

# Programa de Gestão de Resíduos em Laboratórios Químicos de Ensino, Pesquisa e Extensão: uma Revisão das Normatizações Brasileiras de Resíduos

## *Waste Management Program in Teaching, Research and Extension Chemical Laboratories: a Review of Brazilian Waste Regulations*

Luana O. Santos,<sup>a</sup> José Geraldo Rocha Junior<sup>a,\*</sup> 

<sup>a</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Química, CEP 23897-000, Seropédica-RJ, Brasil

\*E-mail: [geraldorochoa@ufrj.br](mailto:geraldorochoa@ufrj.br)

Submissão: 5 de Outubro de 2023

Aceite: 27 de Agosto de 2024

Publicado online: 2 de Setembro de 2024

Residues from teaching, research and extension chemical laboratories are generated on a small scale, when compared to industrial residues or large segments, however they present quite complex, diversified profiles and demand special care. The adoption of a waste management program by high school institutions and universities, especially in Chemistry institutes and departments, is crucial to minimize the environmental impacts caused by them. However, the aspects involved in the management of chemical residues in teaching, research and extension laboratories are little explored, since there are no specific laws for these environments, making it a complex topic. Thus, the objective of this work is to elucidate the main aspects and mandatory procedures in the management of waste from different segments based on a systematic review of literature, norms, laws, decrees and Brazilian resolutions, in order to guide the development of a management program of waste in teaching, research and extension laboratories.

**Keywords:** Chemical waste; solid waste; chemical laboratory.

## 1. Introdução

Os resíduos químicos gerados em laboratórios são uma temática que gera frequentes discussões. Laboratórios químicos são locais designados para a execução de atividades experimentais, a fim de interpretar fenômenos e processos da natureza e do meio. Laboratórios de ensino, pesquisa e extensão, e não exclusivamente as indústrias e outros segmentos de grande porte, utilizam uma diversidade de substâncias químicas, cuja qualidade pode provocar alterações significativas no meio ambiente, como a poluição dos recursos hídricos, do solo e do ar e, até mesmo, ameaças à saúde humana.<sup>1,2,3</sup>

A geração de resíduos sólidos perigosos<sup>4</sup>, o descarte de efluentes líquidos<sup>5</sup>, o acúmulo de reagentes fora da validade em laboratórios químicos<sup>6</sup> são alguns dos problemas que podem afetar a manutenção do equilíbrio do meio ambiente. Embora os resíduos provenientes de laboratórios químicos de Instituições de ensino, pesquisa e extensão apresentem complexidade, variabilidade e periculosidade, a sua gestão ainda é bastante negligenciada.<sup>6,7</sup>

No Brasil, é recente o surgimento das regulamentações e normatizações que tratam dos diferentes tipos de resíduos, as quais originaram-se a partir da década de 1990.<sup>7</sup> No geral, há legislações para resíduos sólidos,<sup>8</sup> resíduos de serviços de saúde,<sup>9</sup> radioativos,<sup>10</sup> padrões de lançamento em corpos receptores,<sup>11</sup> além de recomendações presentes nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)<sup>12-22</sup>. Contudo, até o momento, não há diretrizes voltadas para o gerenciamento dos resíduos químicos gerados em instituições de ensino, pesquisa e extensão, especificamente.

Nos últimos anos, estas diferentes Instituições do país que atuam como fontes geradoras de resíduos químicos vem realizando seus próprios planos de gerenciamento.<sup>7</sup> Embora não haja uma legislação restritiva para esses materiais,<sup>7</sup> a busca por um gerenciamento adequado não deve envolver apenas a responsabilidade ambiental do gerador, mas também a sua responsabilidade civil e social.<sup>23</sup>

A Lei nº 6.938, de 2 de setembro de 1981, mais conhecida como Política Nacional do Meio ambiente (PNMA), estabeleceu a responsabilidade objetiva pelos danos ambientais, em substituição à subjetiva, visto a dificuldade de apresentação de provas para a comprovação do dano, conforme o Art. 14º, §1º.<sup>23</sup> Assim, uma simples relação entre causa e efeito entre uma atividade desenvolvida e uma conduta lesiva ao meio ambiente é suficiente para provar a responsabilidade civil da pessoa física ou jurídica sobre este dano.<sup>23</sup>

Em resumo, ainda que um resíduo poluidor seja liberado de acordo com os limites especificados pela legislação vigente, ele poderá causar um dano ambiental, e sujeitar o poluidor ao pagamento de uma indenização ou reparação dos danos. Portanto, daí o conceito poluidor-pagador, e neste sentido, quem gera o resíduo é responsável pelo mesmo.<sup>8</sup>

Mais tarde, o artigo 225º da Constituição Federal Brasileira (1988) determinou o direito de todos a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, e incluiu sanções penais e administrativas a pessoas físicas ou jurídicas que desenvolverem atividades consideradas lesivas ao meio ambiente, apesar da obrigação da reparação dos danos causados.<sup>24</sup> Posteriormente, essas penalidades foram definidas pela Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998, mais conhecida como a Lei de Crimes Ambientais.<sup>25</sup>

A partir daí, o lançamento inadequado de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou até mesmo detritos, óleos ou substâncias oleosas, foi incluído como crime ambiental, pelo artigo 54º, §1º, inciso V da Lei 9.605. Esta lei prevê uma pena-reclusão de 1 a 5 anos para quem lançar estes materiais em desconformidade com as especificações legais ou regulamentos. De forma complementar, o artigo 56º, define uma pena-reclusão de 1 a 4 anos e multa para quem “transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos”.<sup>25</sup>

Diante do crescente impacto ambiental causado pelos resíduos, surgiu uma lei anexada à PNMA, com a finalidade de estabelecer a gestão integrada, o gerenciamento apropriado dos resíduos sólidos, as responsabilidades pela geração e os procedimentos quanto à disposição ambientalmente correta desses resíduos - a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).<sup>8</sup>

Segundo o inciso XVI do artigo 3º da PNRS, os resíduos sólidos são definidos como:

Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.<sup>8</sup>

De outro modo, a norma ABNT NBR 10.004 (2004) define resíduos sólidos como “Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”. A norma também inclui lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, e de equipamentos e

instalações de controle de poluição, além de determinados líquidos que não apresentarem viabilidade de lançamento em rede de esgotos ou corpos de água.<sup>12</sup>

Estes resíduos sólidos são classificados pela norma ABNT NBR 10.004 (2004), conforme a sua periculosidade. Resíduos Classe I referem-se àqueles considerados perigosos por apresentarem inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, e/ou patogenicidade.<sup>12</sup>

Enquanto, os resíduos da Classe II são aqueles não classificados como perigosos, e por sua vez, divididos em Classe II A (não-inertes) e II B (inertes). Resíduos Classe II B são aqueles que não apresentam constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, conforme ABNT NBR 10.006 (2004a) e 10.007 (2004b). No entanto, a discriminação dos resíduos Classe II não leva em consideração o seu aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.<sup>13,17</sup> Enquanto, os Resíduos Classe II A são aqueles que não se incluem como Classe I ou II B.

De modo específico, a norma brasileira ABNT NBR 16.725 da ABNT define o termo “resíduo químico” como:

Substância, mistura ou material remanescente de atividades de origem industrial, serviços de saúde, agrícola e comercial, a ser destinado conforme legislação ambiental vigente, tais como utilização em outro processo, reprocessamento/recuperação, reciclagem, coprocessamento, destruição térmica e aterro.<sup>14</sup>

No Brasil, órgãos como a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) têm o papel de regular a geração e manejo dos resíduos. Segundo a Resolução nº 358, de 29 de abril de 2005 do CONAMA e a Resolução da Diretoria Colegiada 222 de 22 de março de 2018 da Anvisa, os resíduos químicos enquadram-se nas definições citadas sobre resíduos sólidos e são classificados como Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) do grupo B.<sup>9</sup>

OS RSS são formados em locais públicos, privados, filantrópicos, civis ou militares que estejam relacionados com a saúde humana ou animal, e até mesmo em atividades de ensino e pesquisa, na área da saúde. De acordo com estes documentos, os RSS do grupo B são resíduos químicos (perigosos ou não), que possam causar risco ao meio ambiente ou à saúde humana, a depender de fatores como inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.<sup>9</sup>

Os resíduos do grupo B que não são perigosos são aqueles que não apresentam riscos químicos, ao meio ambiente e à saúde, e caso não apresentem risco biológico e radiológico, eles são equiparados aos resíduos comuns ou domiciliares (grupo D).<sup>9</sup>

Vale ressaltar que as normas referentes a rejeitos radioativos são estabelecidas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), que descreve procedimentos específicos de gerenciamento desses resíduos na Norma CNEN NN 8.01, conforme Resolução CNEN nº 167 de 30

de abril de 2014.<sup>10</sup> Esses resíduos são classificados como RSS do grupo C.<sup>9,26</sup>

Após o surgimento da PNRS (Lei nº 12.305/2010), foi estabelecido, de acordo com o artigo 1º da lei, que todo o gerador de resíduos é responsável pelo mesmo, desde a geração até o tratamento e disposição final. De modo adicional, o artigo 30º da PNRS institui a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, isto é, tanto o fabricante como toda a cadeia produtiva e o consumidor final devem adotar medidas que possam minimizar o volume de resíduo no ambiente e seus efeitos.<sup>8</sup>

Como principal instrumento, a PNRS tem o plano de resíduos sólidos, o qual inclui o plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS). O PGRS é um documento técnico que identifica o tipo e a quantidade gerada de determinado resíduo e indica os procedimentos ambientalmente corretos para o seu gerenciamento, desde o manejo, até a destinação e disposição final.<sup>8</sup>

A elaboração do PGRS é obrigatória para determinados segmentos empresariais, tais como industriais, serviços públicos de saneamento básico, serviços de saúde, construção civil, transporte, agropecuárias e silviculturas.<sup>8</sup> Contudo, os procedimentos alinhados ao PGRS não devem ser negligenciados para demais segmentos geradores de resíduos, a fim de minimizar o impacto ambiental relacionado.

O PGRS pode ser utilizado para nortear a instalação de políticas e programas de gerenciamento por agentes poluidores em laboratórios químicos de ensino, pesquisa e extensão, uma vez que não há aspectos legais específicos para este local gerador. A adequação do PGRS para estes ambientes permite a conscientização, a difusão de informação e conhecimento acerca do sistema de gestão por alunos, professores, pesquisadores, técnicos e funcionários. O incentivo à pesquisa também é um dos fatores de sucesso para o desenvolvimento de ferramentas para o gerenciamento dos resíduos em universidades.<sup>27</sup>

Isto posto, e diante do papel fundamental que os Institutos e Universidades desempenham na sociedade, além de sua responsabilidade ambiental e civil como unidades geradoras, o objetivo deste trabalho é direcionar a criação de um programa de gestão de resíduos químicos para estes locais, baseando-se em normatizações brasileiras de resíduos oriundos de diferentes segmentos. Finalmente, um fluxograma demonstrando as etapas do plano foi construído.

## 2. Metodologia

O levantamento bibliográfico foi realizado a partir de fontes de cunho normativo (legislações, normas, decretos, resoluções nacionais e estaduais) e guias técnicos procurados em sites de busca da internet. Foram consultados artigos científicos pesquisados junto ao Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), via canal de acesso Comunidade

Acadêmica Federada (CAFe) e a partir da plataforma de pesquisa Google Acadêmico, que contemplam a temática em diferentes instituições e universidades. Utilizaram-se as seguintes palavras-chaves na língua portuguesa: “resíduos”, “resíduos sólidos”, “resíduos químicos”, “gestão de resíduos” e “gerenciamento de resíduos”.

Dentre os artigos consultados, realizou-se a seleção e descrição dos procedimentos adequados a serem aplicados em resíduos químicos provenientes de laboratórios de universidades e instituições, visto que não há obrigações específicas para estes ambientes, no Brasil. Após, construiu-se um fluxograma em forma de algoritmo para representar graficamente as operações, e sequência de execução de um PGRS que irá nortear os laboratórios na construção do seu próprio plano.

## 3. Resultados e Discussão

A presente proposta atende ao conteúdo do artigo 9º da PNRS, a respeito de uma das diretrizes utilizadas na elaboração do plano de resíduos sólidos. De acordo com esta Lei é designada uma ordem de prioridade a ser seguida no processo de gestão e gerenciamento desses resíduos: i) a não geração, ii) redução, iii) reutilização, iv) reciclagem, v) tratamento e finalmente, caso todas as alternativas forem impraticáveis, os resíduos devem ser diretamente direcionados à vi) disposição final (Figura 1).<sup>8</sup>

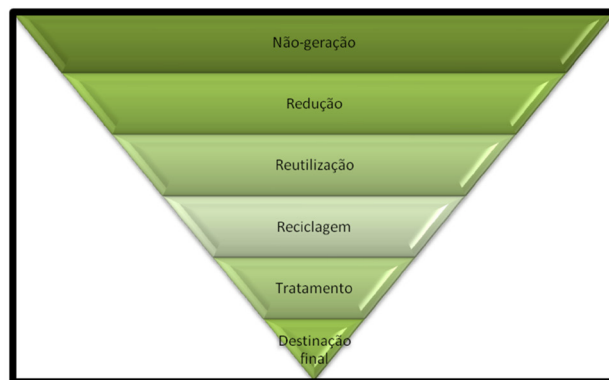


Figura 1. Hierarquia da gestão de resíduos

Embora o plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PGRS) não apresente uma estrutura obrigatória, segundo o artigo 21º da PNRS, ele deve apresentar um conteúdo mínimo, com a possibilidade de adição de itens que se adequam ao tipo de local gerador.<sup>8</sup>

Tendo em vista a rotina da maioria dos laboratórios químicos destinados a ensino e pesquisa, e baseando-se nos procedimentos adotados na literatura, e em procedimentos descritos no marco legal brasileiro, foram propostos itens mínimos a serem realizados no PGRS de laboratórios de ensino e pesquisa (Figura 2), os quais serão elucidados a seguir. São eles: i) a criação de um inventário; ii) proposição de medidas de minimização; iii) segregação;

iv) acondicionamento; v) rotulagem; vi) armazenamento interno; vii) tratamento; viii) armazenamento externo; ix) transporte; x) destinação/disposição final e xi) monitoramento.

Desta forma, o fluxograma proposto, neste trabalho, une procedimentos utilizados em laboratórios conforme encontrado na literatura; regulamentações voltadas para diferentes segmentos geradores de resíduos, tais como obrigações de legislações, resoluções e decretos; e

recomendações das normas ABNT. Ainda, ressalta-se a necessidade do acompanhamento das atualizações dessas normatizações em cada procedimento. A descrição desses procedimentos será realizada na sequência.

### 3.1. Inventário de resíduos

Os inventários são instrumentos que permitem quantificar e diagnosticar informações sobre a geração

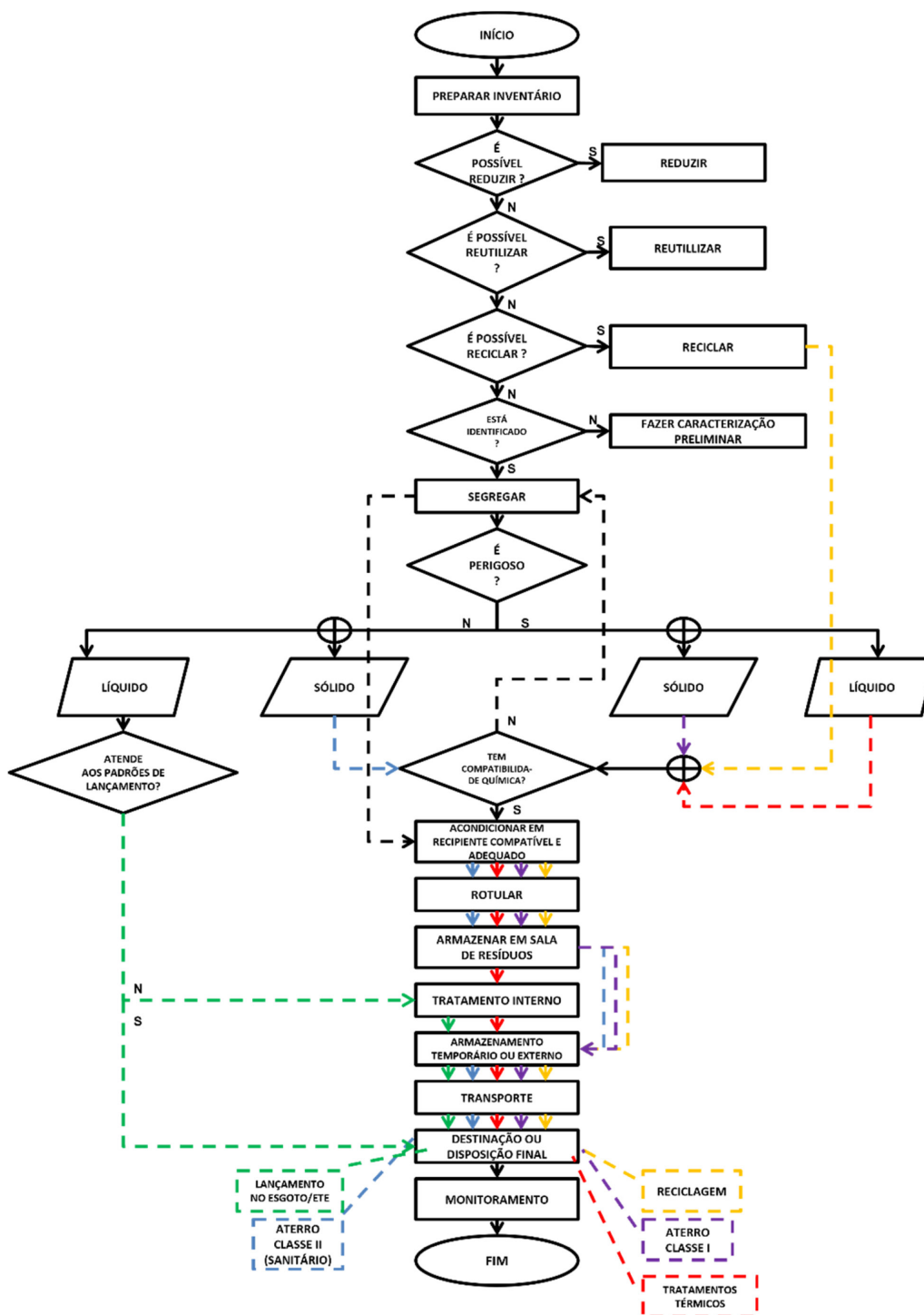


Figura 2. Fluxograma proposto para gerenciamento de resíduos de laboratório químico de ensino e pesquisa

e a caracterização dos resíduos, assim como as demais etapas envolvidas na gestão desses resíduos. A Resolução CONAMA n° 313, de 29 de outubro de 2002, dispõe sobre a criação do Inventário Nacional de Resíduos Sólidos, formulário desenvolvido para a coleta de informações sobre os resíduos sólidos gerados em atividades industriais.<sup>28</sup>

Mesmo que a obrigatoriedade do inventário seja direcionada a indústrias que geram determinado tipo e quantidade de resíduo, sua aplicação em laboratórios aperfeiçoa o processo de gerenciamento. entário.

Com base na Resolução n° 313 do CONAMA e tomando o laboratório químico como local gerador, são importantes as informações referentes a todos os resíduos gerados no laboratório. São itens propostos a constar nesse inventário:

- a descrição do laboratório e de seu escopo;
- identificação do resíduo;
- classificação quanto à sua periculosidade;
- quantidade gerada em determinado período de tempo;
- todas as operações envolvidas nas etapas de gerenciamento.<sup>28</sup>

Vale ressaltar a informação contida no artigo 8° do Decreto 10.088, de 5 de novembro de 2019, sobre a obrigatoriedade de uma documentação referente aos produtos químicos e seus resíduos. Segundo o Decreto, essas informações devem ser contidas nas denominadas Fichas com Dados de Segurança, a serem normalizadas por autoridade competente ou organismo reconhecido.<sup>29</sup>

A ABNT 16.725 é a norma que estabelece a Ficha com Dados de Segurança de Resíduos Químicos (FDSR), que é obrigatória somente para resíduos classificados como perigosos. A FDSR é utilizada no local gerador para alertar e informar o trabalhador envolvido quanto ao processo de gerenciamento, desde a identificação do resíduo e riscos associados, até a sua disposição final. Essa Ficha contém 13 seções obrigatórias, cuja responsabilidade é do gerador, porém somente pode ser avaliada e emitida por profissionais da química com Certificado de Registro Químico (CRQ), segundo a Resolução n° 252, de 19 de abril de 2013, do Conselho Federal de Química (CFQ).<sup>14,30</sup>

Portanto, a realização de um levantamento da situação atual dos resíduos químicos de Instituições de ensino, pesquisa e extensão se faz necessário, para que seja possível criar propostas de gerenciamento de resíduos químicos que atendam às condições e necessidades de cada Instituição.

### 3.2. Proposição de medidas de minimização

Uma vez gerado o resíduo e realizado o seu levantamento, a ordem de prioridade a ser conduzida é a criação de propostas baseadas nos princípios dos 3R's, isto é redução, reutilização e reciclagem, respectivamente.<sup>8</sup>

Em um laboratório, a redução da quantidade de resíduo gerado pode ser feita, se possível, por meio da substituição de compostos com periculosidade por outros compostos de periculosidade inferior, redução da escala do experimento, diminuição da aquisição de materiais, a fim de minimizar

a quantidade de reagentes vencidos e gastos relacionados, alteração de método, e troca de produtos químicos entre laboratórios de uma mesma ou outra Instituição.<sup>6</sup>

Quando a proposta de redução não pode ser atendida, deve-se recorrer à reutilização e à reciclagem, respectivamente. O artigo 3° da PNRS difere ambos os termos, dentre os quais, na reutilização não há a transformação físico-química, física ou biológica do material, enquanto na reciclagem, sua estrutura é modificada através de um ou mais desses processos.<sup>8</sup>

A utilização de um resíduo no tratamento de outro, ou a distribuição de resíduos para aplicação em processos fabris podem ser alternativas de reutilização, e a destilação para recuperação de um solvente, uma alternativa para reciclagem.<sup>6</sup>

Na impossibilidade de realização de propostas de redução, reutilização e reciclagem, segue-se para a etapa de tratamento e destinação final, cujas execuções dependem de procedimentos preliminares para que ocorra de modo adequado.

### 3.3. Segregação

Todo gerador de resíduos químicos deve, obrigatoriamente, segregar os resíduos no local e momento da geração, conforme suas características, a fim de evitar contaminações, incompatibilidades e acúmulo de grande volume de resíduo, facilitando as etapas de tratamento e disposição, e visando a proteção da saúde e do meio ambiente.<sup>26</sup> Assim, quando as medidas de minimização não forem aplicáveis, os resíduos devem ser segregados para o tratamento, tanto ativos, gerados rotineiramente, como os passivos, correspondentes àqueles acumulados.<sup>3,6</sup>

Grande parte dos resíduos do tipo passivo apresenta-se não identificada, o que leva à necessidade da realização de uma caracterização preliminar com pequena quantidade do composto, a fim de investigar a sua natureza química. Dentre os testes preliminares recomendados estão a reatividade e solubilidade em água, cor, pH, presença de cianetos, sulfetos e halogênios, caráter oxidante, redutor e inflamabilidade.<sup>6,31</sup>

Uma vez identificados, os resíduos podem ser avaliados quanto à possibilidade de lançamento em rede de esgotos ou corpos d'água, prática muito comum em laboratórios químicos de ensino e pesquisa, a partir da verificação dos critérios e padrões de lançamento de efluentes.<sup>32,33</sup> Esses critérios e padrões são distribuídos nas esferas Nacional, Estadual e Municipal. Na falta de uma legislação a nível Municipal, a Estadual e a Nacional devem ser atendidas, respectivamente, conforme os incisos I, II e III do artigo 15° da Lei complementar n° 140, de 8 de dezembro de 2011.<sup>34</sup>

Na esfera Federal, a Resolução CONAMA n° 430, de 13 de maio de 2011 estabelece as condições e padrões de lançamento direto de efluentes em corpos receptores, por qualquer fonte poluidora.<sup>34</sup> Na esfera Estadual, considerando o estado do Rio de Janeiro, é adotada a Norma Técnica 202. R-10, de 12 de dezembro de 1986 da Fundação Estadual

**Tabela 1.** Legislações de estados brasileiros contendo padrões de lançamentos de efluentes

Estado	Legislação	Ano
SP	Decreto n° 8.468	1976
GO	Decreto n° 1.745	1979
SC	Decreto n° 14.250	1981
AL	Decreto n° 6.200	1985
PB	NT n° 301	1988
ES	Resolução Comdema n° 02	1991
RO	Decreto n° 7.903	1997
BA	Resolução Cepram n° 2.228	2000
PE	NT n° 2001 e NT n° 2002 da CPRH	2001/2002
RS	Resolução Consema n° 128	2006
PE	NT n° 2007 da CPRH	2007
MG	Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH n° 01	2008
PR	Resolução SEMA n° 21 e Resolução Cema n° 70	2009
AM	Resolução Comdema n° 34	2012
MS	Deliberação Ceca n° 36	2012
MA	Portaria Sema n° 79	2013
MT	Resolução CONSEMA n° 55 e Resolução Consema n° 90	2012/2013
CE	Resolução Coema n° 02	2017

Fonte: Adaptado de Morais e Santos (2019)<sup>35</sup>

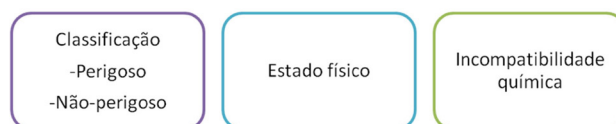
do Meio Ambiente (FEEMA), atual Instituto Estadual do Ambiente (INEA) (FEEMA, 1986). A Tabela 1 cita as legislações da maioria dos demais estados da federação.<sup>35</sup>

A água é um dos elementos do meio ambiente que exerce funções cruciais à sobrevivência e à manutenção do equilíbrio ecológico,<sup>23,36,37</sup> e a mais recente política criada, visando a sua preservação é a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei 9.433 de 8 de janeiro de 1997.<sup>36</sup> Preservar a qualidade dos recursos hídricos está diretamente ligado ao gerenciamento adequado dos resíduos sólidos, logo há uma inter-relação entre a PNRH e a PNRS.<sup>38</sup>

De modo geral, resíduos que não sejam classificados como perigosos podem ser descartados diretamente na rede de esgotos, quando gerados em baixas concentrações, nas temperaturas, vazões e demais condições estabelecidas pelos órgãos reguladores, tais como pH, cor, odor, turbidez e solubilidade. Os teores limite das substâncias listadas na legislação vigente da região devem ser respeitados, e caso a substância não seja listada, esta pode ser lançada no corpo hídrico, levando-se em consideração os demais critérios estabelecidos.<sup>11</sup>

Caso haja dúvidas ou inviabilidade quanto ao lançamento dos resíduos em rede de esgoto, na rotina do laboratório, os mesmos podem ser segregados. Os principais critérios de segregação envolvem a classificação do resíduo quanto à periculosidade, separação do estado físico em cada classe, além da incompatibilidade química em cada estado físico (Figura 3).

A segregação deve ser feita no momento de geração do resíduo e, por sua vez, pode ser realizada em grupos.<sup>9</sup> Além disso, é recomendado que os grupos sejam constituídos por



**Figura 3.** Principais critérios para segregação de resíduos

compostos de características semelhantes, de modo que não haja misturas com grande número de composições, a fim de não prejudicar as etapas posteriores.<sup>39</sup>

O anexo III da Anvisa<sup>9</sup> lista os grupos, nos quais os resíduos químicos devem ser segregados e acondicionadas: ácidos, asfixiantes, bases, brometo de etídio, carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos, orgânicos halogenados, orgânicos não halogenados, corrosivos, criogênicos, de combustão espontânea, ecotóxicos, explosivos, formalina ou formaldeído, gases comprimidos, líquidos inflamáveis, materiais reativos com a água, materiais reativos com o ar, mercúrio e compostos de mercúrio e metais pesados.<sup>9</sup>

Além da segregação de resíduos de características semelhantes por classe de periculosidade e estado físico, observa-se os critérios de incompatibilidade química dessas substâncias, como disposto no anexo IV da Anvisa (Tabela 2).<sup>9</sup>

### 3.4. Acondicionamento

O acondicionamento de resíduos consiste no ato de depositar os resíduos nos recipientes apropriados, conforme suas características e possibilidade de reciclagem, recuperação, tratamento ou disposição.

O acondicionamento dos resíduos sólidos com

Tabela 2. Incompatibilidade química

Substância	Incompatibilidade
Acetileno	Cloro, bromo, flúor, cobre, prata e mercúrio
Ácido acético	Ácido crômico, nítrico e perclórico, etileno glicol, peróxidos, permanganatos.
Acetona	Mistura de ácido nítrico e sulfúrico concentrado, peróxido de hidrogênio.
Ácido crômico	Ácido acético, naftaleno, cânfora, glicerol, turpentine, álcool, outros líquidos inflamáveis.
Ácido hidrocianíco	Ácido nítrico, álcalis.
Ácido fluorídrico anidro, fluoreto de hidrogênio	Amônia (aquosa ou anidra).
Ácido nítrico	Ácido acético, anilina, óxido de cromo VI, ácido cianídrico, sulfeto de hidrogênio líquido e gases inflamáveis, ácido crômico.
Ácido oxálico	Prata e mercúrio.
Ácido perclórico	Anidrido acético, álcoois, bismuto e suas ligas, papel, madeira.
Ácido sulfúrico	Clorato, perclorato, permanganato, água.
Alquil alumínio	Água
Amônia anidra	Mercúrio, cloro, hipoclorito de cálcio, iodo, bromo, ácido fluorídrico.
Anidrido acético	Compostos contendo hidroxil, tais como etilenoglicol, ácido perclórico.
Anilina	Ácido nítrico, peróxido de hidrogênio.
Azida sódica	Chumbo, cobre e outros metais.
Bromo e cloro	Benzeno, hidróxido de amônio, benzina de petróleo, hidrogênio, acetileno, etano, propano, butadienos, pós-metálicos.
Carvão ativado	Hipoclorito de sódio e oxidantes (dicromatos, permanganatos, ácido nítrico, ácido sulfúrico).
Cianetos	Ácidos e álcalis.
Cloratos, percloratos, clorato de potássio	Sais de amônio, ácidos, metais em pó, matérias orgânicas particuladas, substâncias combustíveis.
Cloro	Amônia, acetileno, butadieno, butano, outros gases de petróleo, hidrogênio, Carbetto de sódio, turpentine, benzeno, metais finamente divididos, benzinas e outras frações do petróleo.
Cobre metálico	Acetileno, peróxido de hidrogênio, azidas.
Dióxido de cloro	Amônia, metano, fósforo, sulfeto de hidrogênio.
Flúor	Manter isolado de outros produtos químicos.
Fósforo	Enxofre, compostos oxigenados, cloratos, percloratos, nitratos, permanganatos
Halogênios (flúor, cloro, bromo e iodo)	Amoníaco, acetileno e hidrocarbonetos
Hidrazida	Peróxido de hidrogênio, ácido nítrico e outros oxidantes
Hidrocarbonetos (butano, propano, tolueno)	Ácido crômico, flúor, cloro, bromo, peróxidos
Iodo	Acetileno, hidróxido de amônio, hidrogênio
Mercúrio	Acetileno, ácido fulmínico, amônia
Metais alcalinos	Dióxido de carbono, tetracloro de carbono, outros hidrocarbonetos clorados
Nitrato de amônio	Ácidos, pós-metálicos, líquidos inflamáveis, cloretos, enxofre, compostos orgânicos em pó
Nitrato de sódio	Nitrato de amônio e outros sais de amônio
Líquidos inflamáveis	Ácido nítrico, nitrato de amônio, óxido de cromo VI, peróxidos, flúor, cloro, bromo, hidrogênio
Óxido de cálcio	Água
Óxido de cromo VI	Ácido acético, glicerina, benzina de petróleo, líquidos inflamáveis, naftaleno
Oxigênio	Óleos, graxas, hidrogênio, líquidos, sólidos e gases inflamáveis
Perclorato de potássio	Ácidos
Permanganato de potássio	Glicerina, etilenoglicol, ácido sulfúrico
Peróxido de hidrogênio	Cobre, cromo, ferro, álcoois, acetonas, substâncias combustíveis
Peróxido de sódio	Ácido acético, Anidrido acético, benzaldeído, etanol, metanol, etilenoglicol, acetatos de metila e etila, furfural
Prata e sais de prata	Acetileno, ácido tartárico, ácido oxálico, compostos de amônio
Sódio	Dióxido de carbono, tetracloro de carbono, outros hidrocarbonetos clorados
Sulfeto de hidrogênio	Ácido nítrico fumegante, gases oxidantes

Fonte: Anvisa (2018)<sup>9</sup>

característica de periculosidade ou não deve ser feita em recipientes resistentes, rígidos, limpos, bem vedados e especialmente compatíveis, tanto quimicamente, como quanto à forma e quantidade do composto, seja no estado sólido ou líquido.<sup>9</sup> Os recipientes devem ser preenchidos com menos de 2/3 de sua capacidade, a fim de evitar a ocorrência de contaminação durante o procedimento.<sup>9</sup> A Tabela 3 apresenta os recipientes mais utilizados para acondicionamento de substâncias químicas em grande parte dos laboratórios químicos, bem como suas principais características.<sup>40, 41</sup>

### 3.5. Rotulagem

A rotulagem dos frascos é um procedimento imprescindível no processo de gerenciamento de resíduos. No entanto, muitos destes recipientes não são identificados,

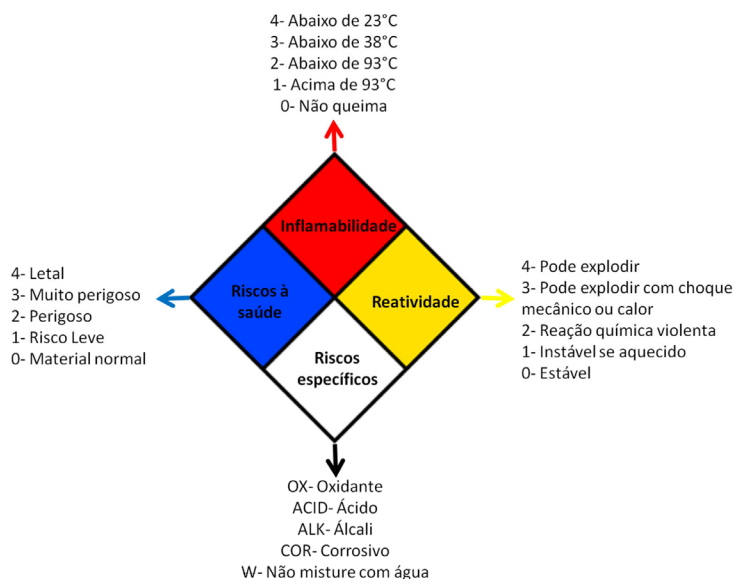
nos laboratórios químicos de ensino e pesquisa, podendo ocasionar acidentes. As informações básicas utilizadas na identificação de substâncias, em laboratórios que aplicam um programa de gerenciamento de seus resíduos, são o nome ou grupo do resíduo, o termo “Resíduo Químico”, nome do responsável, volume e data.<sup>42</sup>

Certos laboratórios aplicam uma simbologia de rotulagem oriunda do Sistema de Classificação de Perigo da *National Fire Protection Association* (NFPA), chamado Diagrama ou Diamante de *Hommel*. O diagrama é composto por 4 tipos de risco que apresentam graus de intensidade de 0 a 4, sendo o grau 4 o risco máximo. Os tipos de risco são especificados por uma cor, como branco, azul, amarelo e vermelho, representadas pelos riscos específicos, riscos à saúde, reatividade e inflamabilidade, respectivamente (Figura 4).<sup>42,43</sup>

**Tabela 3.** Recipientes acondicionadores e suas características

Tipo de recipiente	Vantagens	Desvantagens
Vidro	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Resistente ao calor, ao tempo, à ácidos e solventes;</li> <li>— Não se deforma;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Pouco resistente às bases;</li> <li>— Baixa resistência a choques físicos (fragilidade);</li> <li>— Permite a passagem de luz;</li> <li>— Massa elevada.</li> </ul>
Poliétileno	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Resistente a ácidos (exceto ácido nítrico), bases e umidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Permite a passagem de gases e vapores;</li> <li>— É atacado por hidrocarbonetos aromáticos (acima de 60 °C), óleos e gorduras.</li> </ul>
Polipropileno	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Resistente à maioria de solventes, ácidos e bases;</li> <li>— Resistente a óleos e graxas;</li> <li>— Grande resistência ao rompimento e ao calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Baixa resistência a solventes clorados;</li> <li>— Baixa capacidade de barreira à umidade, gases e vapores.</li> </ul>
Poliestireno	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Resistente à maioria de solventes, ácidos e bases.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Baixa resistência à luz e calor;</li> <li>— Baixa resistência a ácidos oxidantes fortes;</li> <li>— Pode trincar e mudar de cor.</li> </ul>

Fonte: Pinto *et al.* (2012)<sup>40</sup>; Twede e Goddard (2010)<sup>41</sup>



**Figura 4.** Diagrama de *Hommel* utilizado na rotulagem de substâncias químicas



Há um sistema de classificação ainda mais complexo, visando uma melhor preservação ambiental, que foi originado da Organização das Nações Unidas (ONU), e que está em desenvolvimento ao redor do mundo, denominado *Globally Harmonized System of Classification* (GHS).<sup>42</sup>

O GHS contém 28 classes de perigo, divididas como perigo físico, à saúde ou ao meio ambiente, além de 2 frases de advertência (Perigo ou Atenção), pictogramas de risco, frases de perigo e frases de Precaução.<sup>44</sup>

No Brasil, a Portaria nº 229 de 24 de maio de 2011 adotou o uso obrigatório do GHS na rotulagem de produtos químicos perigosos, cujo modelo é atualmente definido pela norma ABNT NBR 14725-parte 3.<sup>22,45</sup> A ABNT NBR 16.725, por sua vez, estabelece o conteúdo obrigatório para rotulagem de resíduos químicos perigosos e daqueles não classificados como perigosos.<sup>14</sup>

Segundo a norma ABNT NBR 16.725, o rótulo de resíduos químicos perigosos deve conter: nome do resíduo, telefone do gerador, composição química, pictograma de risco, palavra de advertência, frase de perigo, e frase de precaução. Os resíduos não classificados como perigosos, devem ser rotulados com o nome do resíduo, nome e telefone do gerador, e a frase “ESTE RESÍDUO QUÍMICO NÃO É CLASSIFICADO COMO PERIGOSO”.<sup>14</sup>

Vale ressaltar que a identificação de RSS, no estado sólido, dentre os quais estão os resíduos químicos deve ser feita tanto nos sacos acondicionadores de resíduos, como no local de armazenamento e carros de coleta.<sup>9</sup>

### 3.6. Armazenamento interno

O armazenamento interno trata-se de um armazenamento na área de trabalho até o procedimento de reutilização, reciclagem, tratamento ou destinação final do resíduo em critérios estabelecidos por normas e leis.<sup>9,16</sup>

De acordo com a norma ABNT NBR 12.809, o armazenamento interno dos recipientes de RSS, incluindo os resíduos com risco químico, deve ser feito em uma sala de resíduo apropriada e identificada.<sup>19</sup>

Geralmente, o armazenamento interno de resíduos químicos em universidades e instituições de ensino e pesquisa é o próprio local gerador, isto é, o laboratório químico, mas isto pode aumentar o risco de acidentes pessoais com relação à saúde e segurança do trabalhador. A variedade de substâncias químicas nestes ambientes é um fator que ocasiona problemas na estocagem não apenas dos resíduos, mas também de reagentes.<sup>7</sup>

Assim, os resíduos químicos devem ser armazenados de maneira organizada a se obter uma disposição adequada, e respeitar os critérios de incompatibilidade e segregação prévia a fim de não gerar acidentes, danos materiais e evitar compras desnecessárias.<sup>6,7</sup>

### 3.7. Tratamento interno

O tratamento interno corresponde à utilização de

técnicas ou métodos, no local de geração, em condições de segurança e eficácia, que possibilitem a conversão de compostos em formas menos perigosas ou insolúveis, a fim de adequação à disposição final. O processo de tratamento auxilia na diminuição do uso de aterros e gastos com armazenamento e transporte.<sup>46</sup>

Segundo a Anvisa, se não houver propostas de tratamento ou minimização da periculosidade dos resíduos químicos (grupo B) sólidos, eles (rejeitos) devem ser direcionados diretamente à sua disposição final. De outro modo, os resíduos químicos que apresentam periculosidade e que estejam no estado líquido, devem ser submetidos ao tratamento, que varia de acordo com suas características, propriedades, potencial de risco, e às diretrizes legais vigentes, anteriormente à sua disposição final.<sup>9</sup>

O método de tratamento utilizado deve promover a inativação completa e adequado do resíduo, e não necessita ser muito elaborado, mas simples, seguro, e de baixo custo. O método geralmente envolve processos de oxidação, redução, precipitação, neutralização, destilação, degradação química, biodegradação, troca-iônica e adsorção.<sup>46</sup>

Resíduos químicos que não apresentam periculosidade seguem outra rota. Eles podem ser segregados e acondicionados individualmente para processos de recuperação e reutilização, e não necessitam de tratamento.<sup>9</sup> Quando na impossibilidade destes procedimentos, os resíduos, nomeados rejeitos são levados à disposição final. A disposição de rejeitos sólidos não perigosos deve ser avaliada conforme normas vigentes e os efluentes líquidos não perigosos ou efluentes com característica de periculosidade que foram anteriormente tratados podem ser lançados na rede de esgotos, de modo a atender as normas e diretrizes ambientais vigentes.<sup>9</sup>

Como um alerta no manejo de substâncias com risco químico, é essencial o uso de equipamentos de proteção individual e coletiva, realização de testes em microescala e o conhecimento dos riscos envolvidos durante o tratamento do resíduo.<sup>47</sup>

### 3.8. Armazenamento temporário e externo

O armazenamento temporário é um depósito provisório de coletores de resíduos, em local próximo ao de geração, a fim de organizar e melhorar a coleta desde o ponto de geração até a coleta externa. Entretanto, o armazenamento temporário não é obrigatório, a depender do fluxo de recolhimento e transporte.<sup>9</sup>

O armazenamento externo é conhecido como abrigo externo de resíduos químicos, e são utilizados para guardar resíduos que não apresentaram viabilidade de tratamento ou que foram tratados para adequar-se à disposição final. O abrigo externo condiciona os coletores de resíduos em local favorável à coleta externa.<sup>9</sup>

No Brasil, as normas ABNT NBR 12.235 e ABNT NBR 11.174 definem as condições de segurança e de instalação para o armazenamento adequado de resíduos

químicos.<sup>15,16</sup> Resumidamente, estas normas, não recomendam o acúmulo de resíduos no local gerador, e nem em ambiente com pouca iluminação, ventilação, exposição ao sol e a fontes de calor ou água. A área de armazenamento precisa ser sinalizada, isolada e separada quanto às classes de resíduos distintas (I, IIa e IIb) e a resíduos incompatíveis.<sup>15,16</sup>

De acordo com a Anvisa, os resíduos sólidos, salvo orientações determinadas, devem ser acondicionados em sacos com cores específicas, que por sua vez foram estabelecidas pela Resolução CONAMA n° 275 de 25 de abril de 2001.<sup>48</sup> Os resíduos químicos sólidos em armazenamento temporário e externo, além de serem acondicionados em sacos, devem ser introduzidos em coletores com tampa fechada. Como exemplo, estão os resíduos químicos sólidos perigosos, que devem ser colocados em saco/coletor laranja para a posterior coleta (Tabela 4).<sup>9</sup>

**Tabela 4.** Padrão de cores de coletores e transportadores de diferentes tipos de resíduos sólidos e programas de coleta seletiva

Cor	Tipo de resíduo
Azul	Papel/Papelão
Vermelho	Plástico
Verde	Vidro
Amarelo	Metal
Preto	Madeira
Laranja	Resíduos perigosos
Branco	Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
Roxo	Resíduos radioativos
Marrom	Resíduos orgânicos
Cinza	Resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação

Fonte: Anvisa (2018)<sup>9</sup>

Ademais, o local de armazenamento deve ser identificado e coberto, a área deve ser projetada de acordo com o volume de resíduo gerado, e deve ter acesso facilitado aos veículos coletores para uma posterior disposição.<sup>15,16</sup> Logo, as normas brasileiras citadas devem ser aplicadas, tanto pelos geradores de resíduos perigosos, armazenados internamente ou temporariamente/externamente ao laboratório químico, como também por terceiros contratados para o armazenamento externo destes resíduos.

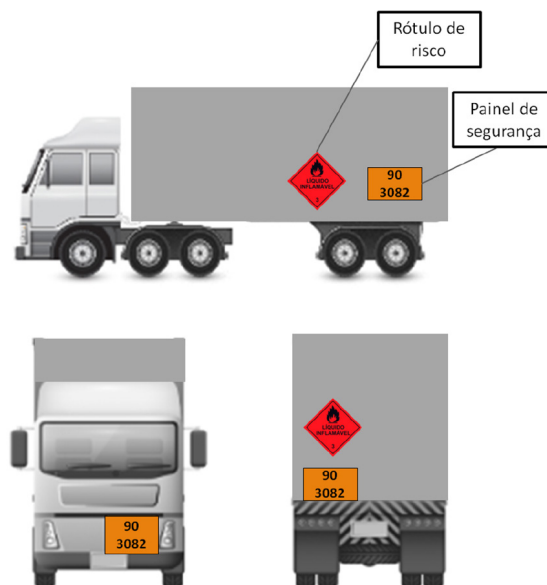
### 3.9. Transporte

O Transporte de produtos perigosos é considerado esfera de atuação da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), através da Lei 10.233 de 5 de junho de 2001.<sup>48</sup> A Resolução n° 420 de 12 de fevereiro de 2004 da ANTT direciona a normatização de transporte de produtos perigosos à ABNT.<sup>50</sup> Ainda, segundo a Anvisa, os resíduos devem ser identificados não apenas nos locais de armazenamento, mas também nos carros de coleta e nos sacos de acondicionamento.<sup>9</sup>

A ABNT NBR 7.500 estabelece os símbolos para identificação de produtos químicos perigosos, em veículos transportadores e nas embalagens a fim de indicar os riscos associados, e cuidados que envolvam o transporte. Produtos químicos que não apresentam periculosidade, não necessitam deste tipo de identificação explícita, no transporte, segundo a norma.<sup>21</sup>

O Sistema de Classificação para transporte de produtos perigosos utilizado na norma é proveniente de recomendações da ONU, que os classifica em 9 classes de risco e respectivas subclasses.<sup>21</sup> São estas as classes de risco: (1) explosivo, (2) gases, (3) líquidos inflamáveis, (4) sólidos inflamáveis, com combustão espontânea ou que reagem com a água liberando gases inflamáveis, (5) substâncias oxidantes e peróxidos de hidrogênio, (6) substâncias tóxicas e infectantes, (7) materiais radioativos, (8) Substâncias corrosivas e (9) substâncias e artigos perigosos diversos.<sup>21</sup>

A identificação para o transporte rodoviário de produtos perigosos é feita através de rótulos de risco, que devem ser aplicados em embalagens externas e unidades de transporte, além de painéis de segurança aplicados na lateral, frente e traseira de veículos transportadores (Figura 5). As informações contidas no rótulo de risco são o símbolo de risco, a natureza desse risco e o número da classe ou subclasse a qual ele pertence.<sup>21</sup>



**Figura 5.** Rótulo de risco e painel de segurança no transporte rodoviário de produtos perigosos

O painel de segurança contém o número de risco em sua extremidade superior e o número ONU com 4 algarismos, em sua parte inferior. O número de risco é utilizado apenas para substâncias e artigos das Classes 2 a 9, e apresentam de 2 a 3 algarismos que indicam a natureza e o grau desse risco, sendo o primeiro algarismo relativo ao risco principal. Já o código ONU identifica a classe de risco e a origem do produto que está sendo transportado. A Tabela 5 apresenta o significado dos algarismos que compõem os números de risco.<sup>50</sup>

**Tabela 5.** Significado dos algarismos presentes no número de risco

Algarismo	Significado
2	Emissão de gás devido a pressão ou a reação química;
3	Inflamabilidade de líquidos (vapores) e gases, ou líquido sujeito a autoaquecimento;
4	Inflamabilidade de sólidos, ou sólidos sujeitos a autoaquecimento;
5	Efeito oxidante (favorece incêndio);
6	Toxicidade
7	Radioatividade
8	Corrosividade
9	Risco de violenta reação espontânea

Fonte: ANTT (2004)<sup>50</sup>

Junto à unidade de transporte, deve ser encaminhada uma Ficha de emergência, envolta por um envelope de emergência, contendo características conforme ABNT NBR 7.503. A Ficha de emergência é direcionada a equipes de atendimento a emergência, ao motorista e pessoal envolvido no transporte.<sup>9-20</sup> Além disso, a ABNT NBR 14.619 determina critérios de incompatibilidade química que devem ser observados no transporte terrestre de produtos perigosos e estabelece que não deva ser feito o transporte de produtos perigosos de classes diferentes ou que sejam incompatíveis entre si.<sup>18</sup>

### 3.10. Destinação ou disposição final

Quando o tratamento dos resíduos não diminui a sua periculosidade, a disposição é o último recurso ou última etapa contida na ordem de prioridade da hierarquia de gestão de resíduos.<sup>7,8,46</sup> A disposição difere da destinação em relação ao uso de aterros, sejam sanitários, controlados ou industriais (Classe I ou II). Na destinação, são realizados tratamentos externos que utilizam geralmente processos térmicos, como a incineração, coprocessamento, pirólise e plasma, além de reciclagem, compostagem, e estação de tratamento de efluentes. O procedimento a ser selecionado depende de diversos fatores, como tipo de resíduo, classificação, disponibilidade e viabilidade legal e econômica do método.<sup>8</sup>

Segundo o CONAMA e a Anvisa, os resíduos químicos (grupo B) sólidos e não perigosos podem ser dispostos em aterro licenciado, e os resíduos líquidos não perigosos podem ser lançados em um corpo hídrico ou rede pública de esgoto conforme limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.<sup>9,26</sup>

A disposição dos resíduos perigosos do grupo B, no estado sólido deve ser feita em aterro de resíduos perigosos (Classe I), quando não há possibilidades de tratamento ou recuperação. De outro modo, os resíduos perigosos do grupo B, que se apresentam no estado líquido, não devem ser dispostos antes de uma etapa prévia de tratamento, tais como tratamentos térmicos utilizados em tratamentos externos realizados por empresas especializadas, que

garantem a destinação adequada, considerando as leis aplicáveis para cada resíduo. Ademais, os RSS no estado líquido em hipótese alguma devem ser encaminhados a aterros sanitários.<sup>9,26</sup>

## 4. Monitoramento

Os programas de gestão de resíduos químicos precisam ser não apenas aplicados e otimizados, mas também monitorados, sobre a participação indispensável e ativa dos geradores.<sup>7</sup>

Durante a realização dos procedimentos, é necessário o registro de documentos, estabelecimento de metas, cronogramas, orçamentos, responsáveis pelos procedimentos, além de ações preventivas e corretivas realizadas em casos de não conformidade no gerenciamento ou de acidentes.<sup>7,8</sup> Como procedimentos utilizados para a melhoria do PGRS estão o incentivo a programas de educação ambiental, treinamento e adoções de procedimentos visando a saúde e segurança ocupacional do pessoal envolvido.<sup>7</sup>

## 5. Conclusões

O gerenciamento de resíduos de laboratórios químicos de ensino e pesquisa pode acompanhar à PNRS e aos requisitos legais destinados a resíduos originados de outros segmentos, a fim de desenvolver os aspectos de cidadania e educação, referentes à responsabilidade civil e ambiental, os aspectos técnicos, relacionados ao conhecimento da substância química e os aspectos legais, no sentido de cumprimento das normas e legislações estabelecidas pelos órgãos ambientais. Sendo assim, estes fatores contribuem significativamente na diminuição de acúmulos, custos, desperdícios, danos ambientais e acidentes, assim como na divulgação do conhecimento, conscientização social e a promoção da saúde. Para tal, é necessária a relação e cooperação integral entre as partes envolvidas no processo de gerenciamento dos resíduos de laboratórios químicos, tais como a própria instituição, chefes de departamentos, pesquisadores, técnicos, alunos e pessoal terceirizado.

## Referências

- Benigno, A. P. A.; Lima, E. D. S.; Botero, W. G.; Santos, J. C. C.; Roldan, P. S.; Oliveira, P. C. C.; Programa de gerenciamento de resíduos químicos no laboratório de química analítica do IQB/UFAL: uma aplicação da química verde. *EDUCTE (Revista Científica do IFAL)* **2010**, *1*, 10. [\[Link\]](#)
- Leão, M. F.; Benevides, A. R.; ALVES, A. C. T.; *Noções básicas para utilização de laboratórios químicos*. 1a. ed., Edibrás: Minas Gerais, 2017.
- Brandão, C. M.; De Araújo, D. S.; Vasconcelos, N. S. L. S.; Minimização de resíduos químicos: percepção ambiental

- de docentes e aplicação de princípios de química verde em laboratórios de ensino. *Acta Tecnológica* **2019**, *13*, 17. [Crossref]
4. Geng, Y.; Liu, K.; Xue, B.; Fujita, T.; Creating a “green university” in China: a case of Shenyang University. *Journal of Cleaner Production* **2013**, *61*, 7. [Crossref]
  5. Ho, C. C.; Chen, M. S.; Risk assessment and quality improvement of liquid waste management in Taiwan University chemical laboratories. *Waste Management* **2018**, *71*, 11. [Crossref]
  6. Jardim, W. F.; Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. *Química Nova* **1998**, *21*, 3. [Crossref]
  7. Arantes, M. V. C.; Günther, W. M. R.; Boas práticas sustentáveis de gestão de resíduos químicos em instituições públicas de ensino superior. *Química Nova* **2023**, *46*, 7. [Crossref]
  8. BRASIL. *Lei n° 12.305*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010.
  9. Anvisa, Agência Nacional de Vigilância Sanitária; Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e Dá Outras Providências. *Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n° 222*, de 28 de Março de 2018.
  10. CNEN, Conselho Nacional de Energia Nuclear. *CNEN NN 8.01*. Estabelece os critérios gerais e requisitos básicos de segurança e proteção radiológica relativos à gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação, bem como de rejeitos radioativos de meia-vida muito curta. Rio de Janeiro, 2014.
  11. CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do CONAMA. *Resolução n° 430*, de 13 de maio de 2011. Diário Oficial da União, 16 de maio de 2011.
  12. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 10.004: Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro, 2004.
  13. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 10.006: Procedimento para Obtenção de Extrato Solubilizado de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro, 2004a.
  14. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 16.725: Resíduo Químico — Informações Sobre Segurança, Saúde e Meio Ambiente — Ficha com Dados de Segurança de Resíduos Químicos (FDSR) e Rotulagem*. Rio de Janeiro, 2014.
  15. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 11.174: Armazenamento de Resíduos Classes II - Não Inertes e III – Inertes*. Rio De Janeiro, 1990.
  16. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 12.235: Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos*. Rio de Janeiro, 1992.
  17. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 10.007: Amostragem de Resíduos Sólidos*. Rio de Janeiro, 2004b.
  18. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 14.619: Transporte Terrestre de Produtos Perigosos - Incompatibilidade Química*. Rio de Janeiro, 2018.
  19. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 12.809: Resíduos de Serviços de Saúde — Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde Intraestabelecimento*. Rio de Janeiro, 2013.
  20. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 7.503: Transporte Terrestre de Produtos Perigosos - Ficha de Emergência e Envelope - Características, Dimensões e Preenchimento*. Rio de Janeiro, 2016.
  21. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 7.500: Identificação para o Transporte Terrestre, Manuseio, Movimentação e Armazenamento de Produtos*. Rio de Janeiro, 2017.
  22. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas; *NBR 14.725-3: Produtos Químicos - Informações Sobre Segurança, Saúde e Meio Ambiente - Parte 3*. Rio de Janeiro, 2017.
  23. BRASIL. *Lei n° 6.938*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 1981.
  24. BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil 1988*. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.
  25. BRASIL. *Lei n° 9.605*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, DF, 1998.
  26. CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. *Resolução n° 358*, de 29 de abril de 2005. Diário Oficial da União, 4 de maio de 2005.
  27. Aires, C. F.; Pimenta, H. C. D.; *VI Anais eletrônicos do 30° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Natal, Brasil, 2019.
  28. CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. *Resolução n° 313*, de 29 de outubro de 2002. Diário Oficial da União, 22 de novembro de 2002.
  29. BRASIL. *Decreto 10.088*. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo Federal que dispõem sobre a promulgação de convenções e recomendações da Organização Internacional do Trabalho - OIT ratificadas pela República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2019.
  30. CFQ, Conselho Federal de Química. Dispõe sobre a responsabilidade para avaliar e emitir FISPQ (Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos), FDSR (Ficha com Dados de Segurança de Resíduos Químicos) e PPP (Perfil Profissiográfico Previdenciário). Brasília, DF, 2013.
  31. Afonso, J. C.; Silveira, J. A.; Oliveira, A. S.; Lima, R. M. G.; Análise sistemática de reagentes e resíduos sem identificação. *Química Nova* **2005**, *28*, 9. [Crossref]
  32. Donatelli F. H.; Implantação de sistema de gestão de reagentes e resíduos químicos em laboratórios universitários. *Latin American Journal of Business Management* **2020**, *11*, 8. [Link]
  33. Tonin, T. M. L.; Dos Santos, M. V.; Tratamento de resíduos de cromo gerados nas aulas de química analítica. *Relacult-Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade* **2020**, *6*, 13. [Crossref]
  34. BRASIL. *Lei complementar n° 140*. Fixa normas, nos termos dos incisos III, VI e VII do caput e do parágrafo único do art. 23 da Constituição Federal, para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora;

- e altera a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Brasília, DF, 2011.
35. Morais, N. W. S.; Santos, A. B.; Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reuso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. *Revista DAE* **2019** 67, 16. [[Crossref](#)]
  36. BRASIL. *Lei nº 9.433*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997.
  37. Da Silva G. F.; Da Silva, Y. F. T.; De Aguiar, D. M.; Violação ao princípio do mínimo existencial ecológico na inexistência de plano nacional de resíduos sólidos. *Revista do Instituto de Direito Constitucional e Cidadania* **2020** 5, 19. [[Crossref](#)]
  38. Ramos, S. P.; Santos, S. L. S.; De Oliveira, F. A.; Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos: análise conceitual de destinação e disposição adequadas de resíduos sólidos. *Revista Interdisciplinar Científica Aplicada* **2020**, 14, 14.
  39. Fagnani, E. E.; Guimarães, J. R.; Waste management plan for higher education institutions in development countries: the continuous improvement cycle model. *Journal of Cleaner Production* **2017** 147, 11. [[Crossref](#)]
  40. Pinto, J. C.; Magrini, A.; Melo, C. K.; Jr, C. A. C.; Gaioto, C. C.; Santos, D. P.; Rosa, I. S.; Delgado, J. J. S.; Souza, M. N.; Oliveira, M. C. B. R.; Souza, P. N.; Jr, P. A. M.; Aderne, R.; Vasconcelos, S. M. R.; *Impactos ambientais causados pelos plásticos: uma discussão abrangente sobre os mitos e os dados científicos*. 1a. ed., E-papers: Rio de Janeiro, 2012.
  41. Twede, D.; Goddard, R.; *Materiais para embalagens*. 1a. ed., Blucher: São Paulo, 2010.
  42. Carlston, J. P.; Verreschi, D. C.; Batista, I. F. C.; Tisubouchi, B. M.; Abreu, B. C. G.; Mastantuno, D.; Itu, D. T.; Ramos, P. W.; Szczygiel, N. L.; Chudzinski-Tavassi, A. M.; Cruz, J. A.; Barazzone, G. C.; Andrade, S. A.; Segregação e acondicionamento de produtos químicos: implantação de um sistema seguro na área de química de proteínas do laboratório de bioquímica e biofísica – Instituto Butantan. *Orbital: The Electronic Journal of Chemistry* **2016**, 8, 8. [[Crossref](#)]
  43. NFPA, National Fire Protection Association. *NFPA 704: Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response*. Massachusetts, USA, 2017.
  44. ONU, Organização das Nações Unidas. *Globally harmonized system of classification and labelling of chemicals (GHS)*. Revisão 08. Nova York e Geneva, USA, 2019.
  45. MTE, Ministério do Trabalho e Emprego. *Portaria nº 229*. Altera a NR-26. Brasília, DF, 2011.
  46. Braga, B. P. F.; Hespanhol, I.; Conejo, J. G. L.; Barros, M. T. L.; Veras Junior, M. S.; Porto, M. F. A.; Nucci, N. L. R.; Juliano, N. M. A.; Eiger, S. *Introdução à engenharia ambiental*. 2a. ed., Pearson Prentice Hall: São Paulo, 2005.
  47. MTE, Ministério do Trabalho e Emprego. *Portaria nº 3.214, NR-6*. Dispõe sobre Equipamentos de Proteção Individual – EPI. Brasília, DF, 1978.
  48. CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. Estabele o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. *Resolução nº 275*, de 25 de abril de 2001. Diário Oficial da União, 19 de junho de 2001.
  49. BRASIL. *Lei nº 10.233*. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2001.
  50. ANTT, Agência Nacional de Transportes Terrestres; *Resolução nº 420*. Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos. Brasília, DF, 2004.