

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO: A
EXPERIÊNCIA DO TRATAMENTO IN SITU NA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, RIBEIRÃO
PRETO, SP, BRASIL**

**Danilo Vitorino dos Santos¹
Adriano César Pimenta²
Aline Patrícia Castrechini³**

^{1,2,3}Laboratório de Resíduos Químicos, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, SP, Brasil,
danilo@usp.br

Introdução

Atualmente, a preocupação ambiental, em especial na temática de resíduos, ocupa lugar de destaque e tem sido amplamente discutida no âmbito da sociedade civil, governo, Instituições de Ensino e Pesquisa, entre outros. O uso de substâncias químicas nas atividades laboratoriais em Instituições de Ensino Superior (IES) é imprescindível para o desenvolvimento de suas atividades de ensino, pesquisa e extensão, fazendo a geração de resíduos químicos parte da rotina acadêmica. Grande parte desses resíduos apresentam características importantes de toxicidade e periculosidade, tais como corrosividade, inflamabilidade, reatividade, patogenicidade (ABNT, 2014) etc., o que tornam inviável seu descarte direto na rede coletora de esgotos ou lixo comum, sem tratamento prévio.

Embora a geração de resíduos químicos em IES seja relativamente reduzida, em comparação a outros segmentos geradores, as universidades não podem negligenciar sua posição de geradoras de resíduos perigosos. Dessa forma, em cumprimento às legislações ambientais vigentes no país (ABNT, 2014; BRASIL, 2010), a fonte geradora de resíduos é responsável pelos mesmos, desde sua geração até a disposição final adequada, estando a universidade, portanto, obrigada a gerir seus próprios resíduos de maneira segura, independentemente de legislação específica. Considerando ainda que tais resíduos se caracterizam por matrizes complexas e heterogêneas, a padronização de procedimentos de tratamento é dificultada e torna a gestão integrada dos mesmos um grande desafio (YEKKALAR, 2015).

Nas últimas décadas, diversas universidades implantaram planos ou Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos (PGRQ) (ALBERGUINI et al., 2003; IMBROISI et al., 2006; FAGNANI et al., 2017). A partir de iniciativas norte-americanas, IES brasileiras também adotaram programas de gestão aplicados aos seus resíduos, incluindo os perigosos. Em muitas delas, o modelo adotado para equacionar tal problemática foi a implantação de centrais de tratamento in situ ou modelos similares (ALBERGUINI et al., 2003; IMBROISI et al., 2006).

Em geral, a gestão de resíduos químicos apresenta-se como um processo que envolve atividades complexas, incluindo aspectos relacionados a recursos humanos, científicos, técnicos e financeiros, capazes de promover efetiva preservação ambiental. Os PGRQ são específicos e peculiares para cada gerador; porém, em sua grande maioria, contemplam as etapas de identificação, classificação, segregação, acondicionamento, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final dos mesmos. A negligência de qualquer etapa pode comprometer toda a gestão e acarretar danos socioambientais importantes, em especial, relacionados à saúde ocupacional.

A Universidade de São Paulo (USP), em meados da década de 1990, implantou seu primeiro PGRQ, inicialmente, no Campus de São Carlos. As premissas desse programa alcançaram outros Campi e, na sequência, em 1996, iniciou-se sua implantação no Campus de Ribeirão Preto. O ano de 2004 foi marcante no contexto histórico do gerenciamento de resíduos químicos em Ribeirão Preto, pois houve a consolidação deste programa no Campus pela conclusão das obras e início das atividades da central de tratamento de resíduos químicos, comumente denominada, Laboratório de Resíduos Químicos (LRQ). Este laboratório pertence à Prefeitura do Campus USP de Ribeirão Preto (PUSP-RP) e ocupa papel central no PGRQ, pois tem como objetivo principal o tratamento de resíduos químicos gerados em laboratórios didáticos e de pesquisa das Unidades de Ensino e Pesquisa instaladas neste Campus, a saber: Escola de Educação Física e Esporte de Ribeirão Preto (EEFERP), Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto (EERP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto (FCFRP), Faculdade de

Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto (FFCLRP), Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (FMRP) e Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto (FORP).

O LRQ/PUSP-RP também tem por objetivos: elaborar protocolos de manuseio e tratamento de resíduos químicos; executar o reaproveitamento de algumas correntes de resíduos, como solventes orgânicos e metais nobres; efetuar o controle de qualidade de produtos recuperados, para reutilização; colaborar na troca interunidades de reagentes vencidos e no treinamento de estudantes e servidores técnico-administrativos e; atuar na busca de novas tecnologias de tratamento. Para desenvolvimento de suas atividades, o LRQ/PUSP-RP possui uma infraestrutura que compreende um entreposto de resíduos químicos, laboratório de inorgânica, laboratório de orgânica, sala de análises e sala de apoio técnico, com área total construída de 210 m², incluindo diversos equipamentos de laboratório para tratamento de resíduos e análises químicas.

O presente estudo teve como objetivos a caracterização dos resíduos químicos processados numa central de tratamento em um Campus universitário (LRQ/PUSP-RP), incluindo suas principais formas de tratamento, e a verificação da viabilidade técnica no tratamento in situ dos mesmos.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido mediante consulta e processamento de registros da base de dados do LRQ/PUSP-RP, a qual inclui informações sobre a geração de resíduos químicos obtidas junto às secretarias dos departamentos das Unidades de Ensino e Pesquisa do Campus USP-RP e por meio de visitas técnicas. Os procedimentos práticos de tratamento de resíduos químicos realizados no LRQ/PUSP-RP também foram utilizados no desenvolvimento deste estudo. O período de coleta e processamento dos dados compreende os anos de 2007 a 2016.

Resultados e Discussão

O banco de dados, utilizado no desenvolvimento deste estudo, contém informações detalhadas sobre o LRQ/PUSP-RP e dos laboratórios geradores de resíduos químicos existentes no Campus USP de Ribeirão Preto. De acordo com esses dados, o referido Campus possui, aproximadamente, 400 (quatrocentos) laboratórios de ensino e pesquisa, dos quais aproximadamente 340 (trezentos e quarenta), 85%, geram algum tipo de resíduo químico em suas atividades. Tais laboratórios estão distribuídos entre as diversas unidades de ensino e pesquisa da USP-RP, sendo os principais geradores a FFCLRP, FMRP, FCFRP e FORP. Os dados mostram que o LRQ/PUSP-RP atende, efetivamente, 209 (duzentos) laboratórios, o que corresponde a 63% do total. A Figura 1 mostra a evolução no número de laboratórios que utilizaram os serviços do LRQ/PUSP-RP, no período de 2007 a 2016.

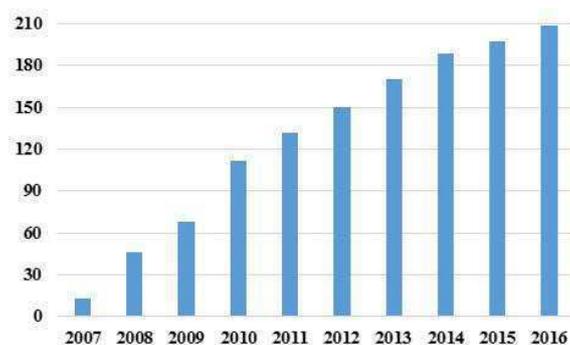


Figura 1. Evolução do atendimento aos laboratórios geradores pelo LRQ/PUSP-RP. Período: 2007 - 2016.

Nota-se o aumento gradativo na prestação de serviços do LRQ/PUSP-RP aos laboratórios geradores de resíduos químicos no Campus. Tal evolução é decorrente de investimentos realizados pela PUSP-RP na infraestrutura do laboratório, mas, principalmente, de campanhas intensivas de divulgação e educação ambiental, voltadas para a conscientização coletiva no que se refere à problemática dos resíduos. Dessa forma, pode-se trabalhar o maior desafio da área: a necessidade de mudança cultural no que se refere à importância dos resíduos químicos.

No período analisado, os resíduos químicos que receberam tratamento no LRQ/PUSP-RP somam, aproximadamente, 30 ton (trinta toneladas) e, desde sua instalação, esse volume também vem aumentando gradativamente, como resultado da evolução no número de atendimentos prestados aos

geradores. É esperado, porém, que tal montante alcance um equilíbrio, ou mesmo diminuição, à medida em que se atinge atendimento total dos laboratórios geradores, considerando a constante orientação técnica prestada pelo LRQ/PUSP-RP para realização do tratamento de resíduos no próprio local de geração, preferencialmente logo após os experimentos, em conformidade com as normas do PGRQ adotado no Campus.

Os resultados confirmam a elevada diversidade de resíduos químicos encaminhados ao LRQ/PUSP-RP para tratamento. Embora a caracterização desses resíduos seja um aspecto básico nos planos de gerenciamento, esta etapa é imprescindível para definir a melhor forma de tratamento a ser utilizada e demais ações no gerenciamento. Após longo período de diagnóstico e estudo sistematizado de informações, um importante resultado deste trabalho foi a criação de uma classificação ou categorização específica para os resíduos processados no LRQ/PUSP-RP, mas que fosse abrangente o suficiente para ser aplicada a qualquer gerador. Cabe destacar que essa “tipificação genérica” foi desenvolvida a partir das características físico-químicas dos resíduos, bem como suas possíveis formas de tratamento, a quantidade de geração, suas características de toxicidade e a legislação e normativas aplicáveis.

A Figura 2 apresenta a caracterização dos resíduos químicos do LRQ/PUSP-RP, em 18 (dezoito) categorias, obtida a partir do banco de dados e de sua experiência prática de tratamento. Trata-se de uma adaptação da norma internacional ASTM-D4447/10, a qual fornece um guia padrão para armazenamento adequado de amostras e produtos químicos. No gráfico apresentado nesta figura, também é possível verificar a representação percentual dos resíduos químicos, em relação ao seu total processado no LRQ/PUSP-RP, em cada uma das categorias.

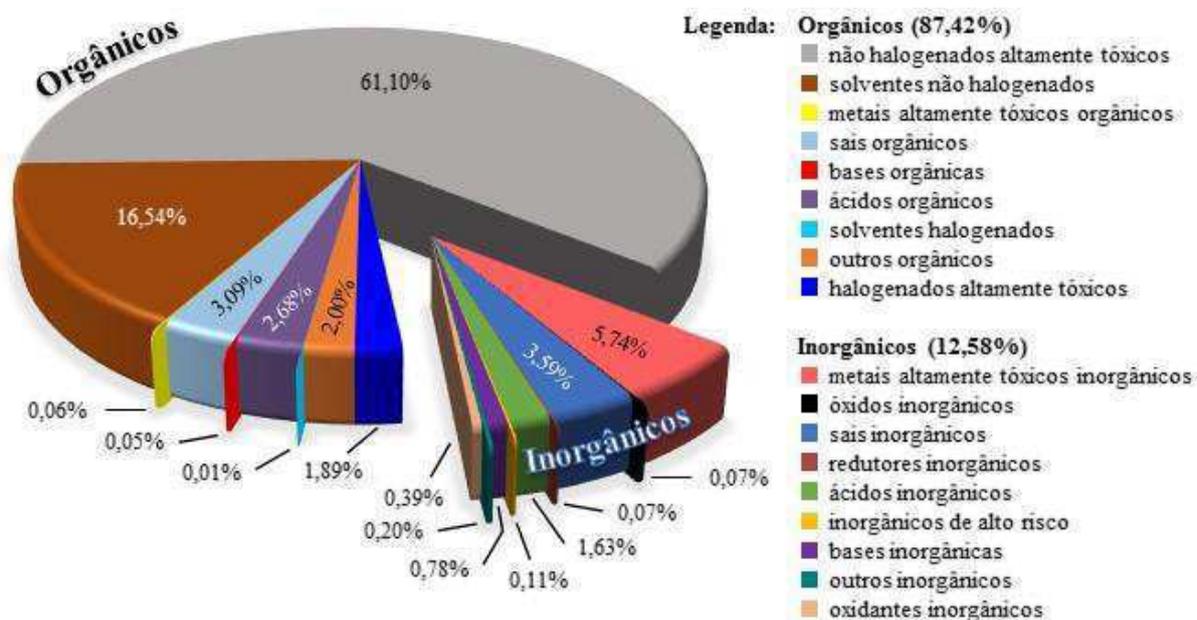


Figura 2. Representação percentual das categorias de resíduos químicos do LRQ/PUSP-RP.

De acordo com a Figura 2, a maioria dos resíduos químicos processados no LRQ/PUSP-RP possui, essencialmente, natureza orgânica (87,42%) e apenas 12,58% são caracterizados como inorgânicos. Entre os resíduos orgânicos, destacam-se, pela quantidade gerada, os altamente tóxicos não halogenados (61,1%), representados por compostos como formol, fenol, acrilamida, diaminobenzidina, corantes etc., e os solventes não halogenados (16,54%), sendo o etanol, metanol, xilol e acetona seus principais representantes. Já os resíduos inorgânicos são, majoritariamente, constituídos por metais altamente tóxicos (Cr, Pb, Hg, Cd, etc.), sais (cloretos, sulfatos, nitratos, boratos etc.) e ácidos (sulfúrico, clorídrico, nítrico etc.), com representação percentual de 5,74%, 3,59% e 1,63%, respectivamente. Vale ressaltar que os resíduos orgânicos halogenados representam uma pequena porcentagem no gráfico (Figura 2), pois não são enviados ao LRQ/PUSP-RP para tratamento. Os registros do banco de dados mostram, porém, que os mesmos são gerados em grande quantidade, mas permanecem nos geradores até a destinação final adequada (incineração), segundo as normas do PGRQ adotado neste Campus.

Entre as diversas categorias, merecem destaque: os resíduos orgânicos altamente tóxicos não halogenados, devido ao elevado volume de resíduo gerado/tratado e por suas características de

toxicidade (mutagênicos e cancerígenos); os solventes orgânicos, por apresentarem elevado valor agregado devido ao potencial de reutilização após destilação, capaz de representar importante economia na aquisição de novos reagentes, além do ganho ambiental e; os metais altamente tóxicos, os quais, além da toxicidade, requerem procedimentos operacionais de tratamento morosos e, muitas vezes, de elevado custo.

A distinção dos resíduos químicos nessas “categorias” tornou possível aumentar a possibilidade de reaproveitamento dos resíduos passivos (reagentes vencidos), aplicar a melhor forma de tratamento viável, diminuir os custos envolvidos na destinação adequada e atender às normas legais e de segurança. Considerando os dados quali e quantitativos dos resíduos químicos, pôde-se identificar os principais processos de tratamento empregados para eliminação e/ou minimização do caráter tóxico dos mesmos. A Figura 3 mostra as principais formas de tratamento aplicadas aos resíduos químicos do LRQ/PUSP-RP, em representação percentual.

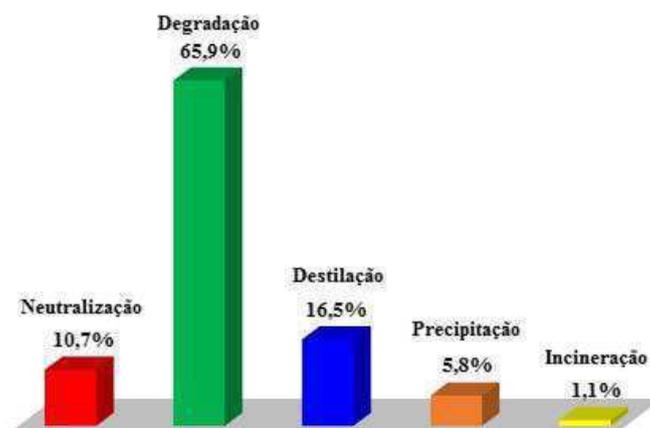


Figura 3. Representação percentual das diferentes formas de tratamento aplicadas aos resíduos químicos encaminhados ao LRQ/PUSP-RP. Período: 2007 - 2016.

O gráfico da Figura 3 mostra que a principal forma de tratamento in situ aplicada aos resíduos químicos processados no LRQ/PUSP-RP é a degradação de compostos orgânicos tóxicos, seguida pela destilação de solventes orgânicos e neutralização de ácidos e bases. A degradação (via processo foto-Fenton) é aplicada a 65,9% desses resíduos e a destilação e neutralização tem representação percentual de 16,5 e 10,7%, respectivamente. Embora a precipitação de metais altamente tóxicos seja aplicada em apenas 5,8% dos resíduos, este tratamento revela importante impacto nas atividades laboratoriais pelas razões já mencionadas, não devendo, portanto, ser desconsiderado na gestão dos resíduos químicos. Cabe destacar que a incineração dos resíduos químicos orgânicos não é um processo de tratamento que ocorre nas dependências do LRQ/PUSP-RP; porém, é uma das formas aplicadas ao resíduo passivo resultante, principalmente, da destilação de solventes orgânicos, com composição majoritária de corantes e parafina, entre outros. Como premissa do PGRQ adotado no Campus USP-RP e, considerando ser uma prática controversa do ponto de vista ambiental, a incineração de resíduos perigosos apenas se aplica aos resíduos não passíveis de tratamento por outra técnica, sendo indicada por promover uma degradação “completa”, a elevadas temperaturas. O fator determinante na aplicação desta técnica é a utilização de equipamentos devidamente licenciados pelos órgãos ambientais competentes. Todas estas formas de tratamento são aplicadas aos resíduos químicos gerados nos laboratórios da Instituição após exauridas todas as possibilidades de reaproveitamento dos mesmos.

Dessa forma, uma caracterização criteriosa permite melhorar a gestão dos resíduos nos laboratórios e, por isso, esses resultados contribuem para melhoria das atividades do LRQ/PUSP-RP e, conseqüentemente, da prestação de seus serviços à comunidade acadêmica, além de subsidiar a implantação de planos de gerenciamento desses resíduos em universidades, centros de pesquisa, escolas, serviços de saúde ou quaisquer geradores de resíduos químicos.

Conclusão

Os resultados permitem concluir que os resíduos químicos gerados em IES possuem características de toxicidade importantes, razão pela qual as universidades não podem negligenciar sua posição de geradoras de resíduos impactantes. A caracterização desses resíduos é imprescindível para

sua gestão adequada, podendo subsidiar a adoção de métodos de tratamento com o melhor custo e benefício, sendo que o agrupamento nas categorias sugeridas também contribui para o desenvolvimento de um trabalho seguro e eficiente. As técnicas de tratamento apresentadas podem ser replicadas aos laboratórios geradores como alternativa aos métodos sofisticados e de elevado custo. A escolha correta do melhor tratamento pode resultar na economia de recursos financeiros e agregar valor ao produto recuperado, como é o caso dos solventes e metais nobres. Tais resultados demonstram, comprovadamente, a viabilidade de implantação de centrais de tratamento in situ para resíduos gerados em IES, contribuindo para a adoção de práticas corretas de gerenciamento. Esse estudo fornece ainda rica contribuição à literatura científica e pode subsidiar a implantação de políticas públicas de gestão visando à preservação socioambiental e em atendimento à legislação aplicável.

Referências

- ALBERGUINI, L. B. A., SILVA, L. C., REZENDE, M. O. O. Laboratório de Resíduos Químicos do Campus USP-São Carlos – Resultados da Experiência Pioneira em Gestão e Gerenciamento de Resíduos Químicos em um Campus Universitário. *Quím. Nova*, v.26, p.291-295. 2003.
- ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR N° 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.
- BRASIL. Lei n° 12.305, de 02 de agosto de 2010. 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 15 set. 2017.
- FAGNANI, E., GUIMARÃES, J. R. Waste management plan for higher education institutions in developing countries: The Continuous Improvement Cycle model. *Journal of Cleaner Production*, v.147, p.108-118. 2017.
- IMBROISI, D., GUARITÁ-SANTOS, A. J. M., BARBOSA, S. S., SHINTAKU, S. F., MONTEIRO, H. J., PONCE, G. A. E., FURTADO, J. G., TINOCO, C. J., MELLO, D. C., MACHADO, P. F. L. Gestão de Resíduos Químicos em Universidades: Universidade de Brasília em Foco. *Quím. Nova*, v.29, p.404-409. 2006.
- Norma ASTM D-4447, 2010. Standart Guide for Disposal of Laboratory Chemicals and Samples, ASTM Internacional, West Conshohocken, PA, 2010.
- YEKKALAR, M., PANAHI, S., NIKRAVAN, M. Evaluation of Current Laboratory Waste Management: A Step Towards Green Campus at Amirkabir University of Technology. 2015.