



CAPTAR
ciência e ambiente para todos

volume 9 • número 1 • p 9-18

Programa de Formação Avançada Sobre a Avaliação do Desempenho das Estações de Tratamento de Águas Residuais

A água é um bem precioso para o desenvolvimento sustentável e para o bem-estar e dignidade humana. A sua escassez afeta mais de 40% da população mundial e a água potável representa somente 0,002% do total deste recurso natural. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos é, atualmente, um dos grandes desafios sociais. O correto tratamento dos efluentes líquidos, por estações de tratamento de águas residuais (ETAR), antes de serem libertados para os receptores ambientais superficiais é de primordial importância. A formação avançada de técnicos de meio ambiente que possam contribuir para um melhor gerenciamento das ETAR é, concomitantemente, muito relevante. Este trabalho tem como objetivo apresentar um programa de formação avançada, desenhado e desenvolvido em Portugal, para a capacitação de um técnico a trabalhar numa ETAR mais bem preparado. A metodologia deste estudo de caso foi de natureza mista, envolvendo componente experimental e observacional em termos de competências técnicas e em termos de formação a metodologia foi qualitativa. Descrevem-se as principais atividades e são discutidos os principais pontos críticos de todo o processo de formação. Como conclusão é apresentada a forma como o formando integrou os diferentes conhecimentos e vivenciou a sua formação.

Palavras-chave

formação na gestão de ETAR
parâmetros físico-químicos
lamas ativadas
índices de diversidade biológica

Ricardo M. Cruz¹

Nelson Lima^{2*}

¹ Gestão Ambiental, Centro Universitário UNINTER, Caxias do Sul, RS, Brasil; CEB-Centro de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, Braga, Portugal.

² CEB-Centro de Engenharia Biológica, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, Braga, Portugal.

* nelson@ie.uminho.pt

ISSN 1647-323X

INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo, onde a escassez de água afeta mais de 40% da população mundial e a água potável representa somente 0,002% do total, este recurso natural é um bem precioso para o desenvolvimento sustentável e bem-estar e dignidade humana. Neste sentido, o objetivo nº. 6 - Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos - da agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável das Nações Unidas (2015), aponta três dimensões para os recursos hídricos: i) ambiental; ii) económica, e iii) social. Estes serviços associados suportam os esforços, respetivamente, da sustentabilidade ambiental, do crescimento económico e da erradicação da pobreza. As metas definidas até 2030, sendo ambiciosas, tornam-se urgentes e necessárias de implementar, nomeadamente, no que concerne i) ao acesso universal e equitativo da água potável e segura para todos; ii) ao acesso ao saneamento e higiene adequados e equitativos para todos; iii) à melhoria da qualidade da água, reduzindo a poluição; iv) ao aumento substancial da eficiência do uso da água em todos os setores, assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez de água, e reduzir substancialmente o número de pessoas que sofrem com a escassez de água; v) ao implementar a gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis; e, vi) ao proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água, incluindo montanhas, florestas, zonas húmidas, rios, aquíferos e lagos (Nações Unidas, 2015).

As Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), também conhecidas no Brasil por Estações de Tratamento de Efluentes (ETE), são um conjunto de unidades implementadas com a finalidade de reduzir a carga poluidora dos efluentes domésticos ou industriais. As ETAR tecnologicamente compreendem o i) tratamento preliminar, onde os resíduos de maior dimensão são filtrados e separados (gradagem); ii) tratamento ou decantação primário, onde as partículas sólidas em suspensão são eliminadas por ação da gravidade (tamisagem); iii) tratamento secundário ou biológico aeróbio, onde as bactérias digerem a matéria orgânica existente e que ainda inclui a decantação secundária; iv) tratamento terciário, onde a desinfecção e a remoção de nutrientes se completa para a água ser devolvida à natureza em condições ambientalmente seguras.

O processo de lamas ativadas foi desenvolvido em Manchester, Inglaterra, por Arden e Lockett, em 1914 e deve o seu nome ao facto de os microrganismos em forma de flocos formarem uma massa, ou lama biológica ativa, que se mantém em suspensão no efluente arejado que se pretende tratar. Neste processo, estão envolvidos dois fenómenos: um, biológico, que tem a ver com o metabolismo microbiano que consome a carga orgânica, e um outro, de natureza física e biológica, a biofloculação. A biofloculação consiste na formação de flocos no meio líquido com dimensão e peso específicos tais, que tornam possível a sua separação da fração líquida na decantação secundária. A componente física corresponde à energia de turbulência que favorece o encontro das partículas e a componente biológica corresponde à própria floculação, por sua vez favorecida pela produção de exopolissacáridos pelas formas bacterianas presentes (Nicolau, 2002).

As ETAR, por terem um papel tecnológico relevante no tratamento de efluentes líquidos, estão em Portugal sujeitas à regulamentação definida pelo Decreto-Lei n.º 152/97 e pelo Decreto-Lei n.º 348/98 que impõe requisitos de qualidade para as suas descargas.

Já no Brasil, a Lei Federal 11.445/2007 e, no Estado do Rio Grande do Sul, a Resolução nº 355/2017 do Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA) regulamentam os parâmetros de qualidade para as descargas de efluentes líquidos após tratamento que são lançadas nas águas superficiais.

A Figura 1 apresenta o mapa conceptual da Resolução CONSEMA 355/2017 com ênfase na necessidade do monitoramento da qualidade ambiental através de uma eficaz gestão ambiental.

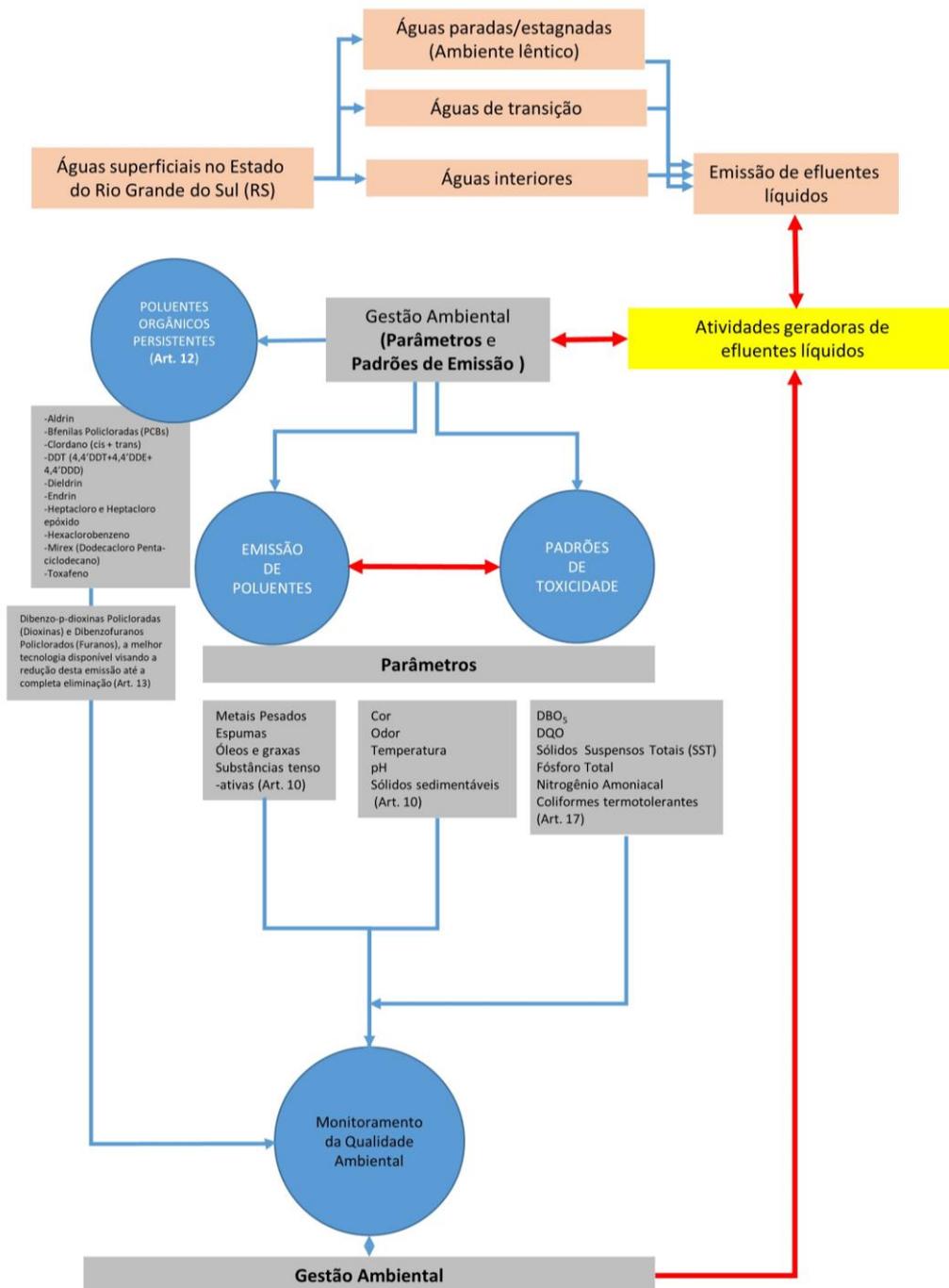


FIGURA 1: Mapa conceptual da Resolução CONSEMA nº 355/2017 do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul.

Assim, o tratamento de efluentes, como resultado de uma eficiente cobertura de rede de saneamento, a utilização de tecnologia avançada nas ETAR, nomeadamente, a compreensão do papel dos protozoários nas lamas ativadas (Madoni, 1994; Nicolau et al., 1997; Madoni, 2005), e a gestão integrada do “ciclo urbano da água” permitirão o acesso universal e equitativo a água potável e segura às populações, e uma melhor saúde humana e ambiental. Com este foco, e como resultado de uma cooperação bilateral académica com o Brasil, o objetivo principal deste trabalho é apresentar um programa de formação avançada desenhado e desenvolvido em Portugal.

METODOLOGIA

O programa de formação “Avaliação do Desempenho de Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)” foi desenhado para o período de 10 semana, com 35 horas de trabalho/semana, com o computo global de 350 horas. O período desse programa foi compreendido entre o dia 1 de abril e terminou no dia 7 de junho de 2019, e a instituição de acolhimento foi o Centro de Engenharia Biológica (CEB) da Universidade do Minho (Braga, Portugal). O formando teve acesso a todos os laboratórios e equipamentos (<https://www.ceb.uminho.pt/About/Facilities>) necessários ao bom desenvolvimento do programa.

O objetivo geral desse programa foi formar experimentalmente para a determinação dos parâmetros de avaliação físico-química do desempenho dos sistemas de tratamento clássicos de ETAR, que são exigidos pela Resolução CONSEMA nº 355/2017, bem como abordar a utilização de parâmetros inovadores de avaliação do estado da comunidade biológica destes sistemas de tratamento, nomeadamente: i) a identificação dos protozoários e pequenos metazoários existentes nas lamas ativadas; ii) a determinação do Índice Bióticos de Lamas (IBL); e, iii) a identificação das bactérias filamentosas mais comuns nas lamas ativadas com problemas de sedimentação. Na Tabela I, apresenta-se detalhadamente o programa e na Tabela II o respetivo cronograma de formação.

Sempre que se mostrou relevante, foram utilizadas amostras reais das ETAR municipais da região (em particular a de Frossos, Braga, Portugal) e também dos sistemas de bancada simulando estações de tratamento para permitir a análise integrada dos resultados.

Todo o processo de formação baseou-se no método experimental, para a determinação de parâmetros físico-químicos e biológicos, e no método da observação direta, pelas visitas de campo e pelo recurso ao microscópio ótico.

A análise de dados quantitativos recorreu a folhas de cálculos do software EXCEL.

TABELA I: Atividades e conteúdos do programa de formação.

Tempo (semanas)	Atividades
1 ^a	Registo; Formação de Segurança; Formação Específica nos Laboratórios; Formação Específica em Equipamentos a usar no Centro de Engenharia Biológica.
2 ^a	Estudo Individual sobre Problemas ao Nível do Decantador dos Sistemas de Lamas Ativadas e Relação com o Crescimento Filamentoso Exagerado.
3 ^a	Participação no Curso Avançado de Identificação de Problemas ao Nível do Decantador dos Sistemas de Lamas Ativadas e Controlo do Crescimento Filamentoso.
4 ^a	Determinação de Parâmetros Físico-Químicos em Águas Residuais, Licor Misto e Efluente Final (formação em contexto laboratorial).
5 ^a	Determinação de Parâmetros Físico-Químicos em Águas Residuais, Licor Misto e Efluente Final (acompanhamento e participação nos projetos em curso).
6 ^a	Identificação de Bactérias Filamentosas nos Sistemas de Lamas Ativadas (acompanhamento e participação nos projetos em curso).
7 ^a	Estudo Individual sobre as Comunidades de Protozoários e Pequenos Metazoários dos Sistemas de Lamas Ativadas e sua Importância como Indicadores Biológicos; Determinação do Índice Biótico de Lamas (IBL, segundo Madoni (1994)).
8 ^a	Identificação de Protozoários e Pequenos Metazoários em Amostras do Licor Misto de Sistemas de Lamas Ativadas e Determinação do Índice Biótico de Lamas (formação em contexto laboratorial).
9 ^a	Identificação de Protozoários e Pequenos Metazoários em Amostras do Licor Misto de Sistemas de Lamas Ativadas e Determinação do Índice Biótico de Lamas (acompanhamento e participação nos projetos em curso).
10 ^a	Visita a Estações de Tratamento de Águas Residuais por Lamas Ativadas.

TABELA II: Cronograma proposto, de 10 semanas, para o desenvolvimento das atividades e conteúdos do programa de capacitação.

ETAPAS	Sem. 1 & 2	Sem. 3 & 4	Sem. 5 & 6	Sem. 7 & 8	Sem. 9 & 10
<i>Determinações dos parâmetros físico-químicos</i>					
<i>Estudo da comunidade de protozoários e determinação do IBL (Madoni, 1994)</i>					
<i>Identificação de bactérias filamentosas prevalentes</i>					
<i>Análise integrada nos sistemas de bancada</i>					
<i>Escrita do relatório final de estágio</i>					

O método reflexivo e auto-avaliativo foi promovido como estratégia formativa para avaliar o desempenho da capacitação na autonomia e segurança do formando para a sua prática profissional como técnico de meio ambiente. Esta abordagem permitiu a construção de um portefólio, tipo “workbook” na aceção de Walker (1985), onde o conhecimento que foi construído, as estratégias utilizadas e a reflexão de quem o elaborou permitiu uma aprendizagem em contínuo (Hernández, 1998). A narração do trabalho formativo baseia-se na experiência de um processo de formação, razão pela qual se enquadra no estudo de caso descritivo (Yin, 1993), ou seja, e de forma mais abrangente, numa metodologia qualitativa implicando por isso uma ênfase nos processos e significados (Garcia e Quek, 1997).

DESENVOLVIMENTO DAS ATIVIDADES E DISCUSSÃO

Na primeira fase do programa de formação, foi feito o processo de registo, incluindo o registo na base de dados, e uma visita guiada às instalações laboratoriais do CEB. Para habilitar o formando a iniciar as suas atividades laboratoriais, houve uma Formação de Segurança, que incluiu o conhecimento do plano de emergência, o manual de segurança, a avaliação de risco e o gerenciamento de resíduos em vigor no CEB. Adicionalmente, e no estrito cumprimento da Avaliação de Risco do Local de Trabalho, a Ficha de Segurança dos Laboratórios (Figura 2) foi preenchida, assinada e validada superiormente pelo comité de segurança do CEB.

Na segunda fase, e com o objetivo de familiarizar o formando com técnicas analíticas e conceitos base, foram experimentalmente percorridas as operações unitárias de separação, que incluíram a decantação, a filtração por membranas e a centrifugação. A diluição decimal, usando a técnica de tubos múltiplos, foi outra operação unitária treinada. Para este efeito, o uso de pipetas volumétricas e de micropipetas automáticas foram usadas de igual forma. Outras operações unitárias incluíram a esterilização pelo calor húmido (autoclave), pelo calor seco (estufa de esterilização), por filtração esterilizante e por radiação por ultravioletas. A utilização da câmara de segurança biológica de classe II, da “hotte” química, do microscópio ótico, do potenciómetro e do espectrofotómetro, foram equipamentos onde também a formação incidiu.

A espectrometria foi considerada muito relevante, pois para além dos princípios óticos que a regem em termos de absorvância/transmitância, a colorimetria a ela associada é a base metodológica usada na rotina laboratorial, através de testes em cuvetes (e.g., kits da Hach), para a determinação dos parâmetros químicos da qualidade da água. Ainda nesta técnica foi treinado o princípio da calibração e da obtenção de uma curva padrão, com o recurso ao software EXCEL e à análise de regressão linear (Figura 3).

A contagem de microrganismos totais através de câmaras de contagem (Fuchs-Rosenthal ou Neubauer) ou de microrganismos viáveis através do plaqueamento em placas com meio de cultivo para a determinação de unidades formadoras de colónias (UFC), foram também duas operações unitárias treinadas.

PRODUTOS QUÍMICOS / AGENTES BIOLÓGICO / MATERIAL GENÉTICAMENTE MODIFICADO

Enumere os produtos químicos e biológicos utilizados e descreva os seus efeitos perigosos.

Procure a informação em:

- Material Safety Data Sheets: www.sigma-aldrich.com ou <http://www.merckmillipore.com>
- Pathogen Safety Data Sheets: <http://www.phac-aspc.gc.ca/lab-bio/res/psds-ftss/index-eng.php>

• **Amostras de lamas ativadas**

Health	Fire	Reactivity	Specific Hazard
X			

Hazard Statements: Os lodos ativadas contem microrganismos potencialmente patogénicos

Precautionary Statements: Uso de luvas, e todo o trabalho deve ser efetuado com as técnicas de assepsia. Na amostragem, se necessário, serão usados óculos de proteção.

Descreva os procedimentos para evitar riscos e perigos.

- *Identifique os pontos críticos do trabalho e os procedimentos nesses pontos para minimizar o risco, incluindo os equipamentos de proteção individual a usar.*
- **Descreva ações em caso de acidente.**

Uso de bata, luvas e óculos para proteção individual. Para a determinação do IBL (protozoários) as técnicas de assepsia serão seguidas. Na determinação de parâmetros químicos, os kits da *Hach* serão usados de acordo com as instruções do fabricante e o tempo de arrefecimento dos tubos na CQO serão respeitados.

FIGURA 2: Exemplo de uma parte da Ficha de Segurança dos Laboratórios utilizada para o cumprimento da Avaliação de Risco do Local de Trabalho no CEB da Universidade do Minho.

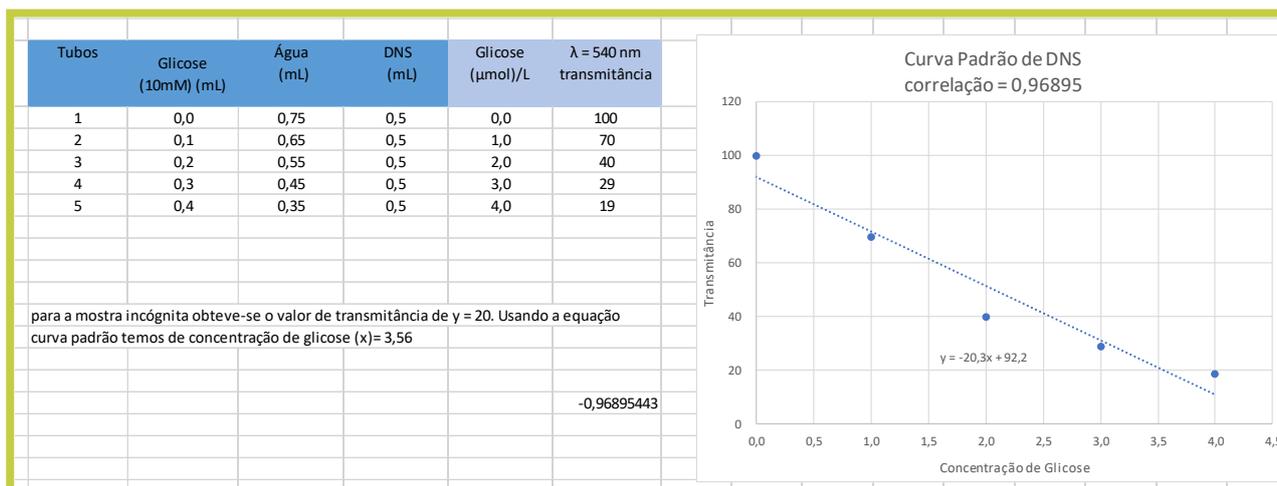


FIGURA 3: Exemplo de uma curva padrão calculada em software EXCEL, pela análise de regressão linear, para a quantificação da concentração de glicose através do método colorimétrico do ácido dinitrisalicílico (DNS) usando o espectrofotômetro no comprimento de onda (λ) de 540 nm.

Todas estas operações unitárias foram realizadas e repetidas pelo formando com acompanhamento do manual de instruções e explicações teórico-práticas. Estas explicações focaram-se sempre na utilidade de tais operações para as metodologias a aplicar em termos de parâmetros de avaliação do desempenho das ETAR. Sempre que necessário, e a pedido do formando, houve a consolidação da aprendizagem pela repetição dos ensaios.

Ainda nesta fase, o formando teve iniciação e consolidação aos conceitos de solução e suspensão. Finalmente, as unidades do Sistema Internacional e os seus múltiplos e submúltiplos foram exercitados. Na terceira fase, o formando passou a integrar as aprendizagens adquiridas nas operações unitárias utilizando para o efeito amostras reais das lamas ativadas vindos do tanque de tratamento secundário de uma ETAR, ou de amostras oriundas de modelos laboratoriais, para realizar os parâmetros de avaliação físico-químicos: Cor, Odor Temperatura, pH, Sólidos Sedimentáveis, Carência Bioquímica de Oxigênio (CBO5), Carência Química de Oxigênio (CQO), Sólidos Suspensos Totais (SST), Fósforo Total, Azoto Amoniacal. Para além destes parâmetros referidos nos Art.º 10 e Art.º 7 da Resolução CONSEMA nº 355/2017, o Azoto Total e os Nitratos foram igualmente determinados.

Na componente biológica, as bactérias filamentosas, muitas vezes responsáveis por causarem problemas de funcionamento nas ETAR de lamas ativadas por diminuírem a sedimentação dos sólidos e estarem na origem do “foaming” e do “bulking”, foram observadas pela coloração de Gram e de Neisser.

A componente biológica mais importante na rede trófica (Figura 4) existente nas lamas ativadas são os protozoários, incluindo os flagelados e os ciliados quer filtradores quer carnívoros (Nicolau et al., 1997). A importância da presença dos protozoários nas lamas ativadas reside nos seguintes fatos: i) alimentando-se das bactérias livres, reduzem a turbidez do líquido interfacial e, conseqüentemente, a CBO5 e percentagem de matéria seca do efluente final; ii) reduzem a quantidade de bactérias patogénicas; e, iii) seu regime essencialmente bacterívoro (protozoários que se alimento de bactérias) estimula o crescimento bacteriano saudável e o desenvolvimento de novos flocos de lamas ativadas.

De uma maneira simples, podemos classificar os protozoários em flagelados, ciliados e amibas. Os ciliados, presentes em concentrações mais elevadas, podem ser classificados segundo o seu regime alimentar em bacterívoros e carnívoros. Por sua vez, os protozoários ciliados são numerosos em todos os tipos de processos de tratamento aeróbio de águas residuais, alcançando normalmente uma densidade de 10000 células/mL de licor misto arejado, o que representa aproximadamente 9% dos sólidos suspensos. Cerca de 230 espécies (33 de flagelados, 25 de rizopódios, 6 de actinopódios e 160 de ciliados) foram assinaladas nos vários tipos de tratamento aeróbio, mas só um número limitado destas aparece frequentemente. A maior parte dos ciliados presentes nas

ETAR alimenta-se de bactérias, embora existam outros que predam outros ciliados ou flagelados. Estes ciliados bacterívoros das lamas ativadas podem ser divididos em três grupos funcionais com base no seu comportamento (ver Figura 5):

1. Nadadores: nadando na fração líquida e permanecendo em suspensão no tanque de sedimentação;
2. Móveis de fundo: habitam a superfície dos flocos bacterianos;
3. Sésseis: estão fixos por um pedúnculo aos flocos bacterianos e precipitam com estes durante a sedimentação.

Para a determinação do Índice Biótico de Lodos (IBL, segundo Madoni (1994)) foi necessário proceder à contagem das diferentes espécies de protozoários existentes nas amostras e, dentro de cada espécie, à sua abundância em termos de número de indivíduos. Para esse efeito recorreu-se à microscopia ótica e às preparações padronizadas de 25 µL de amostra colocada entre lâmina e uma lamela de 18x18 mm. A contagem dos pequenos flagelados foi feita com o recurso à câmara de Fuchs-Rosenthal. Após vários cálculos apresentados em Nicolau et al. (1997) foi possível determinar o IBL que nos permitiu avaliar a performance depuradora da ETAR e, em particular, do tanque de arejamento (tratamento secundário).

De acordo com o valor obtido do IBL, a avaliação final qualitativa fez-se a partir do Tabela III.

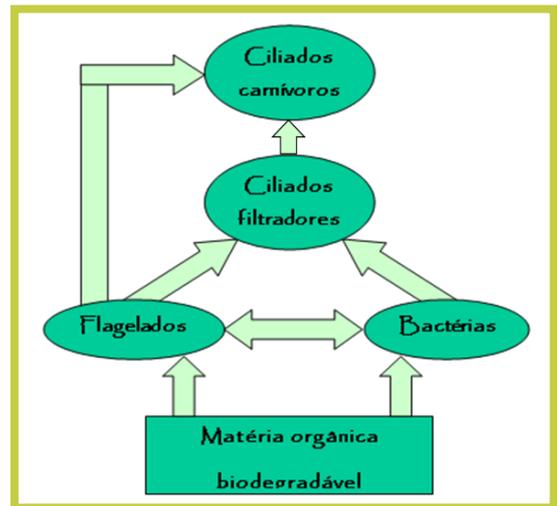


FIGURA 4: Rede trófica que se desenvolve nos lodos ativados. Fonte: Nicolau et al. (1997).

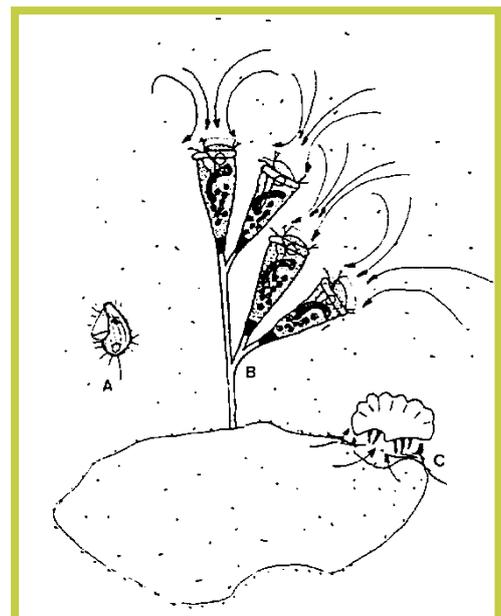


FIGURA 5: Mecanismo de filtração de bactérias por parte dos diferentes grupos de ciliados bacterívoros: nadadores (A), sésseis (B) e móveis de fundo (C). Fonte: Nicolau et al. (1997).

TABELA III: Conversão do valor do IBL em classes de qualidade biológica das lamas ativadas e avaliação da eficiência depuradora do tratamento. Fonte: Adaptado de Madoni (1994).

IBL	Classe	Avaliação
8 – 10	I	Lamas bem colonizados e estáveis; atividade biológica ótima; elevada eficiência depuradora
6 – 7	II	Lamas bem colonizados e estáveis; atividade sub-ótima; eficiência depuradora suficiente
4 – 5	III	Atividade biológica insuficiente; eficiência depuradora medíocre
0 – 3	IV	Atividade biológica muito baixa; eficiência depuradora baixa

Finalmente, e dado que o IBL se inspirou no Índice de Shannon-Wiener, que é um índice de heterogeneidade, por ter em consideração não só a riqueza das espécies biológicas na amostra, mas também a sua abundância (Shannon e Wiener, 1949), na Figura 6 apresentamos uma folha de cálculo em software EXCEL desenvolvida pelo formando para a determinação desse índice a partir dos valores obtidos para a microfauna de uma amostra de lamas ativadas laboratoriais. Neste caso particular obteve-se um índice de 1,2, o que é considerado baixo. Isso significa que essas lamas laboratoriais estavam com baixa diversidade biológica e, conseqüentemente, com baixo desempenho na remoção da carga orgânica, problemas de sedimentação e excesso de bactérias dispersas.

A visita de ETAR locais e também de Estações de Tratamento de Água (ETA) permitiu, ainda, ao formando a integração de diferentes tecnologias observadas no terreno com os conhecimentos adquiridos experimentalmente.

Índice de diversidade de Shannon-Wiener ($H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i$) para a comunidade em estudo				
Species	n	pi ou n/N	ln(n/N) ou ln pi	n/N*ln(n/N)
1	2	0.015152	-4.189654742	-0.0635
2	14	0.106061	-2.243744593	-0.2380
3	6	0.045455	-3.091042453	-0.1405
4	3	0.022727	-3.784189634	-0.0860
5	86	0.651515	-0.428454626	-0.2791
6	14	0.106061	-2.243744593	-0.2380
7	7	0.05303	-2.936891774	-0.1557
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
N= 132				
		soma de todos n/N*ln(n/N)		-1.2008
		remover o negativo		1.2008

pi (n/N)= número de indivíduos contados de cada espécie (n) sobre o total de todos os indivíduos de todas as espécies encontradas (N)

Interpretação: valores típicos em estudos ecológicos situam-se normalmente entre $H' = 1.5$ e $H' = 3.5$, e este índice raramente é superior a 4. O índice de Shannon-Wiener aumenta quando na comunidade quer a **riqueza** (número de espécies presentes) quer a **dominância** (abundância relativa) ambas aumentam.

FIGURA 6: Exemplo de determinação do Índice de Shannon-Wiener para a análise a microfauna determinada pela folha de software EXCEL.

CONCLUSÃO

Terminado o programa de formação avançada, o formando ganhou maior autonomia laboratorial, maior competência na compreensão dos parâmetros de avaliação do desempenho das ETAR, bem como adquiriu novas competências quanto ao papel que a diversidade biológica tem no bom desempenho das lamas ativadas e que o funcionamento do tanque de arejamento pode ser compreendido e gerido à luz dos conceitos básicos do funcionamento espaço-temporal de um ecossistema. A formação com recurso às operações unitárias revelou-se facilitadora para a subsequente integração exigida na realização dos métodos analíticos.

A organização de folhas de procedimentos operacionais padronizados para o portefólio e a organização do seu relatório final de estágio foram os produtos tangíveis dessa formação. Certamente, que a possibilidade de ter realizado no exterior essa capacitação, o ambiente internacional da instituição acolhedora CEB, e o alargar dos horizontes quer pessoais quer profissionais revelaram-se uma opção de valor acrescentado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Garcia L, Quek F (1997). Qualitative research in information systems: time to be subjective? In: Lee AS, Liebenau J, Degross JI (eds.), Information systems and qualitative research. Chapman & Hall, London, pp 444-465.
- Hernández F (1998). Transgressão e mudança na educação: os projetos de trabalho. Artmed, Porto Alegre, 152 pp.
- Madoni P (1994). A sludge biotic index (SBI) for the evaluation of the biological performance of activated sludge plants based on the microfauna analysis. *Water Research* 28: 67-75.
- Madoni P (2005). Depurazione biologica nei fanghi attivi. ENIA S.p.A., Sede di Reggio Emilia.
- Nações Unidas (2015). 17 Objetivos para transformar nosso mundo. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/> a 11 de agosto de 2019.
- Nicolau A (2002). Monitorização microbiológica da poluição: uso das respostas fisiológica e ecológica de protistas, Tese de doutoramento. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Biológica.
- Nicolau A, Dias N, Mota M, Lima N (2001) Trends in the use of protozoa in the assessment of wastewater treatment. *Research in Microbiology* 152: 621–630.
- Nicolau A, Lima N, Mota M, Madoni P (1997). Os protozoários como indicadores da qualidade biológica das lamas activadas. *Boletim de Biotecnologia* 56: 14-19.
- Shannon CE, Wiener W (1949). The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, 125 pp.
- Walker D (1985). Writing and reflection. In: D Boud, R Keogh, D Walter (eds.) Reflection: turning experience into Learning. Kogan Page, London, pp. 52-68.
- Yin R-K (1993). Application of case study research. Sage Publication, California, 232 pp. Zar (2009). Biostatistical Analysis: International Edition. Prentice Hall. 663p.