

**CAPÍTULO 4 – PLANTAS E QUALIDADE
DO AR INTERIOR:
POTENCIALIDADES E DESAFIOS DA
UTILIZAÇÃO DO SENSOR DE DIÓXIDO
DE CARBONO NA FORMAÇÃO PARA A
DOCÊNCIA NO ENSINO BÁSICO**

Nuno Melo (nunom@eselx.ipl.pt)¹,
Maria João Silva (mjsilva@eselx.ipl.pt)¹e
Bianor Valente (bianorv@eselx.ipl.pt)¹

¹ Escola Superior de Educação de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa,
Estrada do Calhariz de Benfica, 1549-003 Lisboa

RESUMO

Neste capítulo, descrever-se-á o processo de concepção, implementação e avaliação de uma atividade didática com o uso de sensores, centrada no papel das plantas na qualidade do ar interior, na Unidade Curricular “Mundo Vivo” da Licenciatura de Educação Básica. A utilização do sensor de dióxido de carbono possibilitou a monitorização, pelas/os alunas/os, da concentração de dióxido de carbono no ar, em diferentes contextos, nomeadamente experimentais. Esta monitorização facilitou o estudo de fontes e sumidouros de dióxido de carbono no ar, com especial ênfase na ocupação humana e na presença de plantas, em condições experimentais com e sem luz. Apresentar-se-á o processo iterativo de concepção da atividade e os seus resultados, nomeadamente no que se refere aos procedimentos necessários ao controle de variáveis, como, por exemplo, o tipo de plantas a usar e os procedimentos de recolha de amostra de ar e de manutenção da posição do sensor ao longo da experiência. Seguidamente serão explicitados os objetivos, conteúdos, tarefas e recursos da atividade. Uma análise de conteúdo aos relatórios elaborados pelas/os alunas/os permite uma avaliação em termos das aprendizagens das/os alunas/os e da pertinência da atividade com base na reflexão didática também presente no referido relatório. Enfatiza-se a avaliação das potencialidades da atividade, nomeadamente do uso do sensor de dióxido de carbono, para uma intervenção em saúde ambiental, especificamente ao nível da gestão da presença de plantas para melhoria da qualidade do ar interior.

INTRODUÇÃO

O presente capítulo descreve o processo de concepção, implementação e avaliação de uma atividade didática de formação para a docência, em que se utiliza um sensor para monitorizar a concentração de dióxido de carbono no ar, no estudo de fontes e sumidouros deste gás, nomeadamente no que se relaciona com a presença de plantas em ambientes interiores e exteriores.

O processo metabólico mais importante no planeta Terra é, muito provavelmente, a fotossíntese. A grande maioria dos seres vivos, incluindo os humanos, depende, direta ou indiretamente, da fotossíntese. As únicas exceções são os organismos quimiossintéticos que vivem nas profundezas oceânicas e em condições extremas, nomeadamente na total ausência de luz. A fotossíntese é assim um importantíssimo processo metabólico, através do qual as plantas e outros organismos fotossintéticos, convertem energia luminosa em energia química. Estes organismos fotossintéticos, utilizam a energia da luz para produzir compostos orgânicos, como a glucose, a partir de compostos inorgânicos simples encontrados no ambiente: o dióxido de carbono (CO_2) como fonte de carbono e a água (H_2O) como fonte de eletrões. A glucose produzida no processo fotossintético pode depois ser utilizada como fonte de energia para outros processos metabólicos. A fotossíntese, apesar de ser um processo metabólico muito complexo, pode ser representada de uma forma simples através da expressão:



Esta expressão evidencia o facto de a fotossíntese consumir dióxido de carbono atmosférico e produzir oxigénio. Esta produção de oxigénio é muito importante porque este vai ser utilizado pela maioria dos seres vivos (incluindo os fotossintéticos) para a realização da respiração. O consumo de dióxido de carbono no processo fotossíntese é também fundamental para a qualidade e o equilíbrio ambientais, sendo que os produtores são atualmente, em tempos de aumento de efeito estufa, considerados de especial importância, como sumidouros daquele gás da atmosfera.

Marmaroti e Galanopoulou (2006) referem que o conhecimento sobre a fotossíntese é essencial para compreender o funcionamento da Biosfera e a relação entre o mundo vivo e o mundo não-vivo. Amir e Tamir (1994) defendem que, sendo a fotossíntese um dos tópicos mais importantes em biologia, deve ser ensinada em todos os diferentes níveis de ensino. Os mesmos autores defendem ainda que, para a compreensão do modo como um organismo, um ecossistema ou a biosfera

funcionam, é necessário perceber bem as diferenças entre a fotossíntese e a respiração, bem como os aspetos que estes dois processos metabólicos têm em comum e a inter-relação entre os dois.

Dada a importância deste processo metabólico, é compreensível que a sua aprendizagem faça parte do currículo na maior parte dos países ocidentais. O TIMSS, estudo internacional que compara os resultados ao nível da aprendizagem das Ciências e Matemática em dezenas de países, inclui sempre itens relacionados com a fotossíntese, confirmando assim a importância deste tópico.

No currículo Português (Ministério da Educação, 2001), os estudantes começam a familiarizar-se com as bases do processo fotossintético no 1º Ciclo do Ensino Básico. No 1º e 2º ano os estudantes devem observar, cultivar e identificar algumas plantas, reconhecendo alguns cuidados a ter com as plantas. No 3º ano, as crianças devem ser capazes de reconhecer fatores ambientais que condicionam a vida das plantas (água, ar, luz, temperatura, solo). Já no 4º ano, o bloco 6 do programa da área curricular de estudo do meio, inclui o reconhecimento dos efeitos da poluição atmosférica e o reconhecimento da importância das florestas para a qualidade do ar. No 2º Ciclo do Ensino Básico a fotossíntese passa a constar dos programas de forma explícita. No 5º ano são estudados apenas aspetos morfológicos das plantas, mas é abordada a importância do ar (e dos seus constituintes individuais) para os seres vivos e também os fatores que afetam a qualidade do ar. Já no 6º ano a fotossíntese aparece como um conteúdo explícito, devendo a aprendizagem sobre este assunto centrar-se na captação de água e sais minerais pela planta, a elaboração do seu alimento através da fotossíntese, os fatores que condicionam a atividade fotossintética e os produtos resultantes da fotossíntese. Fazem ainda parte do programa do 6º ano, a abordagem às trocas gasosas entre as plantas e o ambiente no que respeita à fotossíntese e respiração e a sua relação com a qualidade do ar. É ainda sugerida a realização de atividades experimentais relativas à fotossíntese.

No mesmo sentido, as Aprendizagens Essenciais para o Ensino Básico definidas pelo Ministério da Educação e homologadas pelo Despacho n.º 6944-A/2018, de 19 de julho referem que no 3º ano os estudantes devem saber relacionar fatores do ambiente (ar, luz, água, etc) com o normal desenvolvimento de plantas. Já as aprendizagens essenciais definidas para o 6º ano referem explicitamente o processo de fotossíntese, devendo os estudantes ser capazes de explicar a importância da fotossíntese para a obtenção de alimento por parte das plantas e relacionar os produtos da fotossíntese com a respiração celular. O mesmo documento refere ainda que os estudantes devem ser capazes de ex-

plicar a influência de fatores que intervêm no processo fotossintético e discutir a importância das plantas para a vida na Terra.

O aprofundamento deste tópico continua depois no 3º Ciclo do ensino básico e no ensino secundário.

Apesar da ênfase dada à fotossíntese e à sua relação com a respiração nos programas do ensino básico, vários estudos têm revelado que os estudantes sentem muitas dificuldades na compreensão dos conceitos associados a estes tópicos (Stavy et al., 1987; Waheed & Lucas, 1992), tendo sido identificadas nos estudantes várias concepções alternativas sobre esta temática (Melillan, Cañal & Veja, 2006). Entre as concepções alternativas mais comuns, destacam-se: a ideia de que as plantas obtêm o seu alimento do solo através das raízes (Woods-Robinson, 1991); confusão entre o papel do dióxido de carbono e do oxigénio na fotossíntese; confusão entre fotossíntese e respiração; referência a que as plantas realizam a fotossíntese de dia e a respiração de noite (Köse, 2008). Estes estudos sobre concepções alternativas têm posto em evidência grandes dificuldades no processo de ensino/aprendizagem do conceito de fotossíntese (e de respiração), devido ao seu elevado grau de complexidade. Estas dificuldades não se limitam a estudantes do ensino básico e secundário e têm também sido identificadas em estudantes do ensino superior, nomeadamente na formação para a docência e até em docentes do ensino básico e secundário (Çokadar, 2012). Os autores do presente capítulo têm observado tais dificuldades em estudantes da formação inicial de professores do ensino básico e educadores de infância na Escola Superior de Educação de Lisboa (ESELx).

No trabalho agora apresentado foram utilizados sensores associados a dispositivos móveis para explorar a fotossíntese e a relação entre fotossíntese e respiração em plantas, discutindo-se a influência das plantas na qualidade do ar interior e exterior da escola.

Os sensores são dispositivos muito utilizados no quotidiano, encontrando-se frequentemente integrados em equipamentos móveis, permitindo implementar atividades, formais ou informais, de aprendizagem e de promoção da saúde (Shuler, Winters & West., 2013; Silva et al., 2018). A utilização de sensores tem vindo a ser considerada como uma estratégia eficaz na educação em ciências e matemática, contribuindo para a melhoria dos resultados de aprendizagem (Tinker, 2002). O trabalho de investigação descrito neste artigo foi desenvolvido no âmbito do projeto *Eco-sensors4Health* - Eco-sensores na promoção da saúde: Apoiar as crianças na criação de escolas ecosaudáveis (LISBOA-01-0145-FEDER-023235). Este projeto visa mobilizar o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) do quotidiano, como os sen-

sores, para criação de ambientes saudáveis e sustentáveis na escola.

Nas secções seguintes, apresentar-se-á o processo de conceção e descrever-se-á uma atividade didática que recorre a um sensor de dióxido de carbono para monitorizar as trocas deste gás entre os seres vivos e a atmosfera, com especial ênfase na compreensão das trocas entre as plantas e a atmosfera, nos seus processos de fotossíntese e respiração. Sequencialmente, apresenta-se uma avaliação em termos das aprendizagens das/os alunas/os e da pertinência da atividade, com base na análise de conteúdo dos relatórios realizados pelas/os estudantes. O artigo termina com uma conclusão, em que se analisam as potencialidades da atividade desenvolvida com recurso ao sensor de dióxido de carbono, e com a apresentação das referências bibliográficas.

PROCESSO DE CONCEÇÃO DA ATIVIDADE COM O SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO

Nesta secção, descreve-se o processo de conceção de uma atividade curricular que utiliza um sensor eletrónico para estudar as trocas de dióxido de carbono entre os seres vivos e a atmosfera, com especial ênfase nas plantas e nos seus processos de fotossíntese e respiração, no âmbito da Unidade Curricular “Mundo Vivo” do 2º ano da licenciatura em Educação Básica da Escola Superior de Educação de Lisboa.

Foram diversos os motivos para centrar a atividade nas trocas de dióxido de carbono entre os seres vivos e a atmosfera. Por um lado, o *Programa Nacional de Saúde Escolar* (Amann, 2015) salienta que a qualidade do ar interior e exterior é um dos fatores de risco na saúde ambiental nas escolas, realçando que “A má qualidade do ar interior, associada à sobrelotação da sala de aula, repercute-se na saúde, na qualidade de vida e nas aprendizagens”(p. 32-33). Torna-se, assim, clara a relevância da presença humana nas salas de aula, no que se refere à contribuição do ar expirado para a qualidade do ar das referidas salas. Na perspetiva da qualidade do ar exterior, as trocas de dióxido de carbono entre as plantas e a atmosfera têm uma importância acrescida, considerando as alterações climáticas, as crescentes emissões daquele gás pelas atividades humanas e o papel dos produtores como sumidouros do mesmo (IPCC, 2007).

Por outro lado, o estudo das trocas de dióxido de carbono entre as plantas e o ar interior pode contribuir para a desconstrução de conceções alternativas dos estudantes, nomeadamente no que se refere às trocas de dióxido de carbono entre as plantas e o ar, de dia e de noite.

Pelo exposto, decidiu-se centrar a atividade curricular nas seguintes questões: i) Quais as principais diferenças, no que se refere à concentração de dióxido de carbono, entre a composição do ar ambiente e do ar expirado? ii) Como varia a concentração de dióxido de carbono no ar, quando colocamos plantas no escuro? iii) E quando colocamos plantas à luz?

Uma outra razão para o estudo das trocas de dióxido de carbono, em detrimento do estudo das trocas de oxigênio, centra-se na muito mais elevada magnitude das diferenças relativas de concentração de dióxido de carbono no ar, por influência das trocas com os seres vivos. Desta forma, optou-se pela utilização de um sensor de dióxido de carbono, nomeadamente pelo sensor “PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor (PS-2110)” da *PASCO*, que inclui uma garrafa para recolher amostras de ar, em conjunto com a *app* “SPARKvue” para telemóveis e *tablets* e com uma câmara de isolamento “EcoZone System (ME-6668)” também da *PASCO*. O sensor liga-se, através de uma interface (“AirLink - PS-3200”) e de uma conexão USB ou *Bluetooth*, ao *tablet* ou telemóvel, onde se encontra instalada a *app* “SPARKvue”. A concentração de dióxido de carbono no ar é detetada pelo sensor e transmitida ao *tablet* ou telemóvel, onde a *app* permite a visualização científica dos dados, apresentando-os em diversas representações, como gráficos e tabelas, e calculando medidas estatísticas, como média, máximo e mínimo. O sensor pode medir a concentração de dióxido de carbono no ar ambiente ou ser colocado na garrafa ou na câmara *EcoZone* para medir a concentração de dióxido de carbono no ar isolado dentro das mesmas.

Para estudar a variação da concentração de dióxido de carbono no ar, quando colocamos plantas no escuro e à luz, foram desenvolvidos vários ensaios preliminares, nomeadamente com diversas plantas e com diversos mecanismos de produção de ausência de luz. Nesses ensaios, verificou-se que as diferenças de concentração de dióxido de carbono no ar foram mais perceptíveis quando se utilizaram plantas com uma maior área foliar.

Verificou-se ainda que o sensor de dióxido de carbono foi muito sensível aos seus próprios movimentos, aos movimentos do ar e a trepidações. Por este motivo, tornou-se necessário fazer a experiência num suporte em que não fossem produzidas vibrações, nomeadamente em que ninguém se encostasse. Também por este mesmo motivo, o mecanismo de produção de ausência de luminosidade que se revelou mais adequado foi a cobertura da câmara *EcoZone* com um saco de plástico preto e leve, para que a sua colocação e remoção não colidissem com a câmara, nem com o sensor. Do mesmo modo, para evitar os movimentos do ar no sensor, a concentração de dióxido de carbono

no ar da sala (ocupada por uma turma de aulas práticas e com a porta aberta), no ar do exterior da ESELx (perto da estrada) e no ar expirado, foi medida com recurso à recolha de amostras (uma para cada local), utilizando a garrafa fornecida com o sensor. Assim, as medições com o sensor de dióxido de carbono foram sempre realizadas com o sensor mantido imobilizado na mesma posição.

OBJETIVOS, TAREFAS E RECURSOS DA ATIVIDADE COM O SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO

Os objetivos da atividade com o sensor de dióxido de carbono para estudar as trocas deste gás entre os seres vivos, nomeadamente as plantas, e a atmosfera, foram definidos com a seguinte formulação:

O1- Utilizar o sensor de dióxido de carbono, para medir a concentração de dióxido de carbono no ar;

O2- Reconhecer, através de medições com o sensor de dióxido de carbono, que o ar interior de espaços com ocupação humana tem maior concentração de dióxido de carbono do que o ar exterior;

O3- Reconhecer, através de medições com o sensor de dióxido de carbono, que o ar expirado pelos seres humanos tem maior concentração de dióxido de carbono do que o ar inspirado;

O4- Reconhecer, através de medições com o sensor de dióxido de carbono, que as plantas, na ausência de luz, aumentam a concentração de dióxido de carbono do ar ambiente e, na presença de luz, diminuem a concentração de dióxido de carbono do ar ambiente.

O5- Realizar um conjunto de práticas produtoras de conhecimento (práticas epistémicas), como medir, descrever as observações realizadas, organizar informação, interpretar e relacionar, que são parte integrante das práticas de pesquisa científica.

Participaram nesta atividade 117 estudantes, divididos em oito turmas práticas. Os/as alunos/as trabalharam em grupos de 3 ou 4 elementos, num total de 32 grupos. Todos os grupos realizaram o mesmo conjunto de tarefas, num conjunto de duas aulas. Algumas tarefas tiveram caráter autónomo, outras tiveram intervenção das/os docentes.

Para cumprir os objetivos atrás elencados, foi pedido aos grupos que desenvolvessem as seguintes tarefas, utilizando os recursos referidos na Tabela 1:

- Medição, com o sensor de dióxido de carbono, da variação da con-

centração deste gás em consequência do processo de fermentação alcoólica, numa câmara com leveduras e açúcar em água, para familiarização com os instrumentos a usar nas tarefas seguintes;

- Medição, com o sensor de dióxido de carbono, da concentração deste gás no ar da sala de aula (ocupada pela turma de aulas práticas a desenvolver a atividade e com a porta aberta, tendo cada turma cerca de 15 alunos). Comparação do valor obtido com o valor médio da concentração de dióxido de carbono na atmosfera à superfície do Planeta, que em 2017 foi 405.0 ± 0.1 ppm (Blunden, Arndt, & Hartfield, 2018);

- Medição, com o sensor de dióxido de carbono, da concentração deste gás no ar do exterior da escola (ESELx). Comparação do valor obtido com o valor da concentração de dióxido de carbono no ar da sala de aula e com o valor médio da concentração de dióxido de carbono na atmosfera;

- Medição, com o sensor de dióxido de carbono, da concentração deste gás no ar expirado para a garrafa de recolha de amostras de ar. Comparação do valor obtido com o valor da concentração de dióxido de carbono no ar da sala de aula;

- Medição, com o sensor de dióxido de carbono, da variação da concentração deste gás, numa câmara com uma planta, primeiro em condições de ausência de luz e depois em condições de presença de luz (medição contínua);

Recurso	Especificação
Sensor de dióxido de carbono	PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor (PS-2110) da PASCO
Interface entre o sensor e o smartphone	AirLink - PS-3200
Garrafa para recolha amostras de ar	(é fornecida com o PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor (PS-2110) da PASCO)
App para telemóveis e tablets	SPARKvue
Câmara para planta	EcoZone System (ME-6668) da PASCO
Smartphones dos estudantes	
Planta	Por exemplo, um morangueiro (género <i>Fragaria</i>) ou um amor-perfeito (<i>Viola tricolor</i>)
Leveduras, açúcar e água	Leveduras em “fermento biológico”

Tabela 1. Recursos utilizados na atividade com o sensor de dióxido de carbono

- Partilha dos valores obtidos e reflexão sobre os mesmos.

A familiarização das/os estudantes com a utilização do sensor de dióxido de carbono realizou-se na atividade de monitorização da concentração daquele gás no ar de uma câmara com leveduras e açúcar em água. Os estudantes observaram que a concentração de dióxido de carbono aumentou ao longo do tempo no ar da câmara com leveduras e açúcar em água (ver gráfico da Figura 1), tendo este aumento sido

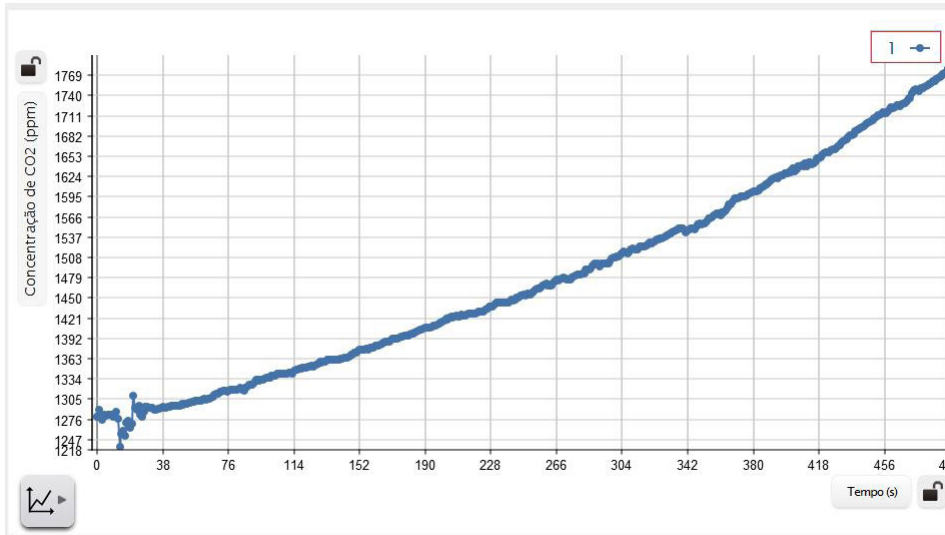


Figura 1. Gráfico obtido através da app "SPARKvue" por um dos grupos na utilização do sensor de dióxido de carbono, para medição da concentração deste gás no ar de uma câmara com leveduras e açúcar em água

relacionado com a realização da respiração celular/ fermentação alcoólica pelas leveduras.

Na tabela 2, apresenta-se um exemplo de um conjunto de valores da concentração de dióxido de carbono no ar da sala de aula, no exterior da ESELx (perto da estrada) e num saco, ou garrafa de recolha de amostras, para que se expirou. Todos os conjuntos de dados obtidos permitiram aos diferentes grupos verificar que:

- A concentração de dióxido de carbono no saco/garrafa de recolha de amostras com ar expirado era muito superior à do ar da sala de aula (ar inspirado na sala de aula) e à do ar no exterior da ESELx (ar inspirado no exterior);

- A concentração de dióxido de carbono do ar da sala de aula era superior à do ar no exterior da ESELx, mesmo tendo esta última sido medida perto da estrada.

Foi promovida uma reflexão sobre o facto de o valor medido no/a saco/garrafa de recolha de amostras com ar expirado ser muito inferior ao valor médio (teórico) da concentração de dióxido de carbono no ar expirado, reconhecendo-se que o ar contido no/a saco/garrafa de recolha de amostras não seria apenas ar expirado, dado que, embora se

Tabela 2. Valores de concentração de dióxido de carbono no ar medidos por um dos grupos

Local	Concentração de dióxido de carbono no ar
Sala de aula	1520 ppm
Exterior da ESELx (perto da estrada)	450 ppm
Saco com ar expirado	22000 ppm

tivesse expirado para dentro do/a saco/garrafa de recolha de amostras, quando o sensor era colocado dentro do/a mesmo/a algum ar da sala de aula também entrava no saco/garrafa de recolha de amostras.

A partir das observações realizadas, foi possível formular as seguintes interpretações:

- As pessoas são fontes de dióxido de carbono. Quando o mesmo é expirado para uma sala fechada, esse processo influencia a qualidade do ar interior;

- Os automóveis e os veículos são fontes de dióxido de carbono, influenciando a qualidade do ar exterior (valor observado (450 ppm) foi superior ao valor médio da concentração de dióxido de carbono na atmosfera, 405.0 ± 0.1 ppm).

Na tarefa de utilização do sensor de dióxido de carbono, para medição da concentração deste gás no ar de uma câmara com uma planta, em primeiro lugar, foi possível observar (ver gráfico da Figura 2), em condições de ausência de luz, uma subida da concentração de dióxido de carbono no ar da câmara e seguidamente observou-se uma descida da referida concentração, em condições de presença de luz (ver Figura 3). Foi realizada a interpretação destas observações, colocando a ênfase no reconhecimento da existência do processo respiração em presença e ausência de luz e do processo de fotossíntese na presença de luz (natural ou artificial).

A análise do gráfico permite constatar que num mesmo período de tempo a subida da concentração de dióxido de carbono foi menor do que a subsequente descida, ou seja, que a subida foi mais lenta que a descida. É também possível constatar que na presença de luz se atingiu um valor de concentração de dióxido de carbono inferior ao inicial. Estas constatações constituem uma importante base de discussão sobre as potencialidades das plantas para a melhoria da qualidade do ar interior.

As bruscas modificações da concentração de dióxido de carbono observáveis no gráfico da Figura 2 devem-se a instabilidades do sensor

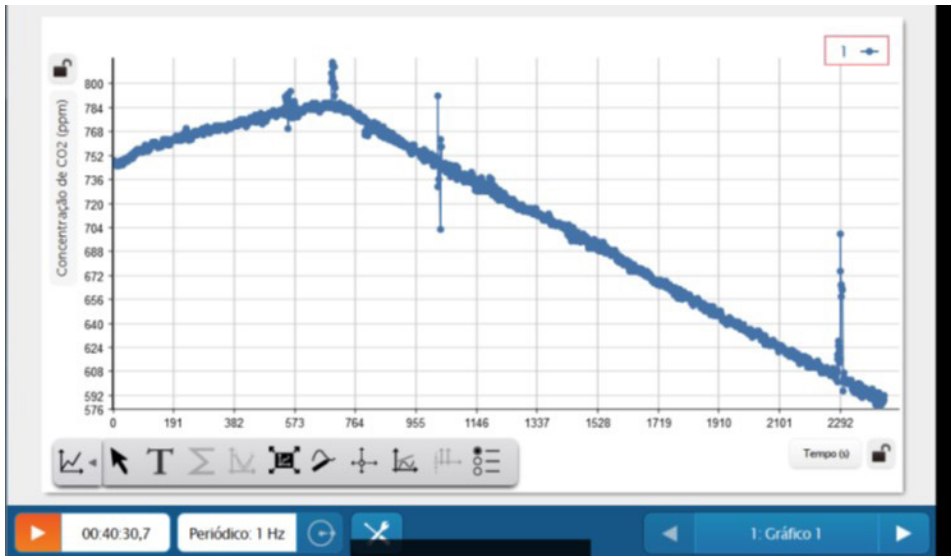


Figura 2. Gráfico obtido na utilização do sensor de dióxido de carbono, para medição da concentração deste gás no ar de uma câmara com uma planta, primeiro em condições de ausência de luz e depois em condições de presença de luz



Figura 3. Medição, com utilização do sensor de dióxido de carbono, da concentração deste gás no ar de uma câmara com uma planta em condições de presença de luz

e/ou do ar dentro da câmara, provocadas por trepidações ou toques involuntários no sensor ou na mesa onde o mesmo se encontrava.

AVALIAÇÃO DAS POTENCIALIDADES DA ATIVIDADE

Para a avaliação desta atividade foi elaborado um pequeno questionário que cada um dos trinta e dois grupos envolvidos teve de responder. Esse questionário incluía 3 questões finais que pretendiam recolher as percepções dos estudantes sobre as potencialidades desta atividade. Na primeira questão os estudantes eram convidados a avaliar o modo

como a atividade contribuiu ou não contribuiu para o desenvolvimento das aprendizagens. A segunda questão relacionava-se com apreciação das estratégias didático-pedagógicas adotadas na atividade. Na última questão era pedido aos estudantes para perspetivarem a utilidade deste tipo de sensores na sua futura prática docente.

Os resultados aqui apresentados resultaram de uma análise de conteúdo às respostas recolhidas dos trinta e dois grupos que realizaram esta atividade.

Tabela 3. Impacto das atividades propostas para o desenvolvimento de aprendizagens, na perspetiva dos/as estudantes

Categorias Emergentes	Número de grupos
Compreensão de fenómenos e conceitos	27
Desenvolvimento de competências didático-pedagógicas	11
Desenvolvimento de competências técnicas: Executar operações com os sensores	7
Motivação	7
Desenvolvimento de processos científicos	4

Relativamente à primeira questão, referente ao impacto das atividades propostas para o desenvolvimento de aprendizagens, emergiram as cinco categorias presentes na Tabela 3.

A categoria de resposta mais frequente prende-se com a melhoria da compreensão dos fenómenos e conceitos científicos, com vinte e sete dos trinta e dois grupos a mencionarem este efeito.

“A tarefa proposta contribuiu significativamente para o aprofundamento dos nossos conhecimentos sobre os processos de respiração celular, da fotossíntese e da fermentação alcoólica, fazendo com que o grupo se sentisse mais à vontade com o tema da tarefa.” (Grupo 2D)

O segundo aspeto mais referido pelos/as estudantes foi o impacto da atividade para o desenvolvimento de competências didático-pedagógicas. Vários grupos referiram que as competências agora adquiridas irão tornar possível a implementação de atividades semelhantes com as crianças, numa lógica de isomorfismo: *“É também uma tarefa pertinente e enriquecedora na medida em que pode ser realizada com crianças”* (Grupo 4D).

Sete grupos referiram que as atividades contribuíram para o incremento da motivação e igual número referiu a importância das atividades para o desenvolvimento de competências técnicas, nomeada-

mente a familiarização com a utilização de sensores (*“A tarefa realizada revelou-se bastante pertinente, tendo em conta o facto de nos ter dado a conhecer instrumentos com os quais nunca tínhamos trabalhado anteriormente – os sensores”* Grupo 7D).

Quatro grupos referem ainda que esta atividade contribuiu positivamente para o desenvolvimento de competências processuais, como *“a capacidade de ler e interpretar gráficos”* (Grupo 6K) ou a *“o pensamento crítico e a resolução de problemas”* (Grupo 5K).

Categorias emergentes	Número de grupos
Aprendizagem prática e experimental	24
Aprendizagem visual	6
Aprendizagem contextualizada	6
Aprendizagem com recurso a tecnologia	4

Tabela 4. Pertinência das estratégias didático-pedagógicas adotadas, na perspetiva dos/as estudantes

Na segunda questão os/as estudantes pronunciaram-se sobre a pertinência das estratégias didático-pedagógicas adotadas nas atividades. Neste caso, a análise das respostas permitiu identificar quatro categorias de resposta (Tabela 4).

O aspeto mais valorizado foi claramente o carácter prático e experimental das estratégias adotadas durante a atividade, sendo frequentemente referida pelos/as estudantes a importância de aliar a teoria à prática e a importância de experimentar. Segundo os/as estudantes, as aprendizagens de natureza prática contribuem para uma melhor compreensão de conceitos e fenómenos.

“... É sempre positivo aprender através de tarefas experimentais dinâmicas que nos ajudem a melhor compreender as matérias em estudo.” (Grupo 4D)

Foram ainda referidas, a importância de as atividades implementadas terem um cunho mais dinâmico e visual, o facto de a aprendizagem ser contextualizada e real e ainda a importância da utilização de tecnologias, associando esta última ao aumento da motivação dos/as estudantes.

Categorias emergentes	Número de grupos
Benefícios reportados	27
Melhoria da aprendizagem das crianças	24
Conhecimentos substantivos	22

Tabela 5. Utilização dos sensores na prática docente, na perspectiva dos/as estudantes

Processos científicos	2
Atitudes	1
Aumento da motivação das crianças	9
Monitorização da saúde ambiental das escolas	2
Valorização das TIC na aprendizagem	3

A última questão analisada foi a perspectiva que os/as estudantes têm sobre a utilização de sensores na sua futura prática profissional. Neste caso, apenas vinte e oito dos trinta e dois grupos responderam a esta questão, tendo a esmagadora maioria (vinte e sete) referido benefícios da utilização de sensores na sua prática docente (Tabela 5).

A grande maioria dos/as estudantes perspectiva os sensores como ferramentas que favorecem a melhoria da aprendizagem das crianças. A melhoria dos conhecimentos substantivos foi a aprendizagem mais mencionada (vinte e dois grupos).

“É uma excelente forma de explicar os processos da fotossíntese, da combustão e da respiração nas plantas e animais” (Grupo 2D).

Dois grupos referiram ainda melhorias ao nível da compreensão dos processos científicos e um grupo fez menção à melhoria ao nível das atitudes.

De entre os grupos que referiram a existência de benefícios, nove apontaram a existência de vantagens ao nível da motivação das crianças, dois grupos enfatizaram a relevância destas ferramentas para monitorizar a saúde ambiental da escola e três grupos mencionaram que a utilização de sensores é relevante para que as crianças valorizem as TIC no processo de aprendizagem.

Tabela 6. Dificuldades/desvantagens resultantes do uso dos sensores na prática docente, na perspectiva dos/as estudantes

Categorias emergentes	Número de grupos
Dificuldades reportadas	8
Adaptação ao desenvolvimento da criança	5
Financeiras/materiais	3

Dos vinte e oito grupos que responderam a esta questão, oito indicaram que, para além dos benefícios, podem existir dificuldades/desvantagens resultantes do uso de sensores na futura prática docente (Tabela 6).

As dificuldades descritas são de dois tipos. Por um lado, cinco grupos referem que os sensores e as possíveis atividades a realizar com os mesmos estão pouco adequados ao desenvolvimento da criança,

principalmente ao nível da Educação Pré-escolar.

“Consideramos que, talvez para uma turma de pré-escolar não seja compreensível a sua utilização, visto que as crianças ainda não têm conhecimentos suficientes para tal. No entanto, a partir do 2º ciclo pensamos que a utilização dos sensores é uma ótima ideia.” (grupo 3D)

Por outro lado, três grupos mencionam dificuldades de natureza financeira/material.

“No entanto, também, sabemos reconhecer que muito poucas escolas terão acesso a este material, e recursos para o poder adquirir, (...) o que torna difícil realizar esta atividade junto das crianças.” (Grupo 6D).

Em síntese, as respostas aos questionários de avaliação parecem indicar que a maioria dos/as estudantes considera que a atividade que lhes foi proposta contribuiu significativamente para compreensão dos conceitos e fenómenos em estudo e também para o desenvolvimento de competências didático-pedagógicas e compreensão dos processos científicos. Uma grande maioria dos/as estudantes valorizou o carácter prático e experimental das estratégias adotadas durante a atividade e considerou haver benefícios/vantagens na utilização de sensores na sua prática docente, considerando que esses benefícios se devem traduzir numa melhoria das aprendizagens das crianças.

CONCLUSÃO

O presente trabalho, descreve o processo de conceção, implementação e posterior avaliação de um conjunto de atividades didáticas realizadas no âmbito da Unidade Curricular “Mundo Vivo” do 2º ano da licenciatura em Educação Básica da Escola Superior de Educação de Lisboa. Estas atividades foram implementadas recorrendo à utilização de sensores eletrónicos de dióxido de carbono tendo em vista monitorizar as trocas deste gás entre os seres vivos e a atmosfera, com especial enfoque na compreensão das trocas gasosas entre as plantas e a atmosfera através dos processos metabólicos de fotossíntese e de respiração. Simultaneamente, com os dados recolhidos pelos/as estudantes, foi possível fazer uma discussão sobre a influência da presença de plantas na qualidade do ar, nomeadamente em espaços interiores.

As atividades implementadas pelos 32 grupos de estudantes permitiram que estes se apropriassem dos conceitos de fonte e de sumidouro de dióxido de carbono, reconhecessem que a respiração realizada pelos humanos e por todos os seres vivos, assim como os motores de combustão de automóveis e de outros veículos são fontes de dióxido de carbono. Os estudantes puderam ainda verificar que a fotossíntese,

realizada pelas plantas e por outros organismos fotossintéticos, consome este gás, constituindo-se as plantas como sumidouros de dióxido de carbono, tal como reportado na teoria (IPCC, 2017). Com base nesta informação foi promovida uma reflexão sobre o papel que as plantas podem ter no melhoramento da qualidade do ar interior.

Estas atividades permitiram ainda explorar os conceitos de fotossíntese e respiração, a diferença entre estes processos metabólicos e também a inter-relação entre estes dois processos. Durante a realização das atividades, foi ainda promovido o confronto entre algumas das suas conceções prévias (alternativas) e os resultados obtidos nas atividades, pretendendo ultrapassar as dificuldades constatadas neste e em outros contextos (Çokadar, 2012).

No final, convidados a avaliar as atividades propostas, os estudantes maioritariamente valorizaram o carácter prático e experimental das estratégias adotadas e referiram que as atividades contribuíram significativamente para a compreensão dos processos em estudo, referindo ainda que estas foram importantes para o desenvolvimento de competências didático-pedagógicas e para uma melhor compreensão dos processos científicos. Os estudantes tiveram ainda a oportunidade de perspectivarem a eventual utilização de sensores na sua futura prática profissional, tendo maioritariamente considerado que estes equipamentos são vantajosos porque se irão traduzir numa melhoria das aprendizagens dos alunos. Desta forma, os estudantes também reconheceram a importância do ensino e aprendizagem da fotossíntese em vários níveis de ensino, o que vai ao encontro das conclusões de Amir, & Tamir (1994).

Com a apresentação e discussão das atividades, neste capítulo, pretendeu-se promover e facilitar a implementação destas mesmas atividades não só na formação de docentes de educação básica, como também no 2º ciclo do ensino básico, nomeadamente em contextos de ensino e aprendizagem em saúde ambiental, contribuindo para a compreensão do papel das plantas como agentes da qualidade do ar interior que podem melhorar um dos principais problemas de saúde ambiental nas escolas de ensino básico em Portugal (Amann, 2015).

REFERÊNCIAS

Amann, G. V. (Coord.) (2015). *Programa de Saúde Escolar*. Lisboa: DGS.

Amir, R., & Tamir, P. (1994). In-Depth Analysis of Misconceptions as a Basis for Developing Research-Based Remedial Instruction: The Case of Photosynthesis. *American Biology Teacher*, 56 (2), 94-100.

Blunden, J., Arndt, D. S., & Hartfield, G. (Eds.) (2018). State of the Climate in 2017. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 99 (8).

Çokadar, H. (2012). Photosynthesis and Respiration Processes: Prospective Teachers' Conception Levels. *Education and Science*, 37 (164), 81-93.

IPCC (2007). *Working Group I: The Physical Science Basis. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Disponível em https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch7.html

Köse, S. (2008). Diagnosing Student Misconceptions: Using Drawings as a Research Method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283-293.

Marmaroti, P., & Galanopoulou, D. (2006). Pupils' Understanding of Photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education*, 28(4), 383-403.

Melillán, M. C., Cañal, P., & Vega, M. R. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: Una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(3), 401-410.

Ministério da Educação (2001). *Organização Curricular e Programas do Ensino Básico do 1º Ciclo*. Lisboa: Direcção Geral do Ensino Básico e Secundário.

Shuler, C., Winters, N., & West, M. (2013). *The future of mobile learning: implications for policy makers and planners*. Paris: Unesco.

Silva, M., Caseiro, A., Rodrigues, M., Valente, B., Melo, N., Almeida, A., & Clarisse N. (2018), Utilizar eco-sensores na exploração da saúde ambiental: Das salas de aula ao espaço exterior na formação docente. *IE Comunicaciones*, 27, 30-42.

Stavy, R., Eisen, Y., & Yaakobi, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9, 105-115.

Tinker, R. (2002). Technology In Support of Equity. *@Concord Newsletter*, 6(1), 2-3.

Waheed, T., & Lucas, A. (1992). Understanding interrelated topics: Photosynthesis at age 14+. *Journal of Biological Education*, 26, 193-199.

Woods-Robinson, C. (1991). Young People's ideas about plants. *Studies in Science Education*, 19, 119-135.