

**RAMIRO JOSÉ ESPINHEIRA MARTINS**

**Relatório da Unidade Curricular  
Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental**

*Apresentado nos termos da alínea b) do artigo 5º do Decreto-Lei  
nº 239/2007 de 19 de junho, para acesso ao título de Agregado*

*no ramo do conhecimento em Ecologia e Saúde Ambiental  
da Universidade Fernando Pessoa*

**Junho de 2025**

## Índice

<b>1</b>	<b><i>Âmbito do Relatório</i></b> .....	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Fundamentos do processo de ensino-aprendizagem: uma introdução</b> .....	<b>4</b>
1.1.1	Processo de Bolonha no ensino superior e a acreditação de competências .....	4
1.1.2	Ensino baseado nos resultados da aprendizagem.....	6
1.1.3	O ensino centrado no estudante .....	10
<b>2</b>	<b><i>Enquadramento da Unidade Curricular no Plano Curricular</i></b> .....	<b>13</b>
<b>3</b>	<b><i>Objetivos, Programa e Bibliografia</i></b> .....	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b><i>Objetivos</i></b> .....	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b><i>Programa da Unidade Curricular</i></b> .....	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b><i>Bibliografia Recomendada</i></b> .....	<b>20</b>
<b>4</b>	<b><i>Resultados da Aprendizagem e Competências</i></b> .....	<b>22</b>
<b>5</b>	<b><i>Metodologia de Ensino e de Aprendizagem</i></b> .....	<b>24</b>
<b>6</b>	<b><i>Metodologia de Avaliação</i></b> .....	<b>27</b>
<b>7</b>	<b><i>Planificação das Sessões de Ensino Práticas-Laboratoriais</i></b> .....	<b>30</b>
<b>8</b>	<b><i>Breve Reflexão sobre os Resultados da Unidade Curricular</i></b> .....	<b>51</b>
<b>9</b>	<b><i>Conclusões</i></b> .....	<b>53</b>
	<b>Referências</b> .....	<b>53</b>

## Lista de Acrónimos

ABET	Accreditation Board for Engineering and Technology
EEES	Espaço Europeu de Ensino Superior
ENAAE	European Network for Accreditation of Engineering Education
CBO	Carência Bioquímica de Oxigénio
CQO	Carência Química de Oxigénio
ESTiG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão
IPB	Instituto Politécnico de Bragança
LCQA	Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental
LEQ	Licenciatura em Engenharia Química
TcA	Tecnologia Ambiental
TP	Trabalho Prático
UC	Unidade Curricular

## 1 Âmbito do Relatório

Este relatório tem como objetivo cumprir o requisito expresso na alínea b) do artigo 5º do Decreto-Lei nº 239/2007, de 19 de junho, o qual estipula que as provas de agregação incluem, entre outros elementos, a “*apresentação, apreciação e discussão de um relatório sobre uma unidade curricular, grupo de unidades curriculares, ou ciclo de estudos, no âmbito do ramo do conhecimento ou especialidade em que são prestadas as provas*”.

A unidade curricular (UC) eleita para este relatório é **Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental (LCQA)**, que será descrita nas próximas seções. Corresponde a uma componente curricular do Curso de Licenciatura em Engenharia Química (LEQ), em vigor na Escola Superior de Tecnologia e Gestão (ESTiG) do Instituto Politécnico de Bragança (IPB) a partir do ano letivo de 2007/2008 (adequação dos cursos bietápicos de licenciatura para licenciatura, conforme regime jurídico fixado pelo Decreto-Lei nº 74/2006, de 24 de março). O atual Curso de Licenciatura representa, aliás, uma evolução do curso bietápico de licenciatura em Engenharia Química, com origem no ano de 1998 (Portaria nº413-L/98, de 17 de julho), tendo o requerente destas provas participado da Comissão Científica proponente ao Ministério da Educação/Secretaria de Estado do Ensino Superior. A seleção desta UC está intrinsecamente ligada aos seguintes fatores:

- i) A UC foi concebida por mim na sua totalidade, já que a sua origem e a do curso de LEQ são concomitantes. O processo inicial envolveu a elaboração do programa, orientado para competências que os alunos precisariam de desenvolver. Para o efeito foi consultada documentação e manuais relevantes na área, bem como o programa de cursos equivalentes oferecidos por universidades nacionais.
- ii) Desde o seu início que tenho lecionado em exclusivo a UC, facilitando os ajustes considerados necessários no decurso deste período, ao nível dos conteúdos e dos métodos de ensino-aprendizagem.
- iii) A UC permite a familiarização com conceitos e a aquisição de competências teóricas e práticas indispensáveis para a adequada compreensão dos temas abordados na UC de Engenharia Ambiental, designadamente, caracterização/qualidade da água, águas residuais urbanas e industriais, sua reutilização e tratamento.

- iv) Esta UC representa também um importante elo de ligação com a minha área de investigação, despertando nos discentes o interesse por essa área e incentivando-os a optar pelos temas que proponho regularmente para preparação da dissertação da dissertação de Mestrado em Engenharia Química. Entre esses temas destacam-se: remoção e recuperação de iões metálicos por biossorção utilizando materiais de baixo custo; tratamento e valorização energética de resíduos e efluentes; valorização e incorporação de resíduos industriais e lamas em betão e argamassas; tratamento de efluentes industriais por Processos Oxidativos Avançados (POA); e a economia circular no setor da água e águas residuais.

## **1.1 Fundamentos do processo de ensino-aprendizagem: uma introdução**

### **1.1.1 Processo de Bolonha no ensino superior e a acreditação de competências**

O Processo de Bolonha foi lançado em 1999 com a adesão dos países signatários à Declaração de Bolonha, com a qual foi iniciada uma reforma no sistema de ensino superior europeu para estabelecer o Espaço Europeu de Ensino Superior (EEES). As metas do Processo eram a promoção da mobilidade académica, comparabilidade de qualificações e aprimoramento da empregabilidade dos diplomados, que seriam alcançadas através da harmonização dos sistemas de educação superior.

Na área da engenharia, essa reforma destacou a importância do ensino centrado nos resultados de aprendizagem. Em vez de se centrar apenas no conteúdo transmitido, o foco passaria a ser o que os estudantes podem fazer com o conhecimento adquirido. Os resultados de aprendizagem incluem as competências, habilidades e conhecimentos que os alunos devem demonstrar no final de um curso ou programa.

### **Objetivos e Princípios do Processo de Bolonha**

*Harmonização dos Graus Académicos:* Um dos principais objetivos do Processo de Bolonha é a criação de um sistema facilmente compreensível e comparável de graus académicos. Isto inclui a adoção de um modelo comum de três ciclos: licenciatura, mestrado e doutoramento.

A harmonização de graus facilita a mobilidade de estudantes e profissionais entre os países, e simultaneamente, o reconhecimento de graus entre os Estados-Membros.

Sistema de Créditos ECTS: A introdução do Sistema Europeu de Transferência e Acumulação de Créditos (ECTS) é crucial para a transparência e a comparação de cursos e programas de estudo. O ECTS facilita a transferência de créditos entre instituições e reconhece o esforço de aprendizagem dos estudantes de forma clara e uniforme.

Garantia de Qualidade: O Processo de Bolonha enfatiza a necessidade de mecanismos robustos de garantia de qualidade no ensino superior. Isto inclui a implementação de sistemas de acreditação e avaliação, tanto a nível institucional quanto de programas de estudo, assegurando padrões elevados e comparáveis de ensino.

### **Acreditação de Competências**

A acreditação de competências, no contexto do Processo de Bolonha, refere-se ao reconhecimento formal das competências e conhecimentos adquiridos pelos indivíduos, seja através de educação formal, experiência profissional ou outras formas de aprendizagem. Este processo é essencial para promover a aprendizagem ao longo da vida e para assegurar que as qualificações e competências dos indivíduos sejam valorizadas e reconhecidas.

Reconhecimento da Aprendizagem Prévia: A acreditação de competências permite que a aprendizagem prévia de um indivíduo seja reconhecida formalmente. Tal pode incluir conhecimentos e habilidades adquiridos através de experiências de trabalho, cursos não formais, ou outras atividades educacionais.

Flexibilidade e Inclusão: Ao reconhecer uma ampla gama de competências, o sistema educativo torna-se mais inclusivo e flexível, permitindo que um maior número de indivíduos, incluindo adultos que retornam à educação e trabalhadores, melhorem as suas qualificações sem a necessidade de começar do zero.

Reforço da Empregabilidade: A acreditação de competências contribui significativamente para a empregabilidade dos graduados. Ao validar competências específicas e relevantes para o mercado de trabalho, os graduados tornam-se mais competitivos e preparados para atender às necessidades dos empregadores.

Transparência e Comparabilidade: Com a acreditação de competências alinhada ao ECTS, torna-se mais fácil comparar e transferir qualificações entre diferentes instituições e países, facilitando a mobilidade académica e profissional dentro do EEES.

### **Desafios e Oportunidades**

A implementação do Processo de Bolonha e da acreditação de competências não está isenta de desafios. Um dos principais desafios é garantir que todos os países e instituições participantes adotem e implementem as reformas de maneira consistente e eficaz. Além disso, há a necessidade de desenvolver sistemas robustos de garantia de qualidade que possam verificar e validar as competências adquiridas por meio de diferentes vias.

No entanto, as oportunidades trazidas por estas reformas são significativas. Elas promovem a criação de um sistema educativo mais aberto, inclusivo e adaptável às necessidades dos estudantes e do mercado de trabalho. Além disso, a mobilidade e a cooperação internacional no ensino superior são fortalecidas, contribuindo para um ambiente académico mais diversificado e globalizado.

Concluindo, o Processo de Bolonha e a acreditação de competências representam um avanço significativo no ensino superior europeu. Ao promover a harmonização dos sistemas educacionais e o reconhecimento de competências, estas iniciativas aumentam a mobilidade académica e profissional, melhoram a qualidade do ensino e tornam o sistema educativo mais inclusivo e adaptável às necessidades contemporâneas. As reformas continuam a evoluir, enfrentando desafios e aproveitando oportunidades para construir um espaço educativo verdadeiramente europeu e globalizado.

#### **1.1.2 Ensino baseado nos resultados da aprendizagem**

No mundo atual, *‘os resultados da aprendizagem desempenham papel crucial para o reconhecimento’* ... no meio educacional e no mercado de trabalho [1]. De acordo com Purser (2003), da questão tradicional que se colocava a um diplomado *‘O que fizeste para obter o diploma?’*, evolui-se na atualidade para *‘O que podes fazer agora que obtiveste o teu diploma?’* Abordagem relevante para o mercado de trabalho, ao considerar questões de aprendizagem

ao longo da vida e outras experiências educativas não formais, pressionando no sentido de mudanças e atualizações do processo educativo.

Esta abordagem pedagógica é centrada no resultado final esperado para o estudante, expresso em termos de conhecimento, aptidões e competências. Tal corresponde a uma inversão da lógica tradicional de ensino, que normalmente começa com o conteúdo ou métodos, deixando a avaliação dos alunos para uma etapa posterior. No ensino orientado para os resultados da aprendizagem, os objetivos finais (aprendizagem) guiam todo o processo educativo, assegurando um alinhamento entre os conteúdos (o que deve ser ensinado), as estratégias e processos pedagógicos a implementar e os critérios de avaliação do sucesso acadêmico. Esta problemática pode ser sintetizada nos três pontos principais que se seguem:

1. **Abordagem Centrada nos Resultados:** O ensino começa com a definição clara do que o estudante deve saber, fazer e ser capaz de realizar no final do processo de aprendizagem. Esses resultados são expressos em termos de:
  - *Conhecimento:* o que o aluno deve saber (fatos, teorias, informações).
  - *Aptidões:* o que o aluno deve ser capaz de fazer (habilidades práticas e técnicas).
  - *Atitudes:* a capacidade de aplicar o conhecimento e as aptidões de forma eficaz em situações concretas, geralmente no contexto da resolução de problemas.
2. **Planeamento com Base nos Resultados:** Após a definição dos resultados desejados, o próximo passo é determinar como esses resultados serão alcançados. Isso envolve:
  - *Estratégias de Ensino:* que métodos, recursos e abordagens serão utilizados para facilitar a aprendizagem dos alunos, como aulas práticas, trabalhos em grupo, simulações, entre outros.
  - *Processos de Avaliação:* de que forma será medido se os alunos alcançaram os resultados esperados através de testes, projetos, demonstrações ou apresentações.
3. **Alinhamento do Ensino e da Avaliação:** Todo o processo de ensino, desde a seleção das atividades até aos métodos de avaliação, é estruturado para assegurar o cumprimento dos objetivos de aprendizagem. Dessa forma, cada etapa do ensino está diretamente alinhada com o desenvolvimento das competências previstas.

Esta nova realidade é especialmente importante em engenharia, onde é fundamental aplicar os princípios teóricos a problemas práticos. Agências de acreditação internacionais, como a ABET (nos EUA) e a ENAEE (na Europa), adotaram esse modelo baseado em resultados para definir descritores de qualificação [2]. Esses descritores são padrões reconhecidos que ajudam as instituições de ensino a preparar os estudantes para o mercado de trabalho e para a prática da engenharia, garantindo que desenvolvem as competências necessárias para atuar profissionalmente.

Os padrões EUR-ACE definem seis categorias de Resultados de Aprendizagem para programas de primeiro e segundo ciclos em engenharia [3]:

- i) Conhecimento e compreensão: refere-se à aquisição de sólidos conhecimentos em matemática, ciências e engenharia, permitindo a compreensão e o desenvolvimento de novas ideias no campo.
- ii) Análise de engenharia: envolve a capacidade de identificar, formular e resolver problemas complexos de engenharia, aplicando metodologias apropriadas.
- iii) Projeto de engenharia: habilidade de projetar soluções inovadoras e funcionais para problemas de engenharia, levando em consideração fatores económicos, ambientais, sociais e de segurança.
- iv) Investigação: capacidade de conduzir investigações e realizar experiências, interpretar dados e aplicar métodos de pesquisa para resolver questões em engenharia.
- v) Prática de engenharia: aplicação prática dos conhecimentos de engenharia, utilizando ferramentas, técnicas e normas em contexto profissional.
- vi) Capacidades pessoais e interpessoais: engloba as habilidades de comunicação, trabalho em equipa e gestão, necessárias para atuar de forma eficaz em ambientes profissionais e multiculturais.

Estas categorias garantem que os engenheiros formados possuem as competências necessárias para lidar com os desafios da profissão e promover a sua empregabilidade e mobilidade internacional [3, 4].

A avaliação de competências deve ser realizada de forma abrangente, correspondendo a uma interpretação holística das competências desenvolvidas pelo estudante considerando o conhecimento, aptidões e valores adquiridos, e utilizando diferentes métodos de avaliação.

De acordo com Borgona [5], os docentes na área da engenharia confrontam-se com o desafio de migrar de um sistema de ensino focado no professor para uma abordagem holística do ensino, conforme sintetizado na Tabela 1.

**Tabela 1** Componentes de uma formação holística em engenharia (adaptado de Borgona [5]).

<b>Ensino atual</b>	<b>Novas tendências</b>
Pensamento vertical (em profundidade)	Pensamento horizontal (funcional)
Aprendizagem abstrata	Aprendizagem experiencial
Reduccionismo – fracionamento	Integração - ligação das partes
Desenvolver ordem	Correlacionar o caos
Compreender a certeza	Lidar com a ambiguidade
Análise	Síntese
Investigação	Projeto / processo / fabricação
Resolver problemas	Formular problemas
Desenvolver ideias	Implementar ideias
Independência	Trabalho de equipa
Base tecnológico-científica	Contexto societal
Ciência da engenharia	Núcleo funcional da engenharia

Uma efetiva imersão neste paradigma de ensino-aprendizagem, requer mudança, exigindo uma abordagem da avaliação mais centrada no aluno e na aprendizagem, reforçando o papel ativo do estudante no processo de aprendizagem e de avaliação [6]. Uma avaliação que promova a motivação para aprender, a autonomia, estilos de aprendizagem diferenciados e o pensamento crítico, não estão alinhados com a prevalência duma avaliação dita tradicional, que se resume ao teste escrito ou exame [7].

A avaliação no ensino superior, diz respeito a uma dimensão sumativa, que certifica a aprendizagem do estudante. Contudo, idealmente esta pressupõe ainda a avaliação formativa e a melhoria do processo de ensino-aprendizagem. Nos últimos anos têm-se investigado

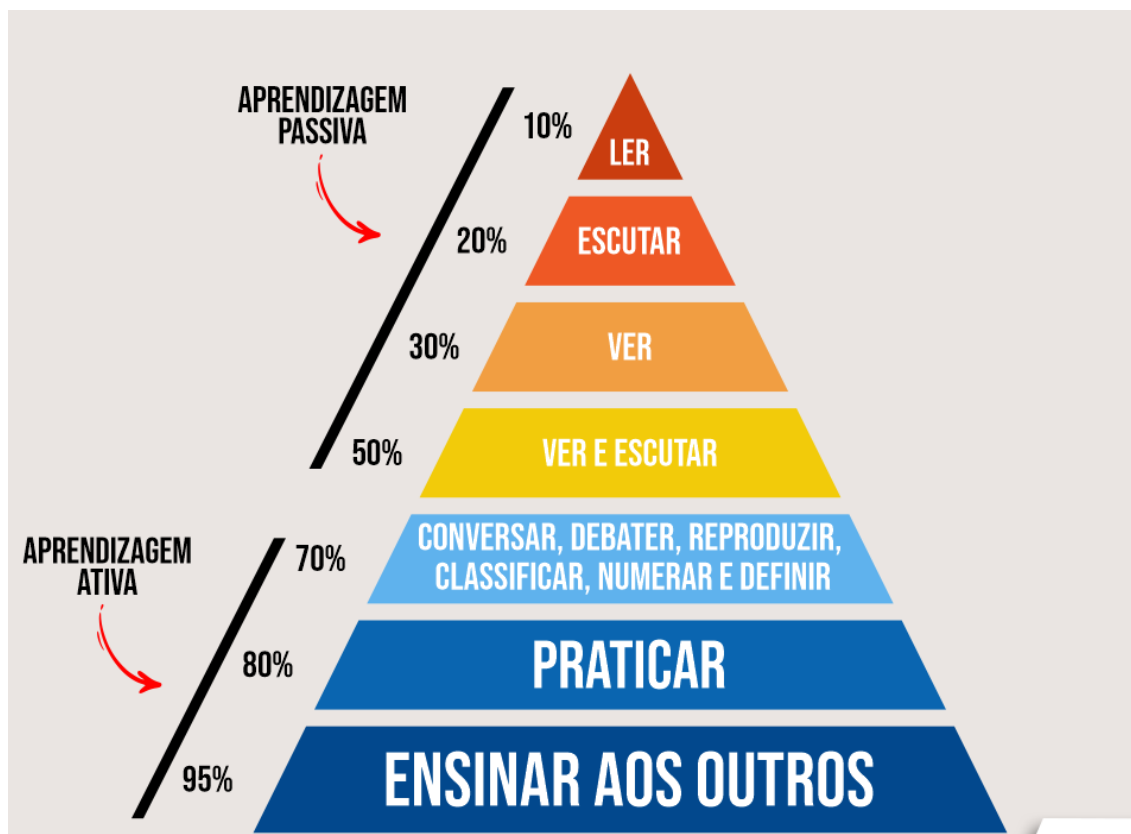
métodos alternativos de avaliação baseados na inovação, na promoção do trabalho colaborativo e no desenvolvimento de competências técnicas e transversais. De destacar, trabalhos baseados em projeto, portefólios, simulações e apresentações, identificados na literatura como métodos alternativos de avaliação ou métodos centrados no aluno, a par da auto e da heteroavaliação [8].

### **1.1.3 O ensino centrado no estudante**

Na última década, tem havido um impulso claro por parte das universidades para revigorar a qualidade da aprendizagem e do ensino, concentrando-se na teoria pedagógica que orienta o desenvolvimento e o ensino de disciplinas no âmbito de programas individuais. O ensino nas universidades estava até essa data centrado no conhecimento, sendo que o ensino, a função e os recursos da universidade giravam em torno deste tema central [9]. A mudança para um foco centrado no estudante proporcionou às universidades um momento para redesenhar um espaço de aprendizagem mais eficaz que envolva os estudantes [10].

Prince e Felder [11], na sua abordagem, defendem a transição de um modelo dedutivo para um modelo indutivo. O ensino dedutivo parte de princípios gerais e teorias, apresentados pelo professor, e aplica-os a exemplos específicos, sendo uma abordagem mais centrada no docente. Já o ensino indutivo começa com desafios (exemplos práticos ou problemas), incentivando os alunos a descobrirem padrões e formularem teorias, promovendo um envolvimento mais ativo. Enquanto o modelo dedutivo é eficiente para transmitir conteúdo estruturado, o indutivo desenvolve o pensamento crítico e a autonomia dos estudantes.

De acordo com a pirâmide da aprendizagem (Figura 1), ao utilizarem-se estratégias centradas no aluno (parte inferior da pirâmide), a que corresponde uma aprendizagem ativa (*'cooperative learning methods'*), o estudante aumenta significativamente o conhecimento, as aptidões e a capacidade para fazer, constituindo ainda uma oportunidade para o docente avaliar as suas competências.



**Figura 1** Pirâmide da aprendizagem [adaptado de 12].

Contudo, é importante frisar que o sucesso da aprendizagem assenta em duas vertentes complementares, o tipo de ensino do professor, mas também do estilo de aprendizagem do estudante. Richard Felder e Linda Silverman [13] desenvolveram um modelo que relaciona o estilo de ensino e o estilo de aprendizagem dos alunos, para descrever como os alunos aprendem e como os professores podem ajustar o seu ensino para responder a diferentes estilos de aprendizagem. Na Tabela 2 encontra-se um resumo dos estilos de aprendizagem preferidos pelos estudantes e correspondentes estilo de ensino, de modo a maximizar a obtenção de competências adequadas a um desempenho profissional de sucesso. Face a esta diversidade de estilos e de estímulos, para aumentar a probabilidade de sucesso do processo de aprendizagem, o professor deve adotar um conjunto diversificado de métodos de ensino (atividades com discussão, estudos de caso, debates e trabalhos em grupo, atividades laboratoriais, uso de recursos multimédia).

**Tabela 2** Correlação entre modelos de aprendizagem e estilos de ensino mais adequados (adaptado de [13]).

Estilo de aprendizagem		Estilo de ensino
Questão colocada	Perfil de aprendizagem	Estímulo mais adequado
Informação que é preferencialmente percebida pelo estudante	Sensorial (externa)	<i>Informação concreta</i> (observação, fatos, dados e experimentação)
	Intuitiva (interna)	<i>Informação abstrata</i> (especulação, imaginação, palpites)
Canal sensorial que permite uma percepção mais eficaz da informação	Visual	Figuras, diagramas, gráficos e demonstrações
	Auditivo	Palavras e sons
Organização da informação mais confortável	Indutivo	Observações, medições e dados
	Dedutivo	Princípios, leis e teorias
Processamento da informação (preferência)	Ativo	Envolvimento em discussões ou atividades físicas
	Refletivo	Análise/manipulação introspectiva
Como o estudante alcança a compreensão	Sequencial	Progressão passo a passo
	Global	Por saltos significativos e integradores

## 2 Enquadramento da Unidade Curricular no Plano Curricular

O projeto de unidade curricular (UC) de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental consiste no desenho de um processo de ensino-aprendizagem que se configure como um espaço privilegiado de pesquisa, transmissão e aplicação de conhecimentos de índole teórico-prática relacionados com a área multidisciplinar de Tecnologia Ambiental (TcA), integrando práticas que envolvem o controlo e a monitorização da qualidade ambiental.

A unidade curricular de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental foi desenhada para ser do tipo semestral e correspondendo a 6 ECTS, o que representa um esforço de 162 horas de trabalho, com a seguinte distribuição:

- Horas de contacto: 15 horas de sessões teóricas e 45 horas de sessões prática-laboratorial;
- Horas não presenciais: 98 horas;
- Horas de avaliação: 4 horas.

A UC de LCQA integra o curso de licenciatura em Engenharia Química (Anexo I), uma evolução de 26 anos, com origem no curso bietápico de licenciatura em Engenharia Química, criado em 1998 pela Portaria nº 413-L/98 de 17 de julho. A última alteração do plano de estudos da licenciatura em Engenharia Química ocorreu em 2021 no decurso do processo de avaliação da A3ES, com a fusão de algumas UC (Biologia I e II), a eliminação de uma UC (Instrumentação) e a introdução de duas UC-Unidade Livre (inseridos na política do IPB, obtenção de competências transversais). Esta UC (área de TcA) faz parte de um âmbito alargado de áreas científicas que compõem a estrutura da LEQ, que no final do ciclo de estudos permite aos alunos ter competências, aptidões e atitudes adequadas ao desempenho que a sociedade espera de um profissional de engenharia química.

A relevância desta UC é inquestionável de acordo com os objetivos da Agenda 2030-Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas, ao contribuir de forma efetiva para a integração dos ODS na gestão e estratégia para a sustentabilidade das empresas e, por consequência, do planeta (1 Erradicar a pobreza; 3 Saúde Qualidade; 6 Água potável e saneamento; 11 Cidades e comunidades sustentáveis; 12 Produção e consumo sustentáveis; 13 Ação climática; 14 Proteger a vida marinha; 15 Proteger a vida terrestre). Acresce uma

importância significativa pelas novas oportunidades que surgem com a inevitável aposta numa estratégia de economia circular a nível global.

Esta unidade curricular foi desenvolvida do zero, já que o docente participou na criação da licenciatura em Engenharia Química da ESTiG e, mais concretamente, no desenho de um conjunto de unidades curriculares, em que se insere a UC de LCQA. O primeiro passo foi definir o conteúdo do programa, tendo presente as competências que os estudantes deveriam adquirir na área da avaliação e controlo de qualidade ambiental, nomeadamente de água, águas residuais e água de equipamentos de recreio e lazer. Para isso, foram consultados livros didáticos relevantes e efetuado um estudo comparativo com programas semelhantes de outras instituições de ensino superior de referência. O programa, e em especial a planificação das sessões de prática-laboratorial, enquadram-se no esforço em garantir uma adequada articulação entre modelos de ensino-aprendizagem e um interconhecimento dos temas e programas lecionados. Adicionalmente, o programa não constitui um documento de trabalho inflexível e hermético, mas pelo contrário, está sujeito a atualizações que decorrem da evolução tecnológica identificada em cada ano letivo.

No desenho desta unidade curricular pretendeu-se introduzir alguns pontos que constituem inovações na prática usual do ensino da caracterização e controlo de qualidade de águas, nomeadamente:

- Alinhamento com o modelo de Bolonha, promovendo um ensino mais centrado no estudante através da constituição de grupos de trabalho com 2-3 elementos, potenciando a componente não presencial para desenvolver: trabalho de pesquisa para preparação prévia dos temas, o que permite uma integração de conhecimentos visando a consolidação de competências específicas.
- Além da produção de relatórios, introdução de trabalhos multimédia, com a posterior apresentação e discussão, de forma a desenvolver e potenciar as competências específicas associadas ao tema desenvolvido, mas também as competências transversais associadas às capacidades de comunicação oral, pesquisa, análise crítica e trabalho de equipa.

No projeto desta unidade curricular, é assumida a existência de um conjunto de condições que permitirão o cumprimento com sucesso do projeto pedagógico, nomeadamente:

- Bons recursos para estudo individual e coletivo, designadamente uma biblioteca e recursos on-line de acesso a documentação técnico-científica recente na área.
- Um laboratório que disponibilize um conjunto de materiais, reagentes e equipamento técnico adequado e atualizado, de forma a potenciar a experimentação e desenvolvimento de competências práticas na caracterização e controlo de qualidade de águas.
- Um técnico que dá apoio na preparação de soluções e materiais a usar nas aulas práticas.
- Uma plataforma virtual de e-learning de forma a constituir um repositório dos conteúdos desenvolvidos para a unidade curricular e permitir também para estimular a cooperação entre o docente e os estudantes, nomeadamente através da troca de informação e esclarecimento de dúvidas.
- O exercício de projeto pedagógico da unidade curricular será mais realista e credível se permitir testar as metodologias propostas num contexto real, possibilitando melhorias contínuas com base na experiência dos diversos intervenientes, resultando num processo de aperfeiçoamento contínuo.

A unidade curricular de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental integra o 1º semestre do 3º ano do plano de estudos do curso de 1º ciclo em Engenharia Química da ESTiG-IPB desde o ano letivo de 2006/07, ou seja, desde a adequação da Licenciatura ao processo de Bolonha. Essa adequação, em conformidade com o disposto no regime jurídico dos graus académicos e diplomas do Ensino Superior, pressupõe a passagem de *“um sistema de ensino baseado na transmissão de conhecimentos para um sistema baseado no desenvolvimento de competências”*; a *“orientação da formação ministrada para os objetivos específicos que devem ser assegurados pelos ciclos de estudos”*; a *“determinação do trabalho que o estudante deve desenvolver em cada unidade curricular e sua expressão em créditos de acordo com o sistema europeu de transferência e acumulação de créditos (ECTS<sup>1</sup>)”*; e ainda a *“fixação do número total de créditos, e conseqüente duração do ciclo de estudos”* [14-16].

Desta forma, o 1º ciclo de estudos em Engenharia Química passou a ter uma duração de

---

<sup>1</sup> Do Inglês “European Credit Transfer and Accumulation System”. Subjacente ao novo paradigma de ensino-aprendizagem encontra-se a implementação do sistema de créditos ECTS, que indicam a quantidade de trabalho a desenvolver pelo estudante para obter os resultados de aprendizagem estabelecidos para cada

6 semestres letivos, isto é, três anos curriculares, à semelhança do que sucede noutras instituições nacionais e europeias de referência, encontrando-se organizado em unidades curriculares contabilizadas em ECTS.

Cada ano curricular totaliza 60 ECTS, resultando num acumulado de 180 ECTS no final do curso. Estes créditos estão distribuídos pelas diferentes áreas científicas que integram a Licenciatura<sup>2</sup>, nomeadamente: Biologia (6 ECTS), Biotecnologia (12 ECTS), Engenharia dos Processos Químicos (27 ECTS), Física (6 ECTS), Informática (6 ECTS), Matemática (30 ECTS), Química (36 ECTS), Tecnologia do Ambiente (6 ECTS), Termodinâmica e Fenómenos de Transferência (39 ECTS) e todas as do IPB (12 ECTS). É importante salientar que a implementação do Processo de Bolonha na Licenciatura em Engenharia Química da ESTiG-IPB foi resultado de um compromisso assumido na revisão da estrutura curricular, fruto de uma discussão e reflexão interna aprofundadas. Este processo foi visto como uma oportunidade para melhorar a qualidade da formação oferecida, promover a mobilidade dos estudantes e fomentar a internacionalização do 1º ciclo de estudos. No que respeita à unidade curricular de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental, esta insere-se área científica de Tecnologia do Ambiente, é semestral e atribui 6 ECTS, tal como as demais unidades curriculares do curso.

A ESTiG-IPB dispõe de um laboratório<sup>3</sup> moderno e devidamente equipado, que oferece todas as condições necessárias para a aquisição de competências na área da caracterização, controlo e monitorização da qualidade de águas e águas residuais (estufas, mufla, digestores para determinação da CQO, unidade manual e automática de CBO-Oxitop, espectrofotómetro UV/Vis, autoclave, camara de fluxo laminar, sondas diversas, fotómetro de campo, *Jar Tester*, turbidímetro). Inserido na vertente de Tecnologia do Ambiente, este espaço permite aos estudantes desenvolverem conhecimentos e habilidades práticas, utilizando técnicas e metodologias avançadas para analisar parâmetros essenciais da qualidade de águas. O laboratório, além de cumprir elevados padrões de qualidade, proporciona um ambiente de aprendizagem ideal para a aplicação de conceitos teórico-práticos, preparando os alunos para os desafios reais do mercado de trabalho nesta área crucial. Além de integrar a Licenciatura em Engenharia Química, a unidade curricular de Laboratórios de Controlo de Qualidade

---

<sup>2</sup> Regulamento da criação do Curso bietápico em Engenharia Química (licenciatura), DR, 2a série, Portaria nº413-L/98 de 17 de Julho; posterior adequação do curso bietápico de licenciatura para licenciatura em Engenharia Química, DR, 2a série, DL74/2006 de 24 de Março 2007.<sup>3</sup> LPQ – Laboratório de Processos Químicos

Ambiental tem uma continuidade no Curso de Mestrado em Engenharia Química, permitindo uma progressão sólida na área. No IPB, há ainda diversos trabalhos de investigação focados na reutilização, recuperação, tratamento e valorização de água e efluentes. Esta combinação de fatores tem despertado um crescente interesse entre os estudantes, tanto do 1º como do 2º ciclo de estudos em Engenharia Química, resultando numa produção significativa de investigação científica e dissertações de mestrado nestes domínios.

Por fim, é importante destacar que o ensino desta unidade curricular tem sido igualmente enriquecido pela participação do docente em projetos de investigação, como membro integrado do Laboratório de Processos de Separação e Reação (LSRE-FEUP), onde permaneceu de 2004 até junho de 2024. Esta colaboração não só fortaleceu o vínculo entre ensino e investigação, mas também proporcionou aos alunos acesso a conhecimentos de ponta e a oportunidades de envolvimento em projetos inovadores, ampliando a sua formação e visão sobre a aplicação de tecnologias emergentes no contexto da engenharia ambiental e química.

### **3 Objetivos, Programa e Bibliografia**

Este capítulo apresenta de forma resumida os objetivos principais, o programa proposto e a bibliografia recomendada para a unidade curricular de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental.

#### **3.1 Objetivos**

O objetivo central da unidade curricular de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental consiste em desenvolver as competências adequadas para caracterizar, interpretar e desenvolver análise crítica para aplicação em meio laboratorial e em instalações de tratamento ambientais.

Neste contexto e mais detalhadamente, podem ser definidos os seguintes sub-objetivos:

- Enquadrar a importância da monitorização e controlo da qualidade de águas na sustentabilidade ambiental do planeta.
- Adquirir conhecimentos técnicos e desenvolver aptidões analíticas para caracterizar de forma rigorosa diferentes tipos de água (águas superficiais, potáveis, residuais, de processo e de recreio).
- Promover a capacidade dos estudantes de desenvolver um sentido crítico efetivo na interpretação dos resultados analíticos.
- Desenvolvimento da autoconfiança no projeto laboratorial real, por oposição aos sistemas teóricos.
- Desenvolver competências de trabalho em equipa, cooperação e disciplina.

#### **3.2 Programa da Unidade Curricular**

O docente deve dominar plenamente os conteúdos da unidade curricular e assegurar que os estudantes os adquiram através de práticas de ensino-aprendizagem eficazes, dentro do tempo previsto. O programa curricular serve como uma orientação para a organização dos conteúdos a serem lecionados. Embora se valorize a autonomia do estudante, a existência de um programa estruturado permite que a aprendizagem seja desenvolvida de forma organizada,

abordando os temas de maneira sequencial e ao ritmo adequado. Assim, o percurso pedagógico torna-se claro e bem definido, promovendo uma experiência de ensino-aprendizagem planeada e direcionada.

O programa também assume particular relevância à luz do conceito de resultados de aprendizagem, os quais podem ser entendidos como os conteúdos, conhecimentos, aptidões e atitudes que um estudante deve possuir quando termina um ciclo de estudos, o que segundo o modelo de Bolonha, implica que esses mesmos conteúdos se encontrem especificados à partida, de modo que os estudantes tenham consciência do que devem saber, compreender e possuir como resultado do processo de ensino-aprendizagem [7]. Tal impõe que o programa seja elaborado tendo presente as competências expectáveis que o estudante deverá adquirir ao longo do processo de ensino-aprendizagem.

Na elaboração do programa que aqui se apresenta considerou-se, num semestre de 15 semanas, um total efetivo de 15 aulas prática-laboratorial (4 horas semanais).

Os conteúdos programáticos propostos para a unidade curricular de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental correspondem a 11 trabalhos práticos laboratoriais:

### ***Módulo 1 - Técnicas laboratoriais de determinação de parâmetros físicos em águas***

TP1 Determinação de Sólidos Totais, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Suspensos Voláteis, Sólidos Sedimentáveis, condutividade e turvação em águas residuais.

TP2 Determinação da cor (aparente e verdadeira) de águas (superficiais e residuais) por espectrofotometria.

### ***Módulo 2 - Técnicas laboratoriais de determinação de parâmetros químicos em águas***

TP3 Determinação de nitratos em águas superficiais e residuais pelo método de rastreio espectralométrico no UV.

TP4 Determinação de nitritos em águas (superficial e residual) pelo método colorimétrico.

TP5 Determinação de amónia em águas superficiais e residuais pelo método de Nessler.

TP6 Determinação da dureza total e permanente de uma água de consumo humano pelo método titrimétrico de EDTA.

TP7 Determinação da alcalinidade e da acidez de uma água (superficial e residual).

TP8 Determinação de sulfatos numa água residual pelo método turbidimétrico.

TP9 Determinação do fósforo total e fósforo solúvel em águas (superficial e residual) pelo método do ácido ascórbico.

TP10 Determinação da Carência Química (CQO) pelo método do refluxo fechado em águas residuais.

TP11 Determinação da Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO<sub>5</sub>) em águas residuais pelo método da diluição.

### 3.3 Bibliografia Recomendada

O programa da unidade curricular, descrito anteriormente, é acompanhado por um conjunto de materiais de estudo, incluindo protocolos detalhados para os trabalhos laboratoriais, elaborados pelo docente, e outros materiais de apoio disponibilizados antecipadamente aos estudantes na plataforma digital Virtual.IPB, no início do semestre. Para acompanhar o desenvolvimento da unidade curricular, é fundamental que os estudantes consultem a bibliografia recomendada. Esta bibliografia é revista anualmente, de forma a incluir novas publicações e assegurar a atualização das edições já existentes.

De seguida, é proposta a seguinte bibliografia recomendada:

1. American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2023). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (24th ed.). APHA. ISBN 978-0875533255
2. Boyd, C. E. (2015). *Water quality: An introduction* (2nd ed.). Springer International Publishing. ISBN 978-3319174457
3. Nollet, L. M. L., De Gelder, L. S. P. (Eds.). (2013). *Handbook of water analysis* (3rd ed.). CRC Press. ISBN 978-1439889664

4. Sawyer, C. N. (2003). *Chemistry for environmental engineering and science* (5th ed.). McGraw-Hill. ISBN 0-07-119888-1.
5. Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., Crouch, S. R. (2013). *Fundamentals of analytical chemistry* (9th ed.). Brooks/Cole. ISBN 0-495-55828-1.
6. Diário da República, Decreto-lei 236/1998 de 1 de Agosto de 1998.
7. Diário da República, Decreto-lei 152/2017 de 11 de Dezembro de 2017.
8. Diário da República, DL nº 69/2023 de 21 de agosto 2023. Regime jurídico da qualidade da água destinada ao consumo humano.

## 4 Resultados da Aprendizagem e Competências

Com base nos princípios do modelo de Bolonha, é crucial que, ao desenvolver uma unidade curricular, se estabeleçam de forma clara os conhecimentos e as competências que os estudantes irão adquirir no término do processo de ensino-aprendizagem<sup>4</sup>, conhecidos como resultados de aprendizagem. A formulação dessas competências deve ser objetiva e direta, utilizando os descritores de Dublin<sup>5</sup> como referência, o que contribui para uma melhor compreensão e alinhamento com as diretrizes europeias de qualificação. Essa abordagem não só facilita a avaliação do progresso dos alunos, mas também assegura que o conteúdo da unidade curricular esteja alinhado com as expectativas e necessidades do mercado de trabalho [17].

Assim, no final da unidade curricular de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental, o estudante deve ser capaz de:

- Compreender o enquadramento e relevância do controlo da qualidade de águas e águas residuais para a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento da sociedade.
- Realizar testes laboratoriais para avaliar a qualidade da água e das águas residuais, interpretando os resultados de forma crítica.
- Identificar e quantificar contaminantes presentes nas amostras de água, aplicando métodos analíticos adequados.
- Compreender e interpretar a legislação e normas relacionadas com o controlo da qualidade da água e ao tratamento de águas residuais.
- Elaborar e implementar protocolos de monitorização da qualidade da água, considerando os parâmetros físicos, químicos e biológicos.
- Avaliar a importância da gestão sustentável dos recursos hídricos e a necessidade de implementar medidas para a mitigação da poluição hídrica.

---

<sup>4</sup> Os resultados de aprendizagem, do Inglês “*Learning Outcomes*”, podem ser entendidos como “*conteúdos, aptidões e atitudes que se espera que o estudante apreenda como resultado da atividade de ensino-aprendizagem*”

<sup>5</sup> Os descritores de Dublin ilustram as competências e realizações típicas associadas a qualificações que significam a conclusão de cada ciclo de estudos.

- Desenvolver um sentido crítico na análise de resultados laboratoriais e na avaliação de métodos de tratamento de águas.
- Colaborar efetivamente em projetos de grupo, contribuindo para a realização de experiências e interpretação de dados.
- Comunicar resultados e conclusões de forma clara e concisa, tanto por escrito como oralmente, utilizando terminologia técnica apropriada.
- Aplicar técnicas de gestão da informação para pesquisar, selecionar e analisar dados relevantes sobre a qualidade da água e águas residuais.
- Trabalhar de forma autónoma, demonstrando responsabilidade e iniciativa na realização de atividades laboratoriais.

## 5 Metodologia de Ensino e de Aprendizagem

A metodologia de ensino e de aprendizagem compreende aulas presenciais, nomeadamente sessões de prática-laboratorial, complementadas com uma forte componente não presencial (pré e pós). Numa fase pré-aula prática, o estudante realiza uma preparação rigorosa e estuda previamente os protocolos laboratoriais, assim como o conteúdo teórico subjacente, fundamentais para assegurar uma execução eficiente dos trabalhos práticos. A eficácia desta fase é aferida com a realização de um mini-teste diagnóstico (usando a ferramenta ‘testes online’ da plataforma online do IPB), nos primeiros 5 minutos da aula prática, destinado a avaliar o nível de assimilação dos estudantes. Além de garantir o domínio dos conhecimentos prévios, este método visa também o desenvolvimento de competências essenciais, como a capacidade de análise crítica, resolução de problemas, aplicação de métodos científicos e trabalho em equipa, indispensáveis para a realização eficaz das atividades laboratoriais. Na componente não presencial após a realização das atividades laboratoriais, o estudante deve elaborar um relatório detalhado que inclua a análise e interpretação dos resultados obtidos, e a discussão dos conceitos abordados na prática. A elaboração do relatório permite consolidar os conhecimentos teóricos e práticos adquiridos durante a aula laboratorial, e ainda desenvolver competências, como a capacidade de análise crítica, síntese da informação e comunicação científica. Através da redação deste documento, os estudantes reforçam a sua habilidade de identificar problemas, interpretar resultados de forma autónoma e fundamentar as suas conclusões com base em dados experimentais, promovendo assim uma aprendizagem mais aprofundada e reflexiva. Além disso, este exercício potencia a capacidade de organização e gestão do tempo, uma vez que requer a integração de várias etapas do processo de ensino-aprendizagem.

Desde há alguns anos, nomeadamente com a introdução dos princípios de Bolonha, novas metodologias de ensino são incentivadas, visando promover uma aprendizagem mais ativa e participativa. Face a esta realidade, na UC foi introduzida a preparação de um trabalho em suporte multimédia (vídeo) como atividade inovadora e ainda a preparação de apresentação (veículo de expressão à escolha do aluno), entre os trabalhos laboratoriais a realizar. Pretende-se desta forma encorajar a aplicação prática do conhecimento, e simultaneamente estimular o desenvolvimento de competências essenciais, como

comunicação eficaz, criatividade e capacidade de síntese. Esta possibilidade de o estudante documentar e apresentar o seu trabalho reforça a importância da aprendizagem colaborativa e da reflexão crítica, promovendo um ambiente educacional mais dinâmico e adaptado às exigências atuais.

Os materiais de apoio para as aulas práticas laboratoriais, como excertos de referências bibliográficas, legislação relevante e os guiões para a realização dos trabalhos, devem ser disponibilizados através de uma plataforma virtual. No caso do IPB, esta plataforma encontra-se acessível em <https://virtual.ipb.pt/portal>. Os estudantes deverão também utilizar esta plataforma para realização dos mini-testes (um por cada trabalho prático) e para a submissão dos relatórios elaborados ao longo da unidade curricular de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental. Além de funcionar como repositório dos conteúdos e materiais da unidade curricular, esta plataforma de e-learning facilita a interação e a cooperação entre o docente e os estudantes, promovendo o intercâmbio de informações e o esclarecimento de dúvidas de forma mais eficiente.

Na primeira aula do semestre os estudantes organizam-se em grupos de dois elementos (preferencial).

Na Tabela 3 apresenta-se a organização da unidade curricular.

A distribuição não sequencial dos trabalhos práticos (TP), conforme descrito na Tabela 3, é condicionada pela elevada exigência de material e de equipamentos, o que impede que mais de dois grupos realizem a mesma tarefa experimental na mesma data. Atendendo às especificidades de cada TP, o arranjo apresentando permite que todos os grupos executem as tarefas de forma contínua e em tempo útil.

Os inquéritos pedagógicos são uma ferramenta eficaz para avaliar a perceção dos estudantes sobre o funcionamento da unidade curricular. Para esta UC, foram analisados os resultados dos últimos cinco anos com o objetivo de perceber a evolução temporal. A análise revela uma oscilação nas pontuações, possivelmente devido ao baixo número de respostas registadas em certos anos letivos. No entanto, os indicadores percentuais variaram entre 75% e 98% nos parâmetros “Unidade Curricular” e “Estudantes”, e entre 65% e 90% no parâmetro “Docente”. Destaca-se também o indicador relacionado ao tempo médio dedicado pelos

estudantes à UC fora das aulas, que aumentou de cerca de 2 horas para 6 horas semanais, sugerindo um progresso positivo na dedicação e envolvimento dos alunos ao longo do semestre.

**Tabela 3** Organização das aulas de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental.

Semana	Grupo							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
S1	Apresentação e explicação dos trabalhos práticos (conceitos e prática laboratorial)							
S2	TP1	TP2	TP3	TP7	TP1	TP2	TP3	TP7
S3	Análise dos relatórios da aula S2 e sugestões/correções							
S4	TP3	TP1	TP6	TP2	TP3	TP1	TP6	TP2
S5	TP6	TP7	TP1	TP10+TP11	TP6	TP7	TP1	TP10+TP11
S6	TP10+TP11	TP9	TP7	TP1	TP10+TP11	TP9	TP7	TP1
S7	Repetição de trabalho prático ou melhoria de relatório ou atividade proposta pelo aluno							
S8	TP9	TP10+TP11	TP5	TP4	TP9	TP10+TP11	TP5	TP4
S9	TP7	TP4	TP10+TP11	TP6	TP7	TP5	TP10+TP11	TP6
S10	TP2	TP6	TP8	TP3	TP2	TP6	TP8	TP3
S11	TP4	TP8	TP2	TP5	TP4	TP8	TP2	TP5
S12	TP5	TP3	TP9	TP8	TP5	TP3	TP9	TP8
S13	TP8	TP5	TP4	TP9	TP8	TP5	TP4	TP9
S14	Repetição de trabalho prático ou melhoria de relatório ou atividade proposta pelo aluno							
S15	Apresentação e discussão de trabalho (definido)							

## 6 Metodologia de Avaliação

A avaliação é o processo através do qual se verifica o grau de sucesso do percurso educativo, medindo até que ponto foram atingidos os resultados de aprendizagem e as competências definidas para o curso e para cada unidade curricular. Este processo implica uma análise comparativa entre os dados recolhidos — que podem incluir observações diretas, provas escritas ou orais, exercícios práticos, entre outros — e os critérios previamente estabelecidos. Avaliar, portanto, não é apenas reunir evidências, mas também analisar o desempenho dos estudantes face aos objetivos pedagógicos, promovendo um ciclo contínuo de feedback e aperfeiçoamento [18].

Em conformidade com os princípios orientadores do modelo de Bolonha, é proposto um modelo de avaliação equilibrado e contínuo, distribuído ao longo do semestre, que permita testar e valorizar diferentes competências dos estudantes mediante um conjunto diversificado de componentes de avaliação. A classificação final resulta da ponderação das diferentes componentes (expressa numa escala numérica de 0 a 20 valores).

### Componentes de Avaliação

- **Prova escrita presencial**, a ser realizada no final do semestre, incidindo sobre os temas do programa lecionado, com um peso de 30%, sendo que a aprovação na UC requer a obtenção de uma nota mínima de 7 valores. No total, a prova tem a duração máxima de uma hora e os estudantes têm de responder a diversas questões, essencialmente relacionadas com a prática laboratorial (em anexo exemplos de enunciados de provas escritas).
- **Trabalhos laboratoriais e relatórios**, com um peso de 30%, referente à participação do estudante no processo de desenvolvimento dos trabalhos laboratoriais, assim como a produção de relatórios (um por cada trabalho prático). Os critérios de avaliação desta componente incluem ainda empenho, motivação e qualidade do desempenho nas aulas laboratoriais.
- **Mini-testes**, com um peso de 20%, momento de avaliação individual que se desenvolve nos primeiros cinco minutos de cada aula, e consta de cinco questões (V/F ou de

escolha múltipla) sobre o trabalho laboratorial a executar. O estudo e preparação prévios em grupo estimula a aquisição de conhecimento sobre o tema, sendo expectável uma execução mais eficiente, com clara definição de objetivos, etapas bem estruturadas e uma adequada gestão de recursos e tempo. Permite ainda uma previsibilidade dos resultados e capacidade de identificar e resolver possíveis problemas por antecipação, o que é garantia de maior qualidade e consistência do trabalho final.

- **Relatório em formato audiovisual**, com um peso de 10%, que consiste na produção de um vídeo sobre um trabalho laboratorial (G1-G4, 2ºTP; G5-G8, 5ºTP), os estudantes desenvolvem competências como a comunicação científica clara e eficaz, síntese e organização de informação e competências digitais. O planeamento e a conclusão do projeto, permitem ao estudante reforçar a sua autonomia e gestão do tempo. Adicionalmente, o armazenamento desses projetos num repositório adequado torna-se uma valiosa ferramenta de estudo para os estudantes, permitindo o acesso futuro aos conteúdos para revisão e consulta.
- **Apresentação e discussão de trabalho**, com um peso de 10%, contemplando a exposição oral e posterior discussão do trabalho pré-definido no início do semestre (G1-G4, 3ºTP; G5-G8, 8ºTP). Os critérios de avaliação das apresentações incluem: qualidade da apresentação (coerência e organização da exposição oral, e competências orais), qualidade dos conteúdos tratados, utilização e gestão do tempo disponível, inclusive entre os membros do grupo, e capacidade de resposta às questões colocadas.

## **Obtenção de frequência**

As aulas laboratoriais são obrigatórias para todos os alunos, incluindo os que estão ao abrigo do estatuto de trabalhador-estudante. Para obter frequência, o aluno deverá ter realizado obrigatoriamente nove trabalhos práticos.

A plataforma virtual do IPB constitui a ferramenta para submissão dos materiais relativos ao desenvolvimento dos trabalhos propostos, a saber relatórios, vídeo e apresentação oral.

A avaliação e a correspondente atribuição de classificações mantêm-se essencialmente individuais, mesmo quando os elementos avaliados incluem trabalhos realizados em grupo. Isso assegura que o desempenho de cada estudante é analisado de forma autónoma, refletindo o contributo e as competências individuais no contexto da atividade coletiva.

## 7 Planificação das Sessões de Ensino Práticas-Laboratoriais

Considerando uma calendarização de 15 semanas de trabalho presencial, com uma sessão semanal de 4 horas de prática-laboratorial, os conteúdos apresentados neste documento são distribuídos como se ilustra de seguida. Conforme apresentado no Capítulo 5 (Tabela 3), a organização das aulas contempla a execução simultânea de quatro Trabalhos Práticos. No plano que se segue, será detalhada apenas a informação referente aos Trabalhos Práticos que estejam a ser realizados pela primeira vez.

### Semana 1

#### ***Aula Prática-Laboratorial (4 horas)***

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é fazer a apresentação da unidade curricular e introduzir os conceitos genéricos associados à caracterização e controlo de qualidade ambiental de água para consumo humano, águas residuais, águas de processo e de equipamentos de recreio e lazer.

#### **Tópicos abordados:**

- Apresentação: objetivos, resultados de aprendizagem e competências expectáveis, metodologia pedagógica e metodologia de avaliação. Calendarização das atividades. Bibliografia recomendada.
- Introdução ao controlo de qualidade de águas: contextualização, definições, objetivos, normas e regulamentação, metodologias de análise, tipos de águas a caracterizar, importância no planeamento e gestão ambiental, parâmetros relevantes no controlo de qualidade de uma água, papel da caracterização no projeto de instalações de tratamento.

#### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Compreender o enquadramento e importância da caracterização de águas em diferentes contextos, nomeadamente no controlo de qualidade de água para consumo humano, na monitorização e correção do funcionamento de instalações de tratamento, na recolha de informação relevante no projeto de instalações

ambientais, na preservação da qualidade e sustentabilidade de ecossistemas aquáticos e na saúde ambiental em geral.

- Obter conhecimentos e compreender os conceitos básicos do controlo da qualidade ambiental (água, águas de processo e águas residuais).

## Semana 2

### ***Aula Prática-Laboratorial (4 horas)***

#### **Tarefa: TP1**

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é realizar a determinação de diferentes tipos de sólidos em águas superficiais e águas residuais domésticas, bem como utilizar equipamentos laboratoriais como medidor de pH, condutivímetro e turbidímetro.

#### **Tópicos abordados:**

- Determinação de sólidos totais, sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos suspensos fixos e voláteis e sólidos sedimentáveis em águas residuais.
- Calibração de equipamento e leitura de parâmetros em águas: pH, condutividade e turvação.

#### **Exercícios propostos:**

- Realização individual do mini-teste de diagnóstico, usando a ferramenta 'testes online' da plataforma online do IPB, nos primeiros 5 minutos da aula.
- Realização da ficha de trabalho TP1.

#### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Adquirir competências técnicas em métodos de análise.
- Obter conhecimentos e interpretar a legislação aplicável no controlo da qualidade de águas.
- Interpretar e aplicar dados analíticos na gestão do teor de sólidos em águas residuais.

- Calibrar e manter operacionais equipamentos de medição.
- Planejar e organizar trabalho prático, respeitando boas práticas laboratoriais e normas de segurança.

### **Tarefa: TP2**

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é realizar a determinação da cor, aparente e verdadeira, de água superficial (rio) e de uma água residual doméstica pelo método espectrofotométrico, usando a escala de cor platina-cobalto (Pt-Co).

### **Tópicos abordados:**

- Conceitos de cor verdadeira e cor aparente de uma água.
- Escala de Platina-Cobalto, como padrão de referência para medição da cor em amostras de água.
- Espectrofotometria e comprimento de onda, técnica que permite quantificar com precisão o teor de cor devida a substâncias dissolvidas e em suspensão.
- A curva de calibração como ferramenta essencial na determinação quantitativa da cor da água. Correlação entre a intensidade de absorção medida e as concentrações conhecidas preparadas a partir de uma solução padrão.

### **Exercícios propostos:**

- Realização individual do mini-teste de diagnóstico, usando a ferramenta ‘testes online’ da plataforma online do IPB, nos primeiros 5 minutos da aula.
- Realização da ficha de trabalho TP2.

### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Adquirir competências técnicas em métodos de análise.
- Obter conhecimentos e interpretar a legislação aplicável no controlo da qualidade da cor em análises ambientais e industriais.
- Interpretar e aplicar dados analíticos na gestão da cor de águas.
- Operar e utilizar um espectrofotómetro.

- Desenvolver competências em calibração e interpretação de dados.
- Desenvolver sentido crítico no que respeita ao parâmetro cor na identificação de substâncias indesejáveis/contaminantes. Implicações na sua utilização para consumo humano, no projeto de unidades de tratamento de águas e cumprimento de normas ambientais.
- Planear e organizar trabalho prático, respeitando boas práticas laboratoriais e normas de segurança.

### **Tarefa: TP3**

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é determinar o teor de nitratos, de água superficial (rio) e água residual doméstica, por espectrofotometria de absorção no ultravioleta (UV).

### **Tópicos abordados:**

- Origens da contaminação de águas por nitratos (águas residuais urbanas, atividades agrícolas e industriais).
- Dificuldades na determinação devido à complexidade dos procedimentos, à probabilidade da presença de constituintes interferentes, e à gama de concentrações.
- Espectrofotometria no UV e comprimento de onda, técnica que permite quantificar com precisão concentrações de nitratos em águas com baixo teor em matéria orgânica.
- Amostras com baixo teor em nitratos, quantificação por Espectrofotometria no UV.
- A curva de calibração como ferramenta essencial na determinação quantitativa da concentração de nitratos de uma água. Correlação entre a intensidade de absorção medida e as concentrações conhecidas preparadas a partir de uma solução padrão.
- Métodos adicionais para determinação de nitratos em águas, dependendo da sensibilidade necessária, da matriz aquosa e da aplicação (método de redução a

amónio, método colorimétrico – redução de nitrato a nitrito, cromatografia iónica, eletrodo seletivo, espectrometria de massa – LC-MS ou GC-MS, método titrimétrico, biossensores).

- Implicações ambientais (eutrofização de águas, contaminação do solo, alterações da qualidade do ar) e para a saúde humana (metemoglobinemia, risco potencial de cancro, saúde reprodutiva de mulheres, problemas cardiovasculares).
- Normas e limites de segurança (legislação em vigor).

#### **Exercícios propostos:**

- Realização individual do mini-teste de diagnóstico, usando a ferramenta ‘testes online’ da plataforma online do IPB, nos primeiros 5 minutos da aula.
- Realização da ficha de trabalho TP3.

#### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Adquirir competências técnicas em métodos de análise.
- Interpretar e aplicar dados analíticos na gestão da concentração de nitratos em águas.
- Operar e utilizar um espectrofotómetro.
- Desenvolver competências em calibração e interpretação de dados.
- Desenvolver sentido crítico e consciência ambiental e normativa, reconhecendo a importância da monitorização deste parâmetro em águas superficiais e descarga de efluentes, interpretando os efeitos do excesso deste ião nos ecossistemas aquáticos e na saúde humana, e a relevância do cumprimento das normas ambientais.
- Planear e organizar trabalho prático, respeitando boas práticas laboratoriais e normas de segurança.

#### **Tarefa: TP7**

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é determinar a alcalinidade de amostras de água potável, água superficial (rio) e água residual doméstica, pelo método titrimétrico.

**Tópicos abordados:**

- Conceito de alcalinidade e sua importância da qualidade da água para diversas utilizações.
- Alcalinidade: adequação duma água para utilização na rega; interpretação e controlo dos processos de tratamentos de água e águas residuais.
- Princípio do método titrimétrico – titulação ácido-base, e papel dos indicadores (fenolftaleína e alaranjado de metilo).
- Titulação potenciométrica e a medição de potencial elétrico na determinação do ponto de equivalência de uma reação.
- Titulação volumétrica e titulação potenciométrica na determinação da alcalinidade de diferentes águas (águas mais simples, amostras complexas, coloridas, turvas ou com baixo teor de alcalinidade).
- Aplicações e importância da alcalinidade em ecossistemas aquáticos e no tratamento de águas e suas implicações na saúde ambiental e na saúde humana.

**Exercícios propostos:**

- Realização individual do mini-teste de diagnóstico, usando a ferramenta ‘testes online’ da plataforma online do IPB, nos primeiros 5 minutos da aula.
- Realização da ficha de trabalho TP7.

**Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Adquirir competências técnicas em métodos de análise - titulação volumétrica e titulação potenciométrica.
- Saber interpretar a qualidade de uma água: compreender o papel de indicador de qualidade ambiental.
- Dominar a técnica analítica (métodos titrimétrico e potenciométrico) na determinação da alcalinidade.

- Avaliar a forma como a alcalinidade influencia os processos industriais e os sistemas ecológicos.
- Adquisição de sentido crítico para um efetivo controlo e monitorização de processos ambientais.
- Planear e organizar trabalho prático, respeitando boas práticas laboratoriais e normas de segurança.

## Semana 3

### ***Aula Prática (4 horas)***

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é avaliar a qualidade dos relatórios produzidos pelos grupos relativamente aos trabalhos práticos realizados na Semana 1, no sentido corrigir eventuais deficiências, clarificar dúvidas que persistam nos alunos, promovendo uma melhoria da qualidade do documento final e das competências dos alunos.

### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Aumentar a capacidade de organizar e estruturar um relatório.
- Comunicar informação de maneira clara, objetiva e focada nos objetivos centrais.
- Adquirir e melhorar a compreensão técnica sobre a apresentação e documentação de dados.
- Desenvolver habilidades de análise crítica para interpretar e discutir resultados experimentais.
- Fortalecer as capacidades de comunicação escrita e promover o rigor na elaboração de relatórios alinhados às melhores práticas científicas.

## Semana 4

### ***Aula Prática (4 horas)***

**Tarefa: TP1** (ver Semana 2)

**Tarefa: TP2** (ver Semana 2)

**Tarefa: TP3** (ver Semana 2)

### **Tarefa: TP6**

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é realizar a determinação da dureza (total e permanente) de uma água superficial (produção de água potável) e de uma água para consumo humano pelo método titrimétrico do EDTA.

### **Tópicos abordados:**

- Conceito de dureza total e permanente (iões cálcio e magnésio), na avaliação da qualidade de uma água e sua adequação para diferentes usos.
- Princípio do método titrimétrico – titulação complexométrica com EDTA, e papel do indicador negro de eriocromio T.
- Interferências por iões metálicos causando enfraquecimento/indistinto ponto final da titulação. Adição prévia de inibidores.
- Águas com matéria orgânica suspensa ou coloidal, interferências na determinação eliminadas por filtração da amostra.
- Métodos para eliminação ou redução da dureza de uma água: métodos físicos (permuta iónica e osmose inversa) e métodos químicos (precipitação com hidróxido de cálcio, hidróxido de sódio e carbonato de sódio).

### **Exercícios propostos:**

- Realização individual do mini-teste de diagnóstico, usando a ferramenta ‘testes online’ da plataforma online do IPB, nos primeiros 5 minutos da aula.
- Realização da ficha de trabalho TP6.

### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Desenvolver competências técnicas e analíticas em métodos de análise, com foco na titulação complexométrica com EDTA.
- Adquirir dados sobre a dureza da água, avaliar as causas e impactos e interpretar o seu papel como indicador da qualidade ambiental.

- Avaliar os impactos nos processos industriais: formação de depósitos e incrustações em sistemas de aquecimento, tubagens e caldeiras, aumento de custos operacionais, interferência em processos químicos e redução da qualidade do produto final.
- Avaliar os impactos nos ecossistemas: alterações na biodiversidade, comprometimento da qualidade da água e interferência nos ciclos naturais de nutrientes, como o fósforo.
- Adquisição de sentido crítico para um efetivo controlo e monitorização da qualidade de águas.
- Planear, organizar e conduzir trabalho prático de forma sistemática para obter resultados confiáveis.
- Planear e organizar trabalho prático, respeitando boas práticas laboratoriais e normas de segurança.

## Semana 5

### ***Aula Prática (4 horas)***

**Tarefa: TP1** (ver Semana 2)

**Tarefa: TP6** (ver Semana 4)

**Tarefa: TP7** (ver Semana 2)

### **Tarefa: TP10\_11**

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é realizar a determinação da Carência Química de Oxigénio (CQO) - método do refluxo fechado e da Carência Bioquímica de Oxigénio (CBO<sub>5</sub>) - método da diluição de um efluente doméstico/industrial.

### **Tópicos abordados:**

- Conceitos de CQO e CBO<sub>5</sub> e diferenças.

- Relevância da amostragem, tipo de amostras e preservação das amostras na qualidade do resultado analítico.
- Método de refluxo fechado para CQO (oxidação química e titulação) e método da diluição para CBO<sub>5</sub> (incubação da amostra a 20 °C e medição do oxigênio dissolvido inicial e ao fim de 5 dias).
- A CBO na avaliação do impacto ambiental (poluentes orgânicos biodegradáveis), nos ecossistemas (eutrofização) e como indicador de poluição.
- A CQO na avaliação do impacto ambiental (compostos biodegradáveis e não biodegradáveis), em águas e efluentes industriais e como indicador de poluição.
- Diferenças e complementaridade na avaliação ambiental: CBO – risco de eutrofização e a redução de oxigênio; CQO – impacto de toda a carga orgânica, incluindo o efeito de poluentes presentes em efluentes industriais.
- Relevância dos parâmetros na gestão da qualidade da água e no controle da poluição dos ecossistemas aquáticos.
- Importância dos parâmetros na avaliação do desempenho de instalações de tratamento, nos ajustes operacionais para garantir eficiência contínua, e no projeto de novas unidades de tratamento.
- Tratamentos para remoção de matéria orgânica: processos físicos, químicos e biológicos.

#### **Exercícios propostos:**

- Realização individual do mini-teste de diagnóstico, usando a ferramenta ‘testes online’ da plataforma online do IPB, nos primeiros 5 minutos da aula.
- Realização das fichas de trabalho TP10+TP11.

#### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Desenvolver competências analíticas.
- Aplicar técnicas laboratoriais para medir a carga orgânica em águas residuais e compreender os impactos ambientais da poluição.

- Interpretar dados sobre a qualidade da água e avaliar o desempenho de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) domésticas e industriais.
- Aquisição de conhecimentos práticos sobre métodos de oxidação e análise de efluentes, fulcrais para o controlo ambiental.
- Planear, organizar e conduzir trabalho prático de forma sistemática para obter resultados confiáveis.
- Planear e organizar trabalho prático, respeitando boas práticas laboratoriais e normas de segurança.
- Obter habilidades para identificar e resolver problemas relacionados com a poluição aquática, considerando os diferentes tipos de contaminantes e seus efeitos nos ecossistemas hídricos.

## Semana 6

### ***Aula Prática (4 horas)***

**Tarefa: TP1** (ver Semana 2)

**Tarefa: TP7** (ver Semana 2)

**Tarefa: TP10\_11** (ver Semana 5)

### **Tarefa: TP9**

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é realizar a determinação do teor de fósforo (total e solúvel) de amostras de água superficial (rio) e água residual doméstica, pelo método do ácido ascórbico.

### **Tópicos abordados:**

- Principais fontes naturais (decomposição de matéria orgânica, erosão de rochas) e antropogénicas (fertilizantes agrícolas, detergentes e produtos de limpeza, atividades pecuárias, efluentes domésticos e industriais) de fósforo.

- A contaminação de ecossistemas aquáticos por fósforo e a problemática da eutrofização.
- Principais formas de fósforo na água: fósforo inorgânico dissolvido (fosfato), fósforo orgânico dissolvido, fósforo particulado (orgânico e inorgânico) e fósforo biológico. Implicações para a qualidade da água e os ecossistemas aquáticos.
- Método do ácido ascórbico – digestão com persulfato de amónio para determinação da concentração de fósforo total numa água.
- Importância da determinação do teor de fósforo no controlo de processos de tratamento de águas (eficiência do tratamento, ajuste de parâmetros operacionais, cumprimento das normas ambientais).
- Métodos de tratamento para remoção de fósforo: tratamentos físicos, químicos e biológicos.

#### **Exercícios propostos:**

- Realização individual do mini-teste de diagnóstico, usando a ferramenta ‘testes online’ da plataforma online do IPB, nos primeiros 5 minutos da aula.
- Realização das fichas de trabalho TP9.

#### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Desenvolver competências analíticas.
- Aplicar técnicas laboratoriais para quantificação do teor de fósforo em águas superficiais e residuais, e compreender os impactos ambientais.
- Avaliar os impactos da eutrofização causada por excesso de fósforo, como a proliferação de algas e o conseqüente aumento ou redução da concentração de oxigénio dissolvido, em função da atividade fotossintética e respiratória.
- Identificar fontes de contaminação, como efluentes urbanos e agrícolas, e propor medidas de mitigação.
- Garantir que os sistemas de tratamento atendam à legislação em vigor, contribuindo para a sustentabilidade e saúde pública.

- Interpretar dados sobre a qualidade da água e avaliar o desempenho de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) domésticas e industriais.
- Planear, organizar e conduzir trabalho prático de forma sistemática para obter resultados confiáveis.
- Planear e organizar trabalho prático, respeitando boas práticas laboratoriais e normas de segurança.

## Semana 7

### ***Aula Prática (4 horas)***

**Objetivo:** Aperfeiçoar competências técnicas e analíticas através da repetição de trabalhos experimentais (parcial ou total), correção de relatórios e realização de atividades propostas pelos alunos, promovendo autonomia e o desenvolvimento das competências adquiridas.

### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Consolidar os conhecimentos teóricos e práticos.
- Reforçar o domínio de metodologias e técnicas laboratoriais, assegurando uma aplicação precisa e consciente.
- Estimular o pensamento crítico, a capacidade de interpretar dados e a comunicação eficaz de resultados.
- Desenvolver a autonomia e a capacidade de tomar decisões fundamentadas.
- Promover a proatividade e a responsabilidade no desenvolvimento de atividades.
- Fomentar a capacidade de propor soluções e iniciativas inovadoras.
- Fortalecer as capacidades de comunicação escrita e assegurar rigor na elaboração de relatórios.

## Semana 8

### ***Aula Prática-Laboratorial (4 horas)***

**Tarefa: TP9** (ver Semana 6)

**Tarefa: TP10\_11** (ver Semana 5)

#### **Tarefa: TP4**

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é realizar a determinação do teor de nitritos em amostras de água superficial (rio), água de furo/poço e água residual doméstica, pelo método colorimétrico da Sulfanilamida.

#### **Tópicos abordados:**

- Características químicas e fontes de contaminação de águas por nitritos (fontes naturais – processos biológicos e decomposição de matéria orgânica; atividades humanas – efluentes domésticos e industriais, uso de fertilizantes agrícolas, deposição atmosférica).
- Efeitos ambientais (biodiversidade dos ecossistemas) e na saúde humana (metaemoglobinemia).
- Método colorimétrico da sulfanilamida – princípio do método, gama de concentrações adequada e procedimento geral. Vantagens e limitações.
- Métodos adicionais para determinação de nitritos em águas, conforme requisitos de sensibilidade, seletividade e tipo de amostra (espectrofotometria UV-Vis, cromatografia iônica, eletroquímica, espectrometria de massa com cromatografia, titrimetria redox, biossensores).
- Monitorização contínua e controlo das fontes de contaminação, na garantia de qualidade da água e proteção dos ecossistemas e da saúde humana.
- Métodos de tratamento para remoção de nitritos, processos físicos-químicos (adsorção em carvão ativado, permuta iônica, redução química), processos biológicos (desnitrificação), processos de oxidação avançados e processos de separação por membranas (osmose inversa).
- Papel da determinação do teor de nitritos em águas na avaliação da eficiência do processo de tratamento, e cumprimento dos padrões de qualidade legais.

**Exercícios propostos:**

- Realização individual do mini-teste de diagnóstico, usando a ferramenta 'testes online' da plataforma online do IPB, nos primeiros 5 minutos da aula.
- Realização da ficha de trabalho TP3.

**Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Adquirir competências na aplicação de técnicas laboratoriais e métodos analíticos.
- Interpretar e aplicar dados analíticos na gestão da concentração de nitritos em águas.
- Desenvolver sentido crítico e consciência ambiental e normativa, reconhecendo a importância da monitorização deste parâmetro em águas e na descarga de efluentes, interpretando os efeitos do excesso deste ião nos ecossistemas aquáticos e na saúde humana, e a relevância do cumprimento das normas ambientais.
- Realizar diagnósticos precisos sobre a qualidade de águas tratadas, e identificar problemas relacionados com a presença excessiva de nitritos.
- Planear e organizar trabalho prático, respeitando boas práticas laboratoriais e normas de segurança.

**Tarefa: TP5**

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é realizar a determinação do teor de azoto amoniacal em amostras de água superficial (rio) e água de furo/poço, pelo método colorimétrico de nesslerização direta.

**Tópicos abordados:**

- Características químicas e fontes de contaminação de águas por amónia (efluentes domésticos e industriais, fertilizantes nitrogenados, decomposição de matéria orgânica, agricultura intensiva e pecuária).

- Efeitos na saúde humana (contaminação dos recursos hídricos, problemas respiratórios), ambientais (eutrofização, toxicidade para organismos aquáticos, desequilíbrio ecológico) e riscos para sistemas de tratamento de água (tratamento adicional).
- Métodos para determinação de amónia em águas – nesslerização, método de fenato, destilação e titulação, eléctrodo seletivo de amónia, cromatografia iónica, método de Kjeldahl modificado, espectrometria UV-Vis direta, segmentação de fluxo contínuo, métodos enzimáticos.
- Método colorimétrico da nesslerização direta– princípio do método, gama de concentrações moderada e procedimento geral. Vantagens e limitações. Impacto ambiental associado ao uso do reagente de Nessler.
- Monitorização contínua e controlo das fontes de contaminação, na garantia de qualidade da água e proteção dos ecossistemas e da saúde humana.
- Tecnologias de tratamento para remoção de amónia e seleção: processos biológicos (nitrificação e desnitrificação), processos físico-químicos (stripping de amónia, permuta iónica, cloraminação, oxidação com ozono ou permanganato de potássio), processos de adsorção, processos avançados (membranas e reatores Anammox).
- Legislação aplicável e relevância na proteção de ecossistemas aquáticos, prevenir a poluição e assegurar água de qualidade para consumo humano.

#### **Exercícios propostos:**

- Realização individual do mini-teste de diagnóstico, usando a ferramenta ‘testes online’ da plataforma online do IPB, nos primeiros 5 minutos da aula.
- Realização da ficha de trabalho TP5.

#### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Adquirir competências na compreensão dos princípios analíticos e domínio de técnicas laboratoriais.
- Avaliar dados experimentais e identificar possíveis erros.

- Relacionar o teor de amónia com os impactos na qualidade da água e na saúde pública.
- Identificar fontes de contaminação por amónia.
- Realizar planos de monitorização do parâmetro em águas e na descarga de efluentes.
- Conhecer, interpretar e aplicar as normas ambientais em vigor.
- Redigir e apresentar relatórios.
- Planear e organizar trabalho em equipa e aplicar boas práticas laboratoriais.

## Semana 9

### ***Aula Prática-Laboratorial (4 horas)***

**Tarefa: TP4** (ver semana 8)

**Tarefa: TP6** (ver semana 4)

**Tarefa: TP7** (ver semana 2)

**Tarefa: TP10\_11** (ver Semana 5)

## Semana 10

### ***Aula Prática-Laboratorial (4 horas)***

**Tarefa: TP2** (ver semana 2)

**Tarefa: TP3** (ver semana 2)

**Tarefa: TP6** (ver semana 4)

### **Tarefa: TP8**

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é realizar a determinação do teor de sulfatos em amostras de água potável, água superficial (rio) e água residual pelos métodos turbidimétrico e gravimétrico, após precipitação com  $\text{BaCl}_2$ .

### **Tópicos abordados:**

- Principais fontes de contaminação de águas por sulfatos: atividades industriais, mineração e drenagem ácida, agricultura, efluentes domésticos e urbanos, deposição atmosférica e geologia natural.
- Impactos mais relevantes da contaminação por sulfatos: a) ecossistemas aquáticos; b) saúde humana; c) no meio ambiente e na economia; d) processos industriais.
- Seleção do método para determinação do teor de sulfatos em águas – turbidimétrico, gravimétrico, cromatografia iónica, condutimetria e voltametria).
- Métodos turbidimétrico, intervalo de concentração aplicável e procedimento geral. Análise comparativa dos dois métodos: aplicação, equipamento, especificidade, interferências, vantagens e limitações.
- Tecnologias de tratamento de águas: precipitação química, redução biológica (anaeróbia), processos de adsorção (carvão ativado ou resinas de permuta iónica), osmose inversa e precipitação com compostos orgânicos.
- Legislação aplicável e padrões de qualidade para águas potáveis, na descarga de efluentes e em águas superficiais e subterrâneas.

### **Exercícios propostos:**

- Realização individual do mini-teste de diagnóstico, usando a ferramenta ‘testes online’ da plataforma online do IPB, nos primeiros 5 minutos da aula.
- Realização da ficha de trabalho TP8.

### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Aplicar métodos analíticos e executar procedimentos experimentais.
- Interpretar dados laboratoriais e identificar possíveis erros.
- Comparar resultados com padrões de qualidade de uma água.
- Identificar fontes de contaminação por sulfatos.

- Realizar planos de monitorização do parâmetro em água para consumo humano e na descarga de efluentes no meio recetor.
- Executar procedimentos laboratoriais com segurança e rigor.
- Conhecer, interpretar e aplicar as normas ambientais em vigor.
- Adquirir habilidades de comunicação.
- Trabalhar em equipa e resolver problemas.

## Semana 11

### ***Aula Prática-Laboratorial (4 horas)***

**Tarefa: TP2** (ver semana 2)

**Tarefa: TP4** (ver semana 8)

**Tarefa: TP5** (ver semana 8)

**Tarefa: TP8** (ver Semana 10)

## Semana 12

### ***Aula Prática-Laboratorial (4 horas)***

**Tarefa: TP3** (ver semana 8)

**Tarefa: TP5** (ver semana 8)

**Tarefa: TP8** (ver Semana 10)

**Tarefa: TP9** (ver semana 6)

## Semana 13

### ***Aula Prática-Laboratorial (4 horas)***

**Tarefa: TP4** (ver semana 8)

**Tarefa: TP5** (ver semana 8)

**Tarefa: TP8** (ver Semana 10)

**Tarefa: TP9** (ver semana 6)

## Semana 14

### *Aula Prática (4 horas)*

**Objetivo:** Aperfeiçoar competências técnicas e analíticas através da repetição de trabalhos experimentais (parcial ou total), correção de relatórios e realização de atividades propostas pelos alunos, promovendo autonomia e o desenvolvimento das competências adquiridas.

### **Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Consolidar os conhecimentos teóricos e práticos.
- Reforçar o domínio de metodologias e técnicas laboratoriais, assegurando uma aplicação precisa e consciente.
- Estimular o pensamento crítico, a capacidade de interpretar dados e a comunicação eficaz de resultados.
- Desenvolver a autonomia e a capacidade de tomar decisões fundamentadas.
- Promover a proatividade e a responsabilidade no desenvolvimento de atividades.
- Fomentar a capacidade de propor soluções e iniciativas inovadoras.
- Fortalecer as capacidades de comunicação escrita e assegurar rigor na elaboração de relatórios.

## Semana 15

### *Aula Prática (4 horas)*

**Objetivo:** O objetivo principal desta aula é realizar a apresentação e discussão final dos trabalhos experimentais predefinidos para cada grupo.

### **Tópicos abordados:**

- Apresentação dos trabalhos experimentais desenvolvidos pelos estudantes.

**Contribuição para os seguintes resultados de aprendizagem:**

- Avaliar e selecionar os aspetos mais relevantes do trabalho, e apresentação de forma concisa e coerente.
- Desenvolvimento de capacidades de comunicação oral, pesquisa e análise crítica, e trabalho de equipa.

A planificação das aulas, tal como o programa, materiais de apoio e guiões de trabalho, é disponibilizada aos estudantes através da plataforma virtual.

A planificação proposta das sessões práticas-laboratoriais implica obrigatoriamente que os estudantes se dediquem previamente (sessões não presenciais) a um estudo aprofundado e autónomo das matérias relacionadas com o trabalho laboratorial a ser desenvolvido. Este estudo deve ser realizado tanto de forma individual, como em grupo. É fundamental que os estudantes se envolvam ativamente no processo de aprendizagem, através da pesquisa e da reflexão crítica sobre os conteúdos, para que, quando necessário, possam esclarecer dúvidas e aprofundar conhecimentos junto do docente, garantindo uma maior compreensão e uma execução mais eficaz das tarefas laboratoriais.

## 8 Breve Reflexão sobre os Resultados da Unidade Curricular

No final de cada ano letivo é possível realizar um tratamento estatístico dos resultados de avaliação obtidos na unidade curricular, cujos resultados revelam a taxa de sucesso/insucesso e permitem aferir, de alguma forma, a maior ou menor adequação dos métodos de ensino- aprendizagem implementados na unidade curricular.

A Tabela 4 sintetiza os dados obtidos nos últimos cinco anos de funcionamento (2019/00 – 2023/24) da unidade curricular na ESTiG-IPB (valor médio e desvio padrão).

**Tabela 4** Resultados da Unidade Curricular (LCQA), do 3<sup>a</sup> ano e do curso de licenciatura em Engenharia Química.

	Valor médio $\pm$ desvio padrão	Valor médio 3 <sup>o</sup> ano	Valor médio curso
Estudantes inscritos	14,0 $\pm$ 6,78	15,8	21,9
Estudantes avaliados	13,0 $\pm$ 6,36	13,9	17,2
Estudantes aprovados	11,0 $\pm$ 5,66	12,7	13,2
Avaliados/inscritos	0,93 $\pm$ 0,08	0,88	0,79
Aprovados/inscritos	0,79 $\pm$ 0,15	0,81	0,60
Aprovados/avaliados	0,85 $\pm$ 0,10	0,91	0,77

Os resultados, dos cinco anos letivos acima apresentados, são globalmente positivos, apresentando valores elevados para o rácio nº de alunos aprovados/nº de alunos avaliados. Este rácio desce ligeiramente se for considerado o número de alunos inscritos, o qual se deve a uma taxa de abandono temporária que dificuldades económicas potenciam em determinados anos. No entanto, este valor apresenta uma menor dimensão quando comparado com outras unidades curriculares lecionadas neste e noutros cursos da ESTiG-IPB, o que pode ser justificado pelo facto de os estudantes se encontrarem motivados para frequentar a unidade curricular, principalmente devido à aprendizagem de temas diretamente ligados à realidade quotidiana da qualidade da água e águas residuais, aliado ao carácter prático da UC que motiva normalmente os estudantes.

As diferenças de preparação de base, distintos níveis de empenhamento e estudo, e a ausência de leitura complementar sugerida na bibliografia, são algumas das razões que se encontram associadas ao ligeiro insucesso obtido na unidade curricular por parte de alguns estudantes. A implementação de inquéritos pedagógicos visando o processo de auto-avaliação da unidade curricular, permite conhecer as expectativas dos estudantes relativamente a esta unidade curricular, e em particular o funcionamento, conteúdos, e relevância na aquisição de um conjunto de competências úteis na sua futura inserção no mercado de trabalho. Este processo permite, conseqüentemente, tentar aferir das razões que estão subjacentes a algum insucesso e à decisão de implementar ações que mitiguem este insucesso, que conduziram ao refinamento e melhoria continua no projeto do processo de ensino-aprendizagem desta unidade curricular, e que se encontra refletido neste relatório.

Combinando o rigor com uma abordagem pedagógica que integra níveis de exigência adequados aos conteúdos ministrados e com estratégias de ensino-aprendizagem que apelem ao estímulo e motivação dos estudantes, torna-se possível mitigar progressivamente as situações de insucesso associadas à unidade curricular.

## 9 Conclusões

O presente relatório apresenta o projeto pedagógico da unidade curricular de Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental, desenhada para ser incluída no plano curricular de um curso de 1º ciclo de Engenharia Química. Na descrição do projeto de unidade curricular são apresentados os objetivos, proposta de programa, bibliografia recomendada, resultados de aprendizagem e competências, métodos de ensino-aprendizagem e metodologia de avaliação, assim como a planificação das sessões de prática-laboratorial.

O desenho da unidade curricular pretendeu introduzir alguns pontos que constituem inovações na prática usual do ensino da caracterização e controlo de qualidade de água e águas residuais, nomeadamente:

- Estar alinhada com os pressupostos do modelo de Bolonha, por exemplo através da potenciação da componente não presencial para acompanhar a componente teórica e a preparação dos trabalhos práticos a realizar nas aulas de prática-laboratorial.
- A UC permite a familiarização com conceitos e a aquisição de competências teóricas e práticas indispensáveis à adequada compreensão dos temas abordados na UC de Engenharia Ambiental, com foco na caracterização/qualidade da água, águas residuais urbanas e industriais, sua reutilização e tratamento, oferecida no 2º ano do curso de Mestrado em Engenharia Química.
- Utilização de uma componente prática forte que possibilita aos estudantes uma consolidação do processo de ensino-aprendizagem nos tópicos do controlo de qualidade de águas e qualidade ambiental (ecossistemas aquáticos e saúde humana), mas também consolidar outras competências previamente adquiridas, por exemplo ao nível da química analítica, dos métodos instrumentais e da estatística. De facto, a experiência mostra que a utilização de uma forte componente prática permite motivar os estudantes e atingir melhores resultados no processo de ensino-aprendizagem.
- Introdução de trabalhos de pesquisa, com a posterior apresentação e discussão, de forma a desenvolver e potenciar as competências específicas associadas ao tema

desenvolvido, mas também as competências transversais associadas às capacidades de comunicação oral, pesquisa, análise crítica e trabalho de equipa.

O funcionamento efetivo e pleno da unidade curricular permitiu desenvolver um exercício de projeto pedagógico mais realista e credível, sustentado por um processo de melhoria contínua que se baseia na experiência adquirida pelos diversos intervenientes.

Em termos de funcionamento futuro desta UC, procurar-se-á reunir condições, a nível de material e equipamento, para alargar a caracterização analítica a outras matrizes ambientais, nomeadamente, resíduos sólidos, lamas, ar atmosférico e emissões gasosas.

## Referências

- [1] Purser, L. (2003). Report on Council of Europe Seminar on Recognition Issues in the Bologna Process, Lisbon, April 2002, in Bergan, S. (ed).
- [2] ABET (2021). Criteria for Accrediting Engineering Programs. ABET. Disponível em: <https://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2021-2022/>
- [3] ENAEE (European Network for Accreditation of Engineering Education). (2021). EUR-ACE Framework Standards and Guidelines (EAFSG). Disponível em: <https://www.enaee.eu/eur-ace-system/>
- [4] Foyo de Azevedo, S.; Salgado de Barros, A. (2009). Sistema de Avaliação de Qualidade OE+EUR-ACE - Fundamentos, Critérios, Procedimentos. Brochura de lançamento do Sistema EUR-ACE. Lisboa: Ordem dos Engenheiros.
- [5] Bordogna, J. (2003). U.S. Engineering: Enabling the Nation's Capacity to Perform. Disponível em: <https://www.tbp.org/pubs/Features/F03Bordogna.pdf>, consultado em 14/10/2024.
- [6] Webber, K. (2012). The use of learner-centered assessment in US colleges and universities. *Research in Higher Education* 53(2), 201-208.
- [7] Duncan, T., Buskirk-Cohen, A. (2011). Exploring learner-centered assessment: a cross disciplinary approach. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education* 23(2), 246-259.
- [8] Pereira, D., Flores, M., Niklasson, L. (2016). Assessment revisited: a review of research in Assessment and Evaluation in Higher Education. *Assessment & Evaluation in Higher Education* 41(7), 1008-1032.
- [9] Boyer, E.L. (1990). Scholarship reconsidered: priorities of the professoriate.
- [10] Altbach, P.G., Reisberg, L., Rumbley, L.E. (2009). Trends in global higher education: tracking an academic revolution.
- [11] Price, M.J., Felder, R.M. (2006). Inductive teaching and learning methods: definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education* 95, 123-138.
- [12] Al-Nasr, A.A. (2017). Role of engineering design in enhancing ABET outcomes of engineering programs at Taif University. *International Journal of Applied Science and Technology* 6(1), 9-15.
- [13] Felder, R.M., Silverman, L.K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education* 78, 674-681.
- [14] Decreto-Lei no 74/2006 de 24 de março, "Regulamentação das alterações introduzidas pela Lei de Bases do Sistema Educativo relativas ao novo modelo de

organização do ensino superior no que respeita aos ciclos de estudos”, Diário da República, 1ª série, nº 60, de 24 de março de 2006.

- [15] Decreto-Lei nº 42/2005 de 22 de fevereiro, “Princípios reguladores dos instrumentos para a criação do espaço europeu de ensino superior”, Diário da República, 1ª série, nº 37, de 22 de fevereiro de 2005.
- [16] Decreto-Lei nº 107/2008 de 25 de junho, “Altera os Decretos-Leis nº 74/2006, 316/76, 42/2005 e 67/2005, promovendo o aprofundamento do Processo de Bolonha no ensino superior, assim como uma maior simplificação e desburocratização de procedimentos no âmbito da autorização de funcionamento de cursos, introduzindo medidas que garantem maior flexibilidade no acesso à formação superior, criando o regime legal de estudante a tempo parcial, permitindo a frequência de disciplinas avulsas por estudantes e não estudantes, apoiando os diplomados estagiários e simplificando o processo de comprovação da titularidade dos graus e diplomas”, Diário da República, 1ª série, nº 121, de 25 de junho de 2008.
- [17] Shared ‘Dublin’ descriptors for Short Cycle, First Cycle, Second Cycle and Third Cycle Awards”, Joint Quality Initiative informal group, 2004, [http://www.museologia-portugal.net/files/shared\\_dublin\\_descriptors\\_for\\_short\\_cycle\\_first\\_cycle.pdf](http://www.museologia-portugal.net/files/shared_dublin_descriptors_for_short_cycle_first_cycle.pdf)
- [18] Suskie, L. (2018). *Assessing student learning: A common sense guide* (3<sup>rd</sup> ed.). Jossey-Bass.

# ANEXO I – ATUAL PLANO DE ESTUDOS DA LICENCIATURA EM ENGENHARIA QUÍMICA DA ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO DO INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA

## Diploma conferido

Licenciatura em Engenharia Química. Título de Licenciado.

## Áreas científicas que integram o plano de estudos

Área Científica	Sigla	Créditos ECTS	
		Obrigatórios	Opcionais
Biologia	Bio	6.0	0.0
Biotecnologia	BTc	12.0	0.0
Engenharia dos Processos Químicos	EPQ	27.0	0.0
Física	Fis	6.0	0.0
Informática	Inf	6.0	0.0
Matemática	Mat	30.0	0.0
Química	Qui	36.0	0.0
Tecnologia do Ambiente	TcA	6.0	0.0
Termodinâmica e Fenómenos de Transferência	TFT	39.0	0.0
Todas as do IPB	TIPB	12.0	0.0
<b>Total</b>		<b>180.0</b>	<b>0.0</b>

## Plano de estudos

Ano	Sem	Tipo	Unidade Curricular	Área Científica	Tempo de trabalho (horas)		Créditos ECTS
					Total	Contacto	
1	1	Semestral	Algebra Linear e Geometria Analítica	Mat	162.0	60.0	6.0
1	1	Semestral	Cálculo I	Mat	162.0	60.0	6.0
1	1	Semestral	Física	Fis	162.0	60.0	6.0
1	1	Semestral	Informática	Inf	162.0	60.0	6.0
1	1	Semestral	Química Geral I	Qui	162.0	60.0	6.0
1	2	Semestral	Biologia	Bio	162.0	60.0	6.0
1	2	Semestral	Cálculo II	Mat	162.0	60.0	6.0
1	2	Semestral	Mecânica dos Fluidos	TFT	162.0	60.0	6.0
1	2	Semestral	Química Geral II	Qui	162.0	60.0	6.0
1	2	Semestral	Química Orgânica I	Qui	162.0	60.0	6.0
2	1	Semestral	Estatística	Mat	162.0	60.0	6.0
2	1	Semestral	Métodos Instrumentais de Análise	Qui	162.0	60.0	6.0
2	1	Semestral	Projeto de Química	Qui	162.0	60.0	6.0
2	1	Semestral	Química Orgânica II	Qui	162.0	60.0	6.0
2	1	Semestral	Termodinâmica Química I	TFT	162.0	60.0	6.0
2	2	Semestral	Análise de Processos	EPQ	162.0	60.0	6.0
2	2	Semestral	Engenharia das Reações	EPQ	162.0	60.0	6.0
2	2	Semestral	Fenómenos de Transferência I	TFT	162.0	60.0	6.0
2	2	Semestral	Métodos Numéricos	Mat	162.0	60.0	6.0
2	2	Semestral	Termodinâmica Química II	TFT	162.0	60.0	6.0
3	1	Semestral	Fenómenos de Transferência II	TFT	162.0	60.0	6.0
3	1	Semestral	Laboratórios de Controlo de Qualidade Ambiental	TcA	162.0	60.0	6.0
3	1	Semestral	Laboratórios de Engenharia Química I	TFT	162.0	60.0	6.0
3	1	Semestral	Microbiologia Aplicada e Bioprocessos	BTc	162.0	60.0	6.0
3	1	Semestral	Unidade Livre IPB I	TIPB	162.0	60.0	6.0
3	2	Semestral	Laboratórios de Engenharia Química II	EPQ	162.0	60.0	6.0
3	2	Semestral	Processos de Separação	EPQ	162.0	60.0	6.0
3	2	Semestral	Projeto de Engenharia Química	EPQ/TFT	162.0	60.0	6.0
3	2	Semestral	Tecnologia Alimentar	BTc	162.0	60.0	6.0
3	2	Semestral	Unidade Livre IPB II	TIPB	162.0	60.0	6.0