATÓRIO DA INVESTIGAÇÃO (CSB, 2014)

[www.csb.gov/assets/1/19/Lab\\_Safety\\_Bulletin\\_2014-10-30.pdf](http://www.csb.gov/assets/1/19/Lab_Safety_Bulletin_2014-10-30.pdf)

### IDENTIFICOU PROBLEMAS A 2 NÍVEIS

1

DEMONSTRADORES → MÁS PRÁTICAS DE  
SEGURANÇA NA REALIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA

2

GESTÃO DO MUSEU → INEXISTÊNCIA DE PLANO  
DE AÇÃO GLOBAL PARA A SEGURANÇA

# ACIDENTES EM LABORATÓRIOS UNIVERSITÁRIOS DE INVESTIGAÇÃO

**ACIDENTES GRAVES:  
MORTES, MUTILAÇÕES, ETC.**

**EUA: 4 ACIDENTES NO SEC XXI**

**2008: MORTE (QUEIMADURAS) ●+**

**2011: PERDA DE DEDOS DA MÃO (EXPLOSÃO) ●→**

**2011: MORTE (TORNO) ●+**

**2016: PERDA DE BRAÇO (EXPLOSÃO) ●+→**

P  
E  
R  
I  
G  
O  
S

F  
Í  
S  
I  
C  
O  
S

S  
E  
N  
H  
O  
R  
A  
S

C  
A  
B  
E  
L  
O  
S  
!

**ENORME DIVULGAÇÃO MEDIÁTICA**

# **ACIDENTES EM LABORATÓRIOS UNIVERSITÁRIOS DE INVESTIGAÇÃO**

## **REPERCUSSÕES FORTES NA SL**

**1**

**UNIVERSIDADE DA CALIFÓRNIA  
(POLO DE LOS ANGELES), UCLA, 2008  
INVESTIGADORA JÚNIOR: S. SANGJI**

**2**

**UNIVERSIDADE TÉCNICA DO TEXAS  
UTT, 2010  
DOUTORANDO: P. BROWN**

# ACIDENTE UCLA/SANGJI

## PROCESSOS JUDICIAIS

### UC E SUPERVISOR

INFRAÇÕES GRAVES DE REGULAMENTOS DE SEGURANÇA

### SUPERVISOR (PROF. P. HARRAN)

**PROCESSO CRIMINAL: HOMICÍDIO INVOLUNTÁRIO**

**PRIMEIRA VEZ NOS EUA:**

**FORTE AGITAÇÃO NO MEIO UNIVERSITÁRIO!**

# ACIDENTE UCLA/SANGJI

---

**PROCESSOS JUDICIAIS**

**COMPLEXOS**



**RESOLVIDOS POR**

**ACORDOS JUDICIAIS**

# ACIDENTE UCLA/SANGJI

**ACORDO C/ UC, 2012**

**ACUSAÇÕES RETIRADAS:**

**REAÇÃO PROATIVA AO ACIDENTE:  
PROFUNDA MUDANÇA DA ATITUDE**



**DESENVOLVIMENTO EFICAZ E  
TRANSMISSÃO AOS ALUNOS DE UMA  
CULTURA DE SEGURANÇA**

# ACIDENTE UCLA/SANGJI

## REVISÃO DO SISTEMA DE SEGURANÇA

**ESTRUTURA GLOBAL DO SISTEMA  
GESTÃO DE SEGURANÇA DOS LABORATÓRIOS  
ENSINO E TREINO DA SEGURANÇA**

...

**ESTABELEECIMENTO DE UMA  
UNIDADE DE INVESTIGAÇÃO  
DE PROBLEMAS DE SEGURANÇA**

# ACIDENTE UCLA/SANGJI

## OBRIGATORIDADES - EXEMPLOS

- ➔ **PROTOSCOLOS DE OPERAÇÃO PADRÃO**  
**PARA OPERAÇÕES/COMPOSTOS PERIGOSOS**  
**ESCRITOS E APROVADOS PREVIAMENTE**  
**(STANDARD OPERATION PROTOCOL, SOP)**
- ➔ **EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO CORRETO**  
**P. EX. BATAS DE MATERIAL ADEQUADO**  
**(LAVAGEM DOMÉSTICA PROIBIDA!)**

# ACIDENTE UCLA/SANGJI

---

**ACORDO C/ PROF. HARRAN, 2014**

**SUSPENSÃO DAS ACUSAÇÕES POR  
5 ANOS VS. CONTRAPARTIDAS:  
SERÃO RETIRADAS NO FIM**

**CUMPRIMENTO SUJEITO A  
VIGILÂNCIA JUDICIAL**

# ACIDENTE UCLA/SANGJI

## CONTRAPARTIDAS

**ATIVIDADES EM PROL DA SOCIEDADE:**

**→ CURSO DE Q. O.**

**→ ENSINO DA SEGURANÇA QUÍMICA**

**DÁDIVA AO CENTRO DE QUEIMADOS**

...

# ACIDENTE UCLA/SANGJI

## PROCESSO LENTO:

INEDITISMO DAS ACUSAÇÕES  
LENTIDÃO DO PROCESSO JUDICIAL  
NATUREZA DO ACORDO

## CASO NÃO ENCERRADO:

2008-2014...ACORDO... 2014-2019

EXPOSIÇÃO MEDIÁTICA PROLONGADA  
(E SE O ACORDO FOR INFRINGIDO?)

# ACIDENTE UCLA/SANGJI

**CONCLUSÃO:**

**“VANTAGENS” (?) DO ACIDENTE**

**1**

**DEU VISIBILIDADE PÚBLICA AOS  
PROBLEMAS DA SL NA ACADEMIA**

**2**

**IMPULSIONOU O PROGRESSO DA SL**

# ACIDENTE UCLA/SANGJI

**CONCLUSÃO: ACIDENTE ICÓNICO**

~ AOS GRANDES ACIDENTES DA I. Q.  
FLIXBOROUGH (1974, REINO UNIDO)  
BHOPAL (1985, ÍNDIA)

**IMPULSIONARAM**

→ **PROFUNDAS MUDANÇAS DE ATITUDE**

→ **AVANÇOS NA SEGURANÇA DA INDÚSTRIA**

# ACIDENTE UTT/BROWN

## DESCRIÇÃO

TRITURAÇÃO EM ALMOFARIZ  
AMOSTRA DE COMPOSTO ENERGÉTICO  
SEM EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO



EXPLOSÃO



**FERIMENTOS GRAVES:**  
PERDA DE TRÊS DEDOS DA MÃO ESQUERDA  
PERFURAÇÃO DE UMA VISTA  
QUEIMADURAS E LACERAÇÕES NA FACE E MÃOS

# ACIDENTE UTT/BROWN

ACIDENTE INVESTIGADO PELO CSB

**PRIMEIRA INVESTIGAÇÃO** DE ACIDENTE EM  
LABORATÓRIOS ACADÉMICOS



CELEUMA NO MEIO UNIVERSITÁRIO

INCREMENTADA COM A PUBLICAÇÃO DO  
RELATÓRIO DA INVESTIGAÇÃO (CSB, 2011)

[www.csb.gov/assets/1/19/csb\\_study\\_ttu.pdf](http://www.csb.gov/assets/1/19/csb_study_ttu.pdf)

# ACIDENTE UTT/BROWN

## INVESTIGAÇÕES DO CSB

ATENÇÃO AOS **ACONTECIMENTOS PRECEDENTES**

➔ AVARIAS DE NATUREZA TÉCNICA

➔ ERROS HUMANOS ...

## MAS TAMBÉM...

ATITUDE DA INSTITUIÇÃO A **NÍVEL HOLÍSTICO**

➔ ESTRUTURA GLOBAL DO **SISTEMA DE SEGURANÇA**

➔ **QUADRO REGULATÓRIO** USADO

➔ **DECISORES RESPONSÁVEIS** AOS DIFERENTES NÍVEIS ....

# ACIDENTE UTT/BROWN

## RELATÓRIO **DEMOLIDOR!**



**LACUNAS GRAVES A TODOS OS NÍVEIS**

→ **ALUNO (DOUTORANDO)**

→ **RESPONSÁVEIS DIRETOS (SUPERVISOR/DIRETOR DO LAB)**

→ **INSTITUCIONAL (UNIVERSIDADE)**

→ **SUPERIOR (ENTIDADES EXTERNAS)**

# ACIDENTE UTT/BROWN

**NÍVEL: ALUNO (DOUTORANDO)**

**SEM TREINO** SOBRE SEGURANÇA NA  
MANIPULAÇÃO DE EXPLOSIVOS

**ERRO INACEITÁVEL:**

**INSTRUÇÕES PARA COMPOSTOS EXPLOSIVOS**

**PREPARAÇÃO: AMOSTRAS < 50-100 mg**

**MAS...**

**ESCALAMENTO PARA GRAMAS**

**ACIDENTE: AMOSTRA ~ 10 g / TRITURAÇÃO ~ 5 g**

# ACIDENTE UTT/BROWN

## NÍVEL: RESPONSÁVEIS

SUPERVISORA (L. HOPE-WEEKS)/DIRETOR DO LAB. (B. WEEKS)

➔ **OMISSÃO DE MEDIDAS PROATIVAS** PARA  
IMPLEMENTAR SEGURANÇA NO LAB.  
(EQUIPAMENTO, ETC)

➔ **ATENÇÃO NULA** À SEGURANÇA NA  
ATIVIDADE CORRENTE DE SUPERVISÃO  
P. Ex. IGNORADA NAS REUNIÕES DO GRUPO DE INVEST.:  
ATENÇÃO EXCLUSIVA AO PROGRESSO DO TRABALHO E RESULTADOS

# ACIDENTE UTT/BROWN

## NÍVEL: INSTITUCIONAL (UTT)

SISTEMA DE GESTÃO DE SEGURANÇA INEFICAZ

MUITAS **SITUAÇÕES INADEQUADAS**  
**QUANTO A ASPETOS SISTÉMICOS**

- INSERÇÃO DO GABINETE DE SEGURANÇA NA CADEIA DE RESPONSABILIDADES DEFEITUOSA: QUEBRA DA CADEIA!
- CADEIA: DEFINIÇÃO E EXERCÍCIO DOCUMENTADO DAS RESPONSABILIDADES ("ACONTABILIDADE) IMPRECISAS
- INEXISTÊNCIA DE REGISTO OBRIGATÓRIO DE ACIDENTES PARA DIVULGAR A SUA ANÁLISE PARA PREVENÇÃO (LABORATÓRIO ACIDENTADO: 2 ACIDENTES LIGEIOS)

# ACIDENTE UTT/BROWN

## NÍVEL: SUPERIOR

### LACUNAS DE **RESPONSABILIDADE EXTERNA**

1

#### NATUREZA REGULAMENTAR

ADMINISTRAÇÃO DE SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAL (EUA)  
OSHA (US OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION)

2

#### NATUREZA CONTRATUAL

DEPARTAMENTO DE SEGURANÇA INTERNA (EUA)  
DHS (US DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY)

# ACIDENTE UTT/BROWN

---

**1**

## PLANO DE SEGURANÇA QUÍMICA (CHP) DA UTT

**BASE: REGULAMENTO DA OSHA SOBRE A  
SEGURANÇA OCUPACIONAL NOS  
LABORATÓRIOS**

**PADRÃO OSHA 29 CFR 1910.1450 (1990)**

# ACIDENTE UTT/BROWN

OSHA 29 CFR 1910.1450 (1990)

COBRE...

PERIGOS PARA A SAÚDE HUMANA  
DAS SUBSTÂNCIAS TÓXICAS

MAS **IGNORA**...

PERIGOS FÍSICOS DAS  
SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

# ACIDENTE UTT/BROWN

**MUITOS ASPETOS DA SEGURANÇA FÍSICA  
IGNORADOS NO CHP DA TTU**

**EXEMPLOS:**

- REQUISITOS DE AVALIAÇÃO DOS P. FÍSICOS**
  - COMUNICAÇÃO DOS PERIGOS**
- APROVAÇÃO PRÉVIA DE PROCEDIMENTOS  
DE MANIPULAÇÃO**

# ACIDENTE UTT/BROWN

---

2

**CONTRATOS DA ENTIDADE FINANCIADORA**

**(US DEPARTMENT OF HOMELAND SECURITY, DHS)**

**SEM QUALQUER PROVISÃO ESPECÍFICA  
SOBRE SEGURANÇA DOS INVESTIGADORES  
ENVOLVIDOS NA  
MANIPULAÇÃO DE EXPLOSIVOS**

# ACIDENTE UTT/BROWN

## RELATÓRIO DO CSB

ANÁLISE DE INFORMAÇÕES SOBRE 120 ACIDENTES  
OCORRIDOS DESDE 2001 EM UNIVERSIDADES

PROBLEMAS SISTÉMICOS DE SEGURANÇA DA UTT  
**OCORREM EM MUITAS OUTRAS**

**RESPONSÁVEIS E INVESTIGADORES:  
ATENÇÃO ÀS RECOMENDAÇÕES À TTU**

# ACIDENTE UTT/BROWN

---

OBSERVAÇÃO DO RELATÓRIO QUE CAUSOU  
**MAIOR CELEUMA** NO MEIO ACADÊMICO

MAS...

PODE CONTRIBUIR PARA  
**ATENÇÃO CRESCENTE**  
**DAS INSTITUIÇÕES À SL**

# ACIDENTE UTT/BROWN

**TTU MODIFICOU RADICALMENTE A SUA  
POSTURA QUANTO À SL**

 **PROFUNDA REVISÃO  
DO SISTEMA DE GESTÃO DA SEGURANÇA**

 **INCLUSÃO DA SL NA AVALIAÇÃO ANUAL DOS  
DEPARTAMENTOS E PESSOAL DOCENTE**

 **REVISÃO DO CHP DE MODO A COBRIR CABALMENTE  
OS DIVERSOS TIPOS DE PERIGOS POTENCIAIS...**

# ACIDENTES EM LABORATÓRIOS UNIVERSITÁRIOS DE INVESTIGAÇÃO

## CONCLUSÃO

OCORRÊNCIA DE ACIDENTES DIVERSIFICADOS

EVIDENCIA:

- ➔ AS **LIMITAÇÕES** ATUAIS DA SL
- ➔ NECESSIDADE DE **REFORMATAR**  
**O ENSINO** DA SL PARA ULTRAPASSAR  
A INADEQUADA SITUAÇÃO VIGENTE

# ACIDENTES EM LABORATÓRIOS UNIVERSITÁRIOS DE INVESTIGAÇÃO

LITIGÂNCIA JUDICIAL EM ACIDENTES  
PROVOCADOS POR

**NEGLIGÊNCIA**

**INCUMPRIMENTO DA LEGISLAÇÃO**



**→ FORTE PRESSÃO PARA MUDANÇA**

**→ NOVA POSTURA: FORTEMENTE  
PROATIVA**

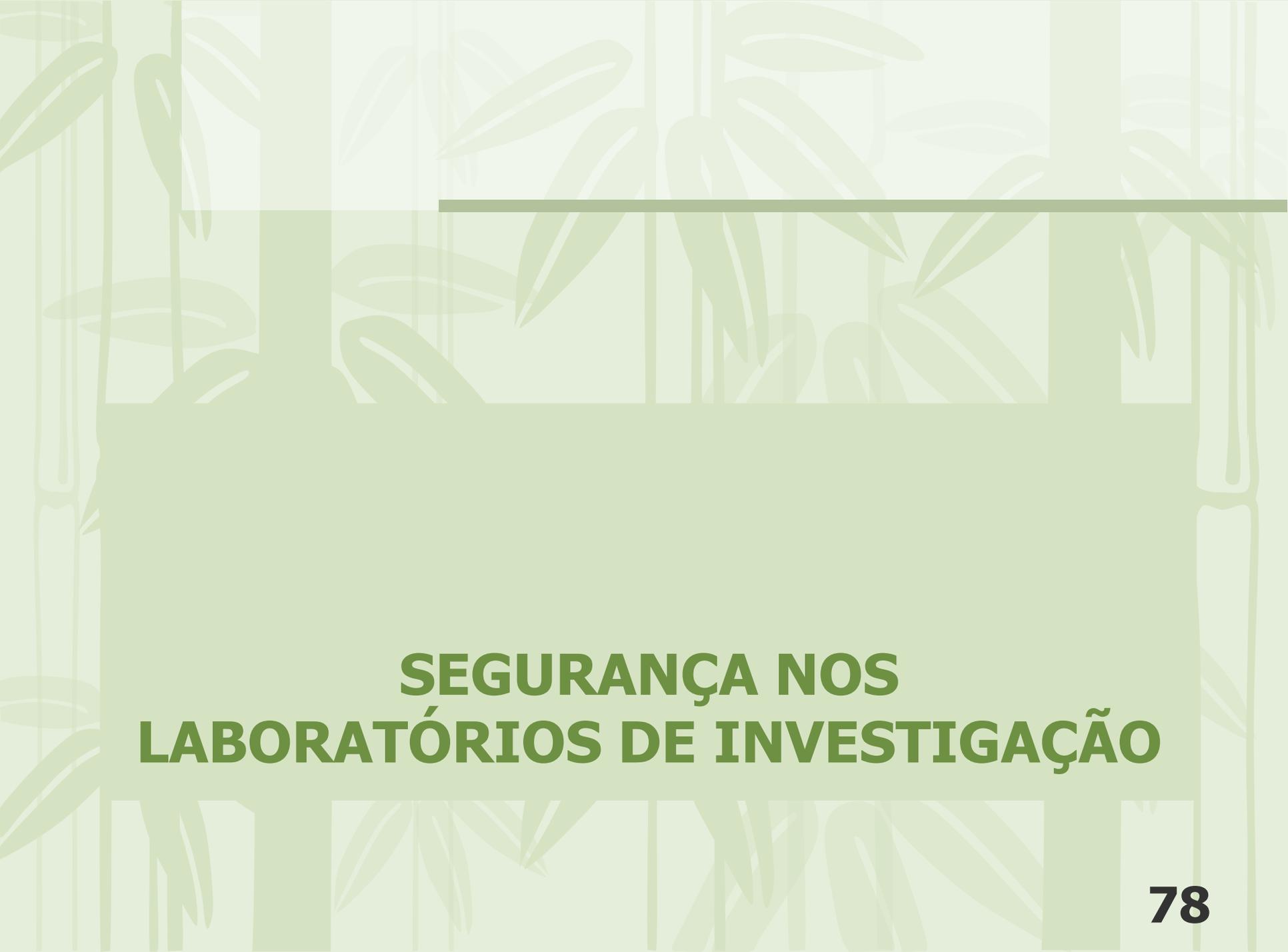
# ACIDENTES EM LABORATÓRIOS UNIVERSITÁRIOS DE INVESTIGAÇÃO

---

**ENSINO DEVE EVITAR**

**PRÁTICA TRADICIONAL DA INDÚSTRIA:  
“AS MULTAS FAZEM PARTE DA ATIVIDADE”**

**ULTRAPASSADA PELA  
PRÓPRIA INDÚSTRIA!**



---

# **SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO**

# SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

**INVESTIGAÇÃO EM QUÍMICA  
ESTIMULA PERIGOS POTENCIAIS  
VARIADOS E GRAVES NOS  
LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO**

- ELEVADA ROTATIVIDADE DO PESSOAL**
- MUDANÇA FREQUENTE DE ATIVIDADES**
- MUDANÇA DE PROCEDIMENTOS**

# SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

## VARIADOS FOCOS DE ATENÇÃO:

- ➔ IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS E ANÁLISE DOS CONSEQUENTES RISCOS
- ➔ ELABORAÇÃO DE PROTOCOLOS PARA OPERAÇÕES PERIGOSAS

⋮  
➔  
**3 QUESTÕES INTERESSANTES**

# SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

## QUADRO 2. QUESTÕES SOBRE A REGULAMENTAÇÃO DA SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

1

COMO SE PODE REGULAMENTAR A  
SEGURANÇA NA **FRONTEIRA DA  
INVESTIGAÇÃO QUÍMICA,**  
ONDE SE AVANÇA PARA O **DESCONHECIDO**  
**(E SEUS PERIGOS)?**

# SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

## QUADRO 2. QUESTÕES SOBRE A REGULAMENTAÇÃO DA SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

2

**O QUE SE PODE FAZER PARA EVITAR A  
DIMINUIÇÃO DA VELOCIDADE DO  
PROGRESSO DA INVESTIGAÇÃO**

**QUE RESULTA DO ESTUDO E  
IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE  
SEGURANÇA?**

# SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

## QUADRO 2. QUESTÕES SOBRE A REGULAMENTAÇÃO DA SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

3

COMO DEVE SER FEITO O **ENSINO** DA  
SEGURANÇA, DADA A **DIVERSIDADE DE**  
**ATIVIDADE ESPECIALIZADA,**  
QUE IMPLICA UMA **GRANDE VARIEDADE DE**  
**PERIGOS POTENCIAIS** EVENTUALMENTE  
DESCONHECIDOS?

# SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

RESUMO EM LINGUAGEM QUÍMICA:

COMO SE PODE *CATALISAR A*  
*INTRODUÇÃO DAS COMPONENTES DE*  
*SEGURANÇA* NO ARRANQUE DE UM  
PLANO DE INVESTIGAÇÃO, QUANDO  
HOVER NECESSIDADE DE *VENCER*  
*BARREIRAS DE ENERGIA DE ATIVAÇÃO*  
RESULTANTES DA INTEGRAÇÃO DA  
SEGURANÇA NA ATIVIDADE?

# SEGURANÇA NOS LABORATÓRIOS DE INVESTIGAÇÃO

---

QUESTÕES AINDA SEM RESPOSTAS  
PROVAVELMENTE **NÃO SERÃO ÚNICAS**

MAS...

A **ÉTICA CIENTÍFICA** PRESCREVE QUE  
SE DÊ **PRIORIDADE À SEGURANÇA**  
(PARTE INTEGRANTE DA CIÊNCIA)



---

# **MORTE NO LABORATÓRIO**

# MORTE NO LABORATÓRIO

---

**THE LABORATORY SAFE INSTITUTE  
(LSI)**

**THE LAB SAFETY MEMORIAL WALL  
2015**

**ACESSÍVEL EM**

[www.labsafetyinstitute.org/MemorialWall.html](http://www.labsafetyinstitute.org/MemorialWall.html)

# MORTE NO LABORATÓRIO

## “E-MURAL” DE HOMENAGEM AOS MORTOS NO LABORATÓRIO

### LISTA DE NOMES

### CIENTISTAS E TÉCNICOS **MORTOS**

➔ ACIDENTES LABORATORIAIS

➔ DOENÇAS PROFISSIONAIS

EX: MADAME CURIE

# MORTE NO LABORATÓRIO

---

## MADAME CURIE(1934)

### **ANEMIA APLÁSTICA**

**EXPOSIÇÃO CONTINUADA A  
RADIAÇÃO NUCLEAR**

# MORTE NO LABORATÓRIO

## DADOS HETEROGÊNEOS

TODO O MUNDO

PRINCÍPIOS DO SEC. XX ATÉ 2014

LABORATÓRIOS

→ ESCOLARES E UNIVERSITÁRIOS

→ INDUSTRIAIS

→ OUTRAS CIÊNCIAS (EX. BIOLOGIA)

**INFORMAÇÃO NÃO UNIFORME!**

# MORTE NO LABORATÓRIO

---

## QUALIDADE DOS DADOS

→ VARIA AO LONGO DO TEMPO

→ ORIGEM VARIADA

....



**FIDEDIGNIDADE NÃO UNIFORME**

# MORTE NO LABORATÓRIO

---

**TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO** DO  
NÚMERO DE ACIDENTES/MORTES  
NO LABORATÓRIO?

**DECRESCENTE** EM FACE DA  
ATENÇÃO CRESCENTE À  
SEGURANÇA LABORATORIAL?

# MORTE NO LABORATÓRIO

---

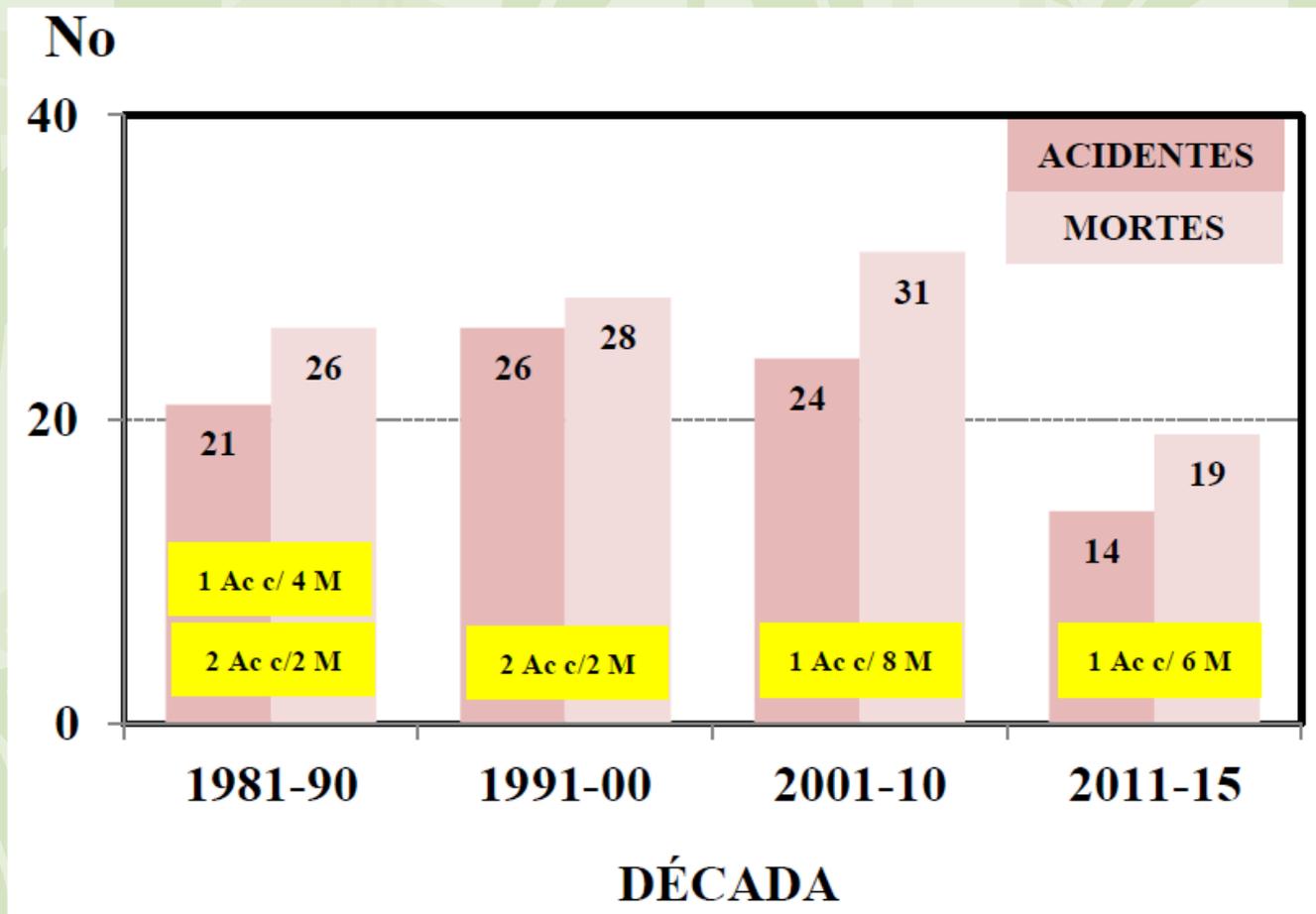
## FIGURA

**Nº DE ACIDENTES E DE MORTES  
AGRUPADOS POR DÉCADAS**

**ÚLTIMAS QUATRO DÉCADAS**

**+ DUAS MORTES EM 2015 (CHINA)**

# ACIDENTES MORTAIS E MORTES AO LONGO DO TEMPO



# MORTE NO LABORATÓRIO

---

**“MORTE NO LABORATÓRIO”:**  
**~CONSTANTE AO LONGO DO TEMPO!**

**RESULTADOS DOS ESFORÇOS PARA  
MELHORAR A SL**

**AQUÉM DO REQUERIDO ...**



---

# **GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO**

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

DESDE A TRANSIÇÃO DO MILÉNIO

→ ESPECIALISTAS DA SEGURANÇA

→ EMPREGADORES (I. Q)

## REFORMATAÇÃO

DO ENSINO DA SL:

TREINO → EDUCAÇÃO/CULTURA

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

## EDUCAÇÃO

REQUER **COMPREENSÃO PROFUNDA** DE  
**MULTIPLICIDADE DE ASPETOS**

- ➔ **NUMEROSOS PERIGOS DIFERENTES**
- ➔ **CORRESPONDENTES INSEGURANÇAS**
- ➔ **CARACTERÍSTICAS QUE AS DETERMINAM**
- ➔ **RESPOSTAS QUE SE LHES PODE DAR**

...

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

**IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO**  
**AQUISIÇÃO DE SABER EXTRAPOLÁVEL**  
**PARA SITUAÇÕES DIFERENTES**



**1**

**QUANDO EMERGIREM SITUAÇÕES NOVAS**  
**ORIENTA O COMPORTAMENTO DO QUÍMICO**  
**PROFISSIONAL NA IDENTIFICAÇÃO E**  
**CONTROLO DOS PERIGOS POTENCIAIS**

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

---

2

**SE OCORREM ACIDENTES**

**PERMITE RESPOSTA EFICAZ PARA  
MINIMIZAÇÃO E REMEDIAÇÃO DOS  
IMPACTOS CAUSADOS**

**FIGURA 2**

# DIFERENÇAS ENTRE TREINO E EDUCAÇÃO NO ENSINO DA SL

<b>TREINO</b>	<b>EDUCAÇÃO</b>
<p><b>DOMÍNIO DE OPERAÇÕES BEM CARACTERIZADAS</b></p> <p><b>OBTENÇÃO DE COMPORTAMENTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● SEMERROS</li><li>● PREVISÍVEL</li><li>● UNIFORME</li><li>● SEGURO</li></ul> <p><b>PERÍCIA NA REALIZAÇÃO DE OPERAÇÕES ROTINEIRAS</b></p> <p><b>APRENDER “O QUÊ” DO FAZER</b></p>	<p><b>COMPREENSÃO DAS RAZÕES DO MODO DE REALIZAR A OPERAÇÃO</b></p> <p><b>DESENVOLVIMENTO DE CAPACIDADES:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>● OBSEVAÇÃO E ANÁLISE DAS SITUAÇÕES</li><li>● FORMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS</li><li>● DECISÃO DE ESCOLHA</li></ul> <p><b>SABER EXTRAPOLÁVEL PARA NOVAS OPERAÇÕES DIFERENTES</b></p> <p><b>DOMINAR “O PORQUÊ” DO FAZER</b></p>
<p><b>TEM POR BASE O PASSADO: PREVINE OS PERIGOS REAIS OCORRIDOS</b></p> <p><b>ATITUDE REATIVA</b></p>	<p><b>VISA O FUTURO: PREVINE OS PERIGOS SUSPEITADOS</b></p> <p><b>PERSPETIVA PROATIVA</b></p>

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

---

## MUDANÇA DE PARADIGMA

PARADIGMA DO TREINO →

→ PARADIGMA DA EDUCAÇÃO

ATITUDE **REATIVA** →

→ PERSPETIVA **PROATIVA**

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

---

## REFORMATAÇÃO

ADVOGADA DESDE O INÍCIO DO MILÉNIO  
**SEM GRANDE ÊXITO!**

**NA PRESENTE DÉCADA**

ACIDENTES REFERIDOS →

→ ARRANQUE DA MUDANÇA

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

---

## MUDANÇA LENTA

PROPAGAÇÃO DA EXPERIÊNCIA  
RECOLHIDA NAS **INSTITUIÇÕES**  
**AFETADAS POR ACIDENTES GRAVES**

**→ DISSEMINAÇÃO DEMORADA**

**→ PROGRESSOS INCIPIENTES**

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

## RAZÕES DA LENTIDÃO

→ MUDANÇA DE PARADIGMA  
IMPLICA

**BARREIRA (ALTA!) A VENCER**

→ **COMPLEXIDADE DOS SISTEMAS**  
EM JOGO NA  
**QUÍMICA E NA SEGURANÇA**

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

O ENSINO DA SL REQUER ATENÇÃO  
ACRESCIDA NO ENSINO DA QUÍMICA

ADEQUADO ANALISAR A  
CONTRIBUIÇÃO DA QV PARA A  
REFORMATAÇÃO

INTEGRAÇÃO MÚTUA  
DO ENSINO DE DA QV E SL:  
AUMENTO DA EFICÁCIA?

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

**TRADICIONALMENTE:  
SEGURANÇA NO MANEJO DE**

**→ SUBSTÂNCIAS**

**→ OPERAÇÕES**

**→ SISTEMAS**

**OBTIDA POR MEDIDAS PARA DIMINUIR**

**→ EXPOSIÇÃO AOS PERIGOS POTENCIAIS**

**→ EFEITOS DESTES**

**ABAIXAMENTO DOS RISCOS**

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

**RISCO = EXPOSIÇÃO X PERIGOSIDADE**

**SE EXPOSIÇÃO ↓, RISCO ↓  
(PERIGOSIDADE CONSTANTE!)**

**MAS ...**

**SE MEDIDA PARA BAIXAR EXPOSIÇÃO  
FALHA O RISCO MANTÊM-SE**

**PROCESSO DE IMPLEMENTAR SEGURANÇA:  
FALÍVEL E PROBLEMÁTICO!**

# GÉNESE DA INVESTIGAÇÃO

EXEMPLO COMUM :

USO DE BATAS, LUVAS E ÓCULOS NO LAB  
**BARREIRAS DE PROTEÇÃO**

EQUIPAMENTO ATENUA IMPACTOS  
NOCIVOS DE DERRAMES INADVERTIDOS  
SOBRE O CORPO

**MAS PROTEÇÃO TEM LIMITES!**

# **ACIDENTE DARTMOUTH/WETTERHAHN**

---

## **ACIDENTE COLÉGIO UNIV. DE DARTMOUTH, NEW HAMPSHIRE (EUA), 1996 PROFA K. WETTERHAHN**

**PIPETAGEM DE SOLUÇÃO DE DIMETILMERCÚRIO  
DERRAME DE 1-2 GOTAS NA LUVA DE LATEX QUE  
(SUPOSTAMENTE) LHE PROTEGIA AS MÃOS**

...

# ACIDENTE DARTMOUTH/WETTERHAHN

## ACIDENTE

PROFA K. WETTERHAHN

...

MESES DEPOIS SENTIU-SE MAL

INTOXICAÇÃO COM MERCÚRIO

TRATAMENTO HOSPITALAR INTENSO

FALECEU MESES MAIS TARDE

**INTOXICAÇÃO → MORTE UM ANO DEPOIS**

# ACIDENTE DARTMOUTH/WETTERHAHN

**EXPERIÊNCIAS COM VÁRIOS TIPOS DE  
LATEX**

**MATERIAL PERMEÁVEL AO DMM**

**LUVAS NÃO IMPEDIAM A EXPOSIÇÃO**

**FALSA SEGURANÇA!**

**FALIBILIDADE DAS BARREIRAS?**

# QV - OBJETIVO IDEAL

---

**ELIMINAR  
PERIGOS POTENCIAIS INTRÍNSECOS  
DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS**



**MANIPULAÇÃO SEGURA**  
**FABRICO, USO, DEPOSIÇÃO NO AMBIENTE...**

# QV E SL

---

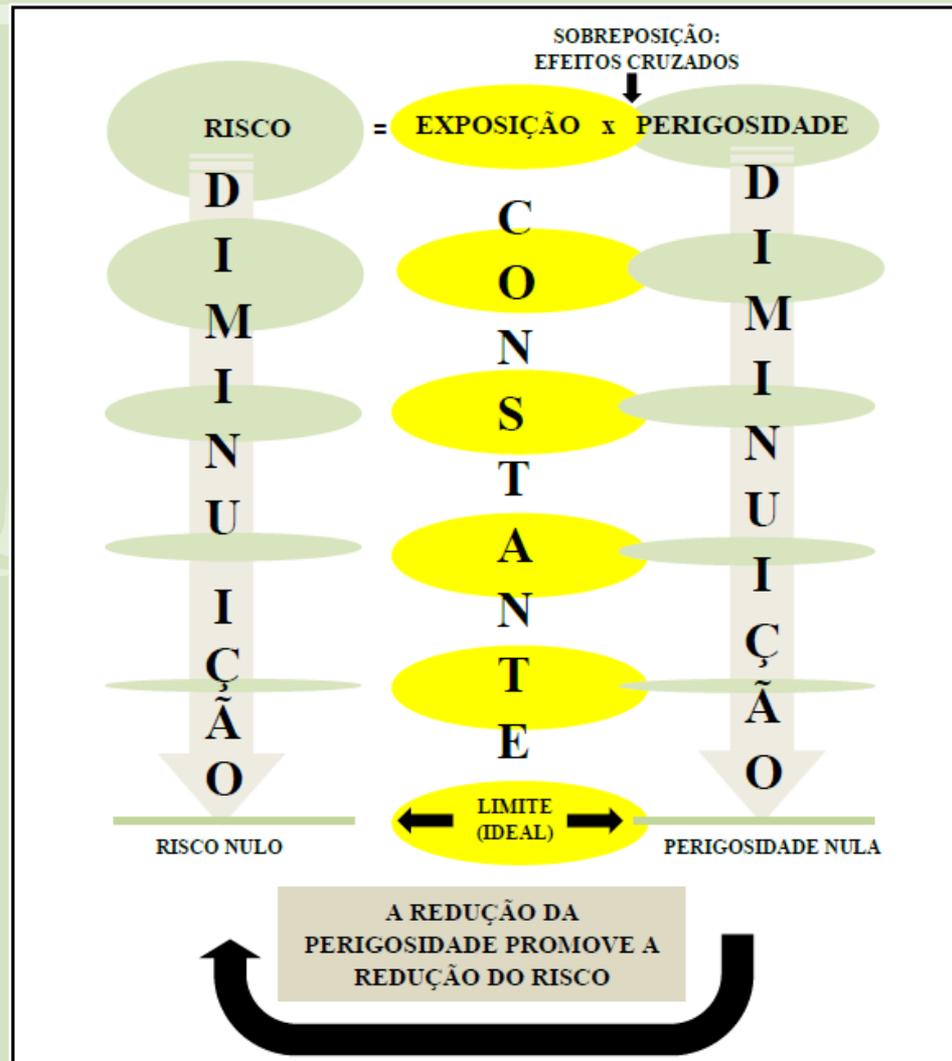
**MINIMIZAÇÃO DOS PERIGOS POTENCIAIS:  
IMPORTANTE PARA A SEGURANÇA**

**RISCO = PERIGOSIDADE X EXPOSIÇÃO**



**EXPOSIÇÃO PERDE RELEVÂNCIA**

# A REMOÇÃO PROATIVA DA PERIGOSIDADE MINIMIZA O RISCO



**QV E SL**

---

**IDEALMENTE**

**QV**

**PROPORCIONA SUSTENTAÇÃO**

**À SL**

# QV E SL

**2 MUDANÇAS DE PARADIGMAS:**

**QV: RISCO → ECOLÓGICO**

**ELIMINAÇÃO INTENCIONAL DA PERIGOSIDADE**

**ENSINO DA SL: TREINO → EDUCAÇÃO**

**2 TRANSIÇÕES DE POSTURA:**

**REATIVA → PROATIVA**

**NATUREZA DAS 2 TRANSIÇÕES NÃO É A MESMA**

# QV E SL

## SISTEMAS:

MÉTODOS ADEQUADOS PARA

→ ANÁLISE

→ METRIFICAÇÃO...

DEPENDEM DA **ESCALA**

AMPLITUDE DA ESCALA DE APLICAÇÃO

$QV > SL$

**TRANSIÇÕES NÃO NECESSARIAMENTE IDÊNTICAS**

# QV E SL

---

**SUBSTÂNCIAS REATIVAS SÃO PERIGOSAS  
MAS CONVENIENTES PARA SÍNTESE**

**INVESTIGAÇÃO DA QV ENVOLVE  
SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS**



**PRÁTICA DA QV NO LABORATÓRIO  
LIMITADA**

# QV E SL

---

**HÁ LIMITAÇÕES DE DIVERSOS TIPOS  
À SUSTENTAÇÃO IDEAL QUE A QV  
PROPORCIONA À SL**



**MERECEM INVESTIGAÇÃO!**

# QV E SL

---

**A QV SUPORTA IDEALMENTE A SL**

**MAS...**

**→ O MODO DO SUPORTE**

**→ SEU ALCANCE**

**NÃO SÃO SIMPLES**

# QV E SL

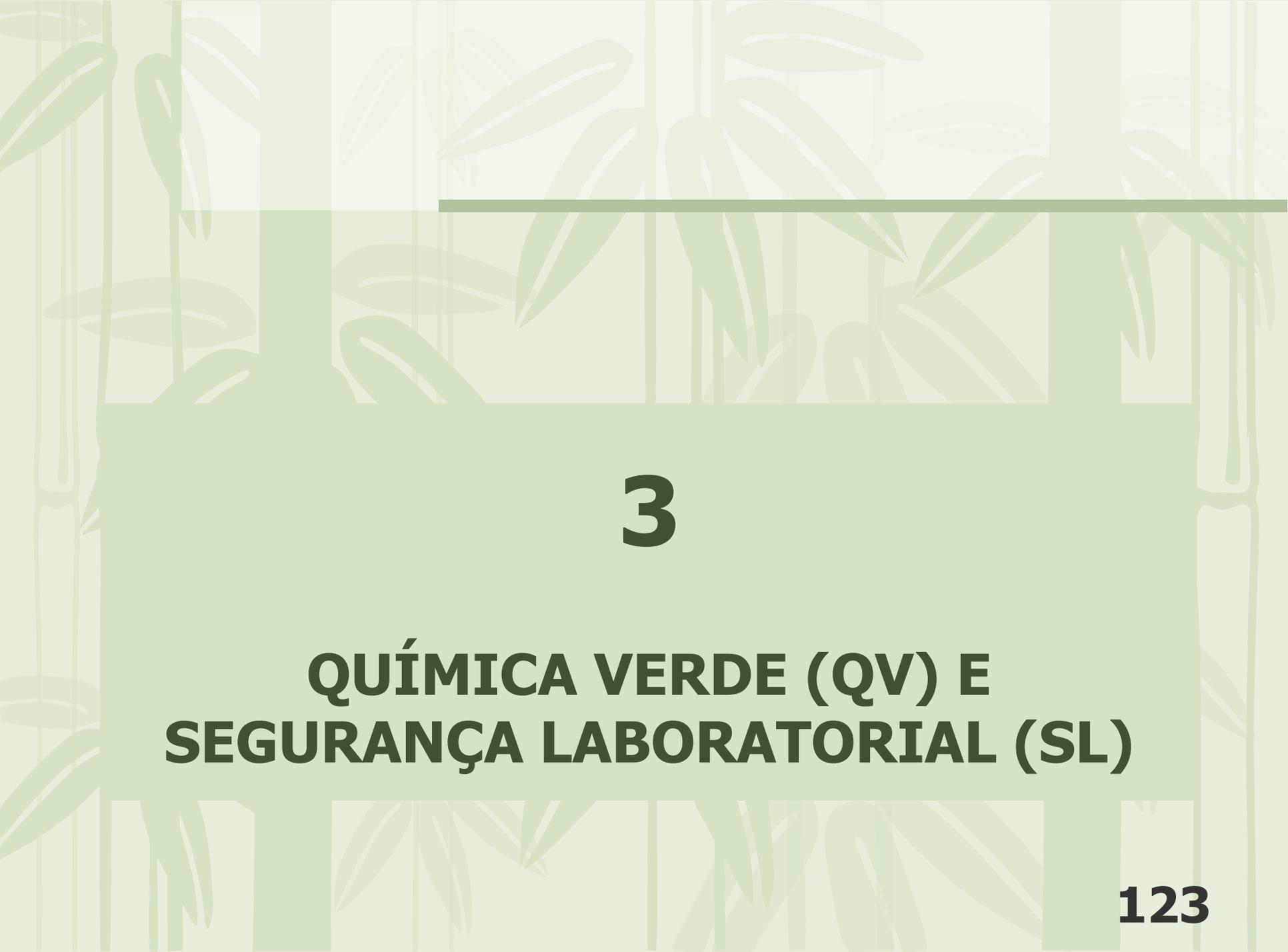
---

## PROJETO:

INVESTIGAR O “FUNCIONAMENTO” DA QV À ESCALA RESTRITA DO LAB. PARA MELHORAR A SL

### MAIS ESPECIFICAMENTE:

AVERIGUAR OS BENEFÍCIOS QUE OS PRINCÍPIOS DA QV PRODUZEM NA SL



---

# 3

## **QUÍMICA VERDE (QV) E SEGURANÇA LABORATORIAL (SL)**

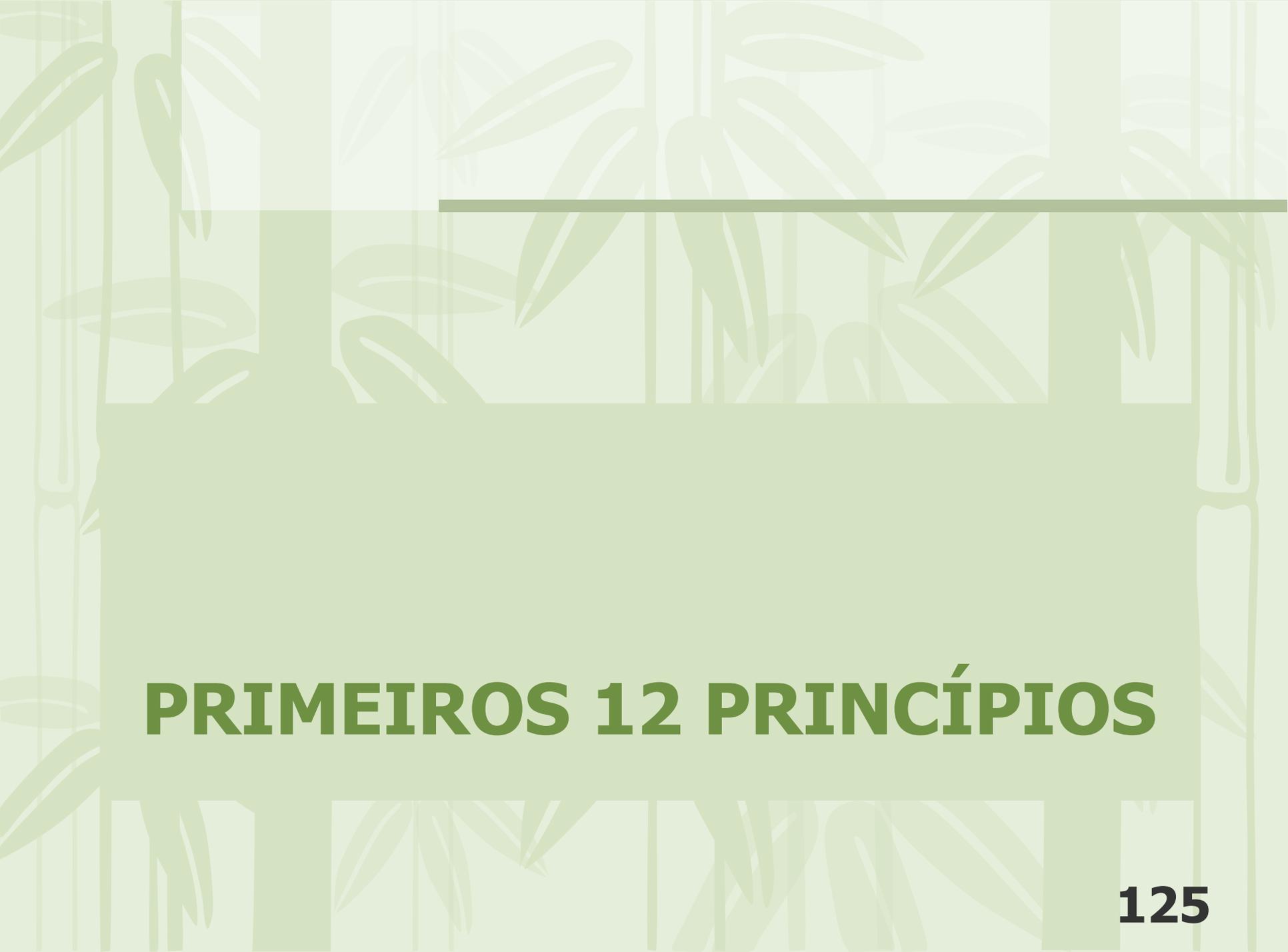
# **OBJETIVO ESPECÍFICO**

---

**USO DOS PRINCÍPIOS  
PARA IMPLEMENTAR  
SEGURANÇA LABORATORIAL**



**QUAIS E COMO SE APLICAM?  
DIRETAMENTE OU NÃO?**



---

# **PRIMEIROS 12 PRINCÍPIOS**

# OS 12 PRINCÍPIOS DA QV

- # 1. PREVENÇÃO DE RESÍDUOS
- # 2. ECONOMIA ATÔMICA
- # 3. SÍNTESES MENOS PERIGOSAS
- # 4. PLANIFICAÇÃO MOLECULAR DE PRODUTOS MAIS SEGUROS
- # 5. SOLVENTES E SUBSTÂNCIAS AUXILIARES MAIS BENIGNAS
- # 6. PLANIFICAÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
- # 7. USO DE MATÉRIAS PRIMAS RENOVÁVEIS
- # 8. REDUÇÃO DAS DERIVATIZAÇÕES
- # 9. PREFERÊNCIA POR REAÇÕES CATALÍTICAS
- # 10. PLANIFICAÇÃO PARA A DEGRADAÇÃO
- # 11. ANÁLISE PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO EM TEMPO REAL
- # 12. QUÍMICA INERENTEMENTE MAIS SEGURA PARA PREVENÇÃO DE ACIDENTES

# PRINCÍPIO #12

**QUÍMICA INERENTEMENTE MAIS SEGURA PARA A  
PREVENÇÃO DE ACIDENTES**

**AS SUBSTÂNCIAS USADAS E AS FORMAS DA SUA UTILIZAÇÃO  
NOS PROCESSOS QUÍMICOS DE FABRICO DEVEM MINIMIZAR  
O POTENCIAL DE OCORRÊNCIA DE ACIDENTES QUÍMICOS,  
TAIS COMO FUGAS, EXPLOSÕES E INCÊNDIOS**



**DIRIGIDO À PROTEÇÃO DO AMBIENTE MAS  
COM APLICAÇÃO ÓBVIA NO LABORATÓRIO!**

# PRINCÍPIO #1

## PREVENÇÃO DE RESÍDUOS

É MELHOR PREVENIR A FORMAÇÃO DE RESÍDUOS DO QUE, DEPOIS DE CRIADOS, TER DE DEPÔ-LOS NO AMBIENTE, APÓS TRATAMENTO PARA ELIMINAR AS PROPRIEDADES TÓXICAS



**OS RESÍDUOS PODEM SER PERIGOSOS (SAÚDE, ...)**

**MENOS RESÍDUOS →**

**→ MAIS SEGURANÇA NO LABORATÓRIO!**

# PRINCÍPIO #2

## ECONOMIA ATÓMICA

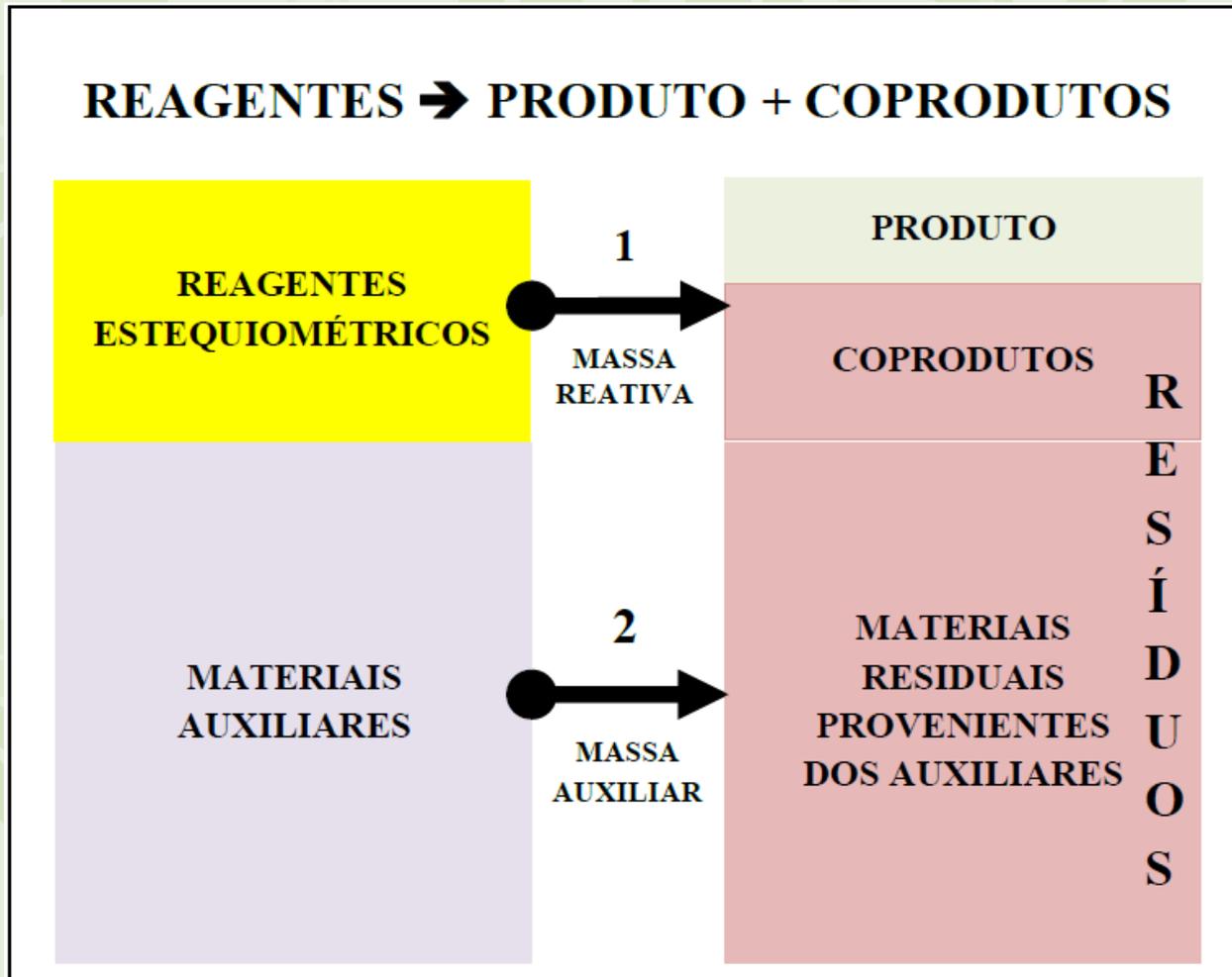
OS MÉTODOS SINTÉTICOS DEVEM SER PLANIFICADOS DE MODO A MAXIMIZAR A INCORPORAÇÃO NO PRODUTO FINAL DE TODOS OS REAGENTES DO PROCESSO



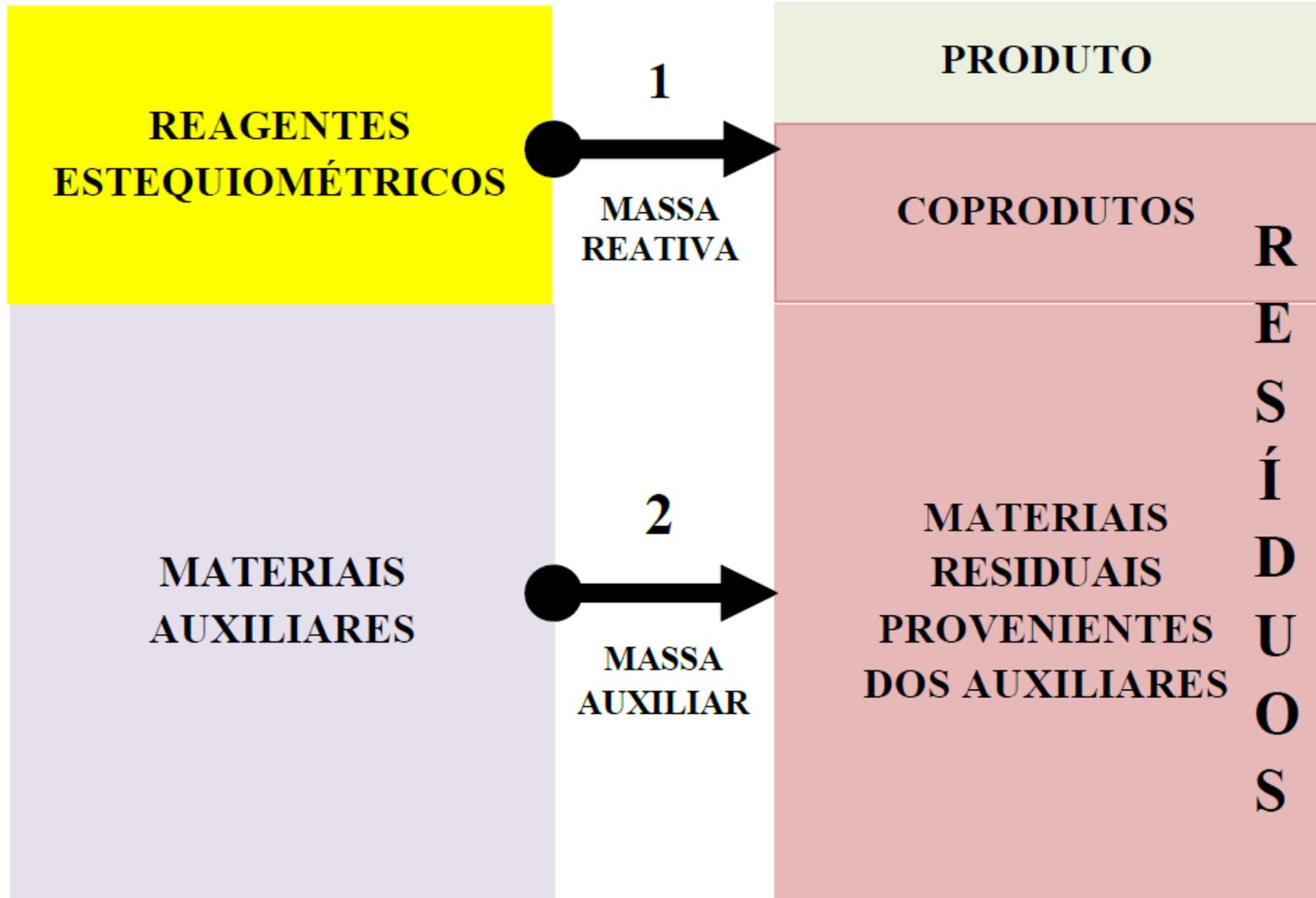
**COPRODUTOS = RESÍDUOS  
(POTENCIALMENTE PERIGOSOS/TÓXICOS)**

**MENOS COPRODUTOS →  
→ MAIS SEGURANÇA NO LABORATÓRIO!**

# LINHAS DE MATERIALIZAÇÃO



# REAGENTES → PRODUTO + COPRODUTOS



# PRINCÍPIO #3

## SÍNTESES MENOS PERIGOSAS

SEMPRE QUE POSSÍVEL, OS MÉTODOS SINTÉTICOS DEVEM  
SER PLANIFICADOS DE MODO A USAR E PRODUZIR  
SUBSTÂNCIAS NÃO TÓXICAS (OU POUCO TÓXICAS) PARA A  
SAÚDE HUMANA E A ECOSFERA



**MENOS SUBSTÂNCIAS TÓXICAS →**  
**→ MAIS SEGURANÇA NO LABORATÓRIO!**

# PRINCÍPIO #4

**PLANIFICAÇÃO MOLECULAR DE PRODUTOS MAIS SEGUROS**  
**OS PRODUTOS QUÍMICOS DEVEM SER PLANIFICADOS A NÍVEL**  
**MOLECULAR DE MODO A CUMPRIR AS FUNÇÕES DESEJADAS E**  
**A MINIMIZAR A SUA TOXICIDADE**



**SUBSTÂNCIAS MENOS TÓXICAS →**

**→ MAIS SEGURANÇA NO LABORATÓRIO!**

# PRINCÍPIO #5

**SOLVENTES E SUBSTÂNCIAS AUXILIARES MAIS BENIGNOS  
O USO DE SUBSTÂNCIAS AUXILIARES (SOLVENTES, AGENTES  
PARA PROMOVER SEPARAÇÕES, ETC.) DEVE SER EVITADO  
SEMPRE QUE POSSÍVEL**

**SE USADOS, ESSES AGENTES DEVEM SER INÓCUOS**



**SOLVENTES E S. AUXILIARES MAIS BENIGNOS →  
→ MAIS SEGURANÇA NO LABORATÓRIO!**

# PRINCÍPIO #6

**PLANIFICAÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA  
DEVE-SE MINIMIZAR OS IMPACTOS ECONÔMICOS E  
AMBIENTAIS DOS REQUISITOS ENERGÉTICOS DA QUÍMICA SE  
POSSÍVEL, OS MÉTODOS SINTÉTICOS DEVEM SER  
REALIZADOS À TEMPERATURA E PRESSÃO AMBIENTAIS OU  
PRÓXIMAS**



**PRESSÃO E TEMPERATURA  $\approx$  AMBIENTAIS →  
→ MENOS PERIGOS NO LABORATÓRIO!**

# PRINCÍPIO #8

## REDUÇÃO DAS DERIVATIZAÇÕES

DEVEM-SE EVITAR OU MINIMIZAR DERIVATIZAÇÕES (USO DE GRUPOS BLOQUEADORES, DE PASSOS DE PROTEÇÃO/ DESPROTEÇÃO,...) PORQUE TAIS ETAPAS REQUEREM REAGENTES ADICIONAIS E PRODUZEM RESÍDUOS



**MENOS REAGENTES AUXILIARES, INTERMÉDIOS** →  
→ **MENOS PERIGOS = MAIS SEGURANÇA!**

# PRINCÍPIO #9

**PREFERÊNCIA POR REAÇÕES CATALÍTICAS  
DEVEM-SE PREFERIR REAGENTES CATALÍTICOS (TÃO  
SELETIVOS QUANTO POSSÍVEL)  
A REAGENTES ESTEQUIOMÉTRICOS**



**CONDIÇÕES MAIS SUAVES (P#6) →  
MENOS REAGENTES, MAIOR SELETIVIDADE =  
MENOS RESÍDUOS (P#1) →  
→ MENOS PERIGOS = MAIS SEGURANÇA!  
AÇÃO SINÉRGICA COM P#1 E P#6!**

# PRINCÍPIO #11

**ANÁLISE PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO EM TEMPO REAL  
DEVE-SE PROCURAR USAR MÉTODOS ANALÍTICOS QUE  
PERMITAM MONITORIZAÇÃO DIRETA DOS PROCESSOS DE  
FABRICO EM TEMPO REAL E CONTROLO PRECOCE DA  
FORMAÇÃO DE SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS**



**MENOS SUBSTÂNCIAS TÓXICAS →  
→ MAIS SEGURANÇA NO LABORATÓRIO!  
(MAS ALCANCE LIMITADO!)**

# OS 12 PRINCÍPIOS E A SL

**IMPORTÂNCIA DIRETA E ÓBVIA**

**#12**

**(MAS DEMASIADO GENÉRICO)**

**1**

**IMPORTÂNCIA MENOS DIRETA**

**#1...#2...#3...#4...#5...#6...#8...#9...#11**

**9**

**IMPORTÂNCIA LIMITADA**

**#7...#10**

**2**

# OS 12 PRINCÍPIOS E A SL

## VIAS DE AUMENTO DA SEGURANÇA

TOXICIDADE DE CONDIÇÕES  
SUBSTÂNCIAS DE REAÇÃO

- # 1. PREVENÇÃO DE RESÍDUOS
- # 2. ECONOMIA ATÔMICA
- # 3. SÍNTESES MENOS PERIGOSAS
- # 4. PLANIFICAÇÃO MOLECULAR DE PRODUTOS MAIS SEGUROS
- # 5. SOLVENTES E SUBSTÂNCIAS AUXILIARES MAIS BENIGNAS
- # 6. PLANIFICAÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA
- # 7. USO DE MATÉRIAS PRIMAS RENOVÁVEIS
- # 8. REDUÇÃO DAS DERIVATIZAÇÕES
- # 9. PREFERÊNCIA POR REAÇÕES CATALÍTICAS
- # 10. PLANIFICAÇÃO PARA A DEGRADAÇÃO
- # 11. ANÁLISE PARA A PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO EM TEMPO REAL
- # 12. QUÍMICA ... MAIS SEGURA PARA PREVENÇÃO DE ACIDENTES

•  
•  
•  
•  
•  
•  
-  
•  
•  
•  
-  
•  
•

•  
•  
-  
•  
-  
•

# EXEMPLOS DE INTERAÇÕES ENTRE OS 12 PRINCÍPIOS

**P8 – REDUÇÃO DAS  
DERIVATIZAÇÕES**

**P9 – PREFERÊNCIA POR  
REAÇÕES CATALÍTICAS**

**P1 – PREVENÇÃO DE RESÍDUOS**

**P6 – PLANIFICAÇÃO PARA A  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

# OS 12 PRINCÍPIOS E A SL

## 12 PRINCÍPIOS

FOCADOS NOS RESÍDUOS E SUA ELIMINAÇÃO

**NÃO DÃO GRANDE ATENÇÃO À SL**

(ATITUDE VIGENTE: SL SECUNDÁRIA!)

**MAS...**

**GLOBALMENTE SUPORTAM A SL**

# OS 12 PRINCÍPIOS E A SL

---

**SUPORTE DISTORCIDO:**

**MAIS ATENÇÃO**

**À TOXICIDADE DAS SUBSTÂNCIAS**

**DO QUE**

**AOS PERIGOS FÍSICOS**

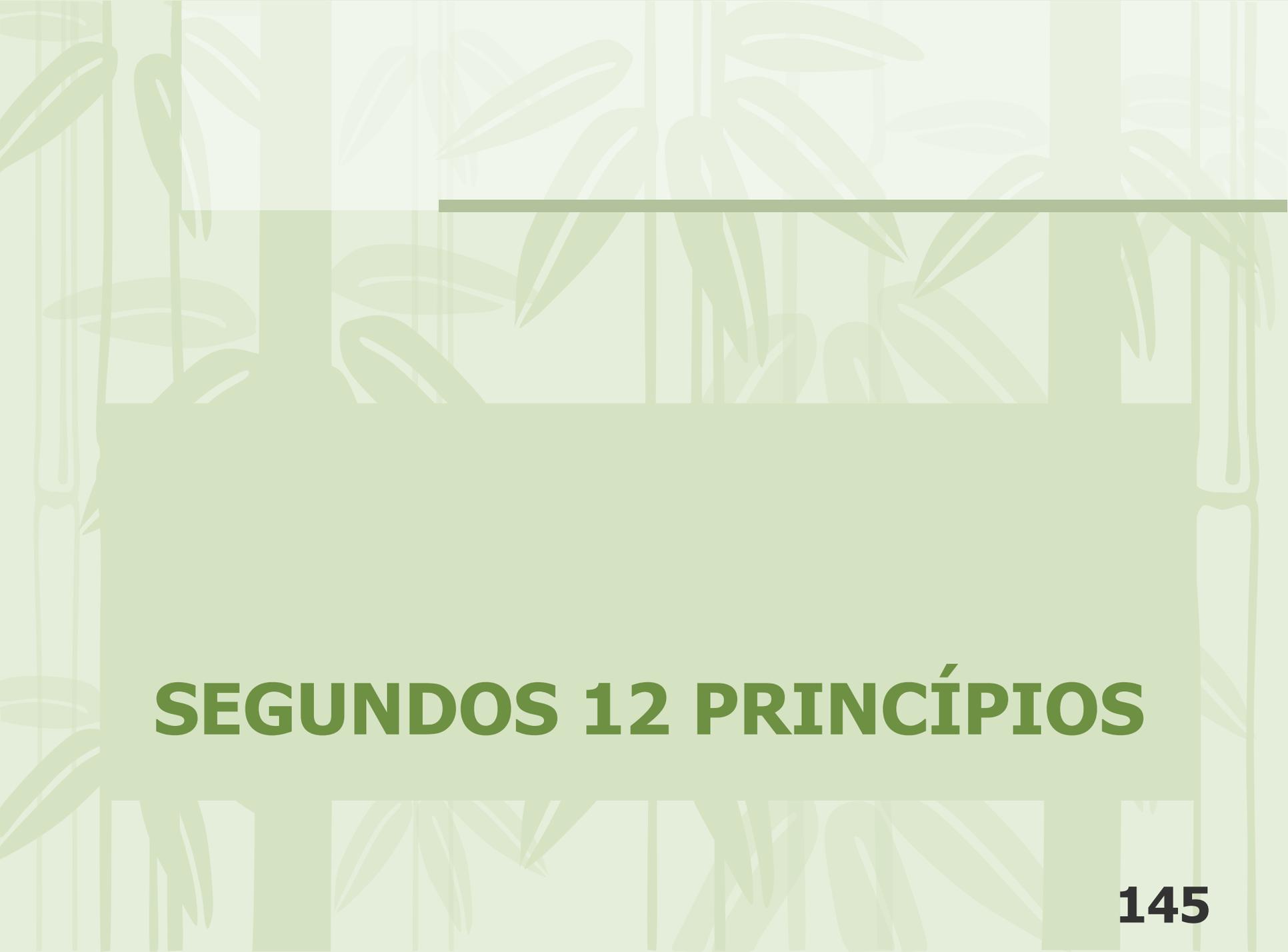
# OS 12 PRINCÍPIOS E A SL

**12 PRINCÍPIOS**

**PODEM SER USADOS  
NO ENSINO DA SL**

**PERMITEM PONTE**

**QV ↔ SL**



---

# **SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS**

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS

## OBJETIVOS GLOBAIS

1

FACILITAR AOS  
**QUÍMICOS DE SÍNTESE**  
A PLANIFICAÇÃO DE  
ATIVIDADES LABORATORIAIS  
NO ÂMBITO DA **QV**

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS

2

**INCENTIVAR**

**→ COLETA**

**→ REPORTE**

**DE INFORMAÇÕES QUANTITATIVAS  
SOBRE A AVALIAÇÃO DA VERDURA**



**IMPORTANTES PARA MONTAR UM  
PROCESSO VERDE NO ESCALAMENTO**

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS

**MAIS PRÓXIMOS DA QUÍMICA REAL  
DO QUE OS  
PRIMEIROS 12 PRINCÍPIOS**

**VISAM ASPETOS MAIS DETALHADOS DA  
QUÍMICA DE SÍNTESE**



**APLICAÇÃO DEPENDENTE DO CONTEXTO**

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SEGURANÇA LABORATORIAL

**CONSIDERAÇÃO DA SEGURANÇA  
TAMBÉM É ESCASSA**

**SÓ MENCIONADA EXPLICITAMENTE NO  
# 23 - IDENTIFICAÇÃO DE  
INCOMPATIBILIDADE ENTRE A  
SEGURANÇA DO PROCESSO E A  
MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS**

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SL

- #13. IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS COPRODUTOS
- #14. OBTENÇÃO DE CONVERSÕES, SELETIVIDADES, PRODUTIVIDADES, ETC.
- #15. ESTABELECIMENTO DE BALANÇOS MATERIAIS COMPLETO
- #16. MEDIÇÃO DAS PERDAS DE CATALISADORES E SOLVENTES NOS EFLUENTES
- #17. INVESTIGAÇÃO DA ENERGÉTICA BÁSICA DO PROCESSO
- #18. IDENTIFICAÇÃO DE LIMITAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA
- #19. OBTENÇÃO DA PERSPETIVA DOS ENGENHEIROS QUÍMICOS
- #20. CONSIDERAÇÃO DA GLOBALIDADE DO PROCESSO AO SELECIONAR A QUÍMICA
- #21. PROCURA DE MEDIDAS DE SUSTENTABILIDADE DO PROCESSO
- #22. QUANTIFICAÇÃO E MINIMIZAÇÃO DO USO DE "UTILIDADES"
- #23. INCOMPATIBILIDADE ENTRE SEGURANÇA E MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS
- #24. MONITORIZAÇÃO, REGISTO E MINIMIZAÇÃO DOS RESÍDUOS LABORATORIAIS

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SL

PRINCÍPIOS DIRIGIDOS ESPECIFICAMENTE  
AO **TRABALHO NO LABORATÓRIO**

MAS...

**MAIOR DIFICULDADE** QUE PARA  
OS 12 PRIMEIROS PRINCÍPIOS  
EM ESTABELEECER **RELAÇÕES**  
**GENÉRICAS COM A SL**

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SL

## TRABALHO ANTERIOR

Machado, DOS PRIMEIROS AOS SEGUNDOS PRINCÍPIOS DA QV,  
Quím. Nova, 35(6), 1250-9 (2012)

ANÁLISE CONJUNTA DOS DOIS GRUPOS PARA  
**ESCLARECER AS RELAÇÕES MÚTUAS**

POSTURA HOLÍSTICA:  
**COMPONENTES SISTÉMICAS**

-  **MATÉRIA**
-  **ENERGIA**
-  **INFORMAÇÃO**

# COMPONENTES SISTÉMICAS DOS PRINCÍPIOS DA QV

**Tabela 1.** Distribuição dos dois conjuntos de 12 princípios segundo as componentes sistêmicas\*

	Primeiros 12	Segundos 12
Matéria	1-5, 7-10	13-16, 22-24
Energia	6	17-18, 22
Informação	11	19, 21
S/ classificação	12	20

Machado, DOS PRIMEIROS AOS SEGUNDOS PRINCÍPIOS DA QV,  
Quím. Nova, 35(6), 1250-9 (2012)

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SL

**PRIMEIROS 12 PRINCÍPIOS:  
RESULTADOS PARA AS LIGAÇÕES À SL  
COINCIDEM COM OS DAS  
COMPONENTES SISTÉMICAS**



**EXPLORAR ESTA RELAÇÃO PARA  
AJUDAR À IDENTIFICAÇÃO DAS  
LIGAÇÕES DOS SEGUNDOS 12 À SL**

**OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SL**

**EM CADA PRINCÍPIO**

**COMPONENTES**

**→ MATÉRIA**

**→ ENERGIA**



**USADAS COMO BASE DA  
ANÁLISE DAS LIGAÇÕES À SL**

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SL

## RESULTADOS DA ANÁLISE

TABELA INCLUI CONTEÚDOS SISTÉMICOS

- TOXICIDADE MATÉRIA (M)
- CONDIÇÕES DE REAÇÃO ENERGIA (E)

## RESULTADOS EM GLOBO

- ~ **PRIMEIROS 12 PRINCÍPIOS**
- **MAIORIA SUPORTAM DIRETAMENTE A SL**

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SL

## VIAS DE AUMENTO DA SEGURANÇA

TOXICIDADE DE CONDIÇÕES  
SUBSTÂNCIAS DE REAÇÃO

- #13. IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS COPRODUTOS
- #14. ... CONVERSÕES, SELETIVIDADES, PRODUTIVIDADES, ETC
- #15. ESTABELECIMENTO DE BALANÇOS MATERIAIS COMPLETOS
- #16. ... PERDAS DE CATALISADORES E SOLVENTES NOS EFLUENTES
- #17. INVESTIGAÇÃO DA ENERGÉTICA BÁSICA DO PROCESSO
- #18. ... LIMITAÇÕES DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR E MASSA
- #19. OBTENÇÃO DA PERSPETIVA DOS ENGENHEIROS QUÍMICOS
- #20. ... GLOBALIDADE DO PROCESSO AO SELECIONAR A QUÍMICA
- #21. PROCURA ... SUSTENTABILIDADE DO PROCESSO
- #22. QUANTIFICAÇÃO E MINIMIZAÇÃO DO USO DE "UTILIDADES"
- #23. ... SEGURANÇA E MINIMIZAÇÃO DE RESÍDUOS
- #24. ... REGISTO E MINIMIZAÇÃO DOS RESÍDUOS LABORATORIAIS

- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 
- 

- 
- 
- 
- 
-

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SL

**RESULTADOS EM GLOBO**  
**~ PRIMEIROS 12 PRINCÍPIOS**

**MAIORIA SUPORTA A SL**

**VIAS DAS RELAÇÕES DE SUSTENTAÇÃO:**

**TOXICIDADE (SUBTÂNCIAS) >**

**> CONDIÇÕES FÍSICAS (REAÇÃO)**

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SL

**(ALGUMA) IMPORTÂNCIA DIRETA**

**#23**

**(MAS DEMASIADO TÊNUE)**

**1**

**IMPORTÂNCIA MENOS DIRETA**

**#13...#14...#15...#16...#17...#18...#22...#23**

**8**

**IMPORTÂNCIA LIMITADA**

**#19...#20...#21**

**3**

**159**

# OS SEGUNDOS 12 PRINCÍPIOS E A SL

**SUORTE MAIS DIFUSO  
SUGERE...**

**RELAÇÕES**

**→ MENOS DIRETAS**

**→ MAIS DIFÍCEIS DE ESTABELEECER**



**USO MAIS PROBLEMÁTICO NO ENSINO**

# APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS

---

PRINCÍPIOS DEVEM SER  
**USADOS COMO UM TODO**



EVITAR **FALSA QV**



**EXIGEM PENSAMENTO SISTÊMICO!**

# APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS

INTERLIGAÇÕES ENTRE OS PRINCÍPIOS  
PRIMEIROS 12                      SEGUNDOS 12



---

**4**

# **CONCLUSÕES**

# CONCLUSÕES

---

**1**

**A ABORDAGEM NO ENSINO DAS  
RELAÇÕES SEGURANÇA/QV  
POR MEIO  
DOS PRINCÍPIOS DA QV  
SERVIRÁ O ENSINO DA SL  
(EDUCAÇÃO!)**

# CONCLUSÕES

---

**2**

**SEGURANÇA:**

**TEMA ADEQUADO PARA ABORDAGEM**

**CTS/CTSA**

# CONCLUSÕES

---

3

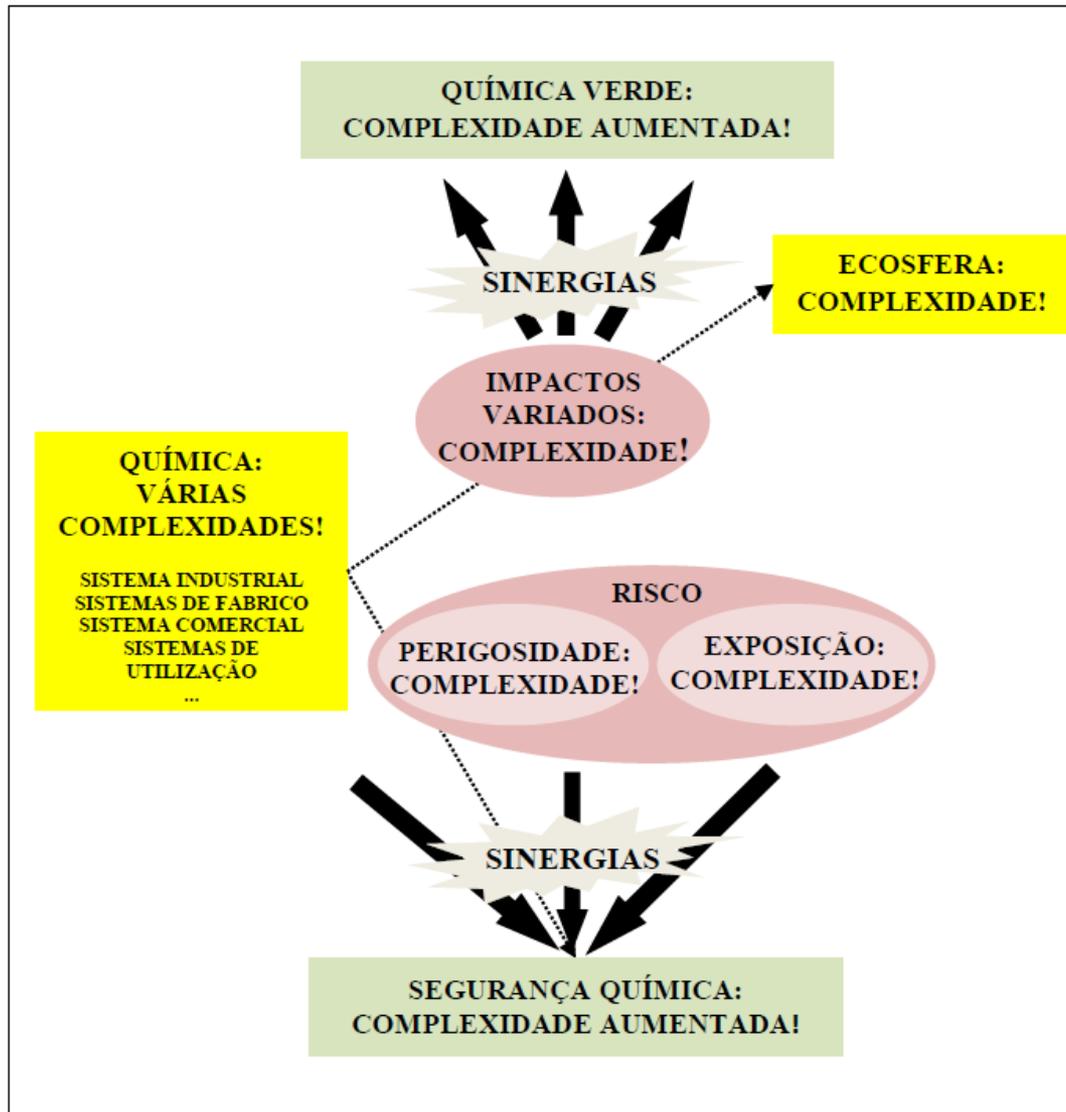
**MAIS ATENÇÃO AO ENSINO DA SL NAS**

**LICENCIATURAS EM QUÍMICA**

**→ CIENTÍFICAS**

**→ FORMAÇÃO DE PROFESSORES**

# SINERGIAS DIVERSAS AUMENTAM A COMPLEXIDADE DA QV E SQ/SL



# CONCLUSÕES

---

4

**COMPLEXIDADE**

**EXIGE**

**ENSINO DA SISTÉMICA**

**(“SYSTEMS THINKING”)**

**COMO?**

# SLIDES

---

## EDUCA

CULTURA CIENTÍFICA/APRENDIZAGEM DA QUÍMICA

<http://educa.fc.up.pt/>

**INVESTIGAÇÃO > PUBLICAÇÕES**

<http://educa.fc.up.pt/publicacoes.php>