

UMA ANÁLISE SWOT DO CONTEXTO CTSS DAS ATIVIDADES LABORATORIAIS DO ENSINO SECUNDÁRIO

DOMINIQUE A. COSTA¹, M. GABRIELA T. C. RIBEIRO^{1,*}
E ADÉLIO A. S. C. MACHADO²

Apresenta-se uma metodologia, baseada na análise SWOT, para avaliar atividades laboratoriais com vista a aferir o seu enquadramento na perspetiva Ciência-Tecnologia-Sociedade-Sustentabilidade (CTSS). A ferramenta foi usada na avaliação das atividades laboratoriais propostas nos programas em vigor dos 10º e 11º anos, tendo-se concluído que a adoção de um enquadramento CTSS, como presentemente se impõe para os laboratórios de ensino, exigirá a elaboração e desenho de novas experiências e profundas alterações dos programas atuais.

O movimento CTS, “Ciência-Tecnologia-Sociedade”, prescreve que o ensino da ciência e tecnologia deva atender ao contexto cultural, social, económico e político em que as atividades de ciência e tecnologia são desenvolvidas, com vista a proporcionar aos estudantes formação que lhes permita compreender o impacto da ciência e tecnologia no mundo real, na vida diária e na sociedade, e serem capazes de tomar decisões responsáveis sobre as variadas questões que, como cidadãos e/ou profissionais, lhes serão postas ao longo da vida nestes campos [1].

O conhecimento científico e tecnológico permitiu à Sociedade desenvolver, a partir dos anos sessenta do século XX, com a emersão do moderno Ambientalismo, uma atitude a favor da conservação do Ambiente. Neste contexto, o movimento CTS incorporou uma componente ambiental quase logo desde o seu lançamento e, ocasionalmente, mas nem sempre, foi-lhe acrescentado o A de “Ambiente” e passou a CTSA, “Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente”, pelo que as duas designações e siglas tendem a ser usadas indistintamente, como referido numa recente revisão da respetiva literatura [2].

Na situação atual, em que decorre a década da Educação para o De-

seenvolvimento Sustentável (EDS) da UNESCO (2004-2015) [3] e é cada vez mais importante que a Tecnologia evolua no sentido de contribuir para este [4], do qual é um ingrediente fulcral, a postura CTS/CTSA deve adquirir explicitamente esta componente e evoluir para Ciência-Tecnologia-Sociedade-Sustentabilidade – o que pede uma sigla alternativa mais adequada, CTSS ou, em estilo de fórmula química, CTS₂. Esta perspetiva para o ensino científico-tecnológico dá adequada relevância à Sustentabilidade, que tem de ser conquistada mediante contribuições inovatórias de dois tipos: por um lado resultantes, quer da Ciência, quer da Tecnologia, que permitam a implementação da Engenharia da Sustentabilidade; por outro, de reorganização da Sociedade, mediante alterações do comportamento humano, individual e coletivo, a que os cientistas e tecnólogos devem estar atentos porque podem ser potenciados pelo progresso tecnológico. Em suma, o enquadramento do ensino científico-tecnológico no paradigma da Sustentabilidade pressiona que passe a ser feito na postura CTSS.

No caso particular da Química, como os produtos químicos são imprescindíveis para obter qualidade de vida e a sua produção tem de aumentar para eliminar a pobreza química [5], tem de evoluir no sentido de a Química Industrial se integrar no Desenvolvimento Sustentável e poder contribuir para este. A evolução requerida significa produzir maiores quantidades de produtos químicos, mas simultaneamente propiciar menos poluição, resíduos,

etc., e consumir menos recursos naturais (energia e materiais) – este é o objetivo da Química Verde. Para que o ensino desta possibilite aos alunos uma melhor integração no paradigma da Sustentabilidade, em face do que foi dito acima, parece natural que seja feito no quadro da CTSS.

Os atuais programas para o ensino da Física e da Química no ensino Secundário referem, na sua apresentação, a opção pela “educação CTS” [6]. Por outro lado, uma análise da vertura das atividades laboratoriais propostas nos programas de Química do ensino secundário realizada anteriormente [7, 8], evidenciou que a maior parte das respetivas experiências apresentavam uma vertura limitada e que uma fração considerável delas apresentava riscos elevados devido ao uso de substâncias perigosas (cerca de 30% das substâncias usadas). Estes factos levantam a questão de averiguar até que ponto os programas se integram na postura CTSS, um contexto mais atual que CTS. Assim, na sequência do trabalho anterior sobre as atividades laboratoriais nos currículos do secundário [7, 8], decidi fazer-se incidir esta avaliação sobre estas atividades. A análise deste objetivo permitiu identificar desde logo duas questões fundamentais sobre a avaliação (e o desenho) de experiências laboratoriais: (i) que critérios devem estas atividades cumprir para serem adequadas a um ensino CTSS?; e (ii) que metodologia pode ser usada para proceder a essa avaliação? Note-se que estas questões são gerais e não apenas válidas para atividades experimentais.

¹ REQUIMTE, Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, R. Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto

² Departamento de Química e Bioquímica da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, R. Campo Alegre, 687, 4169-007 Porto

* E-mail: gribeiro@fc.up.pt

O objetivo deste artigo é apresentar uma tentativa de resposta a estas questões, mais precisamente, propor um conjunto de critérios e uma metodologia (com base na análise SWOT) para avaliar o cumprimento desses critérios que, no seu conjunto, constituem um instrumento para avaliar se as atividades laboratoriais estão desenhadas de forma a se adequarem a um ensino CTSS. O instrumento foi testado com as atividades dos atuais programas de química dos 10º e 11º anos do ensino secundário.

DESENVOLVIMENTO DO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

Na Figura 1 apresenta-se tentativamente um conjunto de aspetos (formam uma rede) que interrelacionam a Química, a Tecnologia, a Sociedade e a Sustentabilidade, e que serviram de base para a escolha dos critérios a estabelecer na avaliação. Para avaliar o cumprimento dos critérios, e atendendo a que se pretende uma avaliação qualitativa, já que os aspetos a considerar são de natureza diversa e, na sua maioria, dificilmente ou não quantificáveis, usou-se a análise SWOT, que pareceu adequada para o efeito [9].

Análise SWOT. A análise SWOT foi criada na Harvard Business School

nos anos sessenta e, embora tenha sido originalmente utilizada na avaliação empresarial, é aplicada atualmente nas mais diversas áreas, tendo sido ultimamente empregue na área da química [10] e da tecnologia [11]. O termo SWOT resulta das iniciais S (Strengths – pontos fortes), W (Weaknesses – pontos fracos), O (Opportunities – oportunidades) e T (Threats – ameaças). Os pontos fortes indicam os aspetos positivos, e os fracos os negativos, relativamente aos objetivos a atingir; o seu conjunto corresponde à *análise interna*, já que os aspetos considerados são atributos do objeto. As oportunidades podem tornar mais forte o objeto em análise e as ameaças pôr em causa o seu sucesso; o seu conjunto corresponde à *análise externa*, já que resultam de fatores externos ao objeto. Após definidos os objetivos, identificam-se os pontos fortes e fracos, bem como as oportunidades e ameaças que se colocam ao cumprimento desses objetivos. Os resultados são apresentados em quadros, designados matrizes SWOT, constituídos por quatro subquadros, cada um dizendo respeito a uma das quatro características do SWOT (ver exemplos adiante).

No presente caso, os objetos em análise são as atividades laboratoriais e o objetivo é estas serem adequadas

a um ensino CTSS. Para a análise, é necessário definir os critérios a que devem obedecer as atividades laboratoriais para cumprirem este objetivo e que constituem as dimensões de análise relativamente às análises interna e externa.

Análise interna. Para esta análise, tomando em consideração as ligações mais importantes da Ciência, neste caso a Química, com a Tecnologia, a Sociedade e a Sustentabilidade, estabelecidas na Figura 1, foram escolhidas as chamadas dimensões de análise (os aspetos mais importantes para a caracterização dos pontos fortes e fracos no cumprimento do objetivo definido). Por meio de um processo que se descreve adiante (ver secção “Construção da ferramenta e análise SWOT”), foram identificadas vinte dimensões que se apresentam na Tabela 1.

Atendendo a que neste trabalho se consideram os laboratórios existentes nas escolas secundárias, classifica-se em “equipamento” os equipamentos de laboratório menos vulgares, tais como: centrífuga, evaporador rotativo, bomba de vácuo, estufa, mantas, banho termostaticado, etc. (riscos contabilizados na dimensão 4). As placas de aquecimento, banhos de água, parafina, fogões “camping gás”, termómetros, material de vidro diverso, etc., são

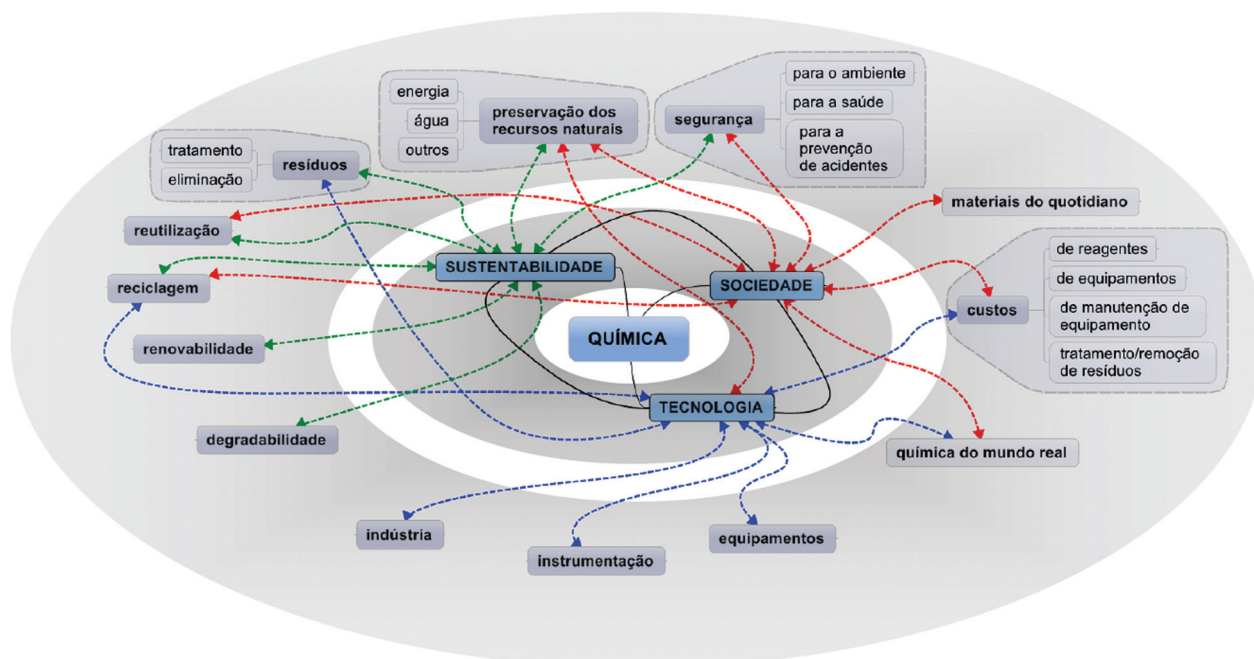


Figura 1 – Rede Química-Tecnologia-Sociedade-Sustentabilidade para elaboração de critérios usados na avaliação

Tabela 1 – Critérios para a contabilização dos pontos fortes e fracos

Dimensões de análise		Ponto Forte	Ponto Fraco
Riscos para a saúde (devido às substâncias envolvidas)	1. Riscos para a saúde devido a todas as substâncias envolvidas: reagentes, produtos, resíduos, solventes, substâncias auxiliares (como por ex. as utilizadas nos banhos de aquecimento e na instrumentação)	No caso de substâncias (Xi, Xn ou sem indicação de riscos)	No caso de substâncias (T, T ⁺ , C)
Riscos para o ambiente (devido às substâncias envolvidas)	2. Riscos para o ambiente devido a todas as substâncias envolvidas: reagentes, produtos, resíduos, solventes, substâncias auxiliares (como por ex. as utilizadas nos banhos de aquecimento e na instrumentação)	No caso de substâncias sem indicação de riscos para o ambiente	No caso de substâncias (N)
Riscos de acidente (devido às substâncias envolvidas, equipamentos, instrumentação, montagens e outros materiais vulgares de laboratório)	3. Riscos de acidente devido às substâncias envolvidas	No caso de substâncias (Xi, Xn ou sem indicação de riscos)	No caso de substâncias (T, T ⁺ , C, O, F, F ⁺)
	4. Riscos de acidente devido ao equipamento ¹	Com riscos baixos ou moderados	Com riscos elevados
	5. Riscos de acidente devido à instrumentação ¹	Com riscos baixos ou moderados	Com riscos elevados
	6. Riscos de acidente devido a montagens ¹	Com riscos baixos ou moderados	Com riscos elevados
Consumo de água como solvente ou reagente e como facilidade	7. Riscos de acidente devido a outros materiais vulgares de laboratório ^{1, 2}	Com riscos baixos ou moderados	Com riscos elevados
	8. Consumo de água como solvente ou reagente	Com consumo baixo (V ≤ 50 mL)	Com consumo elevado (V > 50 mL)
Consumo de outros solventes	9. Consumo de água como facilidade (ex. água de refrigeração, de banhos, etc.)	Com consumo baixo (V ≤ 200 mL)	Com consumo elevado (V > 200 mL)
	10. Consumo de solventes para além da água	Com consumo baixo (V ≤ 50 mL)	Com consumo elevado (V > 50 mL)
Utilização de substâncias renováveis e/ou degradáveis a produtos inócuos	11. Utilização de substâncias renováveis (a água não é contabilizada)	Utilizam-se	Não se utilizam
	12. Utilização de substâncias degradáveis a produtos inócuos (a água não é contabilizada)	Utilizam-se	Não se utilizam
Consumo energético	13. Consumo energético	Se a experiência se realiza à temperatura ambiente	Se é necessário aquecer ou arrefecer
Custos de reagentes e de tratamento ou remoção de resíduos	14. Custo dos reagentes	Custo baixo por reagente (≤ 0,05 €/g ou ≤ 0,05 €/mL)	Custo elevado por reagente (> 0,05 €/g ou > 0,05 €/mL)
	15. Custos de tratamento ou remoção de resíduos	Não existem para resíduos sem indicação de riscos para o ambiente	Existem para resíduos com riscos para o ambiente (N)
Utilização de materiais do quotidiano	16. Utilização de materiais do quotidiano (a água não é contabilizada)	Utilizam-se	Não se utilizam
Relação com a química do mundo real, química industrial e/ou com outras situações	17. Relação com a química industrial	Relacionada	Não relacionada
	18. Relação com outras situações da química do mundo real (ex. saúde, agricultura, transportes, etc.)	Relacionada	Não relacionada
Utilização de equipamentos e instrumentação	19. Utilização de equipamentos	Utilizam-se	Não se utilizam
	20. Utilização de instrumentação	Utilizam-se	Não se utilizam

¹ Só se consideram se existem equipamentos e/ou instrumentação e/ou montagens e/ou outros materiais vulgares de laboratório² Considera-se que a utilização de material de vidro envolve riscos baixos e que os banhos de aquecimento ou fogões "camping gás" envolvem riscos elevados

considerados materiais vulgares (não são contabilizados na rubrica “equipamento”) – os respetivos riscos são contabilizados na dimensão 7. Classificam-se numa nova rubrica, “instrumentação”, os equipamentos de medição e análise, tais como: espectrofotómetro, medidor de pH, aparelhos de determinação dos pontos de fusão e de ebulição, espectroscópio, etc. (riscos contabilizados na dimensão 5). Por “montagens” entende-se material de vidro e/ou equipamentos e/ou instrumentação quando acoplados (riscos contabilizados na dimensão 6). Só se contabilizam aqui os riscos devido às condições em que as experiências se desenvolvem (por exemplo riscos de implosão ou explosão), já que os riscos devido à utilização de equipamentos ou instrumentação que envolvam riscos ou de outros equipamentos e materiais vulgares no laboratório, não contabilizados em “equipamentos”, e que também envolvam riscos, são contabilizados em 4, 5 e 7, respetivamente. Considera-se que a utilização, por si só, de material de vidro, como balões, gobelés, matrizes, pipetas, termómetros, etc., envolve riscos baixos. A química do mundo real engloba a indústria química e variadas áreas de utilização de pro-

duto químicos ou onde a química é relevante, como a saúde, a agricultura, os transportes, etc. A indústria química é aqui considerada independentemente das outras situações da química do mundo real, atendendo à sua relevância para a química. Não são consideradas outras facilidades para além da água (porque são usadas em menores quantidades), a não ser que envolvam riscos e, nesse caso, são contempladas como substâncias.

Quando as experiências não envolvem reações químicas, os critérios podem requerer adaptação.

Análise externa. Para o estabelecimento das dimensões, no que se refere às oportunidades, tomaram-se em consideração aspetos que podem levar ao melhoramento das atividades, diminuindo o impacto dos pontos fracos atrás referidos; no que se refere às ameaças, condicionamentos externos que possam criar dificuldades à sua utilização e impliquem o redesenho das atividades ou o seu abandono. Assim, foram definidas cinco dimensões de análise relativamente às oportunidades e quatro relativamente às ameaças que se colocam à sua realização, apresentadas na Tabela 2.

Construção da ferramenta e análise SWOT. A análise SWOT foi aplicada à totalidade das atividades experimentais propostas nos programas de química em vigor, dos 10º e 11º anos do ensino secundário, constituídas por oitenta e seis experiências, no conjunto dos dois anos (Tabela 3).

Na construção da ferramenta SWOT para esta finalidade, as dimensões de análise (Tabela 1) não estavam todas definidas à partida, mas resultaram do processo de análise que decorreu da seguinte forma: (1) para cada experiência foram identificados os pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças relativas às dimensões de análise definidas à partida e construída a respetiva matriz SWOT; (2) para cada dimensão de análise foram identificadas as experiências com os mesmos pontos fortes, constituindo uma mesma categoria de análise (o mesmo para os pontos fracos, ameaças e oportunidades); (3) à medida que a análise decorria, as experiências, agrupadas numa mesma categoria, eram constantemente comparadas entre si, com o objetivo de conseguir consistência interna dentro de cada categoria, o que implicou, por vezes, a criação de novas dimensões de análise.

Tabela 2 – Oportunidades e ameaças – aspetos a considerar nas dimensões de análise

OPORTUNIDADES	
Dimensões de análise	Implicações
Realização à microescala	Redução dos riscos e custo dos reagentes, bem como tratamento ou remoção de resíduos, pois são em menor quantidade
Reutilização e reciclagem de materiais	Utilização de materiais reciclados ou produtos de outras atividades
Redução ou reutilização de água	Alteração de procedimentos de modo a baixar o consumo de água e/ou reutilizar a água, nomeadamente a água de refrigeração nas destilações
Substituição de reagentes ou solventes por outros mais vantajosos	Substituição por reagentes com riscos mais baixos, renováveis, degradáveis em produtos de baixo risco para o ambiente, de baixo custo e do quotidiano
Possibilidade de baixar a intensidade de energia	Alteração de procedimentos de modo a aumentar a eficiência energética
AMEAÇAS	
Dimensões de análise	Implicações
Imposição externa de mais segurança	Aumento dos custos de tratamento ou remoção de resíduos, ou de melhoramento das condições dos laboratórios, ou de abandono das experiências
Hottes insuficientes nas escolas	Aumento de custos para melhorar condições do laboratório
Verbas limitadas	Dificuldades se a experiência implicar custos elevados (reagentes, equipamentos, instrumentação, tratamento ou remoção de resíduos, melhoramento das condições dos laboratórios)
Imposição externa para reduzir consumos de água e/ou de energia	Reutilização da água e experiências a pressão e temperatura ambientais

se que permitissem discriminar as experiências (por exemplo, a criação de diversas dimensões relativas aos riscos de acidente, 3-7); (4) finalmente, quando a análise deixou de fornecer novas informações relevantes para a análise, considerou-se a categoria saturada e o processo terminado [12].

Após a análise terminada verificou-se que as dimensões de análise 4-6 e 10 apareciam nos pontos fortes, mas não nos pontos fracos. A dimensão 4 (risco de acidente devido ao equipamento) aparece só como ponto forte, porque se usa um único equipamento (manta) que foi considerado de baixo risco; o mesmo sucede para a dimensão 5

(risco devido à instrumentação), onde só se utiliza o medidor de pH eletrônico e o espectroscópio, ambos considerados de baixo risco, para a dimensão 6 (riscos devido à montagem), só presente nas destilações consideradas também de baixo risco, e para a dimensão 10 (consumo de solventes para além da água), em que os solventes utilizados são o etanol e hexano, ambos com consumos considerados baixos. Estas dimensões poderiam ser eliminadas na análise, atendendo a que não existem riscos efetivos, mas optou-se por mantê-las para permitir estabelecer um instrumento de aplicação mais geral, que permita maior discriminação na análise.

Para ilustrar a utilização de diversas dimensões de análise e o formato do resultado da análise para cada experiência, apresentam-se as análises de quatro experiências dos 10º e 11º anos (duas de cada ano) nas Tabelas 4 e 5 (matrizes SWOT), respetivamente. Para estes exemplos foram escolhidas experiências que exemplificassem vários tipos de situações encontradas, pertencessem a ambos os anos avaliados e que, no seu conjunto, apresentassem pontos fortes para quase todas as dimensões de análise. São discutidas brevemente duas destas matrizes, uma de cada ano, para exemplificação do procedimento.

Tabela 3 – Experiências avaliadas

Experiência	Designação das experiências 10º ano
1	Separar os componentes de uma mistura de água, sal e solo
2	Separar uma mistura de óleo ou azeite e água
3	Separar uma mistura de hexano e água
4	Dessalinizar água do mar ou água salgada
5	Separar água e acetona de uma mistura
6	Análise elementar do cloreto de sódio por via seca
7	Análise elementar do cloreto de bário por via seca
8	Análise elementar do cloreto de cálcio por via seca
9	Análise elementar do cloreto de sódio por via seca
10	Análise elementar do cloreto de cobre(I) por via seca
11	Análise elementar do cloreto de cobre(II) por via seca
12	Análise elementar do cloreto de lítio por via seca
13	Análise elementar do cloreto de estrôncio por via seca
14	Determinação da densidade e da densidade relativa de um sólido
15	Determinação da densidade e da densidade relativa da água
16	Determinação da densidade e da densidade relativa do etanol
17	Determinação do ponto de ebulição da água
18	Determinação do ponto de ebulição do etanol
19	Determinação do ponto de fusão do enxofre
20	Determinação do ponto de fusão do naftaleno
21	Determinação do ponto de fusão do ácido salicílico
22	Preparação de soluções
23	Preparação de colóides por adição de uma solução saturada de acetato de cálcio a etanol absoluto
24	Preparação de colóides por reação entre ácido clorídrico (concentrado) e solução diluída de tiosulfato de sódio.
11º ano	
1-4	Identificar a presença de amoníaco e de compostos de amónio em materiais de uso comum – Teste A a D
5	Síntese do sulfato de tetraaminocobre(II) monohidratado
6-9	Efeito da temperatura e da concentração na progressão global de uma reação
10-16	Classificação de águas em ácidas, neutras ou alcalinas, utilizando como indicadores solução alcoólica de fenolftaleína, azul de bromofenol, tornesol, carmim de índigo, universal, alaranjado de metilo e vermelho de metilo
17	Classificação de águas em ácidas, neutras ou alcalinas, utilizando um medidor de pH eletrónico ou um sensor
18	Apreciação do efeito da temperatura no pH de uma solução

- continua -

- continuação -

11º ano	
19	Verificar a variação do pH da água quando se faz borbulhar CO_2
20	Verificar a variação do pH da água quando se faz borbulhar SO_2
21	Força relativa do ácido clorídrico e concentração das soluções respetivas
22	Força relativa do ácido nítrico e concentração das soluções respetivas
23	Força relativa do ácido acético e concentração das soluções respetivas
24	Titulação ácido forte – base forte utilizando solução alcoólica de fenolftaleína como indicador
25	Titulação ácido forte – base forte utilizando vermelho de metilo como indicador
26	Titulação ácido forte – base forte utilizando um medidor de pH eletrónico ou um sensor
27-38	Série eletroquímica $\text{Cu}/\text{Zn}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$; $\text{Al}/\text{Zn}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$; $\text{Mg}/\text{Zn}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$; $\text{Zn}/\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$; $\text{Al}/\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$; $\text{Mg}/\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$; $\text{Mg}/\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$; $\text{Cu}/\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$; $\text{Zn}/\text{Al}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$; $\text{Cu}/\text{Mg}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$; $\text{Zn}/\text{Mg}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$; $\text{Al}/\text{Mg}(\text{NO}_3)_2(\text{aq})$
39-45	Solubilidade do cloreto de sódio, cloreto de cálcio, carbonato de cálcio, iodo, heptano, hexano e etanol em água
46-51	Solubilidade do cloreto de sódio, cloreto de cálcio, carbonato de cálcio, iodo, heptano e hexano em etanol
52-56	Solubilidade do cloreto de sódio, cloreto de cálcio, carbonato de cálcio, iodo e heptano em hexano
57	Influência da temperatura na solubilidade do nitrato de potássio em água
58	Avaliação da dureza de água dura preparada juntando cloreto de cálcio a água destilada
59	Avaliação da dureza de água dura preparada juntando sulfato de magnésio a água destilada
60	Avaliação da dureza de água destilada, usada como água macia
61	Avaliação da dureza de água amaciada com carbonato de sódio (água dura preparada juntando cloreto de cálcio a água destilada)
62	Avaliação da dureza da água amaciada com carbonato de sódio (água dura preparada juntando sulfato de magnésio a água destilada)

Tabela 4 – Matrizes SWOT para experiências 4, 10 e 11 do 10º ano

Experiência 4 - Dessalinizar água do mar ou água salgada	
Pontos Fortes 1 - Risco baixo para a saúde devido às substâncias envolvidas 2 - Risco baixo para o ambiente devido às substâncias envolvidas 3 - Risco baixo de acidente devido às substâncias envolvidas 4 - Risco baixo de acidente devido ao equipamento 6 - Risco baixo de acidente devido à montagem 7 - Risco baixo de acidente devido a outros materiais vulgares de laboratório 10 - Não há utilização de outros solventes para além da água 11 - Utilização de materiais renováveis 12 - Utilização de materiais degradáveis a produtos inócuos 14 - Sem custos para os reagentes 15 - Sem custos de tratamento ou remoção de resíduos 16 - Só se utilizam materiais do quotidiano 18 - Relação com a química do mundo real 19 - Utilização de equipamentos (manta)	Pontos Fracos 8 - Consumo elevado de água como solvente 9 - Consumo elevado de água como facilidade (refrigeração) 13 - É necessário aquecer (destilação) 17 - Sem relação com a química industrial 20 - Não se utiliza instrumentação
Oportunidades - Pode ser realizada à microescala e utilizar-se uma coluna de ar para a refrigeração - Pode reutilizar-se a água de refrigeração	Ameaças - Imposição externa para reduzir consumos de água e de energia
Experiências 10 e 11 - Análise elementar do CuCl e do CuCl_2 por via seca	
Pontos Fortes 1 - Risco moderado para a saúde devido às substâncias envolvidas (cloreto de cobre (I) e (II) - Xn) 3 - Risco moderado de acidente devido às substâncias envolvidas (cloreto de cobre (I) e (II) - Xn) 5 - Risco baixo de acidente devido à instrumentação 8 - Sem consumo de água como solvente 9 - Sem consumo de água como facilidade 10 - Sem consumo de outros solventes 20 - Utiliza-se instrumentação (espectroscópio)	Pontos Fracos 2 - Riscos elevados para o ambiente (cloreto de cobre (I) e (II) - N) 7 - Risco elevado de acidente devido a outros materiais vulgares de laboratório (utilização de gás) 11 - Não se utilizam materiais renováveis 12 - Não se utilizam materiais degradáveis a produtos inócuos 13 - É necessário aquecer 14 - Custo elevado de reagentes 15 - Custos de tratamento ou remoção de resíduos (cloreto de cobre (I) e (II) - N) 16 - Não se utilizam materiais do quotidiano 17 - Sem relação com a química industrial 18 - Sem relação com outras situações da química do mundo real 19 - Não se utilizam equipamentos

- continua -

- continuação -

Experiências 10 e 11 - Análise elementar do CuCl e do CuCl ₂ por via seca	
Oportunidades	Ameaças
	<ul style="list-style-type: none"> - Imposição externa de maior segurança (bico de bunsen ou fogão "camping gás" e cloreto de cobre (I) e (II) - N) - Ausência de hottes suficientes nas escolas - Verbas limitadas (para remoção de resíduos) - Imposição externa para reduzir consumos de energia

Tabela 5 – Matrizes SWOT para experiências 1-4, 40 e 41 do 11º ano

Experiências 1-4 do 11º ano - Amoníaco e compostos de amónio em materiais de uso comum	
Pontos Fortes	Pontos Fracos
7 - Risco baixo de acidente devido a outros materiais vulgares de laboratório 8 - Baixo consumo de água como solvente 9 - Sem consumo de água como facilidade 10 - Sem consumo de outros solventes 13 - Sem consumo energético 16 - Utilizam-se materiais do quotidiano para além da água	1 - Risco elevado para a saúde devido às substâncias envolvidas (Amoníaco - T; reagente de Nessler - T*) 2 - Risco elevado para o ambiente devido às substâncias envolvidas (Amoníaco - N; reagente de Nessler - N) 3 - Risco elevado de acidente devido às substâncias envolvidas (Amoníaco - T; reagente de Nessler - T*) 11 - Não se utilizam materiais renováveis para além da água 12 - Não se utilizam materiais degradáveis a produtos inócuos para além da água 14 - Custo elevado de reagentes (reagente de Nessler) 15 - Custos de tratamento ou remoção de resíduos 17 - Sem relação com a química industrial 18 - Sem relação com outras situações da química do mundo real 19 - Não se utilizam equipamentos 20 - Não se utiliza instrumentação
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none"> - Pode ser realizada à microescala e utilizar-se uma coluna de ar para a refrigeração - Pode reutilizar-se a água de refrigeração 	<ul style="list-style-type: none"> - Imposição externa de maior segurança (Amoníaco - T, N; reagente de Nessler - T*, N) - Ausência de hottes suficientes nas escolas - Verbas limitadas (para remoção de resíduos)
Experiências 40 e 41 do 11º ano - Solubilidade do cloreto de cálcio e do carbonato de cálcio em água	
Pontos Fortes	Pontos Fracos
1 - Risco moderado para a saúde devido às substâncias envolvidas (cloreto e carbonato de cálcio - Xi) 2 - Risco baixo para o ambiente devido às substâncias envolvidas 3 - Risco moderado de acidente devido às substâncias envolvidas (cloreto e carbonato de cálcio - Xi) 7 - Risco baixo de acidente devido a outros materiais vulgares de laboratório 8 - Baixo consumo de água como solvente 9 - Sem consumo de água como facilidade 10 - Sem consumo de outros solventes 12 - Utiliza materiais degradáveis a produtos inócuos (cloreto e carbonato de cálcio) 13 - Sem consumo energético 14 - Custo baixo de reagentes 15 - Sem custos de tratamento ou remoção de resíduos	11 - Não se utilizam materiais renováveis, para além da água 16 - Não se utilizam materiais do quotidiano, para além da água 17 - Sem relação com a química industrial 18 - Sem relação com a química do mundo real 19 - Não se utilizam equipamentos 20 - Não se utiliza instrumentação
Oportunidades	Ameaças

Dessalinizar água do mar ou água salgada. Nesta experiência do 10º ano (experiência 4, Tabela 3), água do mar ou água salgada é dessalinizada por destilação simples. O resultado da análise SWOT apresenta-se na Tabela 4. Nesta experiência só se utilizam materiais do quotidiano, de baixo custo, renováveis e degradáveis, não envolvendo riscos. Por outro lado, está relacionada com

a química do mundo real e utilizam-se equipamentos. No entanto, como se realiza uma destilação, os consumos energético e de água são elevados. Atendendo a que podem ser realizadas à microescala, esses consumos podem reduzir-se porque os tempos de realização serão menores e porque, eventualmente, será possível substituir o condensador de Liebig por uma coluna de ar, não havendo

então consumo de água. Pode também reutilizar-se a água de refrigeração, mas esta opção implica problemas operacionais que podem não ser fáceis de ultrapassar. Esta experiência apresenta 70% de pontos fortes do conjunto de pontos fortes possíveis (a dimensão de análise 5, riscos de acidente devido à instrumentação, não foi avaliada, pois não se utiliza instrumentação), mas este valor pode

aumentar se forem aproveitadas as oportunidades identificadas. Por estes resultados, esta experiência pode enquadrar-se num ensino CTSS.

Amoníaco e compostos de amónio em materiais de uso comum.

Nestas experiências do 11º ano (experiências 1-4, Tabela 3) identifica-se a presença de amoníaco e de compostos de amónio através de vários testes químicos específicos: pela formação de cloreto de amónio sólido na reação com cloreto de hidrogénio (experiência 1), pelo carácter alcalino de uma solução de amoníaco em água (experiência 2), por reação com o reagente de Nessler (experiência 3) e pela formação do ião complexo tetraaminocobre(II), de cor azul intensa (experiência 4). O resultado da análise SWOT apresenta-se na Tabela 5. Estas experiências envolvem riscos elevados para a saúde, ambiente e de acidente, não se utilizam substâncias renováveis, nem degradáveis, para além da água, apresentam custos de remoção de resíduos e o custo de um dos reagentes é elevado. Embora se utilizem alguns materiais do quotidiano, estão também envolvidos reagentes com riscos elevados e a sua realização exige a utilização de hotte, o que pode constituir uma dificuldade para a sua realização em contexto escolar. Não se utilizam equipamentos nem instrumentação e não se relacionam com a química industrial, apesar da importância da síntese do amoníaco nesta. Os consumos de água e de energia baixos são pontos fortes, mas a percentagem de pontos fortes é de 30% do conjunto de pontos fortes possíveis (as dimensões de análise 4-6, riscos de acidente devido ao equipamento, instrumentação e montagem, respetivamente, não foram avaliadas), não sendo adequadas a um ensino CTSS.

RESULTADOS

Para esta avaliação começou-se por contabilizar os pontos fortes e fracos, as ameaças e as oportunidades, e as respetivas percentagens para todas as experiências dos 10º e 11º anos. Com base nesse dados foram construídos os gráficos da Figura 2, onde se apresentam os pontos fortes e fra-

cos presentes em 60% ou mais das experiências, e a Tabela 6, onde se apresenta o resumo das oportunidades e ameaças.

Esta análise possibilita uma avaliação das experiências em três vertentes: (i) uma avaliação de cada experiência, identificando os pontos fortes e fracos e pesando as ameaças e oportunidades, o que permite tomar decisões sobre o seu melhoramento ou abandono com base no paradigma CTSS (esta avaliação não será prosseguida aqui para não alongar o artigo, mas pode ser consultada em [13], que contém informação mais detalhada e completa sobre o presente trabalho e seus resultados); (ii) uma identificação global dos pontos fortes e fracos que estão presentes na maioria das experiências, o que dá uma visão dos aspetos em que parece ter havido mais intencionalidade no desenho das experiências num paradigma CTSS

(pontos fortes) e onde houve menos intencionalidade (pontos fracos); e (iii) uma avaliação da frequência de pontos fortes e fracos presentes em cada experiência (para uma avaliação individual) ou no conjunto das experiências (para uma avaliação global), o que permite caracterizar a sua adequação individual ou global a um ensino CTSS, após definido um critério de exclusão com base em percentagens.

Identificação de pontos fortes e fracos.

Numa perspetiva global, aparecem como pontos fortes, presentes em 60% ou mais das experiências: os consumos de água (dimensões 8-9) e de outros solventes (dimensão 10), em cada um dos anos; o consumo energético (dimensão 13), no 11º ano, significando a realização de mais de 60% das experiências à temperatura ambiente; e o custo de reagentes (dimensão 14), no 10º ano e no conjunto de ambos os anos.

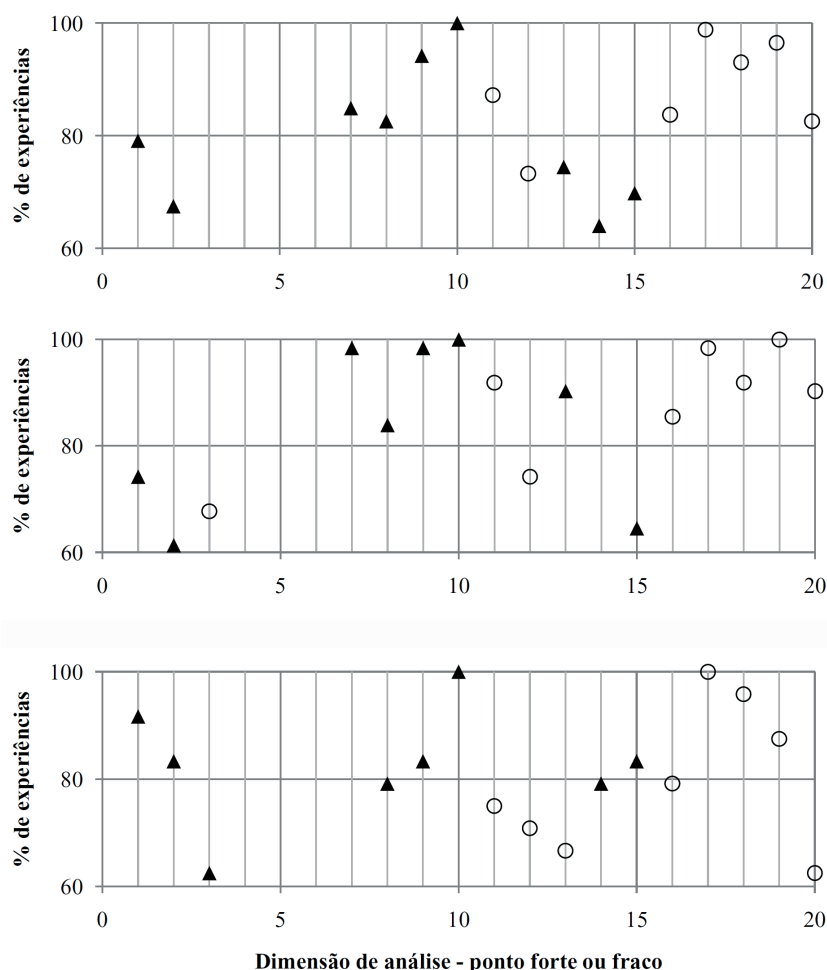


Figura 2 – Pontos fortes (▲) e pontos fracos (○) presentes em 60% ou mais das experiências dos 10º ano (em baixo), 11º ano (a meio) e 10º e 11º anos em conjunto (em cima)

Tabela 6 – Resumo das oportunidades e ameaças para as experiências dos 10º e 11º anos

Dimensões de análise	Oportunidades					
	10º ano, N=24		11º ano, N=62		10º, 11º, N=86	
	Experiências	Exp %	Experiências	Exp %	Exp Nº	Exp %
Pode ser realizada à microescala	1-5	20,8	5	1,6	6	7,0
Pode reutilizar-se a água de refrigeração	1, 4-5	12,5		0,0	3	3,5
Pode utilizar-se coluna de ar para refrigeração	1, 4	8,3		0,0	2	2,3
Dimensões de análise	Ameaças					
	10º ano, N=24		11º ano, N=62		10º, 11º, N=86	
	Experiências	Exp %	Experiências	Exp %	Exp Nº	Exp %
Imposição externa de maior segurança	2, 3, 6-13, 16, 18-20, 23, 24	66,7	1-10, 14-16, 19, 20, 24, 25, 27-38, 42-57	72,6	61	70,9
Ausência de hottes suficientes	6-13	33,3	1-9, 20	16,1	18	20,9
Verbas limitadas	3, 10, 11, 20	16,7	1-9, 28, 29, 42, 43, 45, 49-56	33,9	25	29,1
Imposição externa para reduzir consumos de água	1, 4, 5	12,5		0,0	3	3,5
Imposição externa para reduzir consumos de energia	1, 4-13, 17-21	66,7	5, 6, 18, 57, 61, 62	9,7	22	25,6

Se considerarmos todas as dimensões que dizem respeito aos riscos, no seu conjunto, e que contribuem para a segurança ou a sua ausência, o que inclui os riscos para a saúde, ambiente e de acidente, devido às substâncias, e riscos de acidente devido ao equipamentos, instrumentação, montagens ou outros materiais vulgares de laboratório (dimensões 1-7), verifica-se que 75 e 73% das experiências dos 10º e 11º anos, respetivamente, e 73% no conjunto das experiências de ambos os anos, apresentam pelo menos um desses riscos, embora alguns deles possam estar ausentes em mais de 60% das experiências, por exemplo os riscos para o ambiente (dimensão 2), que aparecem como pontos fortes.

Aparecem como pontos fracos, em mais de 60% das experiências de cada um dos anos: a utilização de substâncias renováveis e de substâncias degradáveis a produtos inócuos (a água não é contabilizada em ambos os casos) (dimensões 11 e 12, respetivamente); a utilização de materiais do quotidiano (a água não é contabilizada) (dimensão 16); a relação com a química industrial e outras situações do quotidiano (dimensões 17 e 18, respetivamente); e a utilização de equipamentos e instrumentação

(dimensões 19 e 20, respetivamente). O consumo energético (dimensão 13) aparece como um ponto fraco para o 10º ano, significando a necessidade de aquecimento em mais de 60% das experiências.

Frequência de pontos fortes e fracos. Considerando a percentagem de pontos fortes e fracos presentes, os resultados são resumidos nos gráficos da Figura 3 para o conjunto das experiências dos 10º e 11º anos. Pode concluir-se que 70% das experiências apresentam 50% ou menos de pontos fortes e 40% apresentam 50% ou mais de pontos fracos.

DISCUSSÃO

Em face do objetivo último do trabalho, a discussão que se segue será

focada em cada uma das vertentes T (Tecnologia), S (Sociedade) e S (Sustentabilidade), para tirar conclusões sobre a sua relevância nas experiências avaliadas. Os resultados indicam que as componentes Tecnologia e Sociedade, de acordo com os critérios estabelecidos, estão praticamente ausentes. No que se refere à Sustentabilidade, mais de 70% das experiências apresentam riscos, o que pode levar à necessidade de substituição de experiências, atendendo às ameaças identificadas, tais como a imposição externa de maior segurança ou a ausência de hottes suficientes nas escolas (os aspetos de segurança são importantes para a inclusão/exclusão das experiências num modelo CTSS). Pontos fortes identificados nesta vertente, tais como baixo consumo de água e de outros solventes, e a realização de

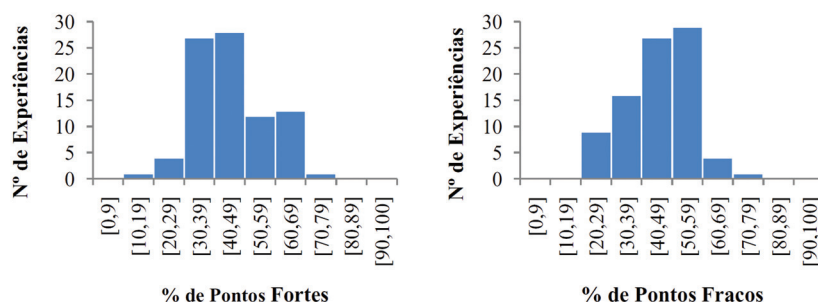


Figura 3 – Distribuição da frequência do conjunto das experiências dos 10º e 11º anos em função da % de pontos fortes e fracos. Número total de experiências: 86

experiências à temperatura ambiente, são aspetos positivos, que podem ser aumentados se forem tidas em conta as oportunidades identificadas (realização à microescala, substituição de condensadores de Liebig por colunas de ar ou reutilização da água de refrigeração utilizada nas destilações).

Em suma, poucas experiências envolvem materiais do quotidiano (para além da água), instrumentação, equipamentos, materiais renováveis e degradáveis a produtos inócuos, e se relacionam com a química do mundo real. Só uma experiência apresenta relação com a química industrial (experiência 5, do 11º ano), uma síntese em que o composto obtido tem aplicação real, aliás a única síntese proposta nos programas dos 10º e 11º anos. As experiências de síntese são adequadas a este tipo de ensino, particularmente se tiverem aplicação real na indústria, isto é, se os compostos forem produzidos industrialmente, pois colocam-se aspetos que excedem o habitual cálculo de rendimentos – aspetos químicos, tais como reação química, estequiometria, equilíbrio, cinética, energia, etc., bem como aspetos ambientalmente relevantes, como os de segurança, formação de resíduos, otimização da economia atómica e de verdura química. Pelas razões apontadas, as experiências de síntese contribuem frequentemente para uma abordagem ampla da química, num contexto industrial e societal, bem inserida numa opção CTSS para o ensino da Química – a sua quase absoluta ausência dos atuais programas do secundário [6] é extremamente lamentável. Mas, neste contexto, o desafio é propor sínteses que, ao mesmo tempo, envolvam riscos baixos, materiais renováveis, degradáveis e do quotidiano, e tenham aplicação real na indústria, o que não é fácil. Por outro lado, seria importante caracterizar o produto obtido em termos da sua pureza, por forma a utilizar-se instrumentação. É também de referir que as destilações implicam um elevado consumo de água, o que deve ser motivo de preocupação, sendo importante pensar-se na reutilização da água. A adoção de uma proposta deste tipo,

num enquadramento CTSS, como presentemente se impõe, exigirá a elaboração e desenho de novas experiências e profundas alterações dos programas atuais.

CONCLUSÕES

A utilização da análise SWOT na avaliação das atividades laboratoriais de Química do ensino secundário permitiu avaliar as atividades numa perspetiva CTSS, englobando na avaliação aspetos relacionados com a Tecnologia, Sociedade e Sustentabilidade. Num futuro, que se espera próximo, as atividades laboratoriais para o ensino da Química devem ser cuidadosamente escolhidas e desenhadas de forma a adequarem-se a um ensino CTSS e, por isso, espera-se que este artigo possa ser um contributo, ainda que modesto, para tornar essa opção mais próxima.

A análise SWOT permitirá outras avaliações, após definição de outras dimensões de análise, por exemplo, dirigidas aos objetivos definidos, às competências a desenvolver e à metodologia a utilizar na sala de aula para atingir os objetivos e promover o desenvolvimento das competências. Nestas últimas será de incluir as competências verdes, necessárias para atividades profissionais verdes, resultantes da introdução de práticas e tecnologias verdes, que merecem crescente atenção [14]. Por isso, a análise SWOT parece ser uma ferramenta com lato alcance no domínio da química e que merece continuar a ser explorada.

Em suma, o tipo de análise apresentado pode ser útil na avaliação, no desenho, ou no redesenho de atividades laboratoriais, tendo em vista a sua inserção num ensino da Química de cariz CTSS, essencial no presente contexto de luta *societal pela Sustentabilidade*, em que a *inovação da tecnologia* adquire um papel fulcral.

REFERÊNCIAS

- [1] G. Aikenhead, *What is STS science teaching?*, in J. Solomon e G. Aiken-

- head (eds), *STS Education – International Perspectives on Reform*, TCP (1994), p. 47-59.
- [2] E. Pedretti, J. Nazir, *Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on*, *Sci. Educ.* **95** (2011) 601-626.
- [3] A. Wals, *Learning for a Sustainable World*, UNESCO, 2009.
- [4] L. Wong (ed), *Globalization and Education for Sustainable Development – Sustaining the future*, UNESCO, 2005.
- [5] A. A. S. C. Machado, Da Pobreza Química à Sustentabilidade e Química Verde, *Química - Bol. S. P. Q.* **114** (2009) 27-33.
- [6] DGIDC Web: http://sitio.dgidc.min-edu.pt/secundario/paginas/programas_es_f.aspx (Direção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular, acedido em 23-02-2011).
- [7] D. A. Costa, M. G. T. C. Ribeiro, A. A. S. C. Machado, Análise da Verdura das Atividades Laboratoriais do 10º ano do Ensino Secundário, *Química - Bol. S. P. Q.* **115** (2009) 41-49.
- [8] D. A. Costa, M. G. T. C. Ribeiro, A. A. S. C. Machado, Análise da Verdura das Atividades Laboratoriais do 11º ano do Ensino Secundário, *Química - Bol. S. P. Q.* **123** (2011) 63-72.
- [9] S. E. Jackson, A. Joshi, N. L. Erhardt, Recent Research on Team and Organizational Diversity: SWOT Analysis and Implications, *J. Manage.* **29** (2003) 801-830.
- [10] M. Deetlefs, K. R. Seddon, Assessing the greenness of some typical laboratory ionic liquid preparations, *Green Chem.* **12** (2010) 17-30.
- [11] G. Sin, S. W. H. Van Hulle, D. J. W. De Pauw, A. van Griensven, P. A. Vanrolleghem, A critical comparison of systematic calibration protocols for activated sludge models: A SWOT analysis, *Water Res.* **39** (2005) 2459-2474.
- [12] B. S. Spector, Qualitative Research: Data Analysis Framework Generating Grounded Theory Applicable to the Crisis in Science Education, *J. Res. Sci. Teach.* **21** (1984) 459-467.
- [13] D. A. Costa, Métricas de Avaliação da Química Verde – Aplicação no Ensino Secundário, Tese de Doutoramento, Departamento de Química, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 2011.
- [14] European Centre for the Development of Vocational Training (CEDEFOP), *Skills for Green Jobs*, European Synthesis Report, UE, 2010.