

O MAIOR  
EVENTO DE  
SANEAMENTO  
DA AMÉRICA  
LATINA



18 A 20  
SETEMBRO 2018  
EXPO CENTER  
NORTE  
SÃO PAULO - SP

**9564 - PARÂMETROS OPERACIONAIS E FREQUÊNCIA DE MONITORAMENTO ADEQUADOS PARA O PROCESSO DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE POR AUTOCLAVAÇÃO, BASEADOS NA LITERATURA**

**Cíntia Amélia Soares Matos**

**Liséte Celina Lange**

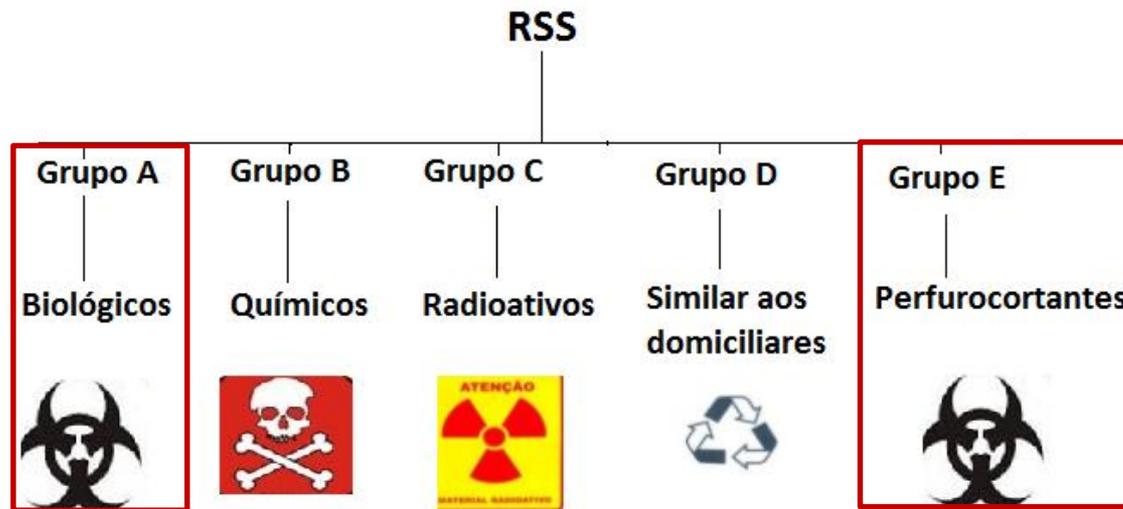
**Luiza Silva Betim**

**Alice Libânia Santana Dias**

**Universidade Federal de Minas Gerais – Belo Horizonte / Minas Gerais**

# Introdução

## Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) Gerenciamento diferenciado

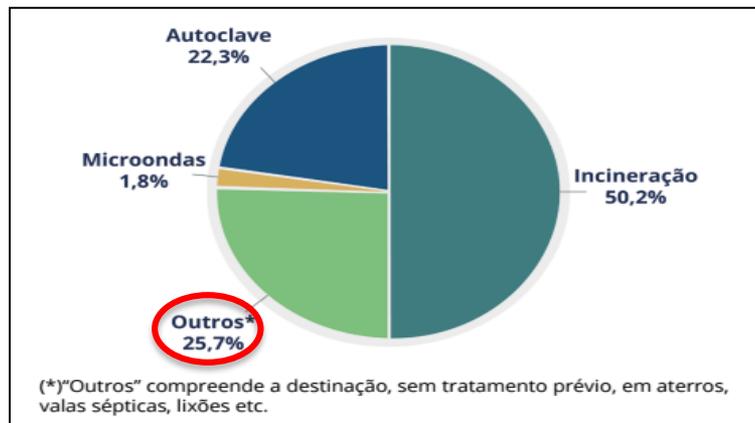


10 a 30%  
representam de  
fato algum  
potencial de risco  
(WHO, 2014)

# Introdução

Os desafios para gestão e gerenciamento adequados dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) ainda são grandes

Figura 1 – Tipo de destinação final dos RSS coletados pelos municípios (Brasil) - 2016



Fonte: ABRELPE, 2017 (adaptado).

Figura 2: RSS.



Fonte: RESIDUALL, 2017.

Figura 3: Perfurocortante



Fonte: AMBIÊNCIA, 2016.

**Destinação inadequada de RSS ainda é uma realidade no Brasil**

# Introdução

Principais formas de tratamento de RSS:

**Figura 4 – Incineração**



Fonte: ABRELPE, 2017.

**Figura 5 – Autoclavação**



Fonte: ABRELPE, 2017.

**Figura 6 – Microondas**



Fonte: ABRELPE, 2017.

Diversos pesquisadores e instituições tem se dedicado ao estudo de tecnologias alternativas para tratamento de RSS (Windfeld, 2015)

# Introdução

A autoclavação é a principal tecnologia de tratamento alternativa à incineração

Figura 7 – Capacidade instalada para tratamento de RSS (t/ano)



Autoclave - representa 53% da capacidade instalada para tratamento de RSS no Brasil

Fonte: ABRELPE, 2017.

# Introdução

## Parâmetros operacionais - Autoclavação:

- Temperatura: varia de 121 a 134°C;
  - Pressão: cerca de 2,05 bar;
  - Tempo: 30 a 60 minutos

**RSS ??**

Parâmetros já consolidados para  
autoclavação de produtos para saúde

# Introdução

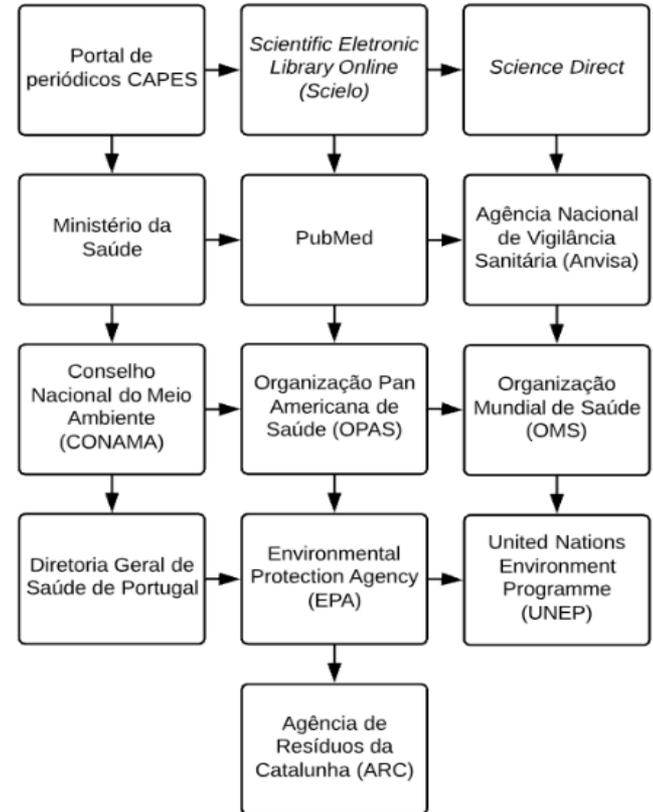
- Diversos autores destacam a **ausência de dados da literatura e de instrumentos normativos** que estabeleçam parâmetros ideais para execução do processo, bem como a forma e periodicidade de monitoramento da eficiência do tratamento (CHEN *et al.*, 2013; TENG *et al.*, 2015, HOSSAIN *et al.*, 2012; OLIVEIRA, 2017)

# Objetivo

- O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento de dados da literatura e de instrumentos normativos, no âmbito nacional e internacional, referentes aos parâmetros mais adequados para autoclavação de resíduos de serviços de saúde

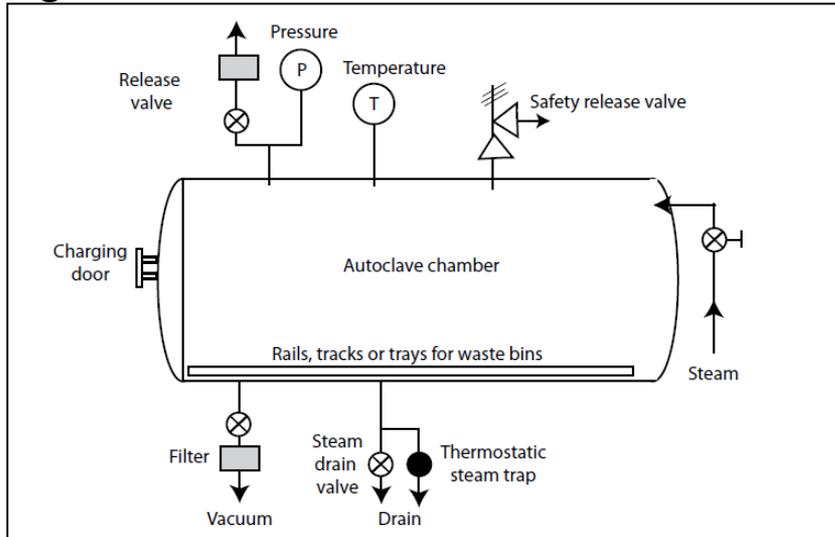
# Metodologia

- Para desenvolvimento do trabalho foram realizadas pesquisas, em âmbito nacional e internacional, com base em trabalhos acadêmicos e instrumentos legais referentes ao tratamento de resíduos de serviços de saúde por autoclavação
- Para as buscas bibliográficas foram utilizadas as seguintes bases de dados:



# Resultados

Figura 8 – Autoclave



Fonte: WHO, 2014.

- Umidade
- Calor
- Pressão
- Tempo de residência

## INATIVAÇÃO MICROBIANA

- Nível III - inativação de esporos de *Geobacillus stearothermophilus* com redução igual ou maior que  $4\text{Log}_{10}$

# Resultados

**Tabela 1 – Relação de estudos sobre autoclavagem de RSS**

(Continua)

Referência Bibliográfica	Temperatura de operação (°C)	Tempo (min)	Pressão (padronizada)	Conclusões
LEMIEUX <i>et al.</i> , 2006	135	120	2,21 kgf/cm <sup>2</sup>	A configuração de dois ciclos sequenciais de 135°C, 40 min. e 31,5 psi foi considerada a mais eficaz para tratamento dos resíduos.
	135	40	2,21 kgf/cm <sup>2</sup>	
	144,4	120 e 75	3,16 kgf/cm <sup>2</sup>	
EMMANUEL; KIAMA; HEEKIN, 2008	124	20	2 - pulsos profundos	Concluíram que pulsos de pressão mais profundos são mais eficazes para tratamento do que pulsos pouco profundos.
	124	30	4 - pulsos pouco profundos	
GALVÃO, 2012	121	40	-	Concluíram que os resíduos acondicionados em sacos acima de dois terços da capacidade não foram tratados adequadamente.
	127	30	-	

# Resultados

**Tabela 1 – Relação de estudos sobre autoclavação de RSS**

(Continua)

Referência Bibliográfica	Temperatura de operação (°C)	Tempo (min)	Pressão (padronizada)	Conclusões
HOSSAIN <i>et al.</i> , 2012	111	0-60	0,5 kgf/cm <sup>2</sup>	Melhores condições para otimizar a inativação microbiana foram a 121°C e 131°C durante 60 e 30 minutos, respectivamente. Observaram o crescimento de bactérias nas amostras de resíduos tratados.
	131		1,89 kgf/cm <sup>2</sup>	
	121		1,05 kgf/cm <sup>2</sup>	
MACEDO, 2013	127	30	1,5 kgf/cm <sup>2</sup>	O material genético do vírus de Hepatite B não foi exterminado nas condições estudadas. Foi concluído ainda que a variação da temperatura no interior da autoclave influenciou nos resultados.
	127	15	1,5 kgf/cm <sup>2</sup>	
PIENPATANAKIJ; ARMIM; NIYOMDECHA, 2016	121	15	1,05 kgf/cm <sup>2</sup>	Os testes com os esporos apresentaram-se positivos, indicando descontaminação incompleta em embalagens sem adição de água.

# Resultados

**Tabela 1 – Relação de estudos sobre autoclavação de RSS**

(Conclusão)

Referência Bibliográfica	Temperatura de operação (°C)	Tempo (min)	Pressão (padronizada)	Conclusões
OLIVEIRA, 2017	116		1,0 kgf/cm <sup>2</sup>	O autor concluiu que a inativação dos endósporos atingiu 100% no tempo de 30 minutos de exposição a uma temperatura de 134°C e pressão de 2,3 kgf/cm <sup>2</sup> .
	125	0-50	1,6 kgf/cm <sup>2</sup>	
	134		2,3 kgf/cm <sup>2</sup>	
	121	50 60	1,3 kgf/cm <sup>2</sup>	
GARIBALDI <i>et al.</i> , 2017	123-134	15-180	0,07-1,41 kgf/cm <sup>2</sup>	Os autores identificaram que 16 dos 19 ciclos de autoclave com a configuração padrão de fábrica apresentaram resultados positivos para os indicadores biológicos inseridos no centro da carga. Os parâmetros otimizados para autoclavação de resíduos secos foram: tempo: 30 minutos; temperatura: 134°C e de pressão 20 psi.

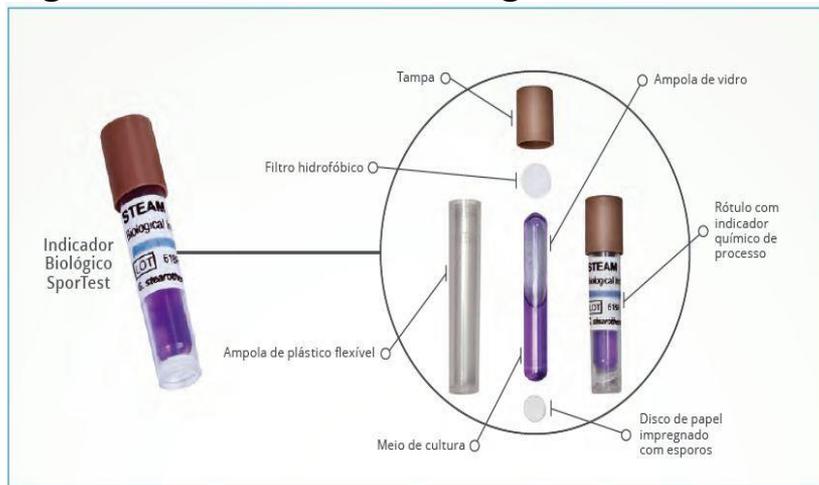
# Resultados

- A maioria dos autores encontraram resultados satisfatórios somente em temperaturas acima de 121°C, demonstrando que os parâmetros para esterilização de produtos médicos não são adequadas para descontaminação de resíduos
- Grande parte dos estudos apresentados na Tabela 1 utilizaram indicadores biológicos e químicos para avaliar a eficiência do processo

# Resultados

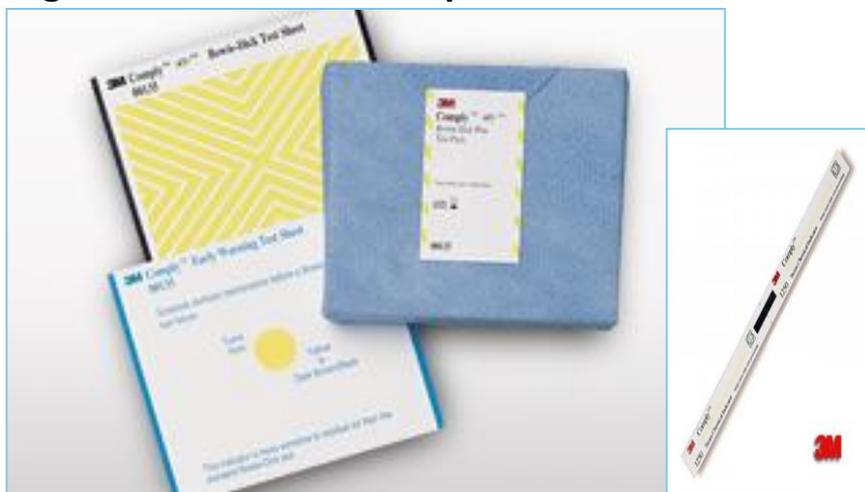
- **Monitoramento de eficiência do processo**

**Figura 9 – Indicadores biológicos**



Fonte: Cristófoli, 2017.

**Figura 10 – Indicadores químicos**



Fonte: 3M, 2017.

Avaliam se o grau de inativação microbiana foi atingido

Avaliam se os dados paramétricos foram atingidos

# Resultados

- **Monitoramento de eficiência do processo**

- Não foram encontrados instrumentos normativos que definem os critérios de monitoramento do processo em âmbito nacional, a partir da verificação junto aos órgãos ambientais de alguns Estados:

IAP/PR

CETESB/SP

FEPAM/RS

FATMA/SC

IEMA/ES

FEAM/MG

- Segundo esses órgãos ambientais, a frequência do monitoramento fica a cargo dos próprios empreendimentos e, em alguns casos, o órgão ambiental solicita por meio de condicionantes, junto ao processo de licenciamento

# Resultados

**Tabela 2 – Frequência de monitoramento – tratamento por autoclavação**

Referência	Órgão/Instituição	Frequência de testes de monitoramento	
		Indicadores biológicos	Indicadores químicos
UNEP, 2012	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA)	Semanal/Quinzenal	Intervalos periódicos
WHO, 2014	Organização Mundial da Saúde (OMS)	Intervalos periódicos	Intervalos periódicos
EPA OHIO, 2013	Divisão de Gestão de Resíduos Sólidos e Infeciosos - EPA	Mensal	Semanal
DGS, 2016	Direção de Serviços de Prevenção da Doença e Promoção da Saúde (DGS) - Portugal	Quinzenal	a cada ciclo / Bowie-Dick: 1 vez por dia
ARC, 2015	Agência de Resíduos - Catalunha	1 a 2 vezes por semana	a cada ciclo / Bowie-Dick: 1 vez por dia
EHS Massachusetts, 2017	Departamento de Saúde Pública - Massachusetts	Mensal	Não mencionam

# Resultados

- Interferências na eficiência do tratamento:
  - insuficiência na penetração do vapor;
  - excesso de carga;
  - baixa condutividade térmica;
  - bolsas de ar e resistência dos recipientes;
  - sequência do processo de tratamento.

Figura 11 – Tratamento RSS



Fonte: Americana S.A, 2018

# Conclusão

Considerando que a autoclavação de resíduos de serviços de saúde é o principal tipo de tratamento alternativo à incineração, sobretudo por ser considerado um tratamento de baixo custo e por apresentar menores índices de impacto ambiental, se comparado a outros tipos de tratamento, a avaliação abordada neste **trabalho permitiu identificar a necessidade de realização de estudos mais específicos sobre o tema**, principalmente por meio de avaliações em escala real, a fim de se obter uma compreensão dos critérios mais adequados de operação e monitoramento do processo, com objetivo de garantir a eficiência do tratamento e se evitar impactos ambientais e riscos à saúde pública



# Referências bibliográficas

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. *Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 306 de 07 de dezembro de 2004*. Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde. Publicada no D.O.U. – Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 10 de dezembro de 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016*. São Paulo, 2017. 64 p.
- CHEN, Y.C; TSAI, P.Y. Evaluating the operational risks of biomedical waste using failure mode and effects analysis. *Waste Management & Reserarch*, v. 35, n. 6, p. 593-601, 2017.
- CRISTÓFOLI. *Indicadores biológicos*. Disponível em: <<http://www.splabor.com.br/blog/autoclaves/aprendendo-mais-autoclave-e-o-teste-de-esterilizacao/>>. Acesso em: 20 maio. 2018.
- DIREÇÃO GERAL DA SAÚDE – DGS PORTUGAL. *Norma I da Direção Geral da Saúde*. Indicadores de Eficácia dos Processos de Tratamento Alternativos à Incineração – Resíduos Hospitalares do Grupo III , 01/03/2016. Portugal, 2016.



# Referências bibliográficas

- DEPARTMENT OF PUBLIC HEALTH - MASSACHUSETTS. MINIMUM REQUIREMENTS FOR THE MANAGEMENT OF MEDICAL OR BIOLOGICAL WASTE (STATE SANITARY CODE CHAPTER VIII) . Disponível em: <<http://www.mass.gov/courts/docs/lawlib/104-105cmr/105cmr480.pdf>> . Acesso em: 20 set. 2017.
- EMMANUEL, J.; KIAMA, J.; HEEKIN, K. *Testing a waste treatment autoclave at a hospital in Tanzania: a technical brief*. Reston, Virginia, UNDP GEP Health Care Waste Project and AGENDA. 2008.
- GALVÃO, M. *Avaliação da eficácia da descontaminação de resíduos biológicos do subgrupo A1 por tratamento térmico em autoclave: um estudo de caso*. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.
- GARIBALDI, B.; REIMERS, M.; ERNST, N.; BOVA, G.; NOWAKOWSKI, E.; BOKOWSKI, J.; ELLIS, B.; SMITH, C.; SAUER, L.; DIONNE, K.; CARROLL, K.; MARAGAKIS, L.; PARRISH, N. Validation of autoclave protocols for successful decontamination of category a medical waste generated from care of patients with serious communicable diseases. *Journal of clinical microbiology*, v. 55, p. 545-551, 2017.

# Referências bibliográficas

- HOSSAIN, S.; BALAKRISHNAN, V.; RAHMAN, N.; SARKER, Z.; KADIR, M. Treatment of clinical solid waste using a steam autoclave as a possible alternative technology to incineration. *Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 9, p. 855-867, 2012.
- LEMIEUX, P.; SIEBER, R.; OSBORNE, A.; WOODARD, A. Destruction of spores on building decontamination residue in a commercial autoclave. *Applied and Environmental Microbiology*, v. 72, p. 7687-7693, 2006.
- MACEDO, J. *Resíduos de serviços de saúde em hemocentro: gerenciamento e avaliação do desempenho de tratamento de bolsas de sangue por autoclave*. 2013. 205 f. Tese (Doutorado em Enfermagem) – Escola de Enfermagem, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- OLIVEIRA, A. *Proposta metodológica e avaliação da inativação de endósporos de Geobacillus stearothermophilus no tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde por autoclavagem*. 2017. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências: Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2017.



# Referências bibliográficas

- PIENPATANAKIJ, N.; ARMIN, N.; NIYOMDECHA, N. Comparing the results of microbiological sterilization by autoclaving in different waste packaging formats. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, v. 10, p. 1033-1036, 2016.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP. *Compendium of technologies for treatment/destruction of healthcare waste*. United Nations Environment Programme Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre, p, 105-201, Osaka, Japan, 2012.
- TENG, H.; BAO, Z.; JIN, D; LI, Y. *The key problem and solution of medical waste high-temperature steam treatment*. Asia-Pacific Energy Equipment Engineering Research Conference. Atlantis Press, 2015.
- WINDFELD, E.; BROOKS, M. Medical waste management – A review. *Journal of Environmental Management*, v. 163, p. 98-108, 2015.



# Referências bibliográficas

- WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Safe management of wastes from health-care activities*. 2 ed. Genebra, 2014. Disponível em: <[http://www.searo.who.int/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=qRgAc4IuJizEd\\_jCf01qtBmxCGdLvzCO0W1632BF-qc](http://www.searo.who.int/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=qRgAc4IuJizEd_jCf01qtBmxCGdLvzCO0W1632BF-qc)>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- 3M. *Indicadores químicos a vapor*. Disponível em: <[https://www.3m.com.br/3M/pt\\_BR/3m-do-brasil/todos-os-produtos-3m-do-brasil/~/Indicador-Qu%C3%ADmico-a-Vapor-3M-Comply-1250/?N=5002385+3292142491&rt=rud](https://www.3m.com.br/3M/pt_BR/3m-do-brasil/todos-os-produtos-3m-do-brasil/~/Indicador-Qu%C3%ADmico-a-Vapor-3M-Comply-1250/?N=5002385+3292142491&rt=rud)>. Acesso em: 20 maio. 2018.



# OBRIGADA!

cintia.soaresmatos@gmail.com

UF *m* G

**feam**  
FUNDAÇÃO ESTADUAL  
DO MEIO AMBIENTE

