
ISEL Green Lab

**Divulgação e implementação de princípios de
Química Verde em atividades laboratoriais**

Memória Descritiva

Estratégia Nacional de Educação Ambiental 2020

Julho de 2017

ISEL Green Lab - Divulgação e implementação de princípios de Química Verde em atividades laboratoriais

i. Descrição sumária do programa, projeto ou ação:

Nas últimas duas décadas têm-se assistido a um interesse crescente na indústria química pela procura, desenvolvimento e implementação de soluções científicas e tecnológicas sustentáveis que permitam processos de síntese e transformação de produtos cada vez mais eficientes e benignos em termos ambientais, económicos e sociais. A introdução, no início dos anos noventa, do conceito de Química Verde (QV) ou química para a sustentabilidade, tem adquirido cada vez maior importância e é hoje considerada uma área reconhecida que deve ser praticada por todos os atuais e futuros profissionais de engenharia química.[1] Na sociedade actual, altamente científica e tecnológica, a questão da sustentabilidade é um fator chave na educação dos estudantes. Para além do conhecimento científico, torna-se essencial dotar os estudantes dos conceitos associados à sustentabilidade fornecendo novas competências e ferramentas que lhes permitam tomar decisões mais críticas que possam contribuir para o bem-estar da sociedade e proteção ambiental. É igualmente imperativo esclarecer a opinião pública sobre a utilização de metodologias sustentáveis contribuindo para a recuperação da imagem da Química/ Engenharia Química na sociedade. É neste contexto que se enquadra este projeto com o qual se pretende implementar um laboratório (*ISELGreenLab*) vocacionado para atividades de ensino e divulgação visando o desenvolvimento de novas tecnologias verdes que procurem reduzir e/ou eliminar substâncias indesejáveis na conceção, produção e utilização de produtos químicos.

ii. Objectivos principais

O projeto desenvolve-se essencialmente em duas vertentes: **1. Design** de processos eficientes em termos energéticos que evitem a utilização de produtos nocivos e utilização de sistemas catalíticos e **2. Iniciativas** de divulgação de ciência e de boas práticas laboratoriais focadas na aplicação dos princípios da Química Verde e do desenvolvimento sustentável.

Os resultados obtidos serão aplicados em atividades que visam: 1) revisão dos protocolos laboratoriais instituídos no sentido de implementar metodologias mais sustentáveis com aprofundamento e desenvolvimento de rotas sintéticas alternativas às convencionais, associadas às várias actividades que decorrem no laboratório, utilizando os princípios da QV[2]; 2) criação de boas práticas laboratoriais associadas à manutenção de um laboratório ordenado e limpo, ao manuseamento correcto de produtos químicos e à redução do consumo de recursos e produção de desperdícios e 3) divulgação de ações de ciência para estudantes internos e externos e público em geral. Promoção do *ISELGreenLab* na sua associação a redes de laboratórios semelhantes.

Este projeto pretende contribuir para a adoção por parte de todos os envolvidos de uma mentalidade mais crítica e estabelecer um novo paradigma para a prática da engenharia química.

iii. Equipa técnica

A equipa deste projeto é composta por Ana Catarina Cardoso de Sousa (professora adjunta) e Maria Paula Alves Robalo (professora coordenadora), ambas docentes na Área Departamental de Engenharia Química do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, que nos últimos anos têm desenvolvido trabalho de investigação com foco na sustentabilidade dos processos de oxidação utilizando enzimas como biocatalisadores. Durante o projeto financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) “Degradação e Síntese de Corantes Azo e Antraquinona por Via Enzimática”, foi desenvolvida uma aproximação biotecnológica para o tratamento de efluentes resultante da indústria dos corantes e, também, desenvolvidos vários processos de síntese de diferentes compostos catalisados por enzimas. A prossecução deste trabalho deu origem à produção de diferentes famílias de compostos orgânicos, com propriedades adequadas para serem utilizados como pigmentos e/ou corantes e como moléculas bioativas, em meio essencialmente aquoso e em condições suaves de pH e temperatura, utilizando metodologias de menor impacto ambiental, capazes de substituir os tradicionais métodos químicos geralmente utilizados. [3-6] O reconhecimento e validação do trabalho foram feitos através da publicação em revista científicas internacionais, com foco no desenvolvimento de produtos e tecnologias limpas como a *Green Chemistry* e a *Advanced Synthesis and Catalysis* e divulgado em diferentes conferências nacionais e internacionais na área da Química Verde.

Os membros da equipa desta proposta são também docentes na licenciatura em engenharia química e biológica do ISEL e orientam teses de mestrado onde se desenvolvem trabalhos que promovem os princípios da QV. Destaca-se ainda o facto de um dos membros da equipa ser responsável do Laboratório de Química Básica e Inorgânica tornando-se numa mais valia para a prossecução dos objetivos propostos.

iv. Abordagem

A proposta aqui apresentada ambiciona integrar, explorar e implementar os princípios da QV quer no ensino da engenharia química do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa quer nas outras atividades aí desenvolvidas, utilizando como modelo o Laboratório de Química Básica e Inorgânica, onde a equipa desenvolve a sua atividade letiva e de investigação. Esta proposta integra-se no eixo temático “Tornar a Economia Circular” e pretende contemplar diversas iniciativas que abrangem a participação activa e passiva do público alvo e a sensibilização ambiental.

1) Intervenção nas actividades de ensino já em curso no laboratório, efetuando a alteração dos protocolos laboratoriais existentes no sentido de implementar metodologias ambientalmente mais sustentáveis.

A metodologia a seguir assenta na avaliação e análise detalhada dos procedimentos instituídos, tendo como foco aspetos-chave como: utilização de solventes orgânicos nocivos, utilização de processos catalíticos, avaliação de toxicidade e perigosidade dos reagentes e processos utilizados, reciclagem e reaproveitamento de recursos e energia. Sempre que possível pretende-se modificar e/ou reduzir todos os agentes tóxicos e nocivos, para diminuir o perigo de manuseamento e os custos associados com o seu tratamento.

A primeira abordagem passa pela análise dos textos de protocolos laboratoriais instituídos e praticados no Laboratório. Apesar de muitos já incluírem aspetos de segurança e contemplarem os perigos associados com a exposição a substâncias perigosas podem em muitos casos ser melhorados utilizando métricas de massa e métricas ambientais [7-9], que permitirão avaliar estas metodologias em termos ambientais.

Outra estratégia é o desenvolvimento de novos protocolos para experiências laboratoriais já realizadas e que permitam a comparação de diferentes métodos que conduzam à obtenção do mesmo produto. Como modelo utilizar-se-á um trabalho experimental já existente e através do fornecimento de protocolos experimentais com diferentes métodos de abordagem, pretende-se que os alunos possam comparar métodos tendo como base os princípios da Química Verde. A análise crítica deverá focar-se na comparação dos solventes escolhidos, na utilização de quantidades estequiométricas e na utilização de temperatura. Desenhar este tipo de exercícios de reflexão, que permite aos alunos desempenhar a mesma experiência por vias diferentes, resulta num ambiente de aprendizagem mais criativo que permite aos estudantes desenvolver outras competências, capacitando-os para a tomada de decisões mais consistentes dos benefícios e prejuízos que daí podem advir. Implementar sistemas de poupança de recursos nomeadamente de reagentes, água e energia, através da reutilização de produtos sintetizados em trabalhos anteriores por desenvolvimento de novos protocolos onde sejam utilizados como matérias-primas e substituição dos sistemas de refrigeração por sistemas de recirculação, aumentando a eficiência do processo.

2) Implementação de boas práticas associadas à manutenção de um laboratório seguro e ambientalmente mais sustentável. Este processo deve envolver acções de sensibilização de todos os intervenientes no laboratório (professores, funcionários e estudantes) e deve ser contínuo e baseado numa melhoria gradual à medida que as várias acções vão sendo implementadas.

Esta abordagem inclui a aplicação de vários princípios nas práticas associadas à manutenção de um laboratório ordenado e limpo, questões de segurança relacionadas com o manuseamento correcto de produtos químicos, sua utilização e armazenamento e à redução do consumo de recursos e produção de desperdícios facilitando a eficiência e reduzindo o impacto ambiental do laboratório.

3) Divulgação de acções de ciência para estudantes internos e externos e público em geral e promoção do *ISELGreenLab* na sua associação a redes de laboratórios semelhantes.

A criação, no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, de um Laboratório que tem como missão promover de forma eficiente os princípios da Química Verde no ensino e contribuirá para o desenvolvimento de competências que consideramos fundamentais na formação dos alunos e para a divulgação da escola associada aquilo que consideramos ser o ciclo natural da evolução, isto é, à consciência do conceito “*green*” para um futuro mais sustentável.

Promoção de cursos de formação em Química Sustentável com 25h de formação, para 15 formandos, destinado a alunos do ensino superior e/ou professores do ensino secundário.

Elaborar recursos educativos (manual de boas práticas laboratoriais, cunhado pelos princípios da Química Verde), produzir posters de divulgação de novas actividades internas ou externas associadas à implementação de processos mais verdes e promover e participar em acções

internas e externas de divulgação de ciência. Contribuir para eliminar a ideia negativa que a população em geral tem da Química/Engenharia Química mostrando que estas podem ser, muitas das vezes, feitas de uma forma mais sustentável.

v. Potenciais impactos

Os resultados esperados pela aplicação deste projeto centram-se essencialmente em dois aspetos:

1) Criar um laboratório eficiente que integre procedimentos e tecnologias ambientalmente favoráveis e que tenha como objetivo difundir os princípios da Química Verde. A ideia de conseguir transmitir a mensagem de que a química pode ser feita com todo o rigor e com o mínimo impacto no ambiente é uma mais valia que consideramos de extrema importância para a consciencialização de todos os envolvidos e sociedade em geral sobre a importância da química, que está presente em tudo o que nos rodeia.

2) Dotar os alunos de um conjunto de aptidões e competências relacionadas com a Química Verde e despertá-los para uma forma mais sustentável de fazer química. Incentivar os alunos e comunidade envolvida para as questões relacionadas com o desenvolvimento sustentável, incentivado a poupança de recursos e a procura por métodos alternativos.

O trabalho desenvolvido permitirá a criação de um novo conceito no ISEL, num espaço existente, que visa cooperar com entidades externas semelhantes de forma contínua através da promoção da Química Sustentável projetando o nome do ISEL numa rede de Laboratórios preocupados com a promoção e desenvolvimento de métodos de síntese sustentáveis. A criação de espaços de divulgação das actividades internas e/ou externas associadas a novas descobertas em Química Verde e desenvolvimento sustentável permitirá alargar o impacto a toda a comunidade circulante no espaço ISEL.

As várias actividades desenvolvidas no âmbito desta proposta podem ainda ter um efeito multiplicador através da transmissão da informação a potenciais veículos de disseminação do conhecimento como são os professores do Ensino Secundários e os futuros engenheiros.

vi. Sustentabilidade

A aplicação da Química Verde pode ser um processo complexo e existem muitas diferenças entre a aplicação de um processo a nível laboratorial e a nível industrial. No entanto, a consciencialização por parte dos futuros profissionais de engenharia química para todos estes princípios é fundamental e torna-se imperativa na sua formação. As ações a serem desenvolvidas serão fundamentais para o desenvolvimento de competências que ajudarão a desenvolver atitudes de natureza científica e tecnológica mais sustentáveis contribuindo para um desenvolvimento sustentável.

vii. Disseminação: comunicação e disseminação de resultados

Os trabalhos desenvolvidos serão divulgados através da publicação de artigos em revistas científicas nacionais e/ou internacionais, participação em encontros cujo âmbito seja a divulgação científica e através da publicação de um manual de boas práticas laboratoriais.

Serão também produzidos e divulgados conteúdos científicos associados com o curso de formação em Química Sustentável.

A criação de um espaço associado ao laboratório que regularmente fará a divulgação das actividades internas e/ou externas incluindo novas descobertas associadas à área da Química Verde e desenvolvimento sustentável, contribuirá igualmente para uma maior consciencialização de toda a comunidade ISEL para todas estas questões de índole ambiental.

viii. Referências bibliográficas

- [1] - Anastas, P. (2011). Twenty years of green chemistry, *Chem. Eng. News*, 89 (26), 62–65.
- [2] - Winterton N. (2001). Twelve more green chemistry principles, *Green Chem.*, 3, G73-75. doi: 10.1039/b110187k.
- [3] - Sousa, A.C., Piedade, M.F.M.M., Martins, L. O., Robalo, M.P. (2016). Eco-friendly synthesis of indo dyes mediated by a bacterial laccase. *Green Chem.*, 18, 6063-6070. doi: 10.1039/C6GC02050J.
- [4] - Sousa, A.C., Piedade, M.F.M.M., Martins, L. O., Robalo, M.P. (2015). An enzymatic route to a benzocarbazole framework using bacterial CotA laccase, *Green Chem.*, 17, 1492-1433. doi: 10.1039/C4GC02511C.
- [5] - Sousa, A. C., Oliveira, M. C., Lígia O. M., L.O., Robalo, M. P. (2014). Towards the rational biosynthesis of substituted phenazines and phenoxazinones by laccases. *Green Chem.*, 16, 4127-4136. doi: 10.1039/C4GC00901K.
- [6] - Sousa, A. C., Martins, L. O., Robalo, M. P. (2013). Laccase-catalysed homocoupling of primary aromatic amines towards the biosynthesis of dyes. *Adv. Synth. & Cat.*, 355 (14-15), 2908-2917. doi: 10.1002/adsc.201300501.
- [7] –Lapkin, A., Constable, D. (2008). Green chemistry metrics. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- [8] - Mercer, S. M., Andraos, J., Jessop, P.G. (2012). Choosing the Greenest Synthesis: A Multivariate Metric Green Chemistry Exercise. *J. Chem., Edu.*, 89, 215-220. doi: org/10.1021/ed200249v.
- [9] – Constable, D.J.C., Curzons, A.D., Cunningham, V.L. (2002). Metrics to “green” chemistry – which are the best?. *Green Chem.*, 4, 521-527. doi: 10.1039/b206169b.