

Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino: Estratégias de geração, tratamento e descarte de resíduos nas aulas experimentais de química

Anna B. V. Pavão¹; Olivar A. Cavalcante Jr²; Rafaela G. Faustino³; Ricardo C. Soares⁴;
Guilherme R. Araújo⁵; José A. G. Vieira⁶; Raquel M. T. Fernandes⁷; Alamgir Khan⁸.

¹*Graduanda em Licenciatura em Química, Universidade Estadual do Maranhão, Av. Lourenço Vieira da Silva, 1000, São Luís – Maranhão, Brasil. bia.pavao133@gmail.com*

²*Graduando em Licenciatura em Química, Universidade Estadual do Maranhão, Av. Lourenço Vieira da Silva, 1000, São Luís – Maranhão, Brasil.*

³*Graduanda em Licenciatura em Química, Universidade Estadual do Maranhão, R. Complexo Esportivo, 30, Itapecuru-Mirim – Maranhão, Brasil.*

⁴*Graduando em Licenciatura em Química, Universidade Estadual do Maranhão, Rua Leonel Carvalho, S/N, Viana – Maranhão, Brasil.*

⁵*Graduanda em Licenciatura em Química, Universidade Estadual do Maranhão, R. Complexo Esportivo, 30, Itapecuru-Mirim – Maranhão, Brasil.*

⁶*Graduando em Licenciatura em Química, Universidade Estadual do Maranhão, Rua Santos Dumont, S/n, Governador Nunes Freire – Maranhão, Brasil.*

⁷*Núcleo de Estudos em Química Teórica e Aplicada – NEQTA, Universidade Estadual do Maranhão, Av. Lourenço Vieira da Silva, 1000, São Luís – Maranhão, Brasil.*

⁸*Núcleo de Estudos em Química Teórica e Aplicada – NEQTA, Universidade Estadual do Maranhão, Av. Lourenço Vieira da Silva, 1000, São Luís – Maranhão, Brasil.*

Palavras-Chave: Sustentabilidade, Química verde, Segregação.

Introdução

A produção de resíduos químicos em laboratórios de ensino médio e nos cursos profissionalizantes de química no Brasil é um tema pouco debatido, pois o volume produzido por cada instituição de ensino é visto como pequeno e, frequentemente, insignificante. Contudo, há centenas de laboratórios desse tipo no país, e a quantidade de resíduos gerados deve ser levada em conta como uma possível fonte de emissão desses rejeitos no meio ambiente por meio da rede de esgoto [1]. As atenções voltadas para questões ambientais ganharam destaque global desde o final da década de 60 e início da década de 70, como resposta às consequências negativas provocadas pelos modelos de produção e consumo existentes na época. Tal situação evidenciou a urgência de repensar o desenvolvimento econômico, exigindo transformações significativas nos hábitos sociais, na formulação de políticas públicas e na criação de marcos legais que orientassem a relação entre o ser humano e a natureza [2]. Nesse contexto, torna-se essencial buscar alternativas de desenvolvimento que respeitem as fragilidades e limitações do meio ambiente [3]. A sustentabilidade, nesse cenário, tem emergido como um tema estratégico, integrando-se de forma crescente às políticas e planejamentos em diferentes setores, incluindo o poder público, o setor privado, organizações da sociedade civil e o meio acadêmico, com o objetivo de preservar a vida e os recursos naturais [4]. As instituições de ensino, por sua função formadora e papel social, assumem

uma responsabilidade crescente diante das questões ambientais [5]. Entre os desafios enfrentados, destaca-se a gestão de resíduos químicos gerados em laboratórios universitários, uma consequência inevitável das atividades acadêmicas e de pesquisa. Embora esses laboratórios não sejam os maiores geradores desses resíduos, armazenam grandes volumes de substâncias utilizadas diariamente em práticas experimentais. O manejo inadequado, seja no armazenamento ou no descarte, representa um risco significativo ao meio, em especial devido às diferentes características físico-químicas e graus de periculosidade desses materiais [6]. A Química, apesar de indispensável para o avanço da sociedade, pode acarretar sérios impactos ambientais, quando mal administrada. Embora o foco costume recair sobre as indústrias como principais fontes geradoras, as instituições de ensino também geram uma diversidade significativa desses resíduos por meio de atividades práticas, o que demanda atenção e responsabilidade ambiental [7].

Dessa forma, integrar a gestão ambiental ao planejamento estratégico das instituições de ensino é fundamental para que suas atividades ocorram de uma forma mais sustentável. Isso envolve a incorporação de práticas que minimizem os danos causados ao meio ambiente, a implementação de mecanismos de controle, bem como a avaliação dos resultados e a disseminação dessas informações junto à comunidade acadêmica. Essa transparência fortalece o papel educativo das instituições, estimula a reflexão crítica, promove novas iniciativas, além de contribuir para o desenvolvimento de uma cultura voltada à conservação ambiental [8]. Assim, o objetivo deste trabalho está centrado em analisar as práticas existentes de gerenciamento e descarte dos resíduos químicos gerados em laboratórios universitários. Para isso, serão identificados os principais tipos de resíduos, avaliadas suas características físico-químicas, implementadas técnicas de tratamento e reciclagem, bem como desenvolvidas ações para sensibilizar a comunidade acadêmica

Material e Métodos

Antes iniciar o trabalho, foi realizado um mapeamento dos laboratórios utilizados nas aulas práticas de Química. Essa análise foi importante, já que ajudou a estimar o volume de resíduos produzidos em cada atividade, o que foi fundamental para seguir com os próximos passos. Depois, realizou-se a caracterização dos resíduos químicos coletados. Buscou- se classificar cada tipo corretamente e determinar os tratamentos mais adequados. Para isso, com o auxílio de um medidor multiparâmetro AK88, foram medidas propriedades como pH, temperatura, sólidos totais dissolvidos (TDS) e condutividade elétrica. Com base na presença de resíduos ácidos e básicos identificados no local, foram realizados testes em pequena escala para validar um procedimento de neutralização segura. As análises foram realizadas com o auxílio de medidor multiparâmetro AK88, que possibilitou o controle do pH durante os testes. A proporção 1:2 (ácido:básico) se mostrou eficaz para atingir pH entre 6 e 8. As análises foram realizadas em triplicata, com o objetivo de assegurar a confiabilidade dos resultados. Após a neutralização, os resíduos foram descartados na pia, conforme práticas permitidas para efluentes diluídos e neutros, de acordo com manuais técnicos e a legislação vigente. Por fim, as discussões dos resultados foram realizadas a partir da literatura consultada e das normas vigentes.

Resultados e Discussão

Como parte da etapa de gerenciamento, inicialmente foi realizado um levantamento dos laboratórios que atendiam disciplinas de Química (representadas no apêndice 6), visando compreender a dinâmica de geração dos resíduos, os tipos de resíduos gerados, bem como o volume dos mesmos. Esse mapeamento incluiu a identificação dos laboratórios envolvidos para realização de práticas de Química, conforme mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Laboratórios quem atendem disciplinas de Química e as Quantidades de disciplinas atendidas no semestre de 2024.2 e 2025.1

Laboratório	Nome	2024.2	2025.1
Lab 1	Laboratório de Zoologia	4	3
Lab 2	Laboratório de Biologia e Morfologia - LABMORFIA	4	3
Lab 3	Laboratório de Microbiologia, Patologia e Biotecnologia - MIPABIO	1	2
Lab 4	Laboratório de Biologia Vegetal e Marinha	5	1

Fonte: Autor, 2025.

Além do mapeamento realizado, foram feitos alguns registros, por meio de fotos, das identificações externas de cada um dos laboratórios mencionados na figura 1, como uma forma de expor os espaços utilizados para a realização de atividades práticas. As imagens a seguir mostram as placas presentes nas entradas de cada laboratório.

Figura 1 – Identificação externa dos laboratórios utilizados



Fonte: Autor, 2025.

Todos os laboratórios listados acima estão localizados no prédio de Ciências Biológicas – CCB/CECEN, que concentra a maior parte das atividades práticas de Química. De forma complementar, foram elaboradas tabelas que discriminam não somente o laboratório utilizado, como também a quantidade de disciplinas atendidas nesses espaços (durante os semestres de 2024.2 e 2025.1). Essa sistematização permitiu não apenas quantificar a frequência de uso dos laboratórios, mas também estimar a intensidade da geração de resíduos em cada contexto. Além do levantamento dos laboratórios e as disciplinas atendidas por eles, também foram realizados alguns registros das bombonas que foram destinadas ao armazenamento dos resíduos gerados (figuras 2). As imagens mostram os recipientes utilizados para o acondicionamento dos resíduos, bem como a identificação do tipo de substância armazenada em cada um deles.

Figura 2 – Acondicionamento dos resíduos gerados em aulas práticas de Química



Fonte: Autor, 2025.

Foi possível observar bombonas contendo diferentes tipos de resíduos, devidamente identificados conforme a natureza química das soluções. Entre os resíduos, estavam soluções básicas, ácidas, salinas e orgânicas. O registro serviu, principalmente, para documentar as condições de armazenamento e a prática de segregação dos resíduos químicos, o que foi importante para o manuseio seguro para as próximas etapas. Os resíduos armazenados no almoxarifado, proveniente de atividades anteriores, também foram contemplados. Foi possível observar a presença de frascos contendo substâncias químicas variadas, alguns sem rotulagem adequadas ou informações parcialmente apagadas, conforme é mostrado na figura 3.

Figura 3 – Resíduos coletados no almoxarifado



Fonte: Autor, 2025.

Esses resíduos mais antigos, apesar de estarem sem uso ativo, foram incluídos na etapa de caracterização, sendo analisados a partir de alguns parâmetros, como pH, temperatura e total de sólidos dissolvidos (TDS). Após a conclusão das etapas de levantamento, registros e identificação dos resíduos, deu-se início ao processo de caracterização do material coletado. Essa caracterização abrangeu tanto os resíduos gerados em práticas laboratoriais recentes (período de 2024.2 a 2025.1), quanto aqueles encontrados no almoxarifado. Com o objetivo de facilitar a visualização do volume total obtido, os resíduos foram organizados em uma tabela (tabela 2), agrupados conforme o tipo químico identificado.

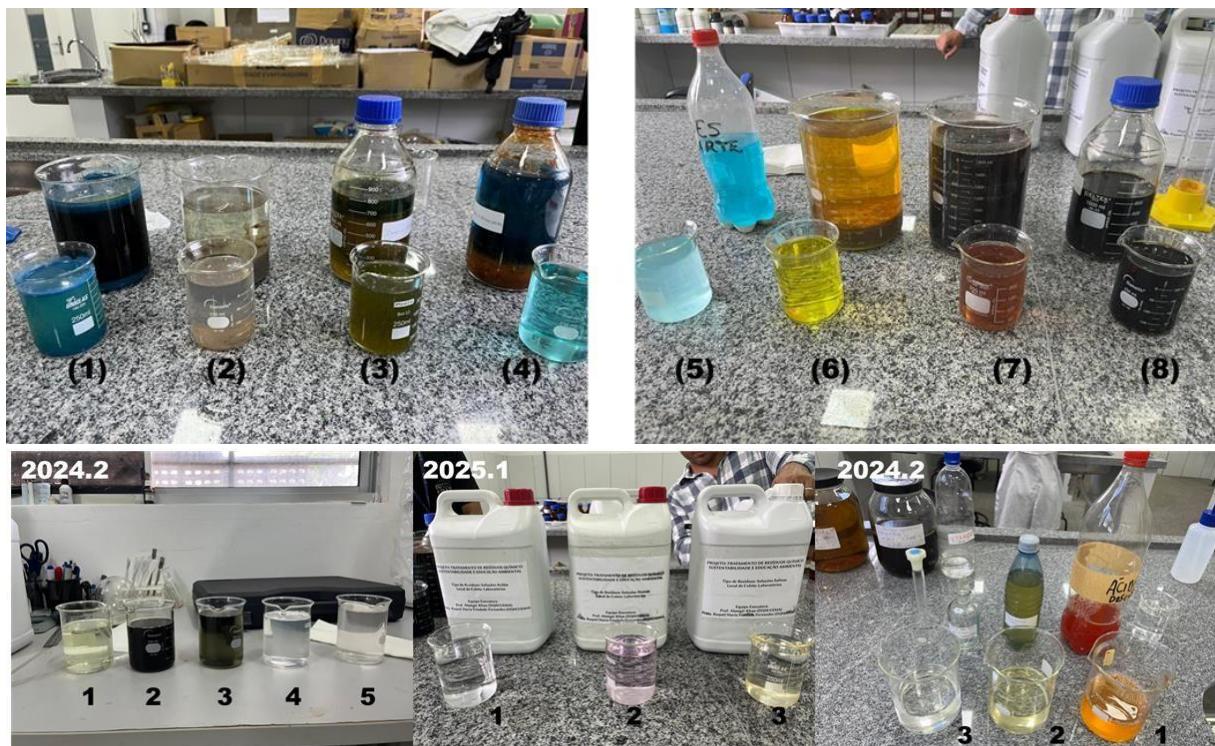
Tabela 2 – Volume total dos resíduos coletados em práticas laboratoriais do ensino de Química e reagentes vencidos do almoxarifado.

Tipo de Resíduo	Origem	Volume Total (estimado) (L)
Soluções ácidas	Práticas laboratoriais	10
Soluções básicas	Práticas laboratoriais	12
Soluções salinas	Práticas laboratoriais	10,5
Soluções orgânicas	Práticas laboratoriais	7
Reagentes vencidos (soluções)	Almoxarifado	10
Reagentes orgânicos vencidos (soluções)	Almoxarifado	9

Fonte: Autor, 2025.

Partindo do levantamento do volume estimado dos resíduos gerados, o próximo passo consistiu, de fato, em caracterizar essas substâncias. De início, foi realizada uma diluição dos resíduos que teve como objetivo facilitar a medição dos parâmetros físico-químicos, além de garantir a precisão das análises. A diluição seguiu a proporção de 1:4, utilizando-se 50ml do volume de cada uma das substâncias coletadas, para 200ml de água destilada. A estratégia adotada foi importante para minimizar possíveis interferências e preservar a integridade do equipamento. A figura 4 ilustra o processo realizado, evidenciando a padronização das amostras e o cuidado com o controle experimental. A adoção desse procedimento também permitiu a comparação entre diferentes tipos de resíduos coletados, assegurando uma base consistente para a análise posterior e para a definição de procedimentos específicos de tratamento ou descarte ambientalmente correto. Na figura é possível perceber os resíduos do almoxarifado já diluídos e classificados por números, bem como os resíduos mais novos. Os resíduos orgânicos não passaram pelo processo de caracterização. Após as diluições devidamente realizadas, conforme mostraram as imagens acima, com o auxílio de um medidor multiparâmetro AK88, previamente calibrado seguindo as recomendações do fabricante, os parâmetros foram analisados e serviram de base para a definição dos métodos que seriam utilizados para o tratamento e descarte. Paralelo ao procedimento realizado, como forma de facilitar a compreensão e organização dos resultados das análises, foi criada uma tabela que reuniu os valores de pH, sólidos totais dissolvidos (TDS) e condutividade elétrica, a temperatura teve uma média de 24°C.

Figura 4 – Diluição dos resíduos do almoxarifado e das práticas laboratoriais (período de 2024.2 e 2025.1)



Fonte: Autor, 2025.

Essa forma de apresentar os dados tornou tudo mais claro e fácil de visualizar, além de facilitar a comparação entre as diferentes substâncias analisadas. Além disso, essa estrutura ajudou bastante nas próximas etapas do estudo, especialmente na escolha dos métodos mais adequados para o tratamento e na avaliação dos riscos ambientais envolvidos. As tabelas de 3 a 5 foram representados os valores dos parâmetros avaliados.

Tabela 3 – Propriedades físico-químicas das amostras de resíduos (2024.2)

Resíduos	pH	Sólidos totais dissolvidos (ppm)	Condutividade (mS)
Básicos 1	11.22	$6,48 \times 10^5$	$1,19 \times 10^1$
Básicos 2	9.35	$3,28 \times 10^{-5}$	$5,2 \times 10^{-2}$
Salinas 3	9.35	$3,87 \times 10^3$	$7,6 \times 10^0$
Ácidos 4	1,95	$3,22 \times 10^{-5}$	$5,12 \times 10^{-2}$
Ácidos 5	2,00	$4,92 \times 10^{-5}$	$7,81 \times 10^{-2}$

Fonte: Autor, 2025.

Tabela 4 – Propriedades físico-químicas das amostras de resíduos (2025.1)

Resíduos	pH	Sólidos totais dissolvidos (ppm)	Condutividade (mS)
Ácidos1	1.82	$1,36 \times 10^3$	$2,17 \times 10^0$

Ácidos2	1.54	8,62 x 10 ²	1,38 x 10 ¹
Básicos1	10.49	6,75 x 10 ²	4,2 x 10 ⁰
Básicos2	6,00	1,78 x 10 ⁻⁵	9,95 x 10 ⁻²
Salinos1	7.03	4,18 x 10 ²	2,61 x 10 ⁰
Salinos2	6,10	1,44 x 10 ²	8 x 10 ⁰

Fonte: Autor, 2025.

Tabela 5 – Propriedades físicas-químicas dos resíduos do almoxarifado

Resíduos	pH	Sólidos Totais Dissolvidos (ppm)	Condutividade (mS)
Solução 1	1,00	4,4 x 10 ²	7,04 x 10 ¹
Solução 2	5,7	7,4 x 10 ²	1,4 x 10 ²
Solução 3	1,79	2,34 x 10 ²	3,7 x 10 ¹
Solução 4	11,11	7,03 x 10 ³	7,0 x 10 ²
Solução 5	5,24	7,84 x 10 ²	1,43 x 10 ²
Solução 6	10,12	2,18 x 10 ³	9,05 x 10 ²
Solução 7	6,44	8,45 x 10 ²	1,8 x 10 ²
Solução 8	8,00	3,3 x 10 ²	5,0 x 10 ¹

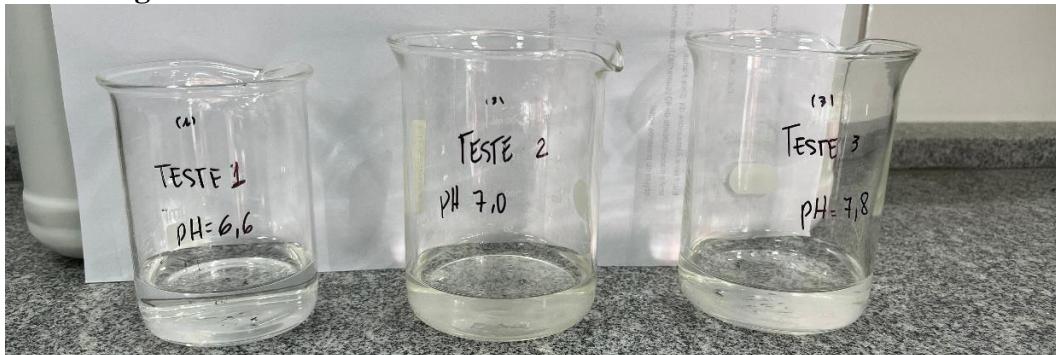
Fonte: Autor, 2025

Os dados obtidos a partir do processo de caracterização, mostraram pontos importantes sobre os diferentes os resíduos analisados, com variações significativas em pH e concentração de sólidos dissolvidos, o que impacta diretamente suas propriedades químicas e potencial de risco ambiental. Entre as amostras, os resíduos ácidos se destacam por seu pH extremamente baixos, que indica um material que exige cuidados especiais tanto no manuseio, quanto no tratamento. Já os resíduos básicos, com pH bastante alcalinos, também apresentam características preocupantes, com concentrações altas de sólidos. Os resíduos salinos, por outro lado, mostram pH neutro e básico também, e concentração de sólidos que varia. As amostras de soluções do almoxarifado, demonstraram uma grande variação em suas propriedades.

De início, uma das propostas principais do presente trabalho era realizar o tratamento necessário dos resíduos químicos gerados nas atividades experimentais de Química. Porém, algumas limitações impediram que esta etapa fosse desenvolvida de forma integral. Grande parte dos resíduos previamente armazenados e caracterizados foram recolhidos pela empresa responsável, restando no laboratório apenas algumas bombonas com resíduos orgânicos, salinos, ácidos e básicos. Boa parte dos resíduos orgânicos que estavam nas bombonas, eram oriundos do almoxarifado, estes estavam misturados, vencidos e muitos com rótulos danificados, fato que agrava complexidade ao processo de tratamento, sendo recomendado o armazenamento temporário e posterior encaminhamento para uma empresa licenciada. Para o

tratamento dos resíduos ácidos e básicos, a proporção que melhor atendeu aos parâmetros estabelecidos foi a de 1:2 (ácido:base), onde utilizou-se 15ml de resíduo ácido para 30ml de resíduo básico. A partir dessa combinação, foi possível alcançar valores satisfatórios de pH (dentro da faixa de neutralidade). Para assegurar a proporção utilizada, os testes foram feitos em triplicata, conforme mostra a figura 7.

Figura 7 – Resultados obtidos através dos testes realizados



Fonte: Autor, 2025.

A média dos valores de pH acima representados ficou em torno de 7, o que reforça a eficácia do método utilizado. A escolha do parâmetro volume se deu em decorrência da impossibilidade de identificar com exatidão a concentração e composição dos resíduos, visto que estes estavam misturados com vários outros. Segundo Machado *et al.* (2009), a neutralização em situações como essa, pode ser realizada com segurança desde que os volumes sejam reduzidos e o monitoramento seja adequado. Seguindo as orientações de descarte de efluentes neutros e diluídos, presentes na literatura consultada, o resíduo tratado foi descartado na pia com grande fluxo de água.

Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo analisar as práticas de gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios universitários, a partir de ações de sensibilização, levantamento e caracterização físico-química dos resíduos gerados, bem como na avaliação da percepção de estudantes sobre a temática em questão. A partir da metodologia aplicada, foi possível concluir que, apesar da existência de uma estrutura institucional responsável pela gestão ambiental, ainda há algumas fragilidades quanto a comunicação, e padronização dos procedimentos e no conhecimento dos usuários sobre os processos de armazenamento, descarte e tratamento dos resíduos. As informações obtidas por meio dos questionários aplicados aos estudantes de Química e de outros cursos revelaram um certo grau de desconhecimento quanto aos procedimentos de gerenciamento, o que fortalece a urgência de ações educativas contínuas. Além disso, a caracterização físico-química dos resíduos mostrou soluções com pH extremamente ácido ou básico, além de elevadas concentrações de sólidos dissolvidos, o que torna inviável o descarte direto em pias sem que antes passe por um tratamento, tendo em vista que o descarte de resíduos só pode ocorrer em condições específicas, e o não cumprimento desses critérios representa riscos à saúde e ao meio ambiente.

Agradecimentos

Agradecemos ao Laboratório de Físico-Química (LFQ) do curso de Química Licenciatura da UEMA e ao grupo de pesquisa NEQTA pelo apoio técnico e científico para a realização deste trabalho.

Referências

CAPELO, Sofia; SIQUENINE, Guilhermina; MORGADO, João. Gestão de resíduos nos laboratórios da universidade de Évora (2007-2021). **Química Nova**, Vol. 46, No. 7, 706-717, 2023.

AFONSO, Julio Carlos et al. Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. **Quim. Nova**, v. 26, n. 4, p. 602-611, 2003.

NASCIMENTO FILHO, Armando Pereira do et al. **Manual de Gerenciamento de Resíduos Químicos da Universidade Federal Fluminense**. Niterói: UFF, 2016.

GADOTTI, Moacir. Educar para a sustentabilidade: uma contribuição à década da educação para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: **Editora e Livraria Instituto Paulo Freire**, 2008.

MURCIA FANDIÑO, Jonathan Steven; MARÍN, Luís Alfonso Esquiaqui. Química verde aplicada en los residuos de universidades. **Educación química**, v. 32, n. 2, p. 154-167, 2021.

SOUTO, Ana Flávia Lins et al. Gestão dos recursos naturais: uma análise das contribuições da política nacional de meio ambiente (Lei 6938/81) / Natural resources management: an analysis of the contributions of the national environmental policy (Law 6938/81). **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 16542–16555, 2022.

WICHMANN, Bruno et al. Using pro-environmental information to modify conservation behavior: Paper recycling and reuse. **Recycling**, v. 2, n. 1, p. 5, 2017.

ROCHA, Patrícia Cappelletti. **Gestão de resíduos químicos em laboratório universitário. Estudo de caso: Laboratório de Engenharia Sanitária**. Tese (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Rio de Janeiro, p.161, 2011.

OLIVEIRA, Diego B. et al. A construção de conceitos sobre gestão e tratamento de resíduos químicos: uma experiência de formação de estudantes de química. **Quim. Nova**, Vol. 43, No. 3, 382-390, 2020.

MACHADO, Ana Marta Ribeiro et al. **Gestão de Resíduos Químicos – NR01/UGR: Normas de Procedimentos para Segregação, Identificação, Acondicionamento e Coleta de Resíduos Químicos**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, 2009.