

UTILIZAÇÃO PEDAGÓGICA DE SENSORES ELETRÓNICOS PARA A PARTICIPAÇÃO NA SAÚDE AMBIENTAL DAS ESCOLAS

COORDENAÇÃO |
MARIA JOÃO SILVA E RITA BRITO

ANO | YEAR
2019.

**CI
ED.**



Cofinanciado por:



O Projeto Eco-Sensors4Health (LISBOA-01-0145-FEDER-023235) é cofinanciado pelo FEDER (PORTUGAL 2020) e Orçamento de Estado Português (FCT).

Utilização Pedagógica de Sensores Eletrónicos para a participação na
Saúde Ambiental das Escolas

Coordenação: Maria João Silva e Rita Brito

CIED (Centro Interdisciplinar de Estudos Educacionais)
Escola Superior de Educação do Instituto Politécnico de Lisboa
2019

ISBN 978-989-8912-07-7

ÍNDICE

Prefácio	6
Introdução	9
A utilização de sensores por crianças do ensino básico na exploração e caracterização do ambiente da escola: Enquadramento tecnológico e pedagógico-didático	14
Integração curricular de matemática e ciências naturais na abordagem de problemas de saúde ambiental na formação para a docência	28
A utilização de tablets pelas crianças do 1.º CEB, para a resolução de problemas de poluição sonora e de qualidade do ar interior na escola: Construção de propostas didáticas	49
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	69
A utilização do sensor de dióxido de carbono em contextos de prática pedagógica supervisionada: Propostas didáticas para a disciplina de Ciências Naturais e para a participação em saúde ambiental	87
“Os sensores que medem o vento e o som”: As tecnologias digitais móveis na promoção de conceitos matemáticos em educação pré-escolar	103
Melhorar o conforto térmico na escola: Um estudo exploratório com alunos do ensino básico no contexto da formação inicial de professores	122

**UTILIZAÇÃO PEDAGÓGICA DE
SENSORES ELETRÔNICOS PARA A
PARTICIPAÇÃO NA SAÚDE AMBIENTAL
DAS ESCOLAS**

PREFÁCIO

Eis um livro que importa ler com atenção. Decorridas quatro décadas sobre as primeiras experiências de utilização das tecnologias em meio escolar, este livro surge na linha de separação antropológica entre uma educação que procura incorporar as tecnologias nas suas práticas e uma educação de nova geração que já ultrapassou as barreiras socioculturais da adoção das tecnologias e as convoca agora, naturalmente, apenas na medida em que elas fazem parte do mundo de hoje, mas não mais do que isso.

A História da Humanidade, desde a descoberta das primeiras ferramentas, mostra-nos que a interiorização cultural de uma nova tecnologia é sempre um processo moroso, precedido de anos, séculos ou mesmo milénios de tentativa e erro na descoberta de utilizações instrumentais: “Como iremos utilizar esta tecnologia? Que conseguiremos fazer com ela?” A História da Humanidade mostra-nos também que os seres humanos se mantiveram primitivos enquanto se limitaram a explorar instrumentalmente as tecnologias. Na realidade, só evoluíram para patamares civilizacionais superiores quando consolidaram o uso dessas tecnologias em torno de práticas socioculturais plenas, como as que conduziram à invenção da agricultura ou das indústrias. Por isso mesmo, um dos grandes desafios que se colocam aos sistemas escolares no século XXI é o de transcenderem as abordagens meramente instrumentais das tecnologias para abraçarem a complexidade sociológica, cultural, política, ética e transformacional do mundo digital em que vivemos, preparando assim culturalmente os futuros cidadãos para um mundo inteiramente novo que ninguém sabe como virá a ser.

Para fazermos ideia das dinâmicas de mudança a que estarão sujeitos os jovens que já hoje frequentam as nossas escolas, vale a pena notar que a cadeia de hotéis Hilton, a maior do mundo, levou 95 anos a colocar no mercado 610.000 alojamentos, em 84 países, enquanto que a Airbnb, um serviço Web de aluguer de alojamentos, uma mera plataforma informática, fundada em 2008, ultrapassou esse número em quatro anos. Oito anos depois do seu lançamento, geria 1.500.000 alojamentos em 191 países. Que mundo será este para o qual estamos a educar os nossos jovens? Um mundo de produtos, serviços e instituições tradicionais, como as cadeias de hotéis? Ou um mundo de produtos, serviços, instituições e transformações sociais cuja natureza, magnitude e ritmo de mudança nem sequer conseguimos imaginar?

Nos últimos quarenta anos, os projetos educativos em torno do uso das tecnologias na educação mantiveram o primitivismo cultural das utilizações meramente instrumentais. Os próprios títulos dos projetos e as suas questões de investigação tenderam a privilegiar visões instrumentais, mais centradas nas tecnologias do que em práticas pedagógicas socioculturais consolidadas. Não admira, por isso, que, quarenta anos volvidos, e apesar do progresso vertiginoso das tecnologias, muito pouco se tenha alterado de significativo na cultura dos sistemas escolares. Fizeram-se e continuam a fazer-se experiências, muitas delas inovadoras, mas o seu efeito sobre os sistemas escolares tende a dissipar-se como as gotas de água no deserto. Ora, para que haja inovação genuína nos sistemas educativos é necessário que as práticas inovadoras sejam transpostas para o dia-a-dia e nele se enraízem e amadureçam de forma sustentada. Esse é um dos grandes desafios com que nos confrontamos nos nossos dias.

Este livro propõe uma temática agregadora que abre horizontes para além das tecnologias, para uma realidade cultural plena: a realidade da saúde ambiental das escolas, explorada pelas próprias crianças no âmbito de projetos que as levam a compreender como o ambiente afeta a saúde e como podem inovar na criação de escolas mais eco-saudáveis. Os títulos e questões fulcrais dos sucessivos capítulos continuam a centrar-se maioritariamente no uso das tecnologias (utilização de sensores, utilização de *tablets*), mas percebe-se que essa é uma forma inteligente de atrair os leitores para as visões que lhe são mais familiares, centradas nas tecnologias, para depois os despertar para as realidades mais complexas da exploração em sala de aula, das opções didáticas, da formação para a docência, do desenvolvimento curricular e da própria emancipação das crianças para o exercício autónoma das responsabilidades que lhes cabem num mundo onde as questões ambientais assumem importância transcendente.

Ao oferecer esta orgânica de transição, de um paradigma do passado para um paradigma do futuro, o livro abre-nos dois percursos de leitura. Por um

lado, um percurso analítico, que explora os sucessivos capítulos, um a um, e nos permite estudar experiências e práticas do uso das tecnologias na educação. Por outro lado, um percurso de síntese que nos convida a ver o conjunto dos capítulos como um todo e a estabelecer estratégias consentâneas com os ideais de uma educação culturalmente mais rica, alargada, emancipatória, transformadora e cidadã, onde as tecnologias têm um papel a desempenhar porque fazem parte do presente e do futuro, mas onde os desafios culturais são cada vez maiores e se estendem muito para além das tecnologias.

Como poderemos confrontar esses desafios culturais? Cada professor saberá, certamente, encontrar os seus caminhos. No entanto, um caminho possível é o de consolidar as novas práticas escolares em contextos que favoreçam a inovação disruptiva. É frequente distinguir dois tipos de inovação: incremental e disruptiva. A inovação é incremental quando se limita a introduzir melhoramentos graduais em soluções já existentes. São exemplos as televisões com imagens 3D, os aviões com maior autonomia ou as baterias com maior duração. Uma inovação é disruptiva quando nasce na margem dos sistemas sociais existentes e se afirma pela conquista gradual de utentes que não estavam à espera delas, que as adotam e acarinham e que toleram as suas imperfeições iniciais. O computador pessoal, que nasceu como brinquedo para crianças e famílias, mas que em cerca de vinte anos evoluiu ao ponto de eliminar dos mercados os computadores profissionais, é uma inovação disruptiva. Outro exemplo é a Internet, que nasceu como rede experimental para cientistas, com frequentes falhas e anomalias, foi sendo alargada a curiosos, e se transformou em poucos anos na mais poderosa rede (de redes) do mundo. Os telemóveis e os *smartphones* são também exemplos de dispositivos surgidos por inovação disruptiva.

À luz das teorias da inovação disruptiva, o ideal é que os projetos de consolidação das novas práticas escolares não tenham de sujeitar-se às regras de uniformização vigentes e possam consolidar-se ao longo de alguns anos, até se transformarem em modelos de referência transponíveis para as escolas do sistema regular. São exemplos de contextos favoráveis a esta incubação da inovação as escolas-piloto que exploram novos modelos pedagógicos, as escolas com estatutos especiais destinados a promoverem a mudança em comunidades socialmente degradadas, os cursos especiais para crianças sobredotadas, os cursos especiais para crianças com dificuldades de aprendizagem e as experiências pedagógicas oficialmente autorizadas a gozarem de estatutos especiais.

Independentemente da adoção, ou não, de modelos de inovação disruptiva, afigura-se importante que as práticas a explorar nestes projetos encontrem no professor, não apenas um mestre, no sentido tradicional, mas

também um agente de transformação cultural. Idealmente, as experiências decorreriam ao longo de mais de um ano e abrir-se-iam ao exterior, ligando-se à comunidade, à autarquia e às empresas locais, ou mesmo a outras escolas do país e do estrangeiro, de forma a assumirem uma dimensão interdisciplinar e transcultural. Idealmente, também, associar-se-iam aos projetos de escola, nas escolas onde existem projetos mobilizadores estratégicos.

Se é verdade que, como acima aponto, não tem sentido introduzir as tecnologias à força na realidade escolar, também é verdade que, sendo o mundo de hoje dominado pelas tecnologias, não tem sentido excluí-las da realidade escolar. As teorias sociais da aprendizagem, que hoje nos ensinam a tirar partido da riqueza das redes, mostram-nos como podemos ganhar com uma aprendizagem que concilie prática (aprender fazendo), comunidade (aprender pertencendo), identidade (aprender conhecendo-se a si próprio) e significado (aprender descobrindo um sentido para a vida). Se quisermos tirar partido desse potencial da vivência em rede, hoje plenamente ao nosso alcance pela primeira vez na história da humanidade, a atividade escolar terá de partir das experiências mais ricas do presente para conquistar a realidade do futuro. O livro que o leitor tem nas mãos é uma valiosa fonte de inspiração para os primeiros passos dessa jornada.

Coimbra, 18 de Fevereiro de 2019

António Dias de Figueiredo

INTRODUÇÃO

Maria João Silva (mjsilva@eselx.ipl.pt)¹

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

O presente ebook, denominado “Utilização pedagógica de sensores eletrônicos para a participação na saúde ambiental das escolas”, foi desenvolvido no contexto do projeto Eco-Sensors4Health (Eco-sensores na promoção da saúde: Apoiar as crianças na criação de escolas eco-saudáveis, LISBOA-01-0145-FEDER-023235) que foi financiado pelo FEDER (PORTUGAL 2020) e Orçamento de Estado Português (FCT). O projeto Eco-Sensors4Health tem como objetivo central melhorar a saúde ambiental das escolas, tornando-as mais saudáveis. Para alcançar este objetivo, este projeto concebeu, implementou e monitorizou atividades, nas escolas de 1º Ciclo de Ensino Básico, embora algumas atividades também tenham sido implementadas no Pré-escolar e no 2º Ciclo do Ensino Básico, tendo as crianças participado como agentes de eco-inovação, utilizando sensores e outros dispositivos digitais móveis, para identificar e explorar problemas de saúde ambiental, assim como para sugerir soluções para os problemas explorados, ou seja, para melhorar os fatores ambientais que podem afetar a saúde da comunidade escolar.

Com estas atividades, pretendeu-se que as crianças e docentes participantes desenvolvessem competências em: i) matemática, desenvolvendo a compreensão e utilização de conceitos estatísticos, a leitura, registo e análise de diferentes medições de diversas grandezas, utilizando representações múltiplas; ii) ciências do ambiente e da saúde, identificando, explorando e agindo sobre fatores ambientais que influenciam a saúde nas escolas, no contexto de atividades de aprendizagem por pesquisa (*inquiry learning*) e de resolução de problemas; iii) tecnologias da informação e comunicação, utilizando dispositivos digitais móveis, nomeadamente sensores, em conjunto com uma *app* instalada em *tablets*, que permitiram a aquisição e visualização de dados de diferentes grandezas ambientais. Desta forma, as atividades desenvolvidas tiveram também como objetivo a melhoria da literacia tecnológica, ambiental e em saúde das crianças.

O referido desenvolvimento de competências e de literacias enquadra-se nas literacias, competências e qualidades consideradas como fundamentais para o século XXI (World Economic Forum, 2016), de entre as quais se destacam neste contexto: i) a literacia matemática (*numeracy*), a literacia científica e a literacia em Tecnologias da Informação e da Comunicação, fundamentais nas atividades quotidianas; ii) a com-

petência pensamento crítico/resolução de problemas, fundamental nos desafios complexos; iii) as qualidades curiosidade, iniciativa, persistência e consistência sociocultural, fundamentais nas abordagens ambientais. Importa realçar que estas dimensões estão presentes no Perfil dos Alunos para o Século XXI (Oliveira Martins, 2017). No mesmo sentido, para atingir as literacias, competências e qualidades acima mencionadas, as estratégias utilizadas nas atividades do Projeto Eco-Sensors4Health enquadram-se nas estratégias indicadas pelo Fórum Económico Mundial, sendo de destacar as seguintes (World Economic Forum, 2016); i) criar pequenos módulos articulados de aprendizagem; ii) visar o raciocínio reflexivo e a análise; iii) guiar a descoberta pelas crianças; iv) fornecer desafios adequados; v) promover uma abordagem *hands-on*; vi) encorajar perguntas e previsões; vii) dar autonomia para fazer escolhas; viii) promover o trabalho de grupo.

Um objetivo fundamental das atividades do Projeto

Eco-Sensors4Health com as crianças é a promoção da participação das mesmas, da sua agência na vida da escola. A agência implica responsabilidade de participação, a consciência de um propósito e a identificação das ações para atingir esse propósito (OECD, 2018).

As orientações para o desenvolvimento das atividades do Projeto Eco-Sensors4Health nas escolas estão disponibilizadas na publicação do *Toolkit* Eco-Sensors4Health (Projeto Eco-Sensors4Health, 2018), de forma a poderem ser utilizadas por docentes nas escolas de 1º e 2º ciclo do ensino básico. Adicionalmente, os dados de saúde ambiental adquiridos pelas crianças na exploração dos problemas de saúde ambiental nas suas escolas estão partilhados na Plataforma Colaborativa de Saúde Ambiental nas Escolas (<http://www.eco-sensors4health.pt>).

O Capítulo que se segue a esta Introdução, da autoria de Maria João Silva e Cristina Azevedo Gomes, é um capítulo de contextualização, que enquadra tecnologicamente, mas também pedagógica e didaticamente, as diferentes utilizações de sensores que têm sido proporcionadas a crianças do ensino básico, com o objetivo de explorar e caracterizar o ambiente da escola.

Nos capítulos seguintes, é apresentado um conjunto de propostas de atividades, desenvolvidas com crianças do Pré-escolar, do 1º e do 2º Ciclo do Ensino Básico. Apresenta-se também um conjunto de propostas de atividades desenvolvidas com estudantes da Licenciatura em Educação Básica, dado que, numa perspetiva de isomorfismo, para que as atividades possam ser implementadas com as crianças, docentes e estudantes de cursos para a docência devem familiarizar-se e experi-

mentar essas mesmas, atividades ou atividades semelhantes, mas com uma exploração teórica mais aprofundada.

O Capítulo 2, da autoria de Margarida Rodrigues, Ana Caseiro, Maria João Silva, António Almeida, Alexandra Loução e Sara Monteiro, descreve e analisa um conjunto de atividades de saúde ambiental implementadas na formação para a docência, com recurso a múltiplos sensores. Estas atividades foram desenvolvidas, por iniciativa da Escola Superior de Educação de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, com uma perspetiva de integração curricular de Matemática e Ciências Naturais, tendo três atividades sido desenvolvidas com estudantes da Licenciatura de Educação Básica, duas outras atividades sido desenvolvidas com estudantes do Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico e uma última atividade sido desenvolvida por estagiárias deste Mestrado, com estudantes do 2º Ciclo do Ensino Básico. Foram explorados diversos temas de saúde ambiental, nomeadamente o ruído, a qualidade do ar, no que se refere à concentração de dióxido de carbono, a variação do ritmo cardíaco em função de diferentes ações no ambiente e o conforto térmico.

O Capítulo 3, da autoria de Alexandra Souza, Ana Rita Alves e Maria João Silva, descreve um conjunto de atividades de saúde ambiental implementadas com as crianças do 1º Ciclo do Ensino Básico da Escola Ciência Viva do Pavilhão do Conhecimento em Lisboa, com recurso a *tablets* e a sensores de dióxido de carbono. Estas atividades foram desenvolvidas por iniciativa da Ciência Viva – Agência Nacional para a Cultura Científica e Tecnológica e centraram-se em dois temas: o ruído e a qualidade do ar (concentração de dióxido de carbono).

No Capítulo 4, da autoria de Nuno Melo, Bianor Valente e Maria João Silva, é relatada a conceção, implementação e avaliação de uma atividade didática, com recurso a sensores, implementada em turmas de formação para a docência, nomeadamente da Licenciatura de Educação Básica. Esta atividade resultou da iniciativa da Escola Superior de Educação de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa e centrou-se nos processos de respiração e fotossíntese, tendo também em vista contribuir para a compreensão do papel das plantas na qualidade do ar interior.

O Capítulo 5, da autoria de Bianor Valente, Laura Soares, Inês Mendonça, Ana Filipa Cardoso e Maria João Silva, apresenta um conjunto de atividades implementadas, com turmas do 2º Ciclo do Ensino Básico, por estagiárias, no âmbito da Prática Pedagógica Supervisionada do Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e

Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico. Nas referidas atividades, desenvolvidas por iniciativa da Escola Superior de Educação de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa, utilizaram-se sensores de dióxido de carbono, no contexto de estratégias de ensino e aprendizagem, que tinham como objetivo promover a compreensão, pelas crianças do 2º Ciclo do Ensino Básico, do papel do dióxido de carbono em fenómenos, como as combustões, a respiração celular e a fotossíntese, assim como a compreensão da relação destes fenómenos com a qualidade do ar e as alterações climáticas.

No Capítulo 6, da autoria de Rita Brito e Vera Costa, também se apresenta uma atividade desenvolvida no âmbito de um estágio (Prática Profissional Supervisionada) e implementada com crianças do Pré-escolar, por iniciativa da Escola Superior de Educação de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa. Na referida atividade, utilizaram-se sensores de som e de velocidade do vento na exploração de conceitos matemáticos, como a medição e a organização e tratamento de dados.

Finalmente, no Capítulo 7, da autoria de Cristina Azevedo Gomes, Anabela Novais e Isabel Abrantes, relata-se e analisa-se um estudo desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular “Iniciação à Prática Profissional” da Licenciatura em Educação Básica, por iniciativa da Escola Superior de Educação de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu. Neste estudo, alunas da “Iniciação à Prática Profissional” implementaram um conjunto de atividades didáticas de exploração do conforto térmico da escola, no âmbito das disciplinas de Ciências Naturais e Matemática do 6.º ano de escolaridade, usando sensores de temperatura e humidade do ar.

Pelo exposto, o presente ebook contou com um conjunto de capítulos da autoria de membros da equipa de investigação do Projeto Eco-Sensors4Health, mas também da autoria de alunas (ex-alunas à data da publicação do ebook) do Mestrado em Educação Pré-Escolar e do Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico, assim como de uma docente e de uma aluna do Mestrado em Educação Pré-Escolar da Escola Superior de Educação de Lisboa.

REFERÊNCIAS

OECD (2018). *The Future of Education and Skills: Education 2030*. OECD Paris: Publishing. Retrieved from <https://www.oecd.org/education/2030/oecd-education-2030-position-paper.pdf>

Oliveira Martins G. (coord.) (2017). *Perfil do aluno à Saída da Escolaridade Obrigatória*. Lisboa: Ministério da Educação.

Projeto Eco-Sensors4Health (2018). *Eco-Sensors4Health Toolkit: Guia Eco-sensores para a saúde*. Lisboa, Viseu: Instituto Politécnico de Lisboa, Instituto Politécnico de Viseu, Ciência Viva – ANCCT, Município de Viseu. Disponível em <https://eco-sensors4health.site/recursos/>

World Economic Forum (2016). *New vision for education: Fostering social and emotional learning through technology*. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/WEF_New_Vision_for_Education.pdf

CAPÍTULO 1 – A UTILIZAÇÃO DE SENSORES POR CRIANÇAS DO ENSINO BÁSICO NA EXPLORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE DA ESCOLA: ENQUADRAMENTO TECNOLÓGICO E PEDAGÓGICO-DIDÁTICO

Maria João Silva (mjsilva@eselx.ipl.pt)¹ e

Cristina A. Gomes (mcagomes@esev.ipv.pt)²

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

²Escola Superior de Educação de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, R.Dr.
Maximiano Aragão 41, 3500-155 Viseu

RESUMO

Neste capítulo, realizar-se-á um enquadramento do uso de sensores pelas crianças na atual sociedade de conhecimento, quer no seu quotidiano informal, quer em contextos educativos formais e não formais. Este uso será enquadrado no desenvolvimento tecnológico dos sensores, mas também na evolução do uso pedagógico-didático das Tecnologias da Informação e da Comunicação no Ensino Básico. Apresentar-se-á um conjunto de projetos, desenvolvidos nos últimos quinze anos, de uso didático de sensores pelas crianças, para exploração e caracterização do ambiente da escola, analisando-se a evolução dos referidos projetos e o seu enquadramento e agência nas mudanças sociais, científicas e educacionais ocorridas. Uma análise dos resultados, nomeadamente dos sucessos e desafios, dos projetos apresentados permitem informar o projeto Eco-Sensors4Health, no que se refere às opções tecnológicas, como a escolha de hardware e software, mas também às opções pedagógicas e didáticas, como sejam a escolha do contexto de desenvolvimento das atividades, a seleção dos participantes, a definição dos objetivos didáticos, dos conteúdos e das tarefas a concretizar, a criação de registos e as estratégias e técnicas a usar no desenvolvimento das referidas tarefas.

INTRODUÇÃO

Nos últimos dez anos, a utilização de sensores tornou-se quotidiana e ubíqua, fundindo o mundo físico com o mundo digital e mudando a nossa forma de interação com o ambiente (Schneider, Börner, van Rosmalen, and Specht, 2015). Os objetos do quotidiano, quer fixos, como as torneiras, portas ou automóveis, quer móveis, como os dispositivos digitais móveis (por exemplo, *smartphones* e *tablets*), adquiriram sensibilidade a diversos processos e propriedades físicas (Schneider, Börner, van Rosmalen, and Specht, 2015), como a luz, a localização e o movimento, sendo usados de forma pervasiva, formal e informalmente por crianças, jovens e adultos, como extensões dos sentidos humanos (Magnani, 2004; Silva, et al., 2009).

Os dispositivos digitais móveis, como os *smartphones* e os *tablets*, são atualmente acessíveis (custo e facilidade de uso), sem fios, portáteis, (Silva, et al., 2009) e integram dois tipos de tecnologias: os sensores e as tecnologias de apresentação e comunicação (Schneider,

Börner, van Rosmalen, and Specht, 2015). Como sensores, destacam-se os microfones, as câmaras, os acelerómetros, os sensores *GPS*, e em alguns casos os sensores de temperatura e humidade, que permitem a deteção, registo e medição de informação ambiental. Por outro lado, tornou-se possível a ligação a sensores externos, ampliando, assim a possibilidade de gravar imagens, sons e percursos, mas também de outra informação ambiental e corporizada, como o ritmo cardíaco e as concentrações de poluentes, em atividades nas áreas da saúde e do ambiente (Silva, et al., 2009; Klasnja & Pratt, 2012).

Considerando as referidas potencialidades de aquisição e partilha de informação ambiental, e porque a idade de posse do primeiro telemóvel se situa entre os 9 e os 10 anos em Portugal (Simões, Ponte, Ferreira, Doretto, and Azevedo, 2014) e mais de dois terços dos lares com crianças dos 3 aos 8 anos possuem tablets (Ponte, Simões, Baptista, Jorge, and Castro, 2017), pode afirmar-se que os dispositivos digitais móveis podem permitir que as crianças se tornem atores em processos participativos de cidadania formais e não formais.

Os sensores têm vindo a ser usados em diversificadas atividades centradas nas crianças da educação básica formal, desde há mais de 30 anos. O uso de sensores em plataformas de programação, nomeadamente de tangíveis em ambientes de robótica, tem sido desenvolvido em dois eixos, um baseado na teoria, como é o caso do Lego/Logo e Crickets, do Topobo e dos Cubelets, e outro baseado na tecnologia, como é o caso das plataformas Arduino (Blikstein, 2013). Um outro tipo de uso de sensores na educação consiste na aplicação de *kits* didáticos de sensores à exploração do ambiente, ou seja na aquisição de informação sobre o corpo e o ambiente, em atividades cidadãs, significativas, participativas e ubíquas de educação ambiental e para a saúde (Silva, Ferreira, Andrade, Nunes, and Carvalho, 2015; Souza, Alves, Gomes, Rodrigues, and Silva, 2017).

Para que o uso de sensores potencie a agência cidadã e a aprendizagem de processos e conteúdos pelas crianças, torna-se necessária a criação de contextos de aprendizagem, informada por conhecimentos teóricos e práticos, nomeadamente dos domínios da pedagogia e da didática. Neste capítulo, apresenta-se um enquadramento tecnológico e pedagógico-didático do uso de sensores do projeto Eco-Sensor-s4Health, a partir da análise de diversos projetos anteriores e relacionados.

Fundamentos pedagógico-didáticos: Das pedagogias centradas nas crianças à ciência e participação cidadã

A criação de contextos de aprendizagem para a utilização de sensores, na exploração do ambiente pelas crianças, pode ser informada por distintas abordagens pedagógico-didáticas.

Nos últimos quinze anos, foram implementados múltiplos projetos de *mobile learning*, em contextos formais e não formais de educação básica, sendo os dispositivos móveis, equipados com *GPS* e outros sensores, usados para recolher, analisar e comunicar informação ambiental multimédia das escolas e dos seus ambientes (Silva et al., 2009; Evans, and Johri, 2008). Nestes projetos, a abordagem pedagógico-didática central é construtivista, com recurso a métodos de “learning by doing” ou “aprender fazendo” (Evans, and Johri, 2008), centrados nas crianças e nas suas ações e experiências, tendo contacto sensorial com o resultado das mesmas (Reese, 2011).

A colaboração entre as crianças e o/a professor/a é também uma componente essencial dos referidos projetos (Silva et al., 2009; Evans, and Johri, 2008), sendo, no entanto, de natureza diversificada, situando-se desde a mediação social da aprendizagem individual até à mediação social como construção participativa do conhecimento (Salomon, and Perkins, 1998). Como diferentes exemplos de mediação social da aprendizagem individual, podem referir-se:

- Os projetos *Ambient Wood* (Rogers et al., 2004), *TEEMS* (Zucker, Tinker, Staudt, Mansfield, and Metcalf, 2007) e *SOS Abstract* (Silva, Lopes, and Silva, 2013), em que os sensores são integrados no currículo (Anggarendra, and Brereton, 2016) para melhorar os processos de pesquisa (*scientific inquiry*) no ambiente e na própria escola, recolhendo, analisando e significando dados ambientais;
- Os projetos *SENSE* (Fraser et al., 2005) e *SchoolSenses@Internet* (Silva et al., 2009), em que as crianças, usando sensores, recolheram dados no ambiente da sua escola, analisaram-nos, comunicaram-nos e compararam-nos com dados de outras crianças e de outras escolas.

Um elevado número de outros projetos centra-se na construção participativa do conhecimento, nomeadamente no contexto da ciência cidadã, que mobiliza o público em parcerias com a comunidade científica para a recolha de dados científicos (Smoláková, Švajda, Koróny, and Činčera, 2016). A ciência cidadã tem objetivos essencialmente científicos, criando novo conhecimento e influenciando decisões sociais, políticas, científicas (Boulos, et al., 2011) e ambientais. No entanto, a

ciência cidadã pode também contribuir para a literacia científica dos/as participantes em contextos formais e informais (Castell et al., 2015; Campbell et al., 2006).

O projeto *Globe* é um projeto pioneiro em ciência e educação (Butler, and MacGregor, 2003), iniciado nos anos 90 e que continua atualmente, constituindo-se como um projeto de ciência cidadã, baseado em atividades de pesquisa realizadas pelos/as estudantes em escolas de todo o mundo (Smoláková, Švajda, Koróny, and Činčera, 2016). Os seus objetivos centram-se: i) na melhor compreensão do ambiente local, regional e global; ii) no melhor desempenho dos/as estudantes em ciências da natureza, matemática, geografia e uso das tecnologias; iii) na aquisição de dados de qualidade para a investigação sobre o Planeta (Butler, and MacGregor, 2003). Estudos de avaliação do programa mostram que o programa *Globe* é uma implementação, numa escala sem precedentes, da aprendizagem científica autêntica e da pedagogia baseada na pesquisa (Butler, and MacGregor, 2003). Esses mesmos estudos referem que, quando as ações foram dinamizadas por docentes que implementaram as abordagens fundamentais do programa, os resultados ilustraram melhorias na capacidade de uso, pelos/as estudantes, de dados científicos em processos de tomada de decisão e também de melhorias na sensibilização, cientificamente informada, dos/as estudantes em relação ao ambiente (Butler, and MacGregor, 2003). No entanto, os referidos estudos também apontaram para falhas no desenvolvimento de capacidades para realizar análises de dados que permitam a concretização de inferências informadas, assim como para significar os dados em contextos concetuais mais alargados (Butler, and MacGregor, 2003).

Nos projetos de ciência cidadã que têm entrado nas escolas, como o Projeto *Globe*, o projeto *NatureWatch* (www.naturewatch.ca/) ou o projeto *eBird* (www.birdsleuth.org/using-ebird-with-students/) que recolhe milhões de observações de aves por mês, pretende-se que a abordagem pedagógica se enquadre na teoria sociocultural da aprendizagem, que se centra nos contextos em alternativa aos indivíduos. Nesta abordagem, a tecnologia é usada pelos/as estudantes de forma contributiva (Anggarendra, and Brereton, 2016), potenciando a sua participação em atividades de aprendizagem autêntica (Lombardi, 2007) e situada, em comunidades de prática (Lave, and Wenger, 1991), nas quais a significação dos dados e a construção do conhecimento é social e resulta da participação socialmente orientada (Simovska, 2005) ou mediada.

Os projetos de ciência cidadã, por definição, não pretendem que a participação inclua a tomada de decisões, a ação e a mudança do am-

biente/contexto. Alguns, no entanto, integram a resolução de problemas e/ou a conservação do ambiente nos seus objetivos, como é o caso do projeto *NatureWatch* ou do projeto *CITI-SENSE* (Aspuru, García, Herranz, and Santander, 2016), enquanto outros incorporam esses objetivos, quando são implementados nas escolas (como o Projeto *GLOBE*). Nestes casos, se a participação socialmente orientada das crianças, ou estudantes, se estabelece a um outro nível, o nível da ação e da mudança, a criação e a gestão dos contextos de aprendizagem são partilhadas (Figueiredo, 2016). Se, nos contextos de ensino e aprendizagem, os/as estudantes melhorarem o ambiente enquanto agentes da sua própria aprendizagem, aplicando o conhecimento na ação dinâmica, tornam-se participantes na sociedade, capazes de lidar com a mudança e de assumir responsabilidades na sua própria vida (Simovska, 2005), desenvolvendo competências socio-emocionais fundamentais para a cidadania ambiental (Carvalho, von Amann, Almeida, Pereira, Ladeiras, Lima, and Lopes, 2016).

Em todos os projetos que têm vindo a ser referidos neste capítulo, para além da mediação social da aprendizagem individual e da mediação social como construção participativa do conhecimento, importa reconhecer uma mediação social dos artefactos culturais (Salomon, and Perkins, 1998), com ênfase para os dispositivos digitais móveis, especificamente no que se refere aos sensores e às redes em que se inserem. Aqueles mesmos autores referem que os artefactos culturais, ou ferramentas, têm o duplo papel de meios para agir no mundo e de facilitadores cognitivos dessa mesma ação. Assim, os sensores, usados em projetos colaborativos de exploração do ambiente, não só representam o papel de mediadores manipuláveis na aprendizagem por internalização (Lopes, Cravino, Silva, & Viegas, 2012), como também constituem mediadores epistémicos que apoiam a ação das crianças nas tarefas autênticas das pesquisas na exploração do ambiente (Fenton, 2008; Heggen, Omokaro, and Payton, 2012; Rogers, Connelly, Hazlewood, and Tedesco, 2010), contribuindo para o desenvolvimento do pensamento abstrato das mesmas (Silva, Lopes, and Silva, 2013).

Os dispositivos digitais móveis, com sensores integrados, facilitam a aquisição e acesso à informação, a produção de representações múltiplas dessa informação e a partilha da mesma em tempo real, criando uma ecologia de aprendizagem e comunicação (Evans, and Johri, 2008), em que as ferramentas apoiam de forma transformativa a construção e comunicação do conhecimento internalizado e partilhado num contexto social em rede. Nos últimos anos, tais construções e partilhas têm, assim, vindo a modificar-se com a crescente ubiquidade dos dispositivos móveis com sensores, integrados em redes sociais, formando

contextos sociais permanentemente ligados virtualmente e transcendendo barreiras físicas e sociais (Evans, and Johri, 2008).

FUNDAMENTOS TECNOLÓGICOS: DAS PLATAFORMAS DE INTEGRAÇÃO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS À APP NAS REDES SOCIAIS

Os projetos de *mobile learning*, com utilização de sensores pelas crianças, começaram a ter maior divulgação a partir de 2004, sendo maioritariamente projetos de exploração de informação ambiental, quantitativa, espacial e multimédia, centrados em atividades *outdoor*, em contextos não formais, ou seja, fora das escolas. São exemplos deste tipo de projetos:

- *Ambient Wood*, o projeto em que as crianças usaram sondas, sensores e GPS para estudar elementos e processos ecológicos, em práticas reflexivas (Rogers et al., 2004);

- O projeto *HyConExplorer*, que permitiu às crianças aceder à informação ambiental ao longo dos seus percursos, criar nova informação ambiental (ligar uma foto a uma dada localização) e revisitar o seu percurso e a informação espacial, temporal e ambiental a ele ligada (Bouvin, 2005).

- *A new sense of place*, um projeto em que as crianças puderam criar, editar e revisitar paisagens sonoras no ambiente, com recurso a dispositivos móveis equipados com *GPS* e auscultadores (Williams, Jones, Fleuriot, and Wood, 2005).

Os três projetos acima referidos foram projetos pioneiros que usaram as potencialidades multimédia dos dispositivos móveis e dos sensores neles integrados, permitindo às crianças produzir informação ambiental e geográfica multissensorial e multimédia, e criando plataformas específicas para o efeito. Em 2005, é disponibilizado, pela Google, o Globo Virtual, ou geobrowser, com maior sucesso: o *Google Earth (GE)*. O *GE* rapidamente ganhou um lugar central em muitos projetos educativos de uso de sensores para exploração do ambiente, devido a diferentes fatores que se verificaram para pessoas das mais diversas idades, de crianças a seniores (Silva et al., 2009): i) facilidade de utilização; ii) criação de motivação e envolvimento, pela rápida resposta às ações de quem utiliza, pela fluidez dos gráficos e pelas sensações criadas pelos vôos sobre um Planta virtual; iii) potencialidades para publicação de informação ambiental, geográfica, multissensorial e multimédia, em representações múltiplas, nomeadamente texto e gráficos em mapas, fotografias e imagens de satélite.

Desta forma, o *GE* veio substituir de uma forma transformadora os recursos anteriormente usados em educação, nomeadamente os ortofotomapas e os mapas digitais criados especificamente para a publicação de informação geográfica nos diversos sites educativos. Surgiram, então, diversos projetos que criaram plataformas que integraram o *GE* e dispositivos móveis com *GPS*, tornando possível às escolas e comunidades criar, editar e explorar informação ambiental, geográfica, multissensorial e multimédia. Considerem-se os dois seguintes exemplos:

- *SchoolSenses@Internet* (Silva et al., 2009; Silva, Pestana, and Lopes, 2008) foi um projeto que criou uma plataforma que permitiu às crianças criar, partilhar e editar mensagens (MMS) de informação multissensorial georreferenciada, publicadas no *Google Earth*. As mensagens integravam texto, som e vídeo e eram produzidas com *smartphones* com *GPS*, para caracterizar os recreios das escolas;
- O projeto *Sound Scavenging* utilizou o *Google Earth* para permitir às crianças a criação de paisagens sonoras na sua comunidade e bairro (Proboscis, Loren Chasse and the Jenny Hammond Primary School, 2006).

Nos últimos dez anos, com a vulgarização dos *smartphones*, com maior número e qualidade de sensores e dos aplicativos móveis (*apps*), a utilização dos sensores integrados em dispositivos móveis em contextos educativos e quotidianos deixou de estar dependente de plataformas ad-hoc. Um largo número de diversificadas *apps* passaram a permitir, de forma gratuita e imediata, a utilização dos sensores na aquisição de informação (georreferenciada, ou não) sobre o corpo e o ambiente e a sua exportação e publicação (partilha) nas redes sociais, no *Google Earth* e no *Google Maps*.

Nos últimos dez anos, também se multiplicaram os projetos de *mobile learning*, com utilização de sensores de informação ambiental em educação em ciência, nos ambientes *indoor* das escolas, com recurso não só a sensores integrados em *smartphones* ou *tablets* ou a *kits* de sensores didáticos comercializados (Le Boniec, Gras-Velázquez, and Joyce, 2012; Silva, Aboim, Teixeira, Pinto, Pereira, 2016), como também a sensores criados especificamente para determinado projeto (Kedzierska, 2017). Embora alguns projetos continuem a produzir plataformas dedicadas, as *apps* nos *smartphones*, ou *tablets*, têm permitido gravar os dados, processá-los, apresentá-los usando representações múltiplas e exportá-los para redes sociais ou globos virtuais, quer os dados sejam adquiridos por sensores integrados ou ligados exteriormente (como é o caso dos sensores de *kits* didáticos) aos dispositivos digitais móveis.

ENQUADRAMENTO PEDAGÓGICO-DIDÁTICO E TECNOLÓGICO DO USO DE SENSORES DO PROJETO *ECO-SENSORS4HEALTH*

O projeto *Eco-Sensors4Health* tem como objetivo central melhorar a saúde ambiental das escolas de 1º ciclo do ensino básico em Portugal, através da participação orientada das crianças, nomeadamente na criação, implementação e monitorização de soluções para os problemas de saúde ambiental das escolas, identificados através da utilização de sensores de informação ambiental (eco-sensores). Trata-se, assim, de um projeto de saúde ambiental em que as crianças desenvolvem, nas suas atividades curriculares nas escolas, não só pesquisas (*scientific inquiry*), mas também propostas, tomadas de decisão, ações de resolução de problemas e monitorização do resultado das mesmas.

Neste projeto, pretende-se que as aprendizagens das crianças sejam desenvolvidas:

- Num contexto de ciência cidadã, em que as crianças recolhem dados para construção de conhecimento científico, mas em que também agem para a solução dos problemas de saúde ambiental do seu contexto de aprendizagem, tendo assim uma responsabilidade partilhada na gestão e controlo do referido contexto;
- Em atividades autênticas de resolução de problemas complexos do mundo real, em que se aprende fazendo, com recurso a sensores e *smartphones* ou *tablets*;
- De forma situada nos contextos de aprendizagem, comunidades de prática/aprendizagem, de cada escola e turma, mas também no contexto de aprendizagem da plataforma de partilha de dados e processos;
- Realizando a significação da informação sobre os problemas ambientais e suas soluções, construindo-se conhecimento, de forma socialmente mediada, com participação orientada em pequeno grupo, em grupo turma, entre turmas e entre escolas;

No projeto *Eco-Sensors4Health*, a mediação das aprendizagens inclui a mediação docente e a mediação dos pequenos e grandes grupos, pretendendo-se que coexistam mediações sociais da aprendizagem individual e mediações sociais como construção participativa do conhecimento, já que os objetivos de aprendizagem se centram em aprendizagens curriculares individuais, mas também em aprendizagens das turmas, comunidades escolares e até do sistema educativo.

Os sensores, *smartphones* e *tablets*, no contexto do presente projeto,

são utilizados como mediadores manipuláveis da aprendizagem e como mediadores epistêmicos no desenvolvimento do pensamento abstrato das crianças, nomeadamente durante as atividades de pesquisa para resolução de problemas.

No que se refere ao enquadramento tecnológico, o projeto *Eco-Sensors4Health* integra o uso de eco-sensores, sensores de aquisição de informação ambiental, nos ambientes *indoor* nas escolas, mas também nos recreios e nos ecossistemas em redor dos mesmos. Os dados adquiridos pelas crianças, com os sensores e dispositivos móveis, são por elas significados, tratados e partilhados. Alguns dos referidos eco-sensores, por exemplo os sensores de nível de som, estão integrados nos *smartphones* ou *tablets*, outros, como os sensores de dióxido de carbono, ligam-se externamente a estes dispositivos, sendo que a gravação, representação e partilha dos dados é realizada por uma *app*.

Na plataforma colaborativa *Eco-Sensors4Health*, é possível publicar (manualmente, para uma melhor apropriação pelas crianças) os dados adquiridos, bem como os relatos iterativos dos processos de identificação, intervenção e monitorização dos problemas ambientais. Qualquer utilizador/a pode pesquisar e consultar os dados e processos publicados por crianças e docentes, em novas significações de diversos dados adquiridos em diferentes contextos locais e regionais.

REFERÊNCIAS

Anggarendra, R., and Brereton, M. (2016). Engaging children with nature through environmental HCI. *Proceedings of the 28th Australian Computer-Human Interaction Conference (OzCHI 2016)*. ACM.

Aspuru, I., García, I., Herranz, K. and Santander, A. (2016). CITI-SENSE: methods and tools for empowering citizens to observe acoustic comfort in outdoor public spaces, *Noise Mapp.*, 3(1), 37–48.

Boulos, M. K., Resch, B., Crowley, D., Breslin, J., Sohn, G., Burtner, R., Pike, W., Jezierski, E., and Chuang, K. (2011). Crowdsourcing, citizen sensing and sensor web technologies for public and environmental health surveillance and crisis management: trends, OGC, standards and application examples. *International Journal of Health Geographics*, 10 (67).

Bouvin, N. O., Brodersen, C., Hansen, F. A., Iversen, O. S., Nørregaard, P. (2005). Tools of contextualization: Extending the classroom to the field. *Proceedings of the 2005 Conference on Interaction design and children (IDC)*, ACM Press, pp. 24-31.

Butler, D. M., and MacGregor I. D. (2003). Globe: Science and Education. *Journal of Geoscience Education*, 51 (1), 9-20.

Campbell A., Eisenman S., Lane N., Miluzzo E., and Peterson R. (2006) People-centric urban sensing. *Proceedings of the 2nd annual international workshop on Wireless internet, WICON '06* New York, NY, USA: ACM.

Carvalho, A., von Amann, G. P., Almeida, C. T., Pereira, F., Ladeiras, L., Lima, R., and Lopes, I. C. (2016). *Saúde Mental em Saúde Escolar: Manual para a Promoção de Competências Socioemocionais em Meio Escolar*. Lisboa: Direção-Geral da Saúde.

Castell, N. Kobernus, M., Liu, H., Schneider, P., Lahoz, W., Berre, A., and Noll, J. (2015). Mobile technologies and services for environmental monitoring: The Citi-Sense-MOB approach. *Urban Climate*, 14 (3), 370-382.

Evans, M. A., and Johri, A. (2008). Facilitating guided participation through mobile technologies: designing creative learning environments for self and others. *Journal of Computing in Higher Education*, 20, 92-105.

Fenton, M. (2008). *Authentic learning using mobile sensor technology with reflections on the state of science education in New Zealand: A research project for the New Zealand Ministry of Education*. Taranaki, New Zealand: Nexus Research Group. Available at <http://www.nexusresearchgroup.com/downloads/Michael-Fenton-eLearning-Report.pdf>

Figueiredo, A. D. (2016). A Pedagogia dos Contextos de Aprendizagem. *e-Curriculum*, 14 (3), 809-836.

Fraser, D. S., Smith, H., Tallyn, E., Kirk, D., Benford, S., Paxton, M., Price, S., and Fitzpatrick G. (2005). The SENSE Project: A Context-inclusive Approach to Studying Environmental Science Within and Across Schools. *Proceeding of CSCL'05*, pp.155-9. Taiwan: Taipei.

Heggen, S., Omokaro, O., & Payton, J. (2012). Mad Science: Increasing engagement in STEM education through participatory sensing. *Proceedings of the Sixth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies (UBICOMM 2012)*. New York: ACM.

Kedzierska, E. (2017). *Primary Science with eSense: Teacher Guide*. Amsterdam: CMA. Available at <https://cma-science.nl/teaching-resources/teaching-resources-primary>

Lave, J., and Wenger, E. (1991). *Situated learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge, MA: University of Cambridge Press.

Le Boniec, M., Gras-Velázquez À. and Joyce A. (2012). *Impact of data loggers on science teaching and learning*. Brussels: European Schoolnet. [In collaboration with Fourier and Acer]. http://files.eun.org/netbooks/ACER_Fourier_EUN_Science_pilot_report_2012.pdf

Lombardi, M. M. (2007). Authentic learning for the 21st century: An overview. *Educause learning initiative*, 1(2007), 1-12.

Magnani, L. (2004). Reasoning through doing. Epistemic mediators in scientific discovery. *Journal of Applied Logic*, 2 (4), 439-450.

Ponte, C., Simões, J. A., Baptista, S., Jorge, A., and Castro, T. S. (2017). *Crescendo entre ecrãs: Usos de meios eletrónicos por crianças (3-8 Anos)*. Lisboa: ERC – Entidade Reguladora para a Comunicação Social.

Proboscis, Loren Chasse and the Jenny Hammond Primary School (2006). *Sound Scavenging Report*. Available at http://proboscis.org.uk/topographies/SoundScavenging_Report.pdf

Reese, H. W. (2011). The learning-by-doing principle, *Behavioral Development Bulletin*, 17(1), 1-19.

Rogers, Y., Price, S., Fitzpatrick, G., Fleck, R., Harris, E., Smith, H., ... & Thompson, M. (2004). Ambient wood: designing new forms of digital augmentation for learning outdoors. *Proceedings of the 2004 conference on Interaction design and children: building a community*, pp. 3-10. ACM.

Rogers, Y., Connelly, K. Hazlewood, W., & Tedesco, L. (2010). Enhancing learning: a study of how mobile devices can facilitate sense making. *Personal and Ubiquitous Computing*, 14(2), 111-124.

Sagl, G., and Resch, B. (2015) Mobile Phones as Ubiquitous Social and Environmental Geo-Sensors. In Z. Yan, (ed.) *Encyclopedia of Mobile Phone Behavior* (pp. 1194-1213). Hershey PA, USA: IGI Global.

Salomon, G., and Perkins, D. N. (1998). Individual and social aspects of learning. *Review of Research in Education*, 23, 1-24.

Schneider, J., Börner, D., van Rosmalen, P., and Specht, M. (2015). Augmenting the senses: A review on sensor-based learning support. *Sensors*, 15(2), 4097-133.

Silva, M. J., Pestana, B., and Lopes, J. C. (2008). Using a mobile phone and a geobrowser to create multisensory geographic information. *Proceedings of IDC 2008*, ACM, pp. 153-156.

Silva, M. J., Gomes, C. A., Pestana, B., Lopes, J. C., Marcelino, M. J., Gouveia, C., and Fonseca, A. (2009). Adding space and senses to mobile

world exploration. In A. Druin (Ed.), *Mobile technology for children*, 147-170. Boston: Morgan Kaufmann.

Silva, M. J., Lopes, J. B., and Silva, A. A. (2013). *Using Senses and Sensors in the Environment to Develop Abstract Thinking. Problems of Education in the 21st Century*, 53, 99-119.

Silva, M. J., Ferreira, E., Andrade, V., Nunes, O., and Carvalho, M. L. (2015). Embodied education: Senses, emotions, and technology. *Proceedings of the 2015 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*. Available at <https://ieeexplore.ieee.org/document/7451644/>

Silva, M. J., Aboim, S., Teixeira, S., Pinto, J. A., Pereira, T. (2016). Using Senses and Sensors in the Environment to Develop Abstract Thinking: Evaluating the Utility and Usability of Electronic Sensors. In Marcelino, M. J., Mendes, A. J., Gomes, M. C. A. (eds.). *ICT in Education*, pp. 133-149. Springer International Publishing.

Simões, J. A., Ponte, C., Ferreira, E., Doretto, J., and Azevedo, C. (2014). *Crianças e Meios Digitais Móveis em Portugal: Resultados Nacionais do Projeto Net Children Go Mobile*. Lisboa: CESNOVA.

Simovska, V. (2005). Participation and learning about health. In Clift, S. M., and Jensen, B. B. (eds.) (2005). *The health promoting school: international advances in theory, evaluation and practice*. Copenhagen: Danish University Education Press, pp. 173-192.

Souza, A., Alves, A. R., Gomes, C., Rodrigues, S., and Silva, M. J. (2017). Children using sound sensors to improve school environmental health. *Proceedings of the 2017 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*. Available at <https://ieeexplore.ieee.org/document/8259661/>

Smoláková, N., Švajda, J., Koróny, S., and Činčera, J. (2016). The Benefit of the GLOBE program for the Development of Inquiry Competence in the Czech and Slovak Contexts. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11 (16), 9507-9519.

van den Berg, E., Schweickert, F., and van den Berg, R.. Science, Sensors and Graphs in Primary schools *Proceedings of the GIREP Conference 2010*, 2010.

Williams, M., Jones, O., Fleuriot, C., and Wood, L. (2005). Children and emerging wireless technologies: Investigating the potential for spatial practice. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI 2005)*, ACM Press, pp. 819-828.

Zucker, A., Tinker, R., Staudt, C., Mansfield, A., and Metcalf, S. (2007).

Increasing Science Learning in Grades 3-8 Using Computers and Probes: Findings from the TEEMSS II Project. *Proceedings of the NARST 2007 Annual Meeting.*

CAPÍTULO 2 – INTEGRAÇÃO CURRICULAR DE MATEMÁTICA E CIÊNCIAS NATURAIS NA ABORDAGEM DE PROBLEMAS DE SAÚDE AMBIENTAL NA FORMAÇÃO PARA A DOCÊNCIA

Margarida Rodrigues (margaridar@eselx.ipl.pt)¹,

Ana Caseiro (anac@eselx.ipl.pt)¹,

Maria João Silva (mjsilva@eselx.ipl.pt)¹,

António Almeida (aalmeida@eselx.ipl.pt)¹,

Alexandra Loução (mariaalexandraloucao@gmail.com)¹ e

Sara Monteiro (saramonteiro_93@hotmail.com)¹

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

RESUMO

Neste capítulo, começa-se por discutir a pertinência em trabalhar o currículo de forma integrada como meio de dar sentido às aprendizagens realizadas, de um modo coerente e contextualizado. A Matemática e as Ciências Naturais surgem como duas áreas disciplinares com fortes possibilidades de integração quando os seus conceitos são mobilizados no desenvolvimento de projetos que visem a diagnose e a proposta de intervenções de resolução de problemas de saúde ambiental. A utilização de sensores no desenvolvimento desses projetos assume um papel relevante ao permitir a recolha de dados e a sua representação. No capítulo, são apresentadas cinco atividades práticas (em contexto de formação inicial de docentes), visando identificar a forma como os conteúdos de Matemática e Ciências Naturais foram mobilizados numa abordagem curricular integrada, centrada no estudo de um dado problema de saúde ambiental. Quatro das atividades visaram a exploração e caracterização dos espaços interior e exterior da Escola Superior de Educação de Lisboa e do ambiente do Jardim Botânico da Ajuda, relativamente ao nível sonoro e concentração de dióxido de carbono, bem como a relação entre o ritmo cardíaco e as condições ambientais. Uma outra atividade envolveu alunos do 2.º Ciclo do Ensino Básico e, tendo sido desenvolvida em contexto da Prática de Ensino Supervisionada II, teve como objetivo estudar o conforto térmico da escola, em diferentes espaços. Foi possível verificar a ligação das aprendizagens em Matemática e nas Ciências Naturais à vida real, com recurso à utilização de sensores em atividades autênticas de pesquisa, com um forte enfoque na procura de soluções para os problemas de saúde ambiental identificados.

Palavras-chave: integração curricular; sensores; problemas de saúde-

de ambiental; formação inicial de docentes.

INTEGRAÇÃO CURRICULAR DE MATEMÁTICA E CIÊNCIAS NATURAIS

Sendo a necessidade e a intencionalidade características essenciais de currículo (Roldão, 2001) enquanto produto histórico e construção social, urge interrogarmo-nos sobre o que se espera fazer aprender na escola do ensino básico nos dias de hoje, em pleno séc. XXI. Como orientar a formação de futuros docentes que terão a responsabilidade, por sua vez, de preparar crianças para uma inserção na sociedade futura cujo desenvolvimento tecnológico nos faz antever contornos completamente distintos dos atuais? Esse futuro incerto e imprevisível envolve a emergência de profissões desconhecidas atualmente e o desaparecimento de profissões agora existentes. O nosso pensamento tem de mudar para ser capaz de criar o futuro e não simplesmente responder-lhe (Salmon, 2016). Daí que seja imperiosa a necessidade de formar cidadãos com capacidade de resolução de problemas, o que implicará espírito crítico, criativo, adaptativo e flexível para fazer face às novas situações trabalhando de forma colaborativa em equipa. São estas as competências a desenvolver nos alunos de hoje e que se encontram plasmadas no documento *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória* (Martins et al., 2017) que constitui o documento de referência para as decisões ao nível do desenvolvimento curricular. Foi publicado recentemente o Decreto-Lei n.º 55/2018 que vem consignar uma abordagem integradora desafiando as escolas dos ensinos básico e secundário a organizarem-se na gestão curricular de modo a garantir que todos os alunos desenvolvam as competências previstas no *Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória* (Martins et al., 2017). Um dos princípios que subjaz a este documento é o da coerência e flexibilidade e que passamos a transcrever:

Garantir o acesso à aprendizagem e à participação dos alunos no seu processo de formação requer uma ação educativa coerente e flexível. É através da gestão flexível do currículo e do trabalho conjunto dos professores e educadores sobre o currículo que é possível explorar temas diferenciados, trazendo a realidade para o centro das aprendizagens visadas. (Martins et al., 2017, p. 13)

Uma ação educativa coerente e flexível remete para uma gestão integrada e conectada do currículo ao invés do código de mosaico que tem predominado nas práticas curriculares com uma organização disciplinar compartimentada. Segundo Beane (2000), é a coerência curricular que confere sentido à totalidade, estando, assim, associada à noção

de unidade, ligação, relevância e pertinência. Morin (2001) define o conhecimento pertinente como o que não mutila o seu objeto, sendo, por isso, necessário situar o conhecimento no contexto, ligando as partes ao todo e o todo às partes. E esse contexto situado numa realidade uma, complexa e multidimensional apela a uma compreensão que carece, pois, de um olhar integrador. A integração curricular favorece, assim, o desenvolvimento de aprendizagens significativas (Beane, 2003). Quanto mais um acontecimento for situado em contexto, mais significativo será e melhor será compreendido. Ao defender a integração significativa de experiência e de conhecimento, Beane (2003) propõe uma abordagem baseada em unidades temáticas centradas em determinados problemas, em que os estudantes coparticipam, em conjunto com os professores, na planificação das atividades. O autor associa, assim, a integração curricular a uma escola democrática com o empoderamento dos alunos enquanto participantes da sua própria aprendizagem e com ela comprometidos. Tal como advogado por Lave e Wenger (1991), a participação é uma característica epistemológica de toda a aprendizagem, sendo que esta constitui um aspeto da prática social. “Implica não apenas uma relação com atividades específicas, mas uma relação com comunidades sociais – implica tornar-se um participante por inteiro, um membro” (Lave e Wenger, 1991, p. 53). Esta abordagem encontra-se associada ao desenvolvimento nos alunos do pensamento crítico através da transformação da sala de aula numa comunidade de pesquisa cognitiva partilhada e cooperativa (Lipman, 1991; Salmon, 2016).

Especificamente, o desenvolvimento de projetos que visem a diagnose de problemas de saúde ambiental e a intervenção ao nível da sua resolução constitui um contexto muito favorável à integração curricular da Matemática e das Ciências Naturais (Berlin & White, 2001). A utilização de sensores, como o de nível sonoro, de dióxido carbono no ar e de temperatura e humidade, no desenvolvimento desses projetos, assume um papel importante ao permitir a recolha de dados e a sua representação no âmbito de problemas realçados pelo Programa Nacional de Saúde Escolar (von Amann, 2015). Este tipo de projetos enquadra-se numa perspetiva curricular de ligar as aprendizagens em Matemática e nas Ciências Naturais à vida real (Berlin & White, 2001), levando os estudantes a pensar de forma mais criativa (Keeves & Darmawan, 2009). De acordo com Berlin e White (2001), a observação do meio, a recolha de dados, e a sua interpretação pela procura de relações (indução) podem fornecer elementos para uma descrição quantitativa, sendo que essas relações podem ser expressas através de modelos matemáticos usados, por sua vez, para fazer previsões (dedução). A articulação entre os processos de indução e dedução promove, assim, a construção integrada e holística do conhecimento.

Passa-se a apresentar cinco atividades práticas que se integram no projeto Eco-Sensors4Health, o qual visa apoiar a participação das crianças na melhoria dos fatores ambientais das escolas que podem afetar a saúde da comunidade escolar. Com a apresentação destas atividades, temos como objetivo identificar a forma como as áreas de Matemática e Ciências Naturais foram integradas curricularmente, durante o estudo de problemas de saúde ambiental. Três das atividades foram desenvolvidas na Licenciatura em Educação Básica na Escola Superior de Educação de Lisboa (ESELx) por docentes desta instituição em Unidades Curriculares da Área da Docência. As outras duas foram desenvolvidas no Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico da ESELx: uma no 1.º ano em Unidades Curriculares da Área de Didática; e a outra no 2.º ano, desenvolvida por duas estagiárias da ESELx com alunos de uma turma de 6.º ano. Assim, enquanto nas primeiras três atividades, os futuros docentes, na qualidade de estudantes, identificam problemas de saúde ambiental e pesquisam com vista à sua resolução, nas últimas duas, os futuros docentes focam-se em atividades a implementar que levem alunos do 2.º Ciclo do Ensino Básico a fazer essa identificação e pesquisa, colocando-se já numa perspetiva de docência.

ESPAÇO INTERIOR E EXTERIOR DA ESELX- NÍVEL SONORO

No âmbito da problemática da relação entre o ruído e a saúde ambiental na escola, foi desenvolvido um trabalho na Unidade Curricular Análise de Dados que visou a recolha, tratamento e análise de dados relativos ao nível sonoro em diferentes locais da ESELx. Este trabalho realizou-se no 1.º semestre de 2016/17 e teve a duração de duas aulas, de duas horas cada, de três turmas do 2.º ano da Licenciatura em Educação Básica, num total de 92 estudantes. Os dados foram recolhidos pelos estudantes com os sensores de som dos seus *smartphones*, através da aplicação *SPARKvue*, tendo sido depois exportados por email para poderem ser tratados com o *Excel*. Após a realização deste trabalho, foi aplicado um questionário aos estudantes incidindo na avaliação da realização deste tipo de tarefa.

No início da atividade, foram decididos os locais de recolha de dados e qual o grupo responsável pela recolha de dados em cada um. Os locais selecionados foram: (i) bar, (ii) refeitório, (iii) sala de aula, (iv) jardim exterior, (v) biblioteca, (vi) zona de estudo I, (vii) zona de estudo II e (viii) salão nobre. Escolhidos os locais, a docente questionou os estudantes relativamente ao nível sonoro existente na instituição. Dessa forma, foi construído, em grande grupo, um documento com as

previsões e hipóteses referidas por cada turma. Para que os estudantes conseguissem concretizar alguns aspetos relativos ao nível sonoro, foi lido e discutido um pequeno texto científico, no qual, entre outros aspetos, foi analisada uma escala de níveis sonoros com exemplos reais em cada nível. Dessa forma, e com base nesse texto de apoio, os estudantes decidiram, em grande grupo, qual o valor expetável para o nível sonoro de cada local onde iria ser realizada a recolha de dados, tendo sido unânime que o local com menor nível sonoro seria a biblioteca. O mesmo não aconteceu relativamente à opção do local com maior nível sonoro, tendo as opiniões dos estudantes divergido entre o refeitório e a sala de aula.

Terminado esse momento, cada grupo deslocou-se ao local onde ficou de recolher os dados, durante 5 segundos, registando o momento de recolha de dados através de fotografias (Figura 1).

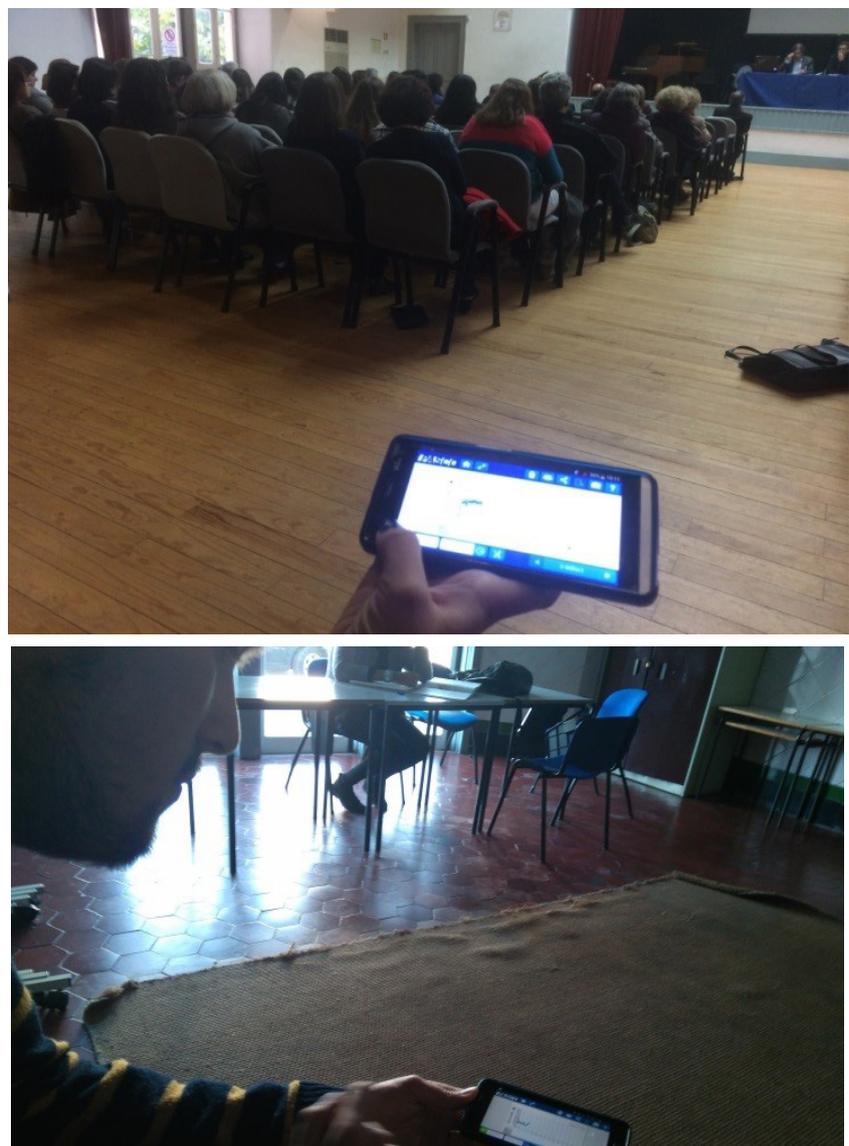


Figura 1. Registo do momento de recolha de dados realizado por dois grupos

Os valores obtidos por cada grupo de estudantes variaram de local para local e nos diferentes horários da recolha de dados. A média dos valores, mínimo e máximo, recolhidos pelas três turmas nos diversos locais encontra-se expressa na Tabela 1.

Local	Média	
	Mínimo (dBC)	Máximo (dBC)
Salão Nobre	27.2	58.8
Biblioteca	31.0	41.6
Zona de estudo II	36.1	56.1
Zona de estudo I	38.7	54.3
Jardim Exterior	51.4	60.0
Sala de aula	54.0	67.7
Bar	56.1	70.0
Refeitório	57.1	68.9

Tabela 1. Média dos valores extremos do nível sonoro recolhidos pelos diversos grupos

Comparando as previsões realizadas pelos estudantes com os dados por eles recolhidos, verifica-se que apesar de inicialmente revelarem ter noção do local da instituição com menor nível sonoro (biblioteca), o mesmo não aconteceu relativamente ao possível valor do nível sonoro existente em cada um dos locais estudados, tendo os estudantes previsto valores muito discrepantes dos efetivamente recolhidos (como por exemplo no caso da turma E cuja previsão era recolher dados no refeitório entre os 20 dB e os 30 dB, tendo recolhido dados entre os 61,7 dB e os 69,3 dB).

Recolhidos os dados, os estudantes enviaram-nos para o seu email. Nos seus computadores, os estudantes realizaram uma análise estatística dos dados através da folha de cálculo do *Excel* que, depois de terminada, foi enviada para o email da docente (Figura 2).

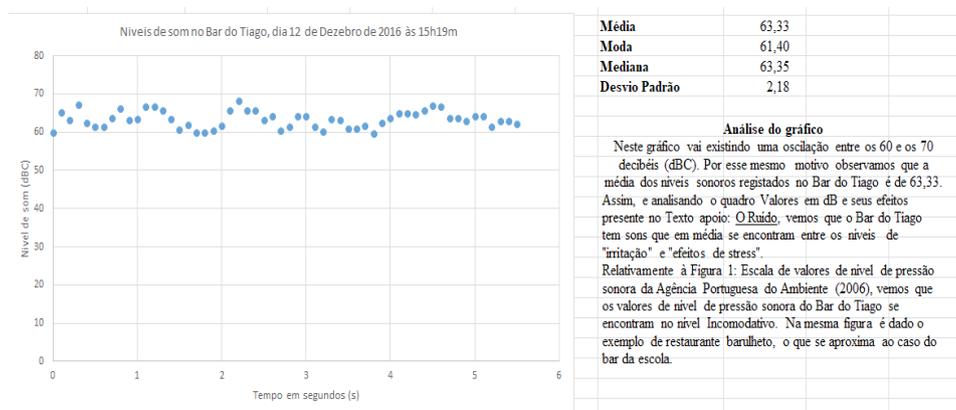


Figura 2. Análise dos dados realizada por um grupo

Nessa análise, os estudantes, autonomamente, determinaram, entre outros, os valores mínimo e máximo, a moda, a média e o desvio padrão dos dados recolhidos. Após esse trabalho, foram construídos, na mesma folha de cálculo, gráficos com os dados recolhidos, que foram analisados de seguida. Nesse momento de tratamento e análise de dados, os estudantes puderam colocar em prática alguns conteúdos estatísticos anteriormente trabalhados na UC.

A análise das respostas dos futuros professores aos questionários permitiu verificar que a maioria (82%) considerou a tarefa pertinente, tendo as justificações referido, sobretudo, a pertinência da tarefa pelo tema em estudo (o som) e a utilização/consolidação de conteúdos estatísticos anteriormente trabalhados na UC. Os estudantes mostraram-se favoráveis à utilização de TIC, sendo que 90% referiu considerar pertinente o uso do *smartphone*/sensor para a realização da proposta, e 95% referiu considerar pertinente o uso do *Excel*. Apesar destes valores elevados, é de realçar que 10% dos futuros professores consideram o uso do *smartphone*/sensor e 5% o uso do *Excel*, como estratégias não pertinentes para a aprendizagem.

ESPAÇO INTERIOR E EXTERIOR DA ESELX- DIÓXIDO DE CARBONO

Na Unidade Curricular eletiva TIC na Matemática e nas Ciências da Natureza, no 2.º semestre de 2016/17, as estudantes do 2.º ano da Licenciatura em Educação Básica recolheram dados com o sensor de dióxido de carbono (CO₂) na sala de aula, primeiro no ar da sala e depois numa garrafa para a qual uma estudante tinha expirado. As estudantes verificaram que a concentração de CO₂ no ar da sala era de 819 ppm tendo subido para 25868 ppm no interior da garrafa. Seguidamente, um fósforo acabado de apagar foi colocado dentro da garrafa que continha ar da sala de aula. Assim, as estudantes reconheceram que o mínimo medido era da concentração de CO₂ no ar da sala (879 ppm) e que o valor máximo medido era o da concentração de CO₂ no ar dentro da garrafa (2616 ppm) após a colocação do fósforo.

As estudantes deslocaram-se, em seguida, até ao exterior da ESELx, e usaram o sensor no jardim, junto à via rápida IC19, tendo verificado que quando os automóveis passavam mais perto do jardim, a subida da concentração de CO₂ era maior. Assinalaram o valor mínimo de 188 ppm e o valor máximo de 2837 ppm. O respetivo gráfico encontra-se na Figura 3.

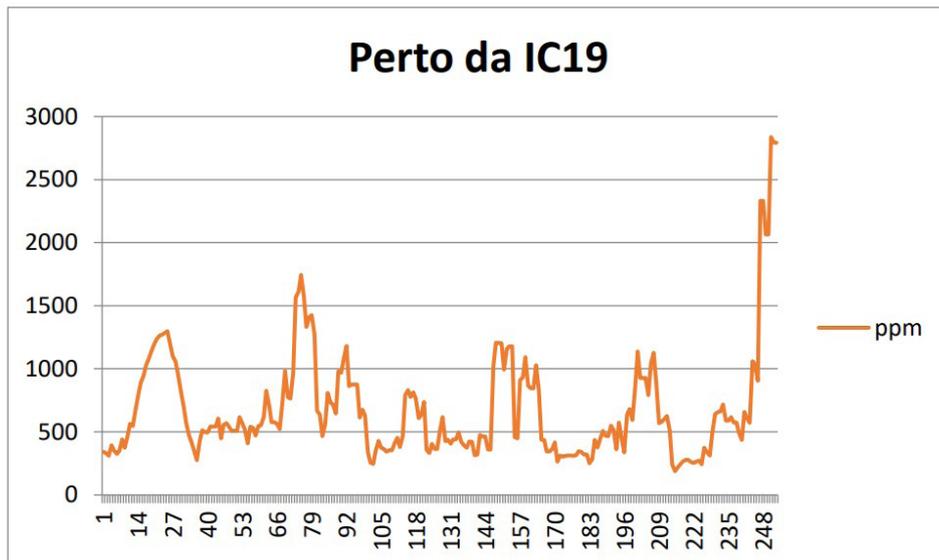


Figura 3. Concentração de CO₂ no jardim da ESELx perto da IC19

Por fim, o sensor foi mantido junto do tubo de escape de um carro, antes de ser colocado a trabalhar (em que se registou o valor mínimo de 235 ppm), e durante o momento em que foi posto a trabalhar, tendo-se registado aí o valor máximo de 13045 ppm.

Com esta atividade, as estudantes concluíram que o ar expirado possui uma maior concentração de CO₂ do que o ar inspirado, sendo, por isso, importante acautelar a qualidade do ar nas salas de aula. Concluíram também que as combustões são fontes de CO₂ para o ar, contribuindo para a diminuição da qualidade do ar interior e exterior.

ESPAÇO INTERIOR E EXTERIOR DA ESELX- RITMO CARDÍACO

Na Unidade Curricular TIC na Matemática e nas Ciências da Natureza, duas estudantes mediram o ritmo cardíaco com recurso a um sensor enquanto faziam diferentes percursos no exterior da ESELx, acompanhadas pelas colegas que tomavam notas sobre os locais percorridos de modo a poderem interpretar depois a variação observada no gráfico. Os dados foram exportados pela app Endomondo e apresentados no Google Earth. A Figura 4 apresenta os percursos realizados e as Figuras 5 e 6 apresentam os gráficos de altitude (linha superior) e do ritmo cardíaco (linha inferior) das duas estudantes.

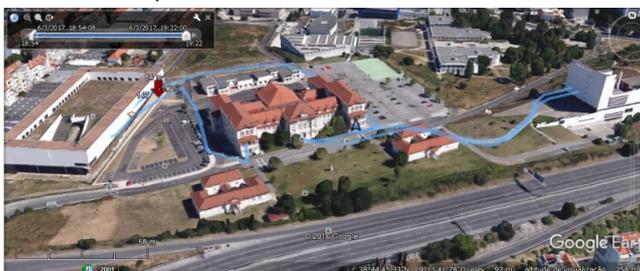


Figura 4. Percursos no Google Earth

Figura 5. Gráficos de altitude e do ritmo cardíaco da estudante I

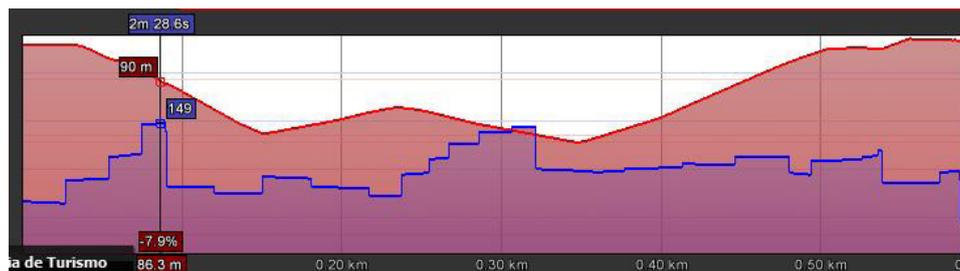


Figura 6. Gráficos de altitude e do ritmo cardíaco da estudante A



Ao analisarem a representação gráfica e as medidas estatísticas (extremos e médias), as estudantes da turma constataram que o ritmo cardíaco variava de pessoa para pessoa, já que I (Figura 5) registava uma média de 124 bpm superior à de A, com média de 106 bpm (Figura 6). Interpretaram, ainda, que o ritmo cardíaco também tinha variado ao longo do percurso, designadamente com a velocidade e a elevação do terreno, ou em momentos de maior stress como fazer equilíbrio numa barra de olhos fechados. O par de estudantes A e P, no questionário de avaliação da atividade, aplicado no final da mesma, reconheceu "a vantagem de poder observar os dados de diferentes variáveis numa mesma área gráfica, desta forma possibilita uma melhor interpretação dos resultados obtidos".

Durante a simulação de um debate parlamentar sobre a Central Nuclear de Almaraz, a estudante S usou o sensor de ritmo cardíaco, tendo sido interpelada pela docente para tomar uma posição no que respeita ao impacte ambiental da Central e desenvolver uma argumentação nesse sentido. O respetivo gráfico gerado pela app Endomondo foi exportado para o Google Earth (Figura 7), embora, neste caso, não tivesse existido variação da altitude pois o debate realizou-se na sala de aula.

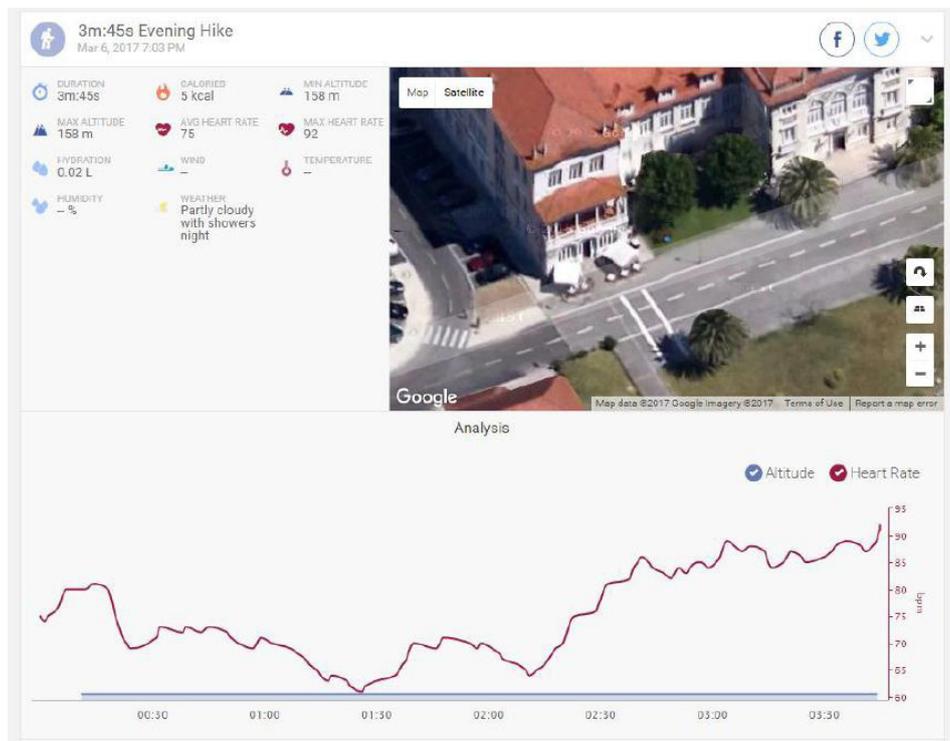


Figura 7. Gráfico do ritmo cardíaco da estudante S durante o debate sobre a Central Nuclear de Almatraz

Após terem constatado a média de 75 bpm no período de 3 min 45 s de recolha de dados, as estudantes interpretaram a variação representada, referindo, nos relatórios da atividade, que a subida inicial até 81 bpm "deveu-se ao início do debate" pois a colega "deveria estar mais ansiosa" (Relatório do par C e I, p.16). Depois, o ritmo cardíaco manteve-se relativamente reduzido enquanto as colegas discutiam, tendo-se registado nesta altura o valor mínimo de 61 bpm. Quando interpelada para tomar posição, "o seu ritmo cardíaco foi acelerando, chegando aos 92 bpm, o valor mais alto medido" (Relatório do par C e I, p.16).

Relativamente às representações usadas, as estudantes verificaram que "os dados recolhidos estão representados nos (...) gráficos de linhas" (Relatório do par A e P, p. 6) e que estes gráficos não representam as frequências absolutas ou relativas (como acontece noutro tipo de gráficos, como o pictograma, gráfico de barras, gráfico circular, histograma) mas representam os próprios dados mostrando como variam ao longo do tempo: "este tipo de gráfico é utilizado para representar a forma como a variável evolui, sendo a variável em estudo quantitativa contínua, que varia conforme o tempo, neste caso, o número de batimentos cardíacos por minuto" (Relatório do par A e P, p. 6). Assim, esta atividade permitiu-lhes concluir: "Não apenas com exercícios físicos, mas as emoções também influenciam o ritmo cardíaco" (Relatório do par A e P, p. 8).

Em síntese, as estudantes reconheceram a relação entre as varia-

ções do ritmo cardíaco e o (des)conforto ambiental: "foi possível observar que o nosso ritmo cardíaco está em constante mudança e que essa mesma mudança está diretamente associada ao nosso estilo de vida e ao ambiente que nos rodeia, afetando diretamente a nossa saúde e bem-estar" (Questionário de avaliação da atividade do par C e S). Perspetivando o uso do sensor de ritmo cardíaco com alunos do ensino básico, num contexto futuro de docência, as estudantes sugeriram a sua pertinência no estudo do sistema circulatório no 6º ano de escolaridade.

JARDIM BOTÂNICO DA AJUDA- DIÓXIDO DE CARBONO E NÍVEL SONORO

Partindo da necessidade de os estudantes do 1.º ano do Curso de Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico realizarem planificações para alunos de 2.º Ciclo integrando as áreas de Matemática e Ciências Naturais, foi realizada uma visita de estudo ao Jardim Botânico da Ajuda, em Lisboa, em março de 2018, no âmbito das Unidades Curriculares de Didática das Ciências da Natureza no 1.º e no 2.º CEB e de Didática da Matemática no 1.º e no 2.º CEB. Assim, as planificações deveriam integrar atividades a serem realizadas por alunos de 2.º Ciclo durante visitas de estudo àquele mesmo local. Daí a importância de os estudantes vivenciarem a visita, ouvirem as explicações da guia para aumentarem os seus conhecimentos acerca das espécies de plantas lá existentes e das suas adaptações ambientais, e observarem as características do Jardim para pensarem no seu potencial para atividades curriculares integradas.

Visando pensarem em possíveis atividades a planificar envolvendo o uso de sensores, os estudantes tiveram oportunidade, durante a visita, de recolher dados relativos ao nível sonoro e à concentração de CO₂, tendo comparado depois com os dados que recolheram (das mesmas grandezas) nos espaços interiores e exteriores da ESELx. Por exemplo, o gráfico alusivo ao nível sonoro medido no Jardim dos Aromas (Figura 8) do Jardim Botânico da Ajuda evidencia um nível sonoro repousante com uma média de 46,2 dBC, tendo variado entre 36,9 dBC e 58,2 dBC. Este nível repousante manteve-se noutros locais do Jardim mas contrastou com alguns dos locais da ESELx, como por exemplo, o Refeitório.

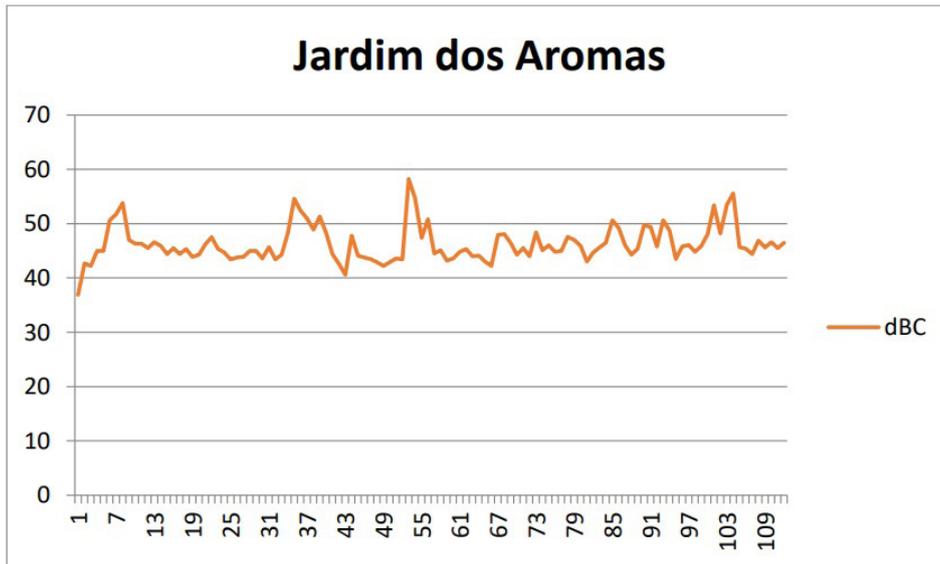


Figura 8. Nível sonoro no Jardim dos Aromas

De entre as planificações elaboradas, duas delas contemplaram o uso de sensores de CO₂ e do nível sonoro. Um dos grupos enquadrou esta atividade do seguinte modo: "A fim de caracterizar o ambiente do Jardim Botânico da Ajuda, os alunos deverão recolher dados acerca do nível sonoro e de CO₂ em diferentes pontos do jardim. Ao iniciar a visita, devemos percorrer os diferentes espaços do jardim observando diferentes plantas, no sentido de explorar e discutir a atividade fotossintética das mesmas, procurando também identificar os seus órgãos fotossintéticos. Após a visita, o professor deve questionar os alunos de que maneira é que as plantas contribuem para a qualidade do ar, de forma a iniciar um debate na turma e dar continuidade à exploração dos conteúdos abordados na visita ao Jardim Botânico da Ajuda". O grupo colocou algumas questões a incluir num guião, de modo a orientar o trabalho dos alunos:

- Qual a zona do jardim que consideras ter menor qualidade do ar? Justifica.

- Caracteriza o tipo de ambiente relativamente ao nível sonoro e à poluição.

- Mede a concentração de CO₂ em diferentes locais do jardim.

- Mede o nível sonoro em diferentes locais do jardim.

- Identifica as variáveis estatísticas em estudo.

- Identifica e regista fotograficamente, com o teu telemóvel, diferentes plantas com diferentes órgãos fotossintéticos.

O outro grupo planificou as atividades considerando três momentos:

antes, durante e após a visita. Antes da visita, os alunos explorariam a composição do ar e suas propriedades. Durante a visita, os alunos mediriam a concentração de CO_2 nos diferentes espaços do Jardim Botânico da Ajuda e fora do mesmo, com recurso aos sensores. De modo a integrar a localização espacial, enquanto conteúdo matemático, nesta atividade, o grupo considerou o recurso a uma planta do Jardim (Figura 9): "O registo das medições deve ser feito numa planta do Jardim Botânico, na qual os alunos localizam os espaços onde fizeram as medições. Assim, estes têm pontos de referência visuais que os apoiam e orientam na identificação dos espaços".

Como questões orientadoras, durante a visita, o grupo propôs que os alunos comparassem a concentração de CO_2 no ar presente (i) no Jardim Botânico da Ajuda e na restante área da cidade de Lisboa, e (ii) nas diferentes zonas do Jardim Botânico da Ajuda.

Após a visita, na aula, o grupo considerou que os alunos deveriam construir um gráfico de linhas no *Excel* e analisar e interpretar os resultados obtidos, incluindo a média, o máximo e o mínimo. O grupo explicita: "após esta análise, a professora dá a conhecer os valores de referência de dióxido de carbono no Planeta e estabelece uma comparação com os valores obtidos nas medições realizadas pelos alunos". Sugere, ainda: "medições dentro da sala de aula, com a finalidade de obter a concentração de dióxido de carbono presente na mesma. Finalmente, a turma deve comparar a média da concentração de dióxido de carbono existente no ar do Jardim Botânico com a média da concentração de dióxido de carbono existente na sala de aula".

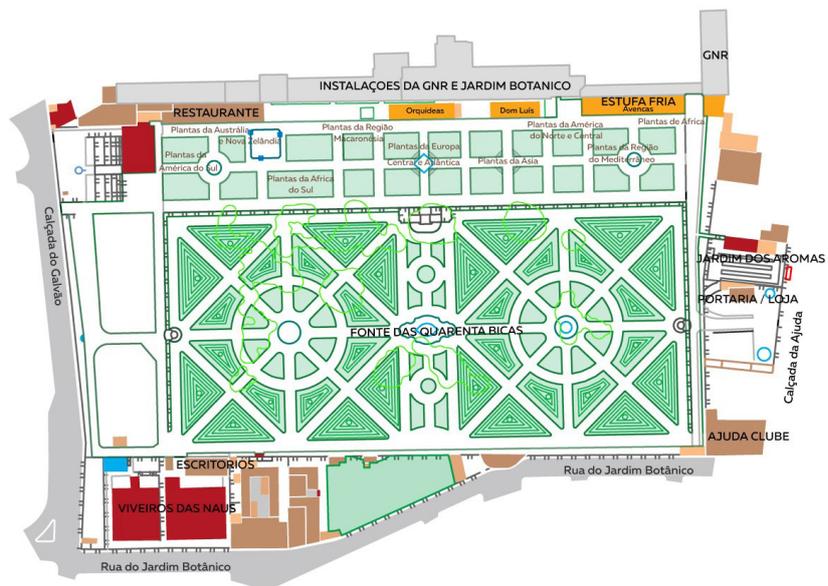


Figura 9. Planta do Jardim Botânico da Ajuda

Fonte: <https://www.isa.ulisboa.pt/jba/conhecer-o-jba/planta>

Este trabalho permitiu uma melhor compreensão pelos estudantes do modo como uma visita de estudo pode potenciar a integração curricular de Matemática e de Ciências Naturais no 2.º Ciclo, em particular, com o uso de sensores como recurso para a caracterização do ambiente local e sua comparabilidade com o ambiente na própria escola dos futuros alunos do ensino básico.

PRÁTICA DE ENSINO SUPERVISIONADA II NO 2º CICLO- TEMPERATURA

O projeto desenvolveu-se no decurso da intervenção realizada na Prática de Ensino Supervisionada II, numa escola básica situada em Lisboa, com uma turma de 6.º ano, em fevereiro e março de 2018, e teve como ponto de partida o desconforto sentido pelos alunos nos diferentes espaços escolares, resultado das diferenças de temperatura sentidas nesses espaços.

Assim, no âmbito da prática curricular desenvolvida na referida instituição, foi proposto aos alunos a realização de um projeto de integração curricular, envolvendo as disciplinas de Matemática e de Ciências Naturais, que tinha como objetivo o estudo das diferentes temperaturas que se faziam sentir na escola, assim como da sensação térmica que daí advinha. O projeto teve a duração de aproximadamente sete semanas. Para a recolha de dados, recorreu-se à utilização de sensores de temperatura (sondas). Durante aproximadamente três semanas, em todas as aulas, eram selecionados dois alunos diferentes que se pudessem deslocar a diferentes locais da escola para realizar as medições da temperatura. Desta forma, no final de cada medição, os alunos registavam numa tabela as temperaturas medidas, assim como a sensação térmica qualitativa, refletindo sobre os dados recolhidos, numa tentativa de encontrar também soluções viáveis (económica e ambientalmente sustentáveis) para melhorar o conforto térmico. O registo dos dados recolhidos foi depois compilado numa única tabela (Figura 10). Os alunos compararam as temperaturas registadas, observando, por exemplo, a diferença entre as temperaturas medidas no recreio ao sol e à sombra.

Registo da Temperatura

Data	Hora	Local	Temperatura	temp da
15/02/2018	10:06	Corredor <i>a entrada</i>	17,7°	max: 17 min: 17
15/02/2018	10:10	Corredor em cima	18,7°	
15/02/2018	11:10	Refeitório	17,7°	
15/02/2018	11:11	Sala de Professores	19,3°	
16-2-2018	15:29	Corredor entrada	17,6°	max: 18 min: 7
16-2-2018	15:30	Corredor de cima	20,4°	
16-2-2018	15:32	Sala professora	20,7°	
19-02-2018	10:09	Biblioteca	20,9°	
19-02-2018	10:14	Sala 18	21,9°	
19-2-2018	14:23	biblioteca	20,2°	max: 19 min: 8
19-2-2018	14:26	Multimedia	19,9°	
19-2-2018	14:26	Casa de banho <i>duas</i>	14,8°	
22-2-2018	12:15	Sala de alunos	19,2°	Frio 13°
22-2-2018	12:20	corredor em cima	20,1°	normal
22-2-2018	12:23	sala 32	21,7°	calor
23/2/2018	11:06	Corredor	15,6°	maximal
23/2/2018	11:16	Sala 13	18,2°	calor
23/2/18	13:11	Casa de banho	16,5°	normal
23/2/18	13:14	recreio sombra	15,5°	normal
23/2/18	13:17	recreio ao sol	20,4°	calor
26/2/18	09:27	biblioteca	18,5°	Frio

Figura 10. Registo dos dados recolhidos

Quanto às reflexões realizadas pelos alunos durante a recolha de dados, era frequente os alunos destacarem que se fazia sentir um grande desconforto térmico devido ao facto de umas salas de aula serem muito quentes e outras muito frias. Por outro lado, era igualmente frequente os alunos referirem que o desconforto térmico sentido poderia não estar relacionado com a temperatura registada, isto é, alguns locais registavam a mesma temperatura, mas a sensação térmica era distinta (devido, por exemplo, ao facto de o local estar sob corrente de ar ou com janelas abertas).

De forma a analisar os dados recolhidos, foi seleccionado um grupo de alunos que não teve oportunidade de participar na recolha de dados. Este grupo foi desafiado a propor formas de organização e análise dos dados recolhidos. Assim, os alunos sugeriram diferentes formas de representação dos dados recolhidos, tais como o gráfico de barras e o gráfico de linhas – desta forma, este foi um bom mote para rever com os alunos os diferentes gráficos existentes e as suas funções. Os alunos decidiram ainda representar graficamente os dados com recurso tecno-

lógico, de forma a poderem imprimir o gráfico e afixá-lo num local visível da escola para que o projeto fosse divulgado à comunidade escolar.

Posteriormente, o gráfico construído foi apresentado a toda a turma, onde foi possível a análise e discussão coletiva sobre os dados apresentados. Nesse sentido, os alunos voltaram a fazer referência ao facto de a sensação térmica muitas das vezes não “coincidir” com a temperatura registada no local, concluindo que esta diferença está relacionada com o tipo de utilização que se faz de cada local. Como consequência desta reflexão, os alunos sugeriram soluções para a melhoria do desconforto térmico, entre as quais se destacam: manter sempre as portas dos blocos fechadas, de modo a que o frio não entre; colocar cortinas nas salas de aula para evitar que o sol atravesse as janelas e incida diretamente dentro da sala; nos locais onde a sensação térmica é mais desconfortável devido ao frio, ter à disposição dos alunos algumas mantas.

Verão: Cortinas, cores das paredes (porque a cores que são
fótes e aquecem)
Inverno: aquecedores, aquecedores a óleo, sacos de água
quente, mantas.

Colocar uma segunda divisão
para o frio ~~que~~ ficar concentrado
melhor.
Fechar as portas, engrossando as
paredes e pintar as paredes de
cores escuras.

Podíamos fechar janelas, fechar portas, engrossando paredes

Figura 11. Sugestões propostas pelos alunos para melhorar a sensação térmica sentida na escola

De forma a avaliar o projeto, no final do período de intervenção, os alunos responderam a um breve questionário onde se posicionavam relativamente às diferentes atividades desenvolvidas. Deste modo, avaliaram globalmente o projeto (numa escala de 1 a 5, onde 1 correspondia a “detestei por completo” e 5 correspondia a “gostei bastante”) e responderam a duas questões relativas à integração das disciplinas

de Matemática e Ciências Naturais neste projeto: (1) – “Consideras que ao trabalhares com os sensores estás a trabalhar com a Matemática? Porquê?”; (2) – “Consideras que ao trabalhares com os sensores estás a trabalhar com as Ciências Naturais? Porquê?”. Assim, em termos globais, os alunos revelaram ter gostado bastante de participar no projeto (com 45% dos alunos a escolher a opção 5, e 55% a opção 4). No que diz respeito às questões abertas, os alunos identificaram a relação existente entre o projeto e as referidas disciplinas, na medida em que o estudo das temperaturas está associado à disciplina de Ciências Naturais (100% dos alunos), sendo que no caso da disciplina de Matemática, 95% dos alunos relacionaram com os números e a medida. É de assinalar que nenhum aluno relacionou o trabalho desenvolvido no projeto com o tema matemático de Organização e Tratamento de Dados.

A pertinência do projeto justifica-se pelo facto de ter proporcionado aos alunos o desenvolvimento de capacidades em diferentes domínios. No que concerne ao domínio científico, o projeto permitiu que os alunos trabalhassem conteúdos relacionados com a Matemática, nomeadamente no âmbito de Organização e Tratamento de Dados, e com as Ciências Naturais de forma integrada e contextualizada. Quanto ao domínio cívico, realça-se o facto de os alunos terem desenvolvido a sua consciência crítica, através da participação na diagnose de problemas reais, e o sentido de cidadania nas sugestões dos problemas que elencaram.

O projeto também contribuiu para a formação profissional das estagiárias, na medida em que permitiu trabalhar conteúdos em sala de aula que fossem contextualizados e integrados. Este projeto permite concluir que é efetivamente possível desenvolver com os alunos atividades que vão ao encontro do interesse dos mesmos e que, em simultâneo, promovam o desenvolvimento de competências, o que em primeira instância é um dos principais objetivos da escola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, foi apresentado um conjunto de atividades práticas de utilização de sensores para a integração da Matemática e das Ciências Naturais na abordagem de problemas de saúde ambiental na formação para a docência. Todas as atividades foram desenvolvidas no contexto do Projeto Eco-Sensors4Health (Eco-sensores na promoção da saúde: Apoiar as crianças na criação de escolas eco-saudáveis).

A análise das atividades desenvolvidas na ESELx permitiu constatar que os estudantes reconheceram a pertinência das atividades de pro-

blematização de diferentes dimensões da saúde ambiental com recurso a sensores (de som, de dióxido de carbono no ar e de ritmo cardíaco), quer para a sua própria formação, quer para o ensino básico. O projeto desenvolvido com uma turma do 6º ano de escolaridade foi mais longo, tendo tornado possível às crianças, não apenas a problematização do conforto térmico na escola, mas também a proposta de soluções, baseada na análise dos dados adquiridos com os sentidos e sensores.

O desenvolvimento destas atividades evidenciou a importância de os futuros docentes vivenciarem, eles próprios, processos de diagnose e pesquisa incidentes no seu meio ambiente, envolvendo uma abordagem curricular integrada, para se capacitarem a promover, nos seus alunos futuros do ensino básico, atitudes científicas de problematização da realidade circundante, questionamento, interpretação dos dados reais recolhidos, e procura de soluções. Para os autores, docentes de Matemática e Ciências Naturais da ESELx, tal implicou um trabalho conjunto e colaborativo, quer partilhando Unidades Curriculares, quer partilhando aulas de Unidades Curriculares tituladas por um único docente. Os problemas de saúde ambiental foram equacionados na sua dimensão global, sem necessidade de compartimentação por área disciplinar. Em particular, os conteúdos estatísticos foram usados de forma significativa para responder às questões de caracterização ambiental, indo assim, ao encontro de autores (Garffield & Ben-Zvi, 2009) que sustentam a importância de os alunos usarem conjuntos de dados reais e motivantes. Para as autoras, estagiárias, o desenvolvimento do projeto suscitou desafios como os relativos a uma organização curricular compartimentada em disciplinas e aos constrangimentos do tempo associado ao mesmo e à pressão do cumprimento dos programas. Estes desafios foram vividos com o pleno apoio das professoras cooperantes e dos tutores institucionais. Face à convicção assumida de as aprendizagens dos alunos se desenvolverem quando estes são agentes, fica a vontade de se continuar a implementar atividades que coloquem os alunos a estabelecerem conexões fundadas num conhecimento compreensivo e relacional do mundo envolvente.

Todas as atividades centraram-se em aprendizagens situadas (Brown, Collins, & Duguid, 1989) em contextos reais, utilizando sensores em atividades autênticas de pesquisa (Chinn & Malhotra, 2002; Lombardi, 2007), com vista à resolução de problemas complexos (Lombardi, 2007). Neste contexto, a integração de diferentes áreas disciplinares, como a Matemática e as Ciências Naturais, mas também as Tecnologias da Informação e Comunicação, esteve presente quer na mediação docente, quer nas tarefas dos alunos. Utilizando os sentidos humanos e os sensores para a aquisição de informação ambiental, com posterior

organização e análise de dados, foi possível ligar as aprendizagens em Matemática e nas Ciências Naturais à vida real (Berlin & White, 2001), integrando as dimensões físicas e digitais para uma nova perspectiva do ambiente (Schneider, Börner, van Rosmalen, & Specht, 2015) e uma nova participação cidadã em comunidades de aprendizagem (Lave & Wenger, 1991).

REFERÊNCIAS

Beane, J. A. (2000). O que é um currículo coerente? In J. A. Pacheco (Org.), *Políticas de integração curricular* (pp. 39-58). Porto, Porto Editora.

Beane, J. A. (2003). Integração curricular: A essência de uma escola democrática. *Currículo sem Fronteiras*, 3(2), 91-110.

Berlin, & White (2001). Conexões entre as Ciências e a Matemática escolares. *Educação & Matemática*, 64, 83-88.

Brown, J., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86(2), 175-218.

Decreto-Lei n.º 55/2018, de 6 de julho, publicado em diário da República, I série, n.º 129.

Garffield, J., & Ben-Zvi, D. (2009). Helping students develop statistical reasoning: Implementing a statistical reasoning learning environment. *Teaching Statistics*, 31(3), 72-77.

Keeves, J. P., & Darmawan, G. N. (2009). Teaching science. In L. J. Saha, & A. G. Dworkin (Eds.), *International handbook of research on teachers and teaching* (Part 2, pp. 975-1000). New York: Springer.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lipman, M. (1991). *Thinking in education*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lombardi, M. M. (2007). Authentic learning for the 21st century: An overview. In D. G. Oblinger (Ed.), *Educause Learning Initiative: Advancing learning through IT innovation*. Consultado em <http://www.educause.edu/library/resources/authentic-learning-21st-century-overview>

Martins, G. (Coord.), Gomes, C., Brocardo, J., Pedroso, J., Carrillo, J., Silva, L., ... Rodrigues, S. (2017). *Perfil dos alunos à saída da Escolaridade Obrigatória*. Lisboa: Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação (DGE).

Morin, E. (2001). L'enseignement des connaissances. In Fundação Calouste Gulbenkian (Ed.), *Novo conhecimento, nova aprendizagem* (pp. 25-33). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Roldão, M. C. (2001). Currículo e políticas educativas: Tendências e sentidos de mudança. In Texto Editora (Ed.), *Gestão flexível do currículo: Contributos para uma reflexão crítica* (pp. 59-68). Lisboa: Texto Editora.

Salmon, G. (2016). The realm of learning innovation: A map for Emmanators. *British Journal of Educational Technology*, 47(5), 829-842.

Schneider, J., Börner, D., van Rosmalen, P., & Specht, M. (2015). Augmenting the senses: A review on sensor-based learning support. *Sensors*, 15(2), 4097-133.

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

**CAPÍTULO 3 – A UTILIZAÇÃO DE
TABLETS PELAS CRIANÇAS DO 1.º CEB,
PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS
DE POLUIÇÃO SONORA E DE QUALI-
DADE DO AR INTERIOR NA ESCOLA:
CONSTRUÇÃO DE PROPOSTAS
DIDÁTICAS**

Alexandra Souza (asouza@cienciaviva.pt) ¹,
Ana Rita Alves (aalves@cienciaviva.pt) ¹ e
Maria João Silva (mjsilva@eselx.ipl.pt) ²

¹ Ciência Viva – ANCCT, Largo José Mariano Gago, Parque das Nações 1990-223
Lisboa

² Escola Superior de Educação de Lisboa, Instituto Politécnico de Lisboa,
Estrada do Calhariz de Benfica, 1549-003 Lisboa

RESUMO

Na nossa sociedade, as crianças utilizam desde muito cedo dispositivos digitais móveis, como os *tablets*, usando funcionalidades diversas, incluindo sensores como a câmara fotográfica e o microfone. Neste capítulo, descreve-se o uso de *tablets* em atividades de promoção de saúde ambiental com crianças do 1.º ciclo do ensino básico, numa escola de um Museu de Ciência em Portugal. O sensor de som dos *tablets* foi usado pelas crianças para o estudo dos níveis de som em contexto escola e sensores específicos de dióxido de carbono foram usados, em conjunto com os *tablets*, para a avaliação da qualidade do ar do ambiente da escola. As atividades foram desenvolvidas para se integrarem na curta estadia das turmas na Escola do Museu de Ciência e incluíram atividades de exploração e familiarização com as propriedades do som e do ar, medições de níveis de som e de concentrações de dióxido de carbono e, ainda, a interpretação dos dados adquiridos e registados, para identificação de problemas e propostas de melhoria da saúde ambiental da escola. As atividades e os seus recursos são apresentados de forma a poderem ser replicadas, refletindo-se criticamente sobre os sucessos e desafios das mesmas.

INTRODUÇÃO

O estudo *Crescendo entre ecrãs* (Ponte, Simões, Baptista, Jorge, & Castro, 2017) permite-nos enquadrar a utilização de dispositivos digitais móveis pelas crianças dos 3 aos 8 anos nas suas casas em Portugal, na atualidade. Os dispositivos digitais móveis, como os *tablets* e os telemóveis/*smartphones*, estão presentes na grande maioria dos lares portugueses, estando os *tablets* presentes em 68% dos lares com crian-

ças dos 3 aos 8 anos de idade (Ponte, Simões, Baptista, Jorge, & Castro, 2017). Das crianças com acesso ao *tablet* em casa, perto de dois terços (63%) possuem um para uso pessoal, dado que as figuras parentais parecem considerar o *tablet* um dispositivo adequado à criança (Ponte, Simões, Baptista, Jorge, & Castro, 2017).

As crianças dos 3 aos 8 anos, que têm acesso a *tablets*, utilizam-nos online principalmente para ver vídeos no *Youtube* e para jogar, mas os *tablets* são também utilizados *offline* para tirar fotografias, filmar e gravar sons (Ponte, Simões, Baptista, Jorge, & Castro, 2017). Assim, as crianças destas idades já tiram quotidianamente partido de sensores dos *tablets*, nomeadamente da câmara fotográfica e do microfone.

A facilidade de utilização dos *tablets*, nomeadamente por serem *touchscreen*, mas terem ecrãs maiores que os *smartphones*, tem tornado possível a sua utilização quotidiana por crianças muito pequenas (Holloway, Green, & Livingstone, 2013). As potencialidades e desafios no que se refere à utilização de *tablets* por crianças pequenas não dependem essencialmente do *hardware* em causa, mas sim das atividades desenvolvidas (Holloway, Green, & Livingstone, 2013), que deverão ir para além da substituição de suporte de conteúdo (Lagarto, & Marques, 2015). No entanto, as atividades que é possível desenvolver com os *tablets* estão condicionadas pela disponibilidade de uma ligação de qualidade à internet (Valente, & Gomes, 2015). Importa ainda referir que a promoção do uso conjunto de recursos digitais e de outros recursos físicos por crianças da educação pré-escolar e dos primeiros anos de escolaridade pode permitir a interligação das aprendizagens que as crianças realizam com os diferentes recursos (Burnett, 2016).

O acesso e a utilização de *tablets* por crianças refletem as desigualdades sociais, reforçando-as (Burnett, 2016; Valente, & Gomes, 2015). Por exemplo, as crianças de famílias com um nível socioeconómico mais baixo poderão quase só ter acesso a *apps*, gratuitas (Burnett, 2016). Dado que as *apps* gratuitas apresentam mais publicidade e convites a sair do ecrã da atividade, a qualidade de uso das mesmas poderá ser comprometida (Burnett, 2016). Para as crianças com menos acesso a *tablets*, a *apps* de qualidade e com uma mediação parental mais limitada, o uso educativo dos *tablets* nas escolas reveste-se de uma importância central, dado que tem a potencialidade de proporcionar, a todas as crianças, experiências de utilização múltiplas e diversas, que desenvolvam a literacia crítica (Burnett, 2016).

O uso educativo dos *tablets* na escola pode também contribuir para uma utilização mais saudável dos mesmos, nomeadamente por poder constituir um modelo de uso que seja um contraexemplo dos usos que

têm sido apontados como sendo de risco para a saúde de crianças e jovens. A Academia Americana de Pediatria tem alertado para os riscos de um tempo prolongado de utilização dos ecrãs pelas crianças, recomendando um máximo de duas horas de uso sedentário por dia (Reid Chassiakos et al., 2016). Por outro lado, foi assinalado num estudo com 1030 pais, que os pré-adolescentes, que mais usam videojogos e comunicação eletrónica, apresentam mais problemas na saúde (Rosen et al., 2014). Neste contexto, um uso educativo dos *tablets* como caixa de ferramentas para aprendizagem móvel (Shamir-Inbal, & Blau, 2016), que seja colaborativo e cooperativo, promovendo a interação social, integrado em atividades que incluam tarefas sem recurso a tecnologias e em que o uso dos ecrãs seja por períodos curtos, pode ajudar as crianças e jovens a construir uma visão dos *tablets* como instrumentos partilhados de aprendizagem curricular, que podem e devem ser usados quando são úteis, mas que também devem não ser usados quando estão outras atividades em curso.

Nos últimos anos, tornaram-se acessíveis sensores didáticos que detetam informação sobre a qualidade do ambiente e que são facilmente conectáveis com os *tablets*. Neste capítulo, apresentam-se potencialidades e sugestões de uso dos *tablets* (*offline* e com uma *app* gratuita, sem publicidade) e de sensores específicos de dióxido de carbono para o estudo da qualidade do ar e da qualidade do ambiente sonoro da escola, tendo como base atividades desenvolvidas com crianças, na Escola Ciência Viva, uma Escola de um Museu de Ciência em Lisboa – o Pavilhão do Conhecimento, no ano letivo 2017-2018. Na Escola Ciência Viva, turmas das escolas de 1º ciclo do ensino básico das escolas de Lisboa vivenciam, durante uma semana, atividades de aprendizagem experiencial que combinam o trabalho prático e experimental na educação em ciências com o ambiente educativo característico de um Centro de Ciência.

As atividades desenvolvidas têm a seguinte estrutura:

- Exploração sensorial
- Análise do ambiente: medições com sensores e interpretação dos dados, com identificação de problemas
- Reflexão e sugestão de soluções

Estas diversas fases das atividades são apresentadas, de forma reflexiva, nas duas secções que se seguem à presente Introdução. Na secção seguinte, é especificada a implementação da atividade centrada nos problemas de poluição sonora na escola. Na secção subsequente, são abordadas as diversas fases da atividade centrada nos problemas de

poluição do ar na escola. Por último, são apresentadas as conclusões e as referências bibliográficas.

UTILIZAÇÃO DOS TABLETS PARA A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS DE POLUIÇÃO SONORA NA ESCOLA

O Programa de Saúde Escolar identifica o ruído como um dos riscos dos ambientes escolares em Portugal, referindo que o ruído prejudica a concentração e comunicação, causa perturbações do sono, transtornos cognitivos e deficiências auditivas (Amann, 2015). Neste contexto, compreende-se que o ruído afeta a saúde das crianças, causando *stress* e diminuição do bem-estar (Stansfeld, & Clark, 2015). No contexto escolar, o ruído perturba discentes e docentes, diminuindo a qualidade de comunicação, a memória de longo prazo e o desempenho em testes (Stansfeld, & Clark, 2015).

Nesta secção, apresenta-se uma atividade de resolução de problemas de poluição sonora, estruturada em: exploração sensorial e familiarização com as propriedades do som, medições de níveis de som e interpretação dos dados adquiridos e registados, para identificação de problemas e propostas de melhoria da saúde ambiental da escola.

Da estrutura apresentada decorrem os objetivos de aprendizagem especificados:

- Compreender que o som é produzido pela vibração da matéria e se propaga em diferentes meios;
- Explorar a produção e propagação do som no ar e em sólidos;
- Compreender que as ondas sonoras se propagam mais facilmente em meios sólidos do que em meios gasosos;
- Manipular sensores, medir e registar o nível de som em diferentes ambientes e atividades;
- Reconhecer que níveis elevados de som podem prejudicar a saúde auditiva;
- Identificar medidas que podem ser tomadas para proteger a saúde auditiva;
- Identificar medidas que podem ser tomadas para diminuir o nível de som na escola.

Esta atividade foi implementada, ao longo dos anos letivos de 2016-

2017 e de 2017-2018, com a grande maioria das turmas de 1º CEB que frequentaram a Escola Ciência Viva. No entanto, nesta secção, descreve-se a implementação desta atividade com uma turma do 3º ano de escolaridade, com 20 crianças (4 raparigas e 16 rapazes), com idades entre os 8 e os 11 anos, e uma turma do 4º ano de escolaridade, com 19 crianças (5 raparigas e 14 rapazes), com idades entre os 9 e os 13 anos. Para além das crianças, foram participantes desta atividade duas professoras da Escola Ciência Viva (também investigadoras do Projeto *Eco-Sensors4Health*), e as duas professoras das duas turmas. Cada turma trabalhou alternadamente em grande grupo, durante as apresentações, debates e demonstrações experimentais, e em pequenos grupos, durante a utilização de sensores. A atividade foi dinamizada em três sessões, sendo cada sessão dinamizada por uma das professoras da Escola Ciência Viva, apoiada pela professora da respetiva turma.

As tarefas de exploração sensorial e familiarização com as propriedades do som foram guiadas por um conjunto de questões para investigação (conforme Tabela 1), que se interligam com os objetivos definidos.

A conclusão da exploração sensorial e familiarização com as propriedades do som consistiu num diálogo de turma, com mediação docente, orientado pelas seguintes questões:

- Como chega o som aos nossos tímpanos?
- O que acontece se a membrana do tímpano se deteriorar?
- Como podemos proteger os nossos tímpanos?

As tarefas de medição e interpretação dos dados de níveis de som também foram guiadas por um conjunto de questões para investigação (conforme Tabela 2). A execução destas tarefas recorreu ao uso de *tablets* (foram utilizados *iPads*, mas podem ser usados *tablets Android*) e da *app* gratuita *Sparkvue*, que trata e apresenta, em múltiplas representações, os dados adquiridos pelo sensor de som (microfone), que existe integrado em cada *tablet*.

Questões para investigação	Tarefas
<p>O que é preciso para ouvirmos sons?</p> <p>Como poderemos observar as ondas sonoras?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar a mão no pescoço e dizer o nome. O que sentimos? O que ouvimos? • Mostrar o diapásão, fazê-lo vibrar e sentir a vibração ao segurar o aparelho pela sua base ao mesmo tempo que ouvimos o som.
<p>Será que a nossa membrana do tímpano reage da mesma maneira se estiver saudável ou deteriorada?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar uma pequena quantidade de açúcar no centro de uma lata tapada com película aderente (esticada e presa à caixa com um elástico). Aproximar a fonte sonora e observar o que acontece ao açúcar. Aproximar e afastar a fonte sonora, para vermos se há resultados diferentes. • Repetir a tarefa anterior usando duas caixas iguais, uma em que a película aderente está bem esticada e outra em que a película está frouxa.
<p>Será que o som se propaga da mesma forma nos gases e nos sólidos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Segurar um cabide com uma mão e com a espátula tocar como se fossem ferrinhos. • Repetir a tarefa anterior com o cabide encostado ao ouvido e tentar identificar diferenças em relação ao que ouvimos na tarefa anterior. • Alinhar os alunos, encostados lado a lado e dá-se um pequeno encontrão numa ponta. Ver o que acontece. De seguida, alinham-se os alunos, à distância de um braço e toca-se no primeiro, dando indicação para passarem a “mensagem”. Será que o efeito é o mesmo?

Tabela 1. Questões de investigação e tarefas de exploração sensorial e familiarização com as propriedades do som

Questões para investigação	Tarefas
<p>Como varia o nível de som, quando realizamos diferentes atividades na sala de aula?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizando o <i>tablet</i> e a aplicação <i>Sparkvue</i>, fazer registos do nível de som em diferentes atividades na sala de aula. Medir os valores do nível de som relativo a: silêncio, palmas, trabalho de grupo. • Classificar os valores registados, dizendo quais os que são prejudiciais para a saúde, de acordo com a escala de nível de som.
<p>Como varia o nível de som, quando mudamos a nossa localização na escola?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizando o <i>tablet</i> e a aplicação <i>Sparkvue</i>, fazer registos do nível de som em diferentes atividades num espaço exterior da escola. Medir os valores do nível de som relativo a: silêncio, palmas, trabalho de grupo e de outra fonte de som à escolha dos participantes • Utilizando o <i>tablet</i> e a aplicação <i>Sparkvue</i>, fazer registos do nível de som no refeitório, na hora do almoço, e no corredor da escola, num intervalo. • Classificar os valores registados, dizendo quais os que são prejudiciais para a saúde, de acordo com a escala de nível de som.
<p>Como podemos diminuir o nível do som, quando existe uma fonte sonora?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Colocar um despertador a tocar (ou outra fonte que produza som), primeiro fora e depois dentro de uma caixa vazia e tapada e medir o nível de som em cada situação. Registrar os resultados • Repetir a tarefa anterior, usando uma caixa igual, mas forrada com caixas de ovos ou papel amarrotado. Registrar e comparar resultados.

Tabela 2. Questões de investigação e tarefas de medição e interpretação dos dados de níveis de som, com recurso a tablets

A observação participante, realizada pelas autoras deste capítulo, permitiu constatar que as crianças do 3.º e 4.º ano de escolaridade, que participaram nesta atividade, foram capazes de usar cada *tablet*, de forma colaborativa e cooperativa (ver Figura 1), discutindo e tomando decisões em grupo ou usando o *tablet* individual e sequencialmente (cada criança manipulou o *tablet* autonomamente, sendo que, para que tal fosse possível, o referido *tablet* “circulou” dentro de cada grupo). Foi possível observar uma utilização colaborativa, quando as crianças tomavam decisões coletivas sobre onde colocar o *tablet*, enquanto a cooperação foi observada, por exemplo, quando as crianças cantavam em conjunto, para verificarem o nível sonoro produzido. Por outro lado, a utilização sequencial do *tablet* permitiu que cada criança manipulasse autonomamente o mesmo, nomeadamente utilizando as ferramentas estatísticas da *app*. Estas crianças não apresentaram dificuldades técnicas na utilização dos *tablets* e desenvolveram um conjunto de práticas de construção de conhecimento (práticas epistémicas), tendo sido mais frequentes observadas as seguintes (Lopes, 2004): “Descrever” (p. ex., uma criança refere que está a sentir uma vibração no pescoço, enquanto fala), “Fazer previsões” (p. ex., uma criança responde que quando a fonte sonora se afastar, o arroz vai saltar menos em cima da película que cobre uma lata), “Utilizar os sensores” (p. ex., quando uma criança mede, com o *tablet* e a *app*, o nível sonoro da sala, enquanto fazem silêncio), “Interpretar” (p. ex., quando uma criança explica que quando a fonte sonora se afasta, o arroz salta menos, porque o som perde energia), “Organizar informação” (p. ex., quando as crianças preenchem as fichas de registo com o nível sonoro mínimo, enquanto fazem silêncio, máximo, enquanto batem palmas, e médio, enquanto cantam) e “Relacionar” (p. ex., quando uma criança explica que ouvimos melhor com as mãos em concha nos ouvidos, porque as mãos refletem o som).

Pelo exposto, a realização de práticas epistémicas confirmou a construção de conhecimento pelas crianças, durante a atividade. Nas tarefas de monitorização das variações do nível de som, mas também nas tarefas de exploração sensorial das propriedades do som, a mediação docente, na forma de questões, facilitou e propiciou as descrições, as previsões, as interpretações e as relações. A mediação dos instrumentos de medição (*tablet* e sensor) possibilitou a recolha de dados e das suas medidas estatísticas, enquanto a mediação dos instrumentos de registo (fichas de registo) facilitou a organização e interpretação da informação.



Figura 1. Utilização colaborativa de um tablet na atividade sobre poluição sonora

A conclusão da medição e interpretação dos dados de níveis de som consistiu num diálogo de turma, com mediação docente, orientado pelas seguintes questões:

- Por que razão não conseguimos que o sensor registre 0 dB ou valores próximos, mesmo quando estamos em silêncio?
- Por que razão os níveis de som, quando fazemos silêncio, são diferentes na sala de aula e no espaço exterior da escola?
- Existem sons prejudiciais para a saúde na nossa escola?
- Por que razão o nível de som do despertador é reduzido pela caixa de cartão? E pelo revestimento por caixas de ovos e por papel amachucado?
- Como podemos proteger a nossa saúde auditiva na nossa escola?
- Como podemos diminuir os níveis de som na nossa escola?

A utilização dos *tablets*, e dos respetivos sensores de som, informou, facilitando, as respostas a estas questões de investigação. Nomeadamente, foi facilitado o estabelecimento de relações, pelas crianças, entre os níveis de som, medidos em diferentes locais e atividades na Escola, e as situações de maior e menor risco para a saúde auditiva. Adicionalmente, o uso dos sensores também permitiu às crianças constatar o poder de atenuação do nível sonoro do papel e materiais similares,

permitindo-lhes perspetivar mais facilmente medidas de diminuição do nível sonoro na escola, nomeadamente através do revestimento das paredes com papel ou outros materiais não refletores dos sons.

Utilização dos *tablets* e de sensores didáticos para resolução de problemas de qualidade do ar na escola

A má qualidade do ar interior e exterior das escolas tem consequências negativas na saúde, na qualidade de vida e nas aprendizagens, sendo identificada pelo Programa de Saúde Escolar como um dos riscos dos ambientes escolares em Portugal (Amann, 2015). Altas concentrações de dióxido de carbono no ar interior são consideradas como indicadoras de má ventilação, ou seja de condições de renovação do ar em espaços fechados, e de consequente acumulação de outros poluentes (Ferreira, 2014; Agência Portuguesa do Ambiente, 2009). A sobrelotação e a baixa taxa de ventilação de espaços interiores, como os espaços escolares, conduzem a elevados níveis de dióxido de carbono, verificando-se a presença de odores corporais, dores de cabeça, cansaço, sensação de abafamento (Agência Portuguesa do Ambiente, 2009) e problemas de concentração e de tomada de decisão (Satish et al., 2012).

A qualidade do ar interior nas escolas é tanto mais importante, quanto as crianças são especialmente vulneráveis à poluição do ar. Esta maior vulnerabilidade das crianças decorre de vários fatores, nomeadamente do processo de desenvolvimento e crescimento dos pulmões e da imaturidade do sistema imunitário (WHO, 2015). Por outro lado, os padrões de atividade das crianças também são fatores importantes, com relevo para o elevado número de horas de permanência nos edifícios das escolas e para uma elevada taxa de atividade física (WHO, 2015).

Nesta secção, apresenta-se uma atividade de resolução de problemas de poluição do ar, nomeadamente no que se refere aos níveis de dióxido de carbono, estando estruturada em exploração sensorial e familiarização com as propriedades e composição do ar, medições de concentrações de dióxido de carbono no ar e interpretação dos dados adquiridos e registados, para identificação de problemas e propostas de melhoria da qualidade do ar na escola.

A referida estrutura da atividade está diretamente ligada aos objetivos de aprendizagem definidos para a mesma:

- Compreender que o ar é constituído por vários gases;

- Explorar as propriedades do ar, nomeadamente que o ar ocupa espaço e que tem massa;
- Compreender que a qualidade do ar tem efeitos no nosso bem-estar;
- Manipular sensores, medir e registar a concentração de dióxido de carbono em diferentes situações;
- Identificar que medidas podem ser tomadas para diminuir a concentração de dióxido de carbono na sala de aula e, por conseguinte, aumentar a qualidade do ar.

Esta atividade foi implementada, ao longo dos anos letivos de 2017-2018, com as turmas de 1º CEB que frequentaram a Escola Ciência Viva e que já tinham desenvolvido a atividade sobre a poluição sonora, no ano letivo anterior. Especificamente, nesta secção, descreve-se a implementação desta atividade com uma turma do 4º ano de escolaridade, com 26 crianças (13 raparigas e 13 rapazes), com idades entre os 9 e os 11 anos. Para além das crianças, foram participantes desta atividade duas professoras da Escola Ciência Viva (também investigadoras do Projeto *Eco-Sensors4Health*), e a professora da turma. A turma trabalhou alternadamente em grande grupo, durante as apresentações, debates e demonstrações experimentais, e em pequenos grupos, durante a utilização de sensores. A atividade foi dinamizada em três sessões, sendo cada sessão dinamizada por uma das professoras da Escola Ciência Viva, apoiada pela professora da turma.

As tarefas de exploração sensorial e familiarização com as propriedades e composição do ar permitem procurar respostas às questões para investigação definidas neste âmbito (conforme Tabela 3), com base nos objetivos acima apresentados.

Para refletir sobre a exploração sensorial e familiarização com as propriedades do som, utilizou-se um conjunto de questões que orientou um diálogo de turma, com mediação docente:

- O que está no interior do balão?
- É possível apanhar o ar?
- Por que razão não conseguimos empurrar o êmbolo da seringa até ao fim?
- Quais as principais diferenças entre a composição do ar ambiente e do ar expirado?

Tabela 3. Questões de investigação e tarefas de exploração sensorial e familiarização com as propriedades e composição do ar

Questões para investigação	Tarefas
<p>Como podemos provar que o ar existe?</p> <p>Será que o ar ocupa espaço?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Como 'Guardar o ar num balão'? Cada grupo tem à sua disposição um balão e terá que o encher. • Passar os balões previamente cheios de ar pelos alunos e deixar que sintam o ar que sai destes. • Realizar a atividade 'Apanhar o ar é possível?': em cada grupo, um aluno utiliza uma estratégia para apanhar o ar da sala, com a participação dos colegas. • Entregar a cada grupo uma seringa e pedir que puxem o êmbolo até ao fim, enchendo a seringa de ar. Tapar a abertura da seringa e verificar o que acontece quando se empurra o êmbolo.
<p>Afinal o que é o Ar?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observar 2 garrafas cheias com grãos de sal coloridos: garrafa 1) cristais de sal separados por cor em camadas, sendo a sua quantidade correspondente à percentagem média de cada componente no ar; garrafa 2) a mesma quantidade de sal da garrafa 1, nas mesmas proporções, mas todos os cristais misturados. Explicar que: 1) os cristais de sal de cada cor correspondem aos diferentes gases no ar (azoto, oxigénio, outros gases, incluindo o dióxido de carbono); 2) a proporção dos cristais de cada cor corresponde à proporção daqueles gases no ar e 3) que os cristais estão misturados na garrafa 2, tal como os gases estão misturados no ar.
<p>A qualidade do ar pode influenciar o bem-estar e conforto na sala de aula e noutros espaços escolares?</p> <p>O que determina a qualidade do ar numa sala de aula?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Relembrar situações em que a má qualidade do ar possa ter provocado mal-estar. O que poderá causar má qualidade do ar? O que podemos fazer para resolver o problema?

- O que será a poluição do ar?

Como se pode observar na Tabela 4, as tarefas de medição e interpretação dos dados de concentração de dióxido de carbono no ar também foram guiadas por um conjunto de questões para investigação. Para a implementação destas tarefas, as crianças, com mediação docente, utilizaram *tablets*, com a *app* gratuita *Sparkvue*, e sensores de dióxido de carbono no ar (PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110).

Questões para investigação	Tarefas
<p>A nossa respiração altera a qualidade do ar?</p> <p>Como varia a concentração de dióxido de carbono, quando permanecemos na sala de aula por algumas horas?</p> <p>Como varia a concentração de dióxido de carbono do ar na sala de aula, quando abrimos a porta ou a janela?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Usar o sensor de dióxido de carbono no ar, em conjunto com o <i>tablet</i>, para medir a concentração deste gás no interior da garrafa de recolha que enchamos previamente com ar do jardim. Registrar o resultado da medição. • Expirar para o interior da garrafa e fazer novamente a medição. Registrar o resultado da medição. Comparar com o resultado obtido na tarefa anterior. Relacionar com os gráficos da composição do ar e do ar expirado. • Utilizar os sensores, em conjunto com os <i>tablets</i>, para medir a concentração de dióxido de carbono no ar da sala de aula, antes da entrada dos alunos. Registrar o resultado da medição. • Repetir a tarefa anterior, durante a atividade dos alunos (cerca de duas horas após a entrada dos alunos). Registrar o resultado da medição. • Classificar os valores registados, dizendo quais os que são prejudiciais para a saúde, de acordo com a escala de concentrações de dióxido de carbono.

Tabela 4. Questões de investigação e tarefas de medição e interpretação dos dados de concentrações de dióxido de carbono no ar, com recurso a tablets e sensores de dióxido de carbono no ar

<p>Como varia a concentração de dióxido de carbono no ar, quando vamos para o exterior?</p> <p>Como varia a concentração de dióxido de carbono no ar, quando vamos para perto de uma estrada?</p>	<ul style="list-style-type: none">• Utilizar os sensores para medir a concentração de dióxido de carbono no ar no pátio ou jardim. Registrar o resultado da medição.• Utilizar os sensores para medir a concentração de dióxido de carbono no ar na rua perto da estrada. Registrar o resultado da medição.• Classificar os valores registados, dizendo quais os que são prejudiciais para a saúde, de acordo com a escala de concentrações de dióxido de carbono.
---	--

Tal como na atividade anterior, sobre a poluição sonora, a observação participante, realizada pelas autoras, também permitiu constatar a quase ausência de dificuldades técnicas na utilização dos *tablets* e sensores na presente atividade sobre a qualidade do ar. Também, como na atividade anterior, estes instrumentos foram usados colaborativa e cooperativamente. Da mesma forma que na atividade anterior, foi possível observar uma utilização colaborativa, por exemplo quando as crianças tomavam decisões coletivas sobre os locais onde medir a concentração de dióxido de carbono, enquanto a cooperação foi observada, por exemplo, quando uma criança colocava o sensor no local pretendido e outra criança mantinha o tablet numa posição que tornava possível aos outros elementos do grupo monitorizar os dados que estavam a ser adquiridos (ver Figura 2).



Figura 2. Utilização cooperativa de um tablet e sensor na atividade sobre qualidade do ar

Também nesta atividade, foi possível observar que as crianças desenvolveram um conjunto de práticas epistêmicas (Lopes, 2004), tendo as mais frequentes sido: “Descrever” (p. ex. quando as crianças lêem os valores decrescentes da concentração de dióxido de carbono medidos pelo sensor, após a abertura da porta da sala de aula); “Fazer previsões” (p.ex., quando uma criança refere que, após retirar o sensor da garrafa com ar expirado, não será possível voltar a medir o mesmo valor de concentração de dióxido de carbono na referida garrafa, porque o dióxido de carbono terá saído da garrafa aberta); “Utilizar os sensores” (p.ex., quando as crianças usam os sensores para medir a concentração de dióxido de carbono, uma hora depois da aula se iniciar, antes e depois de abrir a porta da sala); “Interpretar” (p.ex. quando as crianças comparam, com uma escala, os valores de concentração de dióxido de carbono, medidos com o sensor, reconhecendo se esses valores são ou não perigosos para a saúde) “Organizar informação” (p. ex., quando as crianças preenchem as fichas de registo com os valores da concentração de dióxido de carbono, medidos em diversos locais e circunstâncias) e “Relacionar” (p. ex. quando uma criança, lembrando as experiências realizadas, afirma que é possível demonstrar que existe ar na sala, enchendo uma seringa com ar e enchendo depois um balão com a seringa).

A observação da realização pelas crianças de práticas epistêmicas confirmou, também nesta atividade, a construção de conhecimento pelas próprias crianças. Nas tarefas de monitorização das variações de concentração de dióxido de carbono, mas também nas tarefas de exploração sensorial e familiarização com as propriedades e composição do ar, a mediação docente, na forma de questões, facilitou e promoveu as descrições, as previsões, as interpretações e as relações. Também nesta atividade, a mediação dos instrumentos de medição (*tablet* e sensor) possibilitou a recolha de dados, enquanto a mediação dos instrumentos de registo (fichas de registo) facilitou a organização e interpretação da informação.

Para concluir a interpretação dos dados de concentração de dióxido de carbono no ar, foi desenvolvido um debate em turma, com mediação docente e orientado pelas seguintes questões:

- Que consequências tem a nossa respiração na concentração de dióxido de carbono no ar sala de aula?
- Que consequências têm as combustões na concentração de dióxido de carbono no ar?
- Que fontes de dióxido de carbono identificámos?

- Que consequências tem a ventilação (através da abertura de janelas e portas ou de ar condicionado) na concentração de dióxido de carbono no ar da sala de aula?
- O que podemos fazer para melhorar a qualidade do ar na sala de aula?
- Como podemos diminuir a concentração de dióxido de carbono no ar da sala de aula?

Também na presente atividade, a utilização do sensor de dióxido de carbono, em conjunto com um *tablet* com a *app Sparkvue*, facilitou as respostas às questões de investigação atrás elencadas. Nomeadamente, foi facilitado o estabelecimento de relações, pelas crianças, entre as concentrações medidas e as características em diferentes locais e circunstâncias dentro e fora da Escola. O uso do sensor de dióxido de carbono também permitiu às crianças constatar o efeito do arejamento da sala de aula na concentração de dióxido de carbono (diminuição da mesma). A partir desta constatação, as crianças puderam perspetivar mais facilmente medidas de melhoria da qualidade do ar na sala de aula, nomeadamente de diminuição da concentração de dióxido de carbono, por exemplo, através da abertura de portas ou janelas.

CONCLUSÃO

Neste capítulo, descreveu-se a implementação de duas atividades de utilização de *tablets*, por crianças do 3.º e 4.º ano de escolaridade, para exploração e resolução de problemas de saúde ambiental, nomeadamente de poluição sonora e de poluição do ar, considerados dois riscos ambientais para a saúde, frequentes nas escolas em Portugal. Estas atividades foram implementadas na Escola Ciência Viva (a Escola do Pavilhão do Conhecimento, de Museu de Ciência em Lisboa).

Nas atividades apresentadas, as crianças, em cada turma, trabalharam em grande e em pequenos grupos (com um máximo de 6 crianças), numa organização e dinâmica que já eram as suas. Cada *tablet* e cada sensor foram utilizados por um grupo de crianças, não se tendo utilizado uma metodologia 1:1. Cada grupo usou o *tablet* e sensor de forma colaborativa, por exemplo quando decidiam coletivamente onde colocar o sensor para fazer a medição, e cooperativa, por exemplo, quando executavam tarefas, como: i) desencadear o início e fim da aquisição de dados pelo sensor; ii) efetuar a leitura dos dados adquiridos e das suas medidas estatísticas (realizada por cada aluno, sequencialmente dentro de cada grupo).

A *app Sparkvue*, que trata e apresenta, em múltiplas representações, os dados adquiridos pelo sensor de som (microfone, que existe integrado em cada *tablet*), e pelo sensor externo de dióxido de carbono no ar, é gratuita, não tem publicidade e não necessita de estar ligada à Internet. Todas estas características facilitam uma utilização didática conjunta de *tablets* e sensores, dado que, na referida utilização conjunta, não é necessário ter uma ligação à Internet que garanta o acesso e navegação de qualidade simultânea a todos os *tablets*, não é apresentada informação que prejudique a concentração na tarefa e não se torna necessário o dispêndio de recursos financeiros para a instalação da *app* nos *tablets*.

As duas atividades desenvolvidas integram dois tipos de tarefas, as tarefas de exploração sensorial, com recurso a materiais físicos de uso simples e doméstico, como garrafas, latas e elásticos, e as tarefas de medição, com recurso a Tecnologias da Informação e Comunicação, nomeadamente aos *tablets*, sensores e à *app Sparkvue*. Estas atividades foram implementadas com um conjunto alargado de turmas do 3.º e 4.º ano de escolaridade na Escola Ciência Viva, no entanto, neste capítulo descreve-se analiticamente a implementação, com observação participante, com apenas 2 turmas do 4º ano e uma turma do 3º. O desenvolvimento, pelas crianças, de um conjunto de práticas epistémicas inerentes aos processos de pesquisa experimental permitiu constatar a construção de conhecimento pelas crianças, nas diferentes tarefas, com e sem tecnologias, nomeadamente no âmbito da descrição de processos, previsão de acontecimentos, uso de sensores e organização, interpretação e relacionamento de informação. Desta forma, as atividades revelaram-se exequíveis e geradoras da aquisição e construção de diversos tipos de conhecimento pelas crianças.

Na sequência da sua implementação na Escola Ciência Viva no ano letivo 2017-2018, com turmas do 3.º e 4.º ano de escolaridade, as atividades descritas neste capítulo foram integradas no *Toolkit Eco-Sensors4Health*, que se encontra disponível no site do projeto (<https://ecosensors4health.wordpress.com/>). Para além da descrição das tarefas e das questões de investigação que as orientam, o *Toolkit Eco-Sensors4Health* apresenta o material necessário, as folhas de registo de dados, as cartas de planificação que pretendem ser a base para a construção de documentos colaborativos pelas turmas e os pré e pós testes a aplicar nas mesmas.

REFERÊNCIAS

Agência Portuguesa do Ambiente (2009). *Qualidade do Ar em Espaços Interiores: Um Guia Técnico*. Amadora: Agência Portuguesa do Ambiente.

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

Burnett, C. (2016). *The Digital Age and its Implications for Learning and Teaching in the Primary School*. York: Cambridge Primary Review Trust.

Reid Chassiakos, Y., Radesky, J., Christakis, D., ... & AAP COUNCIL ON COMMUNICATIONS AND MEDIA (2016). Children and Adolescents and Digital Media. *Pediatrics*, 138(5).

Ferreira, A. M. C. (2014). *Qualidade do ar interior em escolas e saúde das crianças*. (Tese de Doutoramento em Ciências da Saúde, ramo de Ciências Biomédicas). Coimbra: Universidade de Coimbra

Holloway, D., Green, L. & Livingstone, S. (2013). *Zero to eight. Young children and their internet use*. LSE, London: EU Kids Online.

Lagarto, J. R., & Marques, H. (2015). *Tablets: Mudando paradigmas do ensinar e do aprender*. Porto: Universidade Católica.

Lopes, B. J. (2004). *Aprender e Ensinar Física*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Ponte, C., Simões, J. A., Baptista, S., Jorge, A., & Castro, T. S. (2017). *Crescendo entre ecrãs: Usos de meios eletrónicos por crianças (3-8 Anos)*. Lisboa: ERC – Entidade Reguladora para a Comunicação Social.

Rosen, L. D., Lim, A. F., Felt, J., Carrier, L. M., Cheever, N. A., Lara-Ruiz, J. M., ... & Rokkum, J. (2014). Media and technology use predicts ill-being among children, preteens and teenagers independent of the negative health impacts of exercise and eating habits. *Computers in Human Behavior*, 35, 364-375

Satish, U., Mendell, M., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W. J. (2012). Is CO₂ an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. *Environmental Health Perspectives*, 120, 1671–1677.

Shamir-Inbal, T., & Blau, I. (2016). Developing Digital Wisdom by Students and Teachers : The Impact of Integrating Tablet Computers on Learning and Pedagogy in an Elementary School. *Journal of Educational Computing Research*, 54 (7), 967-996.

Stansfeld, S. & Clark, C. (2015). Health Effects of Noise Exposure in

Children. *Current Environmental Health Reports*, 2, 171–178.

Valente, L., & Gomes, M. J. (2015) *Tablet use in schools. Creative Classrooms*. Braga: Universidade do Minho.

World Health Organization (WHO). Regional Office for Europe & European Centre for Environment and Health. (2005). *Effects of air pollution on children's health and development: A review of the evidence*. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe

**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

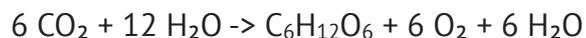
RESUMO

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 colidisse 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 carácter 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

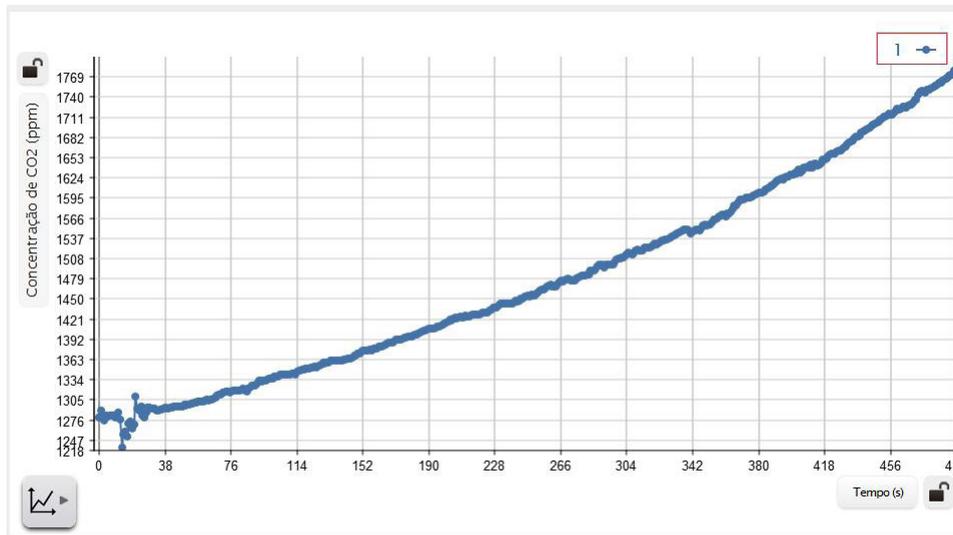


Figura 1. Gráfico obtido através da app "SPARKvue" por um dos grupos na utilização do sensor de dióxido de carbono, para medição da concentração deste gás no ar de uma câmara com leveduras e açúcar em água

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

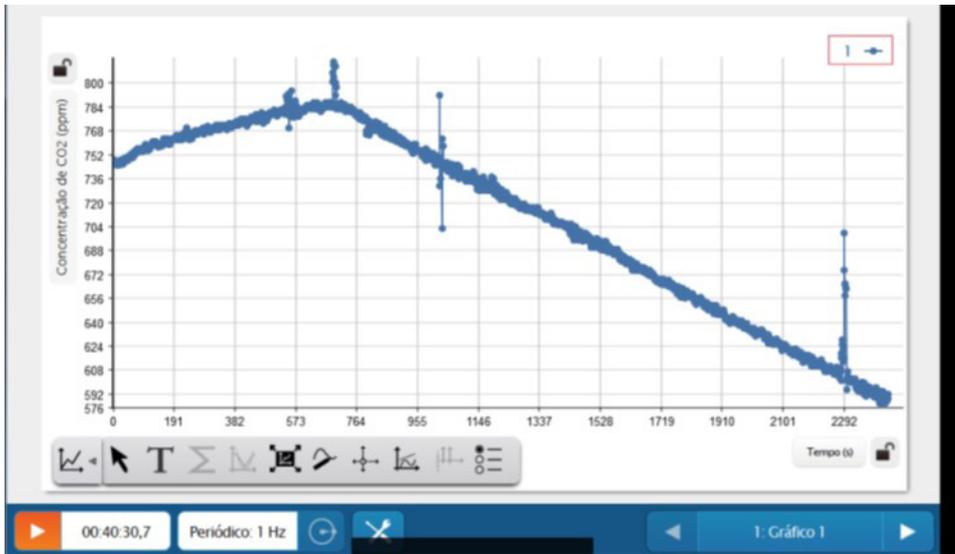


Figura 2. Gráfico obtido na utilização do sensor de dióxido de carbono, para medição da concentração deste gás no ar de uma câmara com uma planta, primeiro em condições de ausência de luz e depois em condições de presença de luz



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.

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

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

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.

**CAPÍTULO 5 – A UTILIZAÇÃO DO
SENSOR DE DIÓXIDO DE CARBONO EM
CONTEXTOS DE PRÁTICA
PEDAGÓGICA SUPERVISIONADA:
PROPOSTAS DIDÁTICAS PARA A
DISCIPLINA DE CIÊNCIAS NATURAIS E
PARA A PARTICIPAÇÃO EM SAÚDE
AMBIENTAL**

Bianor Valente (bianorv@eselx.ipl.pt)¹,

Laura Soares (laurambsoares@gmail.com)¹,

Inês Mendonça (ines.isabel.mendonca@hotmail.com)¹,

Ana Filipa Cardoso (afkardoso@gmail.com)¹ e

Maria João Silva (mjsilva@eselx.ipl.pt)¹

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

RESUMO

Neste capítulo apresenta-se um conjunto de propostas didáticas que foram construídas no âmbito da prática pedagógica supervisionada do Mestrado em Ensino do 1.º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico (CEB). Considerou-se que a utilização de sensores de dióxido de carbono pode constituir uma estratégia facilitadora da compreensão, por parte dos/as alunos/as do ensino básico, do papel daquele gás em diferentes fenómenos (como as combustões, a respiração celular e a fotossíntese), assim como da relação destes fenómenos com a qualidade do ar interior e exterior e as alterações climáticas. As propostas de trabalho foram elaboradas e desenvolvidas para aulas de Ciências Naturais de 5º e 6º ano. Em cada proposta são apresentados os objetivos, os conteúdos, as atividades, os recursos e avaliação. Através da triangulação de dados, obtidos pela observação e análise das produções dos/as alunos/as, avaliou-se a eficácia das propostas, tendo sido constatado o reconhecimento, pelos/as alunos/as: i) das combustões como fontes de dióxido de carbono para o ar, contribuindo para a diminuição da sua qualidade; ii) da contribuição do ar expirado para a baixa qualidade do ar das salas de aula, quando não ventiladas. Constatou-se ainda que a utilização do sensor de dióxido de carbono decorreu sem dificuldades técnicas e contribuiu para aprendizagens matemáticas, nomeadamente da leitura de diferentes representações de dados e de significação das grandezas e valores monitorizados. A utilização do sensor de dióxido de carbono, para exploração de ambientes bem conhecidos das crianças, situou e contextualizou as aprendizagens, diminuindo o nível de abstração das mesmas e aumentando o interesse e participação dos/as alunos/as em

INTRODUÇÃO

O dióxido de carbono é um composto químico constituído por dois átomos de oxigénio e um átomo de carbono (CO₂). Está presente na atmosfera terrestre em quantidades muito pequenas. No entanto, desde o início da era industrial, a sua concentração tem vindo a aumentar. Resultados recentes indicam que em 2017 a concentração média anual de CO₂ na atmosfera atingiu 406,5 partes por milhão (ppm), o que corresponde a um novo marco histórico (Dlugokencky, Hall, Montzka, Dutton, Mühle & Elkins, 2018).

O aumento da concentração deste gás na atmosfera acarreta inúmeras consequências. O CO₂ é um gás de efeito de estufa, ou seja, absorve parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre. Em conjunto com outros gases, que promovem o efeito de estufa, retem o calor, provocando assim o aumento da temperatura da Terra. Como tal, o aumento da concentração deste gás leva à potencialização do efeito de estufa, contribuindo para o aquecimento global e para mudanças climáticas (Stips, Macias, Coughlan, Garcia-Gorriz, & Liang, 2016). Além disso, o CO₂ dissolve-se na água do mar, produzindo ácido carbónico e baixando o pH da água o que, por sua vez, tem consequências adversas para o equilíbrio da fauna marinha, principalmente nos organismos com carbonato de cálcio na sua constituição (Caldeira & Wickett, 2003; Feely et al., 2004; Orr et al., 2005).

Elevadas concentrações de CO₂ podem ainda provocar efeitos adversos para a saúde humana. No entanto, as concentrações associadas a este tipo de efeitos não são habitualmente detetadas no ar exterior, mas sim no ar interior dos locais frequentados pelos seres humanos. Tal aspeto reveste-se de particular importância, dado que se estima que os seres humanos passam cerca de 80 a 90% do seu tempo em ambientes fechados (Ashmore & Dimitroulopoulou, 2009). Em ambientes interiores, a principal fonte de CO₂ é a respiração dos próprios ocupantes. Dado que uma expiração de um adulto contém, em média, 35000 a 50000 ppm de CO₂ (Prill, 2000), se a ventilação do espaço não for adequada, assiste-se a uma contínua acumulação deste gás. Se os valores no ar interior forem superiores a 1000 ppm a ventilação é provavelmente inadequada e os ocupantes desses espaços podem percecionar o respetivo ambiente como do tipo “pesado”, queixar-se de dores de cabeça, falta de concentração, experienciar náuseas e aumento da frequência cardíaca (Carreiro-Martins et al., 2014; Ferreira & Cardoso,

2014; Satish et al., 2012).

Dadas as inúmeras consequências associadas ao aumento das concentrações de CO₂ é fundamental compreender quais as fontes de produção de CO₂ e quais as formas de remoção deste gás do ar. Apesar de existirem várias fontes naturais, como o vulcanismo, a respiração ou a decomposição dos seres vivos, o aumento registado nas concentrações de CO₂ nas últimas décadas deve-se, essencialmente, a causas de natureza antropogénica e, em particular, à queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), para obtenção de energia (Dlugokencky et al., 2018).

Os combustíveis fósseis contêm carbono fixado há milhões de anos através da fotossíntese, pelas plantas e outros organismos autotróficos, e/ou carbono de outros seres vivos que o obtiveram por se alimentarem destes últimos. Durante a fotossíntese, as plantas, assim como outros seres autotróficos, têm a capacidade de produzir compostos orgânicos a partir de compostos inorgânicos e de libertar oxigénio. Durante este processo o carbono presente no dióxido de carbono é fixado nas células destes organismos. Durante a combustão, o carbono presente nos combustíveis fósseis combina-se com o oxigénio do ar e forma CO₂ e vapor de água, havendo libertação de energia. Assim, durante a combustão, o carbono é devolvido à atmosfera num curto período de tempo, ou seja, a queima destes combustíveis está a ocorrer a uma velocidade muito superior ao da sua produção na natureza.

Os incêndios são também uma fonte de CO₂. Este fenómeno é duplamente prejudicial pois, por um lado, a própria combustão das florestas liberta CO₂ e, por outro lado, a destruição destas áreas vegetais faz com que o sequestro/remoção do CO₂ da atmosfera realizado pelas plantas através da fotossíntese também diminua.

O CO₂ encontra-se envolvido em diferentes fenómenos naturais intimamente relacionados com a qualidade do ar interior e exterior, assim como com as alterações climáticas. Em particular, as combustões, a respiração celular e a fotossíntese, são processos relevantes para compreender o frágil equilíbrio do ciclo do carbono, nomeadamente no que se refere às trocas de Carbono entre a atmosfera, a biosfera, a hidrosfera e a litosfera.

No âmbito do 2º ciclo, é suposto que os/as estudantes compreendam estes fenómenos. Por exemplo, no programa do 5º ano de escolaridade, prevê-se a exploração das propriedades do ar, assim como a relação entre os seus constituintes e as funções que desempenham na atmosfera. Uma das aprendizagens essenciais indica que os/as estudantes

devem ser capazes de “argumentar acerca dos impactes das atividades humanas na qualidade do ar e sobre medidas que contribuam para a sua preservação, com exemplos locais, regionais, nacionais ou globais e integrando saberes de outras disciplinas.” (DGE, 2018, p.8). A combustão surge, assim, como um conceito fundamental para a compreensão dos impactes das atividades humanas na poluição do ar.

No 6º ano de escolaridade, prevê-se que os/as estudantes sejam capazes de “interpretar informação relativa à composição do ar inspirado e do ar expirado e as funções dos gases respiratórios” (DGE, 2018, p.7). É um momento privilegiado para abordar a ventilação pulmonar e a respiração celular e analisar o efeito desse fenómeno nas alterações da qualidade do ar interior.

Algumas estagiárias da Escola Superior de Educação de Lisboa consideraram que a utilização de sensores de CO₂ podia constituir uma estratégia facilitadora da compreensão, por parte dos/as alunos/as, do papel daquele gás em diferentes fenómenos, em particular, nas combustões e na respiração celular, assim como da relação destes fenómenos com a qualidade do ar interior e exterior e as alterações climáticas. Trata-se de um conjunto complexo de processos interrelacionados, cuja compreensão exige modelos mentais complexos (Lombardi, 2007), que incluem a consideração simultânea de diferentes variáveis, ou seja um pensamento formal, com considerável nível de abstração (Adey, 1999).

Nas secções seguintes, descrevem-se três atividades didáticas que recorrem a sensores de CO₂. Posteriormente, e através da triangulação de dados, procurar-se-á avaliar a eficácia das propostas na melhoria do processo de ensino e aprendizagem. Por fim, proceder-se-á a uma reflexão sobre potencialidades e desafios da utilização de sensores de CO₂ para atividades de educação e saúde ambiental. Em particular, será discutido o papel dos sensores na diminuição do nível de abstração necessário para a compreensão de alguns fenómenos científicos e no desencadear do interesse e participação dos/as alunos/as em Saúde Ambiental e na aprendizagem da Ciência e da Tecnologia.

METODOLOGIA

No contexto da unidade Curricular de Prática de Ensino Supervisionada II do mestrado em Ensino do 1.º CEB e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º CEB, da Escola Superior de Educação de Lisboa, no ano letivo 2017/2018, foram planificadas e implementadas duas atividades para o 5º ano e uma para o 6º ano de escolaridade na disciplina de Ciências Naturais com recurso a sensores e envolvendo variáveis de

saúde ambiental.

Para a avaliação da intervenção didática, das três atividades, foi realizada uma observação naturalista participante, por parte da Professora Estagiária (PE). Em duas atividades também foi realizada observação não participante, por parte da supervisora institucional. Na terceira, os dados de observação da PE foram complementados por dados recolhidos a partir das respostas dos/as alunos/as a um guião de trabalho.

Visualizando a variação de gases durante uma combustão

Esta atividade teve como principal propósito observar e analisar em tempo real e através de uma visualização gráfica, a variação dos níveis de oxigénio (O_2) e de dióxido de carbono (CO_2) durante a combustão de uma vela. Para tal, os/as alunos utilizaram os sensores de CO_2 (PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110) e oxigénio no ar (PASPORT Oxygen Gas Sensor - PS-2126^a), em conjunto com a *app SPARKvue*, instalada em tablets. Nestas medições, usou-se um *EcoZone System - ME-6668*. Neste *Ecozone System* foi colocada uma vela e, após ter sido acesa, deu-se início à monitorização da variação da concentração destes gases no ar dentro do sistema.

Nesta atividade, que teve a duração de 50 m, participaram duas turmas do 5º ano de escolaridade do Ensino Básico, num total de 44 alunos/as.

A qualidade do ar exterior da nossa escola

A atividade visou a utilização de um sensor CO_2 para monitorizar as alterações de concentração desse gás em diferentes locais da escola (perto da entrada, no pátio das traseiras e nas laterais). Os dados foram recolhidos através do uso do PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110, em conjunto com a aplicação *SPARKvue*, tendo sido registados pelos/as alunos/as.

Nesta atividade, que teve a duração de 50 m, participou uma turma do 5º ano de escolaridade do Ensino Básico, num total de 22 alunos.

Os gases na respiração e expiração

Esta atividade focou-se na recolha de dados sobre a variação de O_2 e CO_2 no interior da sala de aula, realizada pelos/as alunos/as.

Nas medições, usaram-se garrafas adaptadas aos sensores, para recolher amostras de ar, assim como os sensores de CO_2 (PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110) e O_2 no ar (PASPORT Oxygen Gas Sensor - PS-2126A), em conjunto com a *app SPARKvue*, instalada num

computador.

Nesta atividade, participou uma turma do 6º ano de escolaridade do Ensino Básico, num total de 26 alunos.

IMPLEMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Visualizando a variação de gases durante uma combustão

A implementação desta atividade foi precedida de uma abordagem de índole teórica sobre a combustão e de uma avaliação oral da compreensão dos/as alunos/as sobre os reagentes e os produtos desta reação. Portanto, a atividade foi perspectivada como uma atividade prática complementar à anterior, ou seja, visava consolidar e verificar os conteúdos científicos anteriormente explorados. De facto, a própria forma como a atividade foi contextualizada por parte das PE revelam essa natureza: "PE- vamos verificar com os nossos próprios olhos o que acontece com uma combustão". Os objetivos de aprendizagem formulados pelas PE denunciam igualmente esse cunho: i) prever corretamente o que acontece aos níveis de oxigénio e de dióxido de carbono durante a combustão; e ii) identificar o gráfico à variação da quantidade de O_2 e de CO_2 .

A implementação da atividade foi estruturada em quatro momentos distintos. Num primeiro momento, as PE procuraram que os/as alunos/as percebessem qual a utilidade dos sensores. O diálogo estabelecido ilustra, por um lado, que os/as alunos/as não se encontravam familiarizados com este tipo de dispositivos e que o termómetro era o instrumento mais próximo de um sensor que conheciam.

PE- Vamos ver o que temos aqui [e mostra todo o material necessário para a atividade]

AL- Parece aquilo para acender o fogão

PE- Isto são sensores. O que vão fazer?

AL- Medir os graus?

PE- Vou tentar dar uma ajuda, um é do oxigénio e outro do dióxido de carbono

AL- Vão medir a quantidade de dióxido de carbono e de oxigénio.

Num segundo momento, e dado que previamente já tinha ocorrido uma exposição sobre a temática da combustão, as PE pediram aos/às alunos/as que realizassem as suas previsões sobre a variação da concentração de oxigénio e dióxido de carbono durante a combustão. Este momento foi particularmente relevante para identificar algumas conceções dos/as alunos/as, nomeadamente, a confusão entre a ausência

de ar e a ausência ou diminuta concentração de um determinado gás, neste caso, o oxigénio.

Al- A caixa não tem buracos?

PE- Sim, mas estão todos tapados.

Al- Então vai apagar.

Al- Eu vi uma experiência em que havia uma vela e depois colocou-se um copo e a vela apagou-se.

Al- Pois ficou sem ar.

PE- Mais precisamente ficou sem oxigénio.

Num terceiro momento, os/as alunos/as exploraram, em grande grupo, as mudanças na concentração de dióxido de carbono e oxigénio ocorridas no *Ecozone system* após ter sido acesa a vela (Figura 1). Logo no início da aquisição dos dados, quando os gráficos ainda apresentavam poucos valores, a PE questionou os/as alunos/as sobre qual dos tablets apresentava o gráfico correspondente aos valores de oxigénio (PE- qual será o gráfico de dióxido de carbono? Vamos analisar os gráficos. Este é o gráfico de?). Rapidamente os/as alunos/as identificaram corretamente o gráfico. No entanto, a justificação estava apenas aliçada no facto da tendência dos valores ser decrescente e dos/as alunos/as saberem que o oxigénio diminui.



Figura 1. Aquisição de dados durante a combustão de uma vela, utilizando um sensor de CO₂ (PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110) e um sensor de oxigénio no ar (PASPORT Oxygen Gas Sensor - PS-2126 A), em conjunto com a app SPARKvue, instalada em tablets.

De facto, apesar de na aula anterior os/as alunos/as terem estudado a composição dos gases da atmosfera, nenhum reportou tratar-se do gráfico que não só representava a diminuição da concentração de oxigénio no ar, mas também que, no momento inicial, registava 21% (Figura 1). Ao chamar a atenção dos/as alunos/as para este facto, foi possível explorar conceitos matemáticos, em particular, o conceito de percentagem.

PE- Vamos reparar numa coisa [aponta para o eixo das ordenadas e em particular para a palavra percentagem no gráfico produzido pelo sensor de oxigénio]. Lembram-se? Então onde começou? [as crianças olham com atenção para o gráfico]

Al- 21%

Al- 21,2 ou 21,3%

PE- Mas que valor é este?

Al- São 21 g

PE- Estamos a falar de percentagem

Al- Ah, de todo o ar que estava lá 21% era oxigénio

Ao longo da monitorização os/as alunos/as demonstraram capacidade de questionar os dados e uma postura crítica face à leitura e interpretação dos gráficos. Por exemplo, ao analisarem os gráficos, diferentes alunos/as formularam questões sobre as variações nas concentrações de cada gás (Al- Porque é que tem altos e baixos? [referindo-se à linha do gráfico]; Al- Porque é que estava a subir e depois baixou?).

Por fim, num quarto momento, as PE procuraram formular uma conclusão para a atividade. Neste ponto foi possível ouvir intervenções como: “o oxigénio diminuiu pois, a chama começou a consumir o oxigénio e quanto menor o oxigénio a chama ficava mais pequenina”; “Quando há fogo, o dióxido de carbono aumenta e o oxigénio diminui”; “como já não havia oxigénio para alimentar a combustão, a vela apagou-se”. Ainda durante as conclusões, uma aluna, ao mobilizar os conceitos anteriormente abordados, refletiu sobre o facto de no decurso de uma combustão também se libertar vapor de água. Aproveitando esta intervenção, a Professora Cooperante (PC) procurou orientar os/as alunos/as na procura de evidências relativamente à libertação deste gás.

Al- Na combustão também há libertação de vapor de água

PC- Tu viste?

Al- Eu só vi o vidro embaciado.

PC- Mas vemos vapor de água?

Al- O vapor de água passou para o estado líquido.

A qualidade do ar exterior na nossa escola

O principal objetivo desta atividade consistia na análise da qualidade do ar com recurso a sensores que medem os níveis do dióxido de carbono em 4 locais diferentes da escola, nomeadamente: junto ao portão da escola, nas traseiras da escola, na lateral da escola e no ponto oposto a essa lateral. Assim, os/as alunos/as puderam comparar os valores e justificar esses mesmos valores através das características da localização espacial de cada ponto. Os objetivos formulados pela PE foram: i) recolher dados com os sensores; ii) registar os valores da concentração de dióxido de carbono em cada local; e iii) analisar os valores obtidos. A atividade foi estruturada em três momentos distintos.

Numa primeira fase, a PE procedeu à explicação da atividade e à divisão da turma em três grupos (“Vamos fazer um percurso e vamos

passar por quatro locais diferentes, vamos medir a quantidade de dióxido de carbono que existe nesses locais e depois regressamos para a sala e vamos analisar”). Numa segunda fase, cada grupo foi para o exterior recolher os dados, acompanhado por uma professora. Todos os grupos passaram pelos quatro locais, apesar de o percurso ter sido distinto para cada grupo. Foi solicitado que um elemento de cada grupo ficasse responsável pelo sensor e que outro elemento do grupo registasse o valor médio em cada um dos locais. Durante o percurso, a PE foi colocando questões e pedindo aos/as alunos/as do grupo que acompanhava que realizassem previsões sobre o que iria acontecer.

AL- Se calhar há mais dióxido de carbono no portão

PE- Porquê?

AL- Porque passam mais carros

PE- Porquê?

AL- Porque os carros deitam fumo

No entanto, verificou-se alguma dificuldade na interpretação de alguns valores, em particular, em virtude das escalas utilizadas (ppm e %) e de os/as alunos/as estarem, por vezes, a analisar os dados em tabela e noutros momentos no gráfico.

AL- 0%

PE- Nos valores continua a 0%, mas no gráfico?

AL- 1%

PE- 1%?

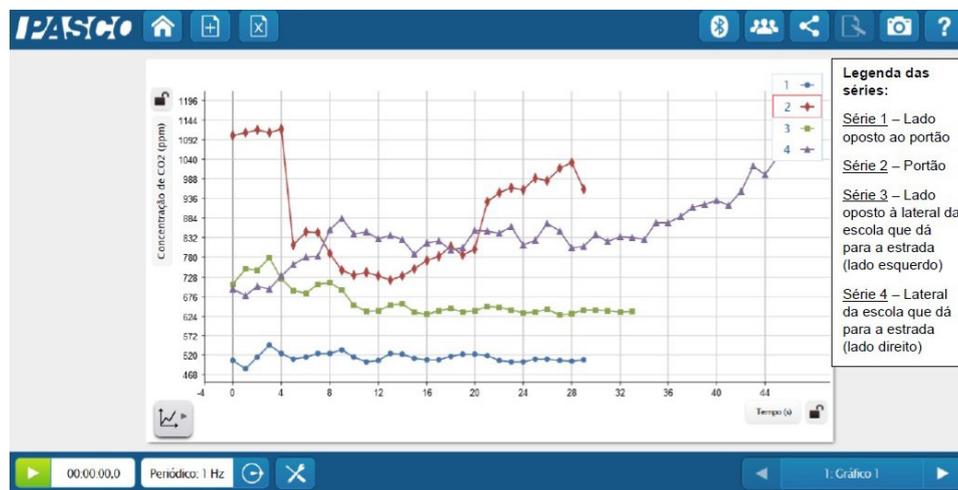
AL- 0,1%

Numa terceira fase, e após terminarem o percurso, os grupos regressaram à sala de aula e procedeu-se à análise dos valores obtidos. Para tal, a PE optou por construir uma tabela no quadro de forma a partilhar os dados de todos os grupos. Num primeiro momento detetou-se alguma dificuldade, dado que um dos grupos tinha procedido à recolha dos dados em partes por milhão (ppm) e os restantes em percentagem. A PE considerou mais relevante trabalhar em percentagem, no entanto, surgiram novos desafios. Ao trabalhar em percentagens, as diferenças tornam-se menos evidentes. De facto, perante a pergunta da PE sobre o que é que os/as alunos/as podiam concluir, um dos alunos respondeu: “Que os valores são quase iguais”.

Posteriormente, a PE decidiu projetar o gráfico de um dos grupos com o registo em ppm, com o objetivo de se analisar de forma mais detalhada as variações detetadas (Figura 2). Em primeiro lugar, os elementos desse grupo esclareceram a turma sobre o local em que cada uma das séries tinha sido obtida.

A discussão foi orientada pela PE, com o objetivo de analisar a va-

Figura 2. Gráfico obtido por um dos grupos nos quatro locais do percurso



riação dos valores de dióxido de carbono e a relação entre o local e o valor de dióxido de carbono obtido.

PE- Mas onde se verificam os valores mais elevados?

Al- No portão

PE- Porquê?

Al- Por causa dos carros

Al- Mas neste lado também há carros [apontando para a janela que dá acesso ao lado direito da escola]

PE- Mas há tantos?

PC- E quando nós medimos estava a passar um autocarro. Quando nós estudámos, vimos que os carros

Al- Fazem combustão e libertam dióxido de carbono.

Os gases na respiração e expiração

Esta atividade apresentava os seguintes objetivos de aprendizagem: i) reconhecer que as concentrações de O_2 e CO_2 no ar variam de local para local; ii) reconhecer que o ar expirado modifica a concentração do CO_2 no ar da sala de aula e, portanto, modifica a qualidade do ar interior; e iii) identificar medidas promotoras de um ambiente saudável.

Inicialmente, a PE explicou a atividade, bem como a utilidade dos sensores e o seu modo de funcionamento. Posteriormente, foram entregues as fichas de registo.

A tarefa foi iniciada com o sensor de CO_2 inserido numa garrafa com ar recolhido antecipadamente num espaço verde. Através da aplicação *SPARKvue* instalada num computador que, por sua vez, estava ligado a um projetor de vídeo, os dados recolhidos pelo sensor foram projetados. Assim, foi possível verificar o aumento de concentração de CO_2 , quando o Sensor foi retirado da garrafa, ou seja quando passou da medição da concentração de CO_2 no ar recolhido num espaço verde, para a medição da concentração de CO_2 no ar da sala de aula, onde se

encontravam 26 crianças e 3 adultos, e a respetiva diminuição quando se abriram as janelas e a porta e circulou ar com menor concentração de CO₂.

Tal como detetado em vários estudos, os/as alunos/as desta turma apresentavam conceções alternativas sobre a composição do ar expirado. Por exemplo, observaram-se frequentes declarações com um conteúdo equivalente a: “quando nós inspiramos retiramos o oxigénio do ar e quando nós expiramos libertamos dióxido de carbono para o ar”. A medição da concentração de CO₂ do ar expirado foi particularmente relevante para desconstruir a ideia de que inspiramos oxigénio e expiramos dióxido de carbono. Foi ainda medida a concentração de CO₂ no ar do lado de fora da janela.

À medida que a recolha dos dados foi realizada, procedeu-se ao registo dos valores de CO₂ numa tabela presente na folha de registo (Figura 3). Nesta tabela já se encontravam previamente preenchidos os valores de O₂ para os mesmos locais, assim como as concentrações médias destes gases na atmosfera.

Atividade de experimentação dos Sensores de CO₂ e de O₂

Oxigenio		Dióxido de carbono	
VALOR	AR	VALOR	
20,9% (209000 ppm)	Média no Planeta	0,04 % (400 ppm)	
20,3%	Sala de aula	1200 PPM (0,12%)	
15,2%	Expirado	30000 PPM (3%)	
20,4%	Do lado de fora da janela	500 PPM (0,05%)	

Figura 3. Registo fotográfico de uma tabela preenchida por um aluno

Posteriormente, foi feita uma comparação entre os valores de CO₂ em cada local e a média no planeta, assim como a comparação desses locais e do ar expirado com os valores de O₂ do ar nos mesmos locais e situações. Ficou claro que apesar de com a expiração se enriquecer o ar em CO₂, a concentração de O₂ no ar continua a ser muito superior à de CO₂. Foi ainda proferido por um aluno, como conclusão a esse esclarecimento, que “então é por isso que conseguimos ficar dentro da sala mesmo com tudo fechado”.

A atividade terminou com a resposta às duas questões presentes na ficha de registo. A primeira questão centrava-se na comparação das concentrações de O₂ e CO₂ no ar exterior (do lado de fora da janela), no ar interior (sala de aula) e no ar expirado. Esta questão compreendia quatro alíneas com questões de preenchimento de espaços, num total de cinco espaços. A análise dos resultados permite afirmar que a maio-

ria dos alunos preencheu de forma correta a maior parte dos espaços em branco. Em particular, doze alunos/as preencheram corretamente os cinco espaços, cinco preencheram corretamente quatro espaços e nove apenas preencheram corretamente três espaços.

A segunda questão pedia aos/às alunos/as que indicassem os comportamentos que poderiam ser adotados para melhorar a qualidade do ar da sala de aula. Realça-se que, em cada resposta, os/as alunos/as da turma apresentaram no máximo dois comportamentos, sendo que a maioria apenas colocou um comportamento. A grande escolha dos/as alunos/as foi “abrir as janelas da sala”, como prioridade para melhorar a qualidade do ar da sala. Este resultado parece indicar que os/as alunos/as relacionaram a melhoria da qualidade do ar com o arejamento da sala.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O presente trabalho, descreve três atividades concebidas com recurso a sensores de O_2 e CO_2 e implementadas no 5.º e 6.º ano de escolaridade na disciplina de Ciências Naturais, no âmbito da Prática de Ensino Supervisionada do mestrado em Ensino do 1.º CEB e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º CEB, no ano letivo 2017/2018.

As atividades realizadas permitiram que os/as alunos/as compreendessem que: i) as combustões são fontes de dióxido de carbono para o ar, contribuindo para a diminuição da qualidade do ar interior e exterior; ii) o ar expirado possui uma elevada concentração de dióxido de carbono, pelo que a qualidade do ar nas salas de aula deve ser cuidada; e iii) apesar de a concentração aumentar, o dióxido de carbono é sempre um constituinte minoritário do ar.

Numa outra perspetiva, realça-se que as atividades realizadas familiarizaram os/as alunos/as com a utilização de instrumentos de aquisição de dados (sensores) e de visualização de múltiplas representações dos mesmos (*app SparkVUE*).

Os diálogos entre os/as estudantes e entre estes/as e as PE indicam ainda que a utilização destes dispositivos promove uma aprendizagem articulada de processos e conceitos matemáticos, como, por exemplo, da leitura de gráficos e do sentido atribuído às percentagens. Além disso, os referidos diálogos e o preenchimento das folhas de registo permitiram constatar que os sensores de dióxido de carbono favorecem o confronto entre o valor médio de dióxido de carbono presente na atmosfera e o verificado em ambientes que os/as alunos/as conhe-

cem e que apresentam diferentes características, bem como a posterior discussão sobre as diferenças identificadas e a sua importância para a saúde ambiental da escola e da zona em que se insere. Esta utilização de sensores em atividades em que as crianças observam fenômenos que lhes são familiares, enquanto adquirem e interpretam os dados, tornam a aprendizagem mais situada e contextualizada, tendo permitido a relação entre o que é observado com os sentidos e as medições efetuadas, apoiando a transição do concreto para o abstrato e reduzindo o nível de abstração das aprendizagens (Silva, Lopes, & Silva, 2013). A aquisição e o registo de dados com o sensor de dióxido de carbono contribuiu ainda para desconstruir um conjunto de concepções incorretas que os alunos tinham sobre o assunto. Durante a observação das atividades, foi ainda evidente o fator motivacional associado ao envolvimento dos/as alunos/as na utilização destes instrumentos no processo de ensino e aprendizagem, assim como a facilidade de uso dos mesmos.

Neste contexto, torna-se claro que a apresentação das atividades com os sensores de dióxido de carbono, realizada neste capítulo, pode constituir um desafio e um apoio à utilização do sensor de dióxido de carbono em contextos de aprendizagem de Ciência (Ciências Naturais e Matemática) e Tecnologia no 2º CEB. Esta utilização pode permitir às crianças aprender de forma ativa sobre as fontes de CO₂ na atmosfera, sobre os problemas de saúde ambiental que essas fontes podem criar e sobre formas de minimizar esses problemas.

O sensor de dióxido de carbono pode também ser utilizado com as crianças em atividades sobre sequestro de CO₂ (por exemplo, na fotossíntese) e sobre as consequências do aumento da concentração de CO₂ na atmosfera (alterações climáticas). Estas atividades, em conjunto com as atividades apresentadas neste capítulo, permitem ainda uma abordagem prática e situada ao Ciclo do Carbono e aos problemas de saúde ambiental a ele associados.

REFERÊNCIAS

Adey, P. (1999). *The Science of Thinking, and Science for Thinking: A Description of Cognitive Acceleration Through Science Education (CASE)*. Geneva: UNESCO, International Bureau of Education.

Ashmore, M. R., & Dimitroulopoulou, C. (2009). Personal exposure of children to air pollution. *Atmospheric Environment*, 43(1), 128–141. <http://doi.org/10.1016/J.ATMOENV.2008.09.024>

- Caldeira, K., & Wickett, M. E. (2003). Anthropogenic carbon and ocean pH. *Nature*, 425(6956), 365–365. <http://doi.org/10.1038/425365a>
- Carreiro-Martins, P., Viegas, J., Papoila, A. L., Aelenei, D., Caires, I., Araújo-Martins, J., ... Neuparth, N. (2014). CO₂ concentration in day care centres is related to wheezing in attending children. *European Journal of Pediatrics*, 173(8), 1041–1049. <http://doi.org/10.1007/s00431-014-2288-4f>
- DGE. (2018). *Aprendizagens essenciais*. Consultado em <http://www.dge.mec.pt/aprendizagens-essenciais-ensino-basico>
- Dlugokencky, E. J., Hall, B. D., Montzka, S. A., Dutton, G., Mühle, J., & Elkins, J. W. (2018). Atmospheric composition [State of the Climate in 2017]. *Bulletin of the American Society*, 99(8), 46–57.
- Feely, R. A., Sabine, C. L., Lee, K., Berelson, W., Kleypas, J., Fabry, V. J., & Millero, F. J. (2004). Impact of Anthropogenic CO₂ on the CaCO₃ System in the Oceans. *Science*, 305(5682), 362–366. <http://doi.org/10.1126/science.1097329>
- Ferreira, A. M. da C., & Cardoso, M. (2014). Indoor air quality and health in schools. *Jornal Brasileiro de Pneumologia : Publicação Oficial Da Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia*, 40(3), 259–68. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25029649>
- Lombardi, M. M. (2007). *Authentic learning for the 21st century: An overview*. Educause Learning Initiative (ELI Paper 1).
- Orr, J. C., Fabry, V. J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S. C., Feely, R. A., ... Yool, A. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437(7059), 681–686. <http://doi.org/10.1038/nature04095>
- Prill, R. (2000). *Why Measure Carbon Dioxide Inside Buildings?* Retrieved from <http://www.energy.wsu.edu/Documents/CO2inbuildings.pdf>
- Satish, U., Mendell, M. J., Shekhar, K., Hotchi, T., Sullivan, D., Streufert, S., & Fisk, W. J. (2012). Is CO₂ an indoor pollutant? Direct effects of low-to-moderate CO₂ concentrations on human decision-making performance. *Environmental Health Perspectives*, 120(12), 1671–7. <http://doi.org/10.1289/ehp.1104789>
- Silva, M. J., Lopes, J. B., & Silva, A. A. (2013). Using senses and sensors in the environment to develop abstract thinking – a theoretical and instrumental framework. *Problems of Education in the 21st century*, 53, 99-119.

Stips, A., Macias, D., Coughlan, C., Garcia-Gorriz, E., & Liang, X. S. (2016). On the causal structure between CO₂ and global temperature. *Nature Scientific Reports*, 6(1), 21691. <http://doi.org/10.1038/srep21691>

CAPÍTULO 6 – “OS SENSORES QUE MEDEM O VENTO E O SOM”: AS TECNOLOGIAS DIGITAIS MÓVEIS NA PROMOÇÃO DE CONCEITOS MATEMÁTICOS EM EDUCAÇÃO PRÉ-ESCOLAR

Rita Brito (britorita@eselx.ipl.pt)¹ e
Vera Costa (veralucia_24@hotmail.com)²

¹ CIED, Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Lisboa
CRC-W, Universidade Católica Portuguesa

² Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Lisboa, Estrada do
Calhariz de Benfica, 1549-003 Lisboa

RESUMO

As tecnologias digitais (TD) devem ser colocadas ao serviço das crianças, estimulando a sua curiosidade e aprendizagem. Para além disso, é importante as crianças contactarem com TD de modo a adquirirem *tech-handling skills* (competências de manuseamento de tecnologias), devendo manuseá-las, explorá-las e aprender-fazendo quando as utilizam. Pretende-se com este artigo dar a conhecer a realização de um projeto na valência de educação pré-escolar, com recurso às TD. O projeto teve como objetivo a exploração de conceitos matemáticos por parte das crianças, como a medição, a organização e tratamento de dados, nomeadamente a recolha de dados, a sua representação em gráficos. Para estas explorações, as crianças tiveram ao seu dispor dois tablets, um sensor de velocidade de vento e um sensor de medição do nível sonoro. Foi utilizada a metodologia de trabalho de projeto, o que significa que a criança foi implicada em processos investigativos, numa lógica socioconstrutivista, sendo agentes principais em todo o desenrolar das atividades. As crianças apropriaram-se facilmente das tecnologias móveis para recolher os dados, analisando-os e retirando conclusões. Sendo este um estudo exploratório, no final apresentam-se atividades futuras para continuação e aprofundamento do projeto apresentado.

Palavras-chave: Tecnologias digitais móveis; sensores; crianças 3-6 anos; metodologia de trabalho por projeto; organização e tratamento de dados.

INTRODUÇÃO

A matemática é uma das áreas incluídas no currículo da primeira infância e deve ser explorada com crianças em idade de frequência da educação pré-escolar (Clements, 2001; Vandell, Siegler, Ginsburg, 2010). Vários conceitos e competências podem ser desenvolvidos, como a classificação, a seriação, a medição a resolução de problemas, assim como as representações gráficas (Björklund & Barendregt, 2016; Castro & Rodrigues, 2008; Mendes & Delgado, 2008).

Através da utilização de sensores para a medição da velocidade do vento e do nível sonoro, pretendemos explorar conceitos matemáticos com as crianças, como a medição, a organização e tratamento de dados, nomeadamente a recolha de dados e a sua representação em gráficos. Para esta exploração, optámos por utilizar tecnologias digitais (TD) móveis, promovendo a autonomia das crianças e apresentando atividades pedagógicas, centradas na caracterização do ambiente e possíveis de realizar com estes dispositivos (Brito, 2017; Dias & Brito, 2016, 2017).

No JI (jardim de infância), a matemática, tal como todas as outras áreas do saber, pode ser trabalhada através de uma perspetiva construtivista. Fundamentada no desenvolvimento das teorias de Jean Piaget e Lev Vygotsky, uma abordagem construtivista na educação pré-escolar dá ênfase à ideia de que as crianças são construtoras ativas da compreensão/conhecimento do seu mundo, através da manipulação direta de materiais concretos (Henniger, 2002).

Uma das estratégias que pode ser utilizada para o desenvolvimento do ensino e aprendizagem construtivista é a metodologia de trabalho de projeto. Uma investigação por projeto consiste no aprofundamento de informação sobre um tópico que seja do interesse das crianças e que o educador de infância considere pertinente para estas (Katz & Chard, 1992). O objetivo do projeto é aprender mais sobre uma temática, ao invés de procurar respostas às questões colocadas pelo docente. Esta metodologia tem em conta os interesses das crianças, respeitando os seus interesses e necessidades, ou seja, elas escolhem o que querem fazer e investigar e todos se entrelaçam. Segundo Katz (1994) e Katz e Chard (2016), um projeto consiste em três fases: a primeira fase consiste na seleção de um tópico a ser investigado, lançado pelo docente ou pela criança. Este deve ser transversal a várias áreas de conhecimento e deve ser rico o suficiente para permitir, pelo menos, a sua exploração ao longo de uma semana. Normalmente, os docentes fazem uma teia para registar as questões de partida. A segunda fase consiste no trabalho de campo/recolha de dados, onde as crianças podem fazer observações, falar com especialistas, construir modelos, fazer registos,

entre outros. Na terceira fase, organiza-se a apresentação dos resultados, de modo a que as crianças partilhem e contem a “história” deste (Katz & Chard, 2016, p. 11). Por fim, faz-se a revisão com o grupo de crianças e avalia-se concretização dos objetivos.

Assim, foi realizado um projeto num jardim de infância, com um grupo de seis crianças entre os 4 e os 5 anos. Como objetivo deste projeto, pretendeu-se que as crianças explorassem conceitos matemáticos, como a medição, a organização e tratamento de dados, nomeadamente a recolha de dados e a sua representação em gráficos, recorrendo a TD móveis, tendo como base a metodologia de trabalho de projeto, de modo a que investigação partisse da sua curiosidade e promovesse a autonomia na utilização destes dispositivos.

Neste capítulo não serão relatadas todas as fases do projeto de modo aprofundado, dando relevância aquelas que, em nosso parecer, foram mais interessantes para as crianças.

METODOLOGIA

Neste estudo, de caráter descritivo e exploratório, utilizámos uma abordagem qualitativa, nomeadamente um estudo de caso, pois pretendemos descrever e desenvolver uma compreensão sobre uma situação particular (Goodwin & Goodwin, 1996). Direccionámo-nos mais para a compreensão do que para a explicação dos factos, ou seja, estivemos mais preocupadas com os processos do que com os produtos resultantes da investigação (Erickson, 1986).

Relativamente às técnicas e instrumentos de recolha de dados, utilizámos a observação participante, a fotografia, as notas de campo e produções das crianças.

O estudo foi realizado num jardim de infância nos arredores de Cascais, numa instituição particular de solidariedade social, tendo a duração de seis dias. Uma das autoras do artigo estava ao momento a realizar a Prática Profissional Supervisionada nesta instituição, enquanto que a outra autora permaneceu apenas durante a realização do projeto.

Participaram no estudo seis crianças com idades entre os 4 e os 5 anos (quatro de 4 anos e duas de 5 anos), sendo que quatro eram rapazes e duas eram raparigas. Os nomes das crianças apresentados são fictícios, por questões de privacidade. Foram sempre tidas em conta questões éticas com as crianças, como a relação entre o participante-investigador, o local do estudo, a participação das crianças ou mesmo

na redação do trabalho (Brito & Dias, 2017).

Os sensores foram cedidos pela Escola Superior de Educação de Lisboa. Foram utilizados dois sensores, um sensor de medição da velocidade do vento e um sensor que mede o nível sonoro. Foram igualmente utilizados dois tablets *iPad* das autoras. O sensor que mede a velocidade do vento tem uma pequena ventoinha integrada, conecta-se ao *iPad* através de bluetooth e os dados são registados na app *SPARKvue* em tempo real. O sensor que mede o nível sonoro utiliza o microfone embutido do *iPad* e regista os dados recolhidos na app igualmente num gráfico e em tempo real (Figura 1).



Figura 1. Tablets com o registo de medições do nível sonoro e velocidade do vento na aplicação *SPARKvue* (em cima), e sensor de velocidade do vento (em baixo)

De seguida apresenta-se o projeto realizado no jardim de infância, assim como as atividades e aprendizagens das crianças durante o mesmo.

O PROJETO "OS SENSORES QUE MEDEM O VENTO E O SOM"

"O que é isso?," "São sensores...para sentir!": apresentação de sensores

Dia 1

No primeiro dia do projeto, foram apresentados os sensores às crianças em grande grupo. Apresentámos o tablet e rapidamente as crianças disseram que tinham um em casa. Nenhuma criança soube identificar um sensor nem a origem da sua palavra.

Apresentámos o sensor do nível sonoro: seleccionámos a app *SPARK-vue* no *tablet*, conectámo-la ao sensor e iniciou-se o registo dos dados. Exemplificámos que se falássemos alto, a linha de registo do gráfico iria subir. As crianças entusiasmaram-se de imediato, falando alto e baixo, observando as variações em tempo real do gráfico. De seguida, apresentámos o sensor de medição da velocidade do vento. A receção a este foi igualmente positiva, tendo várias crianças soprado para a pequena ventoinha, observando o registo do gráfico no *tablet* e verificando que à medida que sopravam com mais/menos força, o gráfico fazia um registo ascendente/descendente.

Reunimos então um grupo de seis crianças que quiseram fazer o projeto: o Tiago (5 anos), a Mariana (5 anos), o João (4 anos), o Ricardo (4 anos), a Leonor (4 anos) e o Frederico (4 anos).

"Queremos experimentar o sensor de som e de vento!": o ponto de partida

No primeiro momento do projeto, sentámo-nos em roda e questionámos as crianças sobre o que sabiam sobre os sensores, registando as suas respostas em "o que sabemos?":

"Quando estamos a soprar, a ventoinha roda" (João);

"Quando a ventoinha está na rua o frio sopra" (Federico);

"Quando sopramos a ventoinha, ela roda" (Ricardo).

As perceções que as crianças tinham sobre os sensores estavam relacionadas com as informações partilhadas a todo o grupo na apresentação. A ventoinha chamou-lhes mais a atenção, pois foi algo com que conseguiram interagir.

Começámos por estabelecer as questões iniciais do projecto, tendo em conta os interesses das crianças, com a construção da "teia" "o que queremos fazer?". Apesar de, aparentemente, terem-se entusiasmado mais com o sensor da velocidade do vento, disseram-nos que preferiam usar primeiro o sensor que mede o nível sonoro. Iniciámos então a sua exploração com os seguintes objetivos (Figura 2):

"Medir o som do pátio" (Mariana);

"Medir o som da escola... na Sala Encarnada" (Ricardo);

"Medir o som no pavilhão" (Mariana);

"Medir o som na Sala Verde" (Federico);

“No passeio” (Mariana);

“Medir o som da Sala Rosa” (Ricardo e Tiago).



Figura 2. “Teia” inicial do projeto referente a “o que queremos fazer?”.

“Vamos medir!”

E assim iniciámos a recolha de dados! Dirigimo-nos ao pátio da escola para medir o nível sonoro e sentámo-nos no chão em roda. Uma das investigadoras iniciou a medição no tablet, selecionando a app, mas as crianças começaram a falar alto para observar a oscilação do registo, o que fez com que o sensor captasse a sua voz e o registo do gráfico subisse rapidamente. Pedimos silêncio, explicando que o sensor estava a captar o nível sonoro do meio ambiente dos vários locais. As raparigas alertavam os rapazes, dizendo: “Não podem falar senão ficamos aqui o dia todo!”.

De seguida fomos para os outros locais: o pavilhão, as salas de atividades (com crianças), o refeitório (com crianças) e a casa de banho. Em todos os locais utilizámos a mesma estratégia: sentámo-nos no chão, em roda, fizemos silêncio para o sensor fazer a sua leitura, e cada uma das crianças iniciava a função de registo dos dados no tablet, mostrando o registo dos dados no gráfico, em tempo real, a todo o grupo. Foi sempre difícil as crianças permanecerem em silêncio, pois gostavam de observar a oscilação no gráfico e os registos tinham de voltar a ser iniciados.

Dia 2

No dia seguinte, recordámos em que espaços tínhamos medido o nível sonoro. Surgiram também três nomes para o projeto: “Os sensores inventados” (Mariana), “Os nossos sensores” (Tiago e Frederico) e “Os sensores que medem o vento e o som” (Mariana). Após votação entre todos, venceu o nome “Os sensores que medem o vento e o som” por unanimidade.

Continuámos as atividades e as crianças definiram que iam medir o nível sonoro noutros espaços e por isso acrescentámos objetivos à teia

“o que queremos fazer?” (Figura 3):

“Medir o som na casinha de madeira” (Leonor);

“Ver se há vento na Sala Encarnada” (João);

“Há vento no pátio?” (Leonor).



Figura 3. Teia reformulada do projeto referente a “o que queremos fazer?” (novos objetivos a verde)

Deste modo, iniciámos neste segundo dia a exploração de um novo sensor: o da velocidade do vento.

Rumámos à “casinha de madeira”, onde decorrem atividades de tempos livres da instituição, localizada no pátio da escola. Entrámos e sentámo-nos no chão, em roda. Neste dia foram as crianças a manusear as tecnologias. A Leonor pegou no tablet, selecionou a aplicação, selecionou o sensor do nível sonoro e o gráfico surgiu, iniciando a medição.

Perguntámos se gostariam de medir a velocidade do vento dentro da “casinha”, ao qual acederam. A Mariana pegou no tablet e o Ricardo no sensor. De modo autónomo e sem dificuldade, a Mariana selecionou a medição da velocidade do vento na app, surgindo assim o gráfico.

Após estas medições, fomos para o pátio. Sentámo-nos no chão e voltámos a medir a velocidade do vento. O Ricardo levantou bem alto o sensor e, rapidamente, o registo do gráfico começou a oscilar, registando a sua velocidade.

O que nos dizem os gráficos? Primeiro ponto de situação

Dia 3

No terceiro dia, com todos reunidos à mesa, voltámos a perguntar às crianças para que eram utilizados os sensores. Perguntámos se eles consideravam se havia semelhança entre a palavra “sensor” e “sentir”:

“‘Sentir’ começa pela letra de sensor” (Mariana);

“‘Sentir’ começa pela mesma letra ‘S’” (João);

“Medem o barulho” (Mariana);
“Os sensores servem para sentir” (Leonor);
“Serve para medir as coisas” (Frederico);
“Os sensores servem para medir o som” (Tiago);
“Os sensores medem o som no pátio” (Ricardo);
“Nós medimos o vento (Frederico) e o barulho do som (Mariana).

Imprimimos os gráficos criados pela app relativos às medições da velocidade de vento (Figura 4 e Figura 5) para os observarmos e analisarmos. Apesar dos gráficos de linhas poderem ser abstratos para as crianças e, por isso, correrem o risco de não serem compreendidos (Castro & Rodrigues, 2008), o facto delas terem presenciado a elaboração destes registos diretamente na app, cruzando com a velocidade do vento ou do nível sonoro, conseguiram, naquele momento em que recolheram os dados (no dia anterior) interpretá-los imediatamente. Conforme mencionam Ashlock, Johnson, Wilson e Jones (1983), as crianças compreendem melhor os gráficos se forem elas a recolher os dados.

Demos um título a cada um dos quatro gráficos e colocámo-los ao lado uns dos outros (Figura 6), colados na parede, de modo a que fosse mais fácil a sua comparação. Para respondermos às questões de partida, questionámo-las sobre as suas diferenças (Castro & Rodrigues, 2008): onde o vento tinha mais velocidade? Porque neste gráfico podemos observar uma linha contínua retilínea e no outro não? Qual a diferença entre os gráficos? Algumas das respostas foram:

“Este tem e este não tem” (disse o Frederico, comparando um gráfico onde se registou alguma velocidade de vento no pátio e outro onde não se registou, dentro da “casinha de madeira”) (Figura 4 e Figura 5).

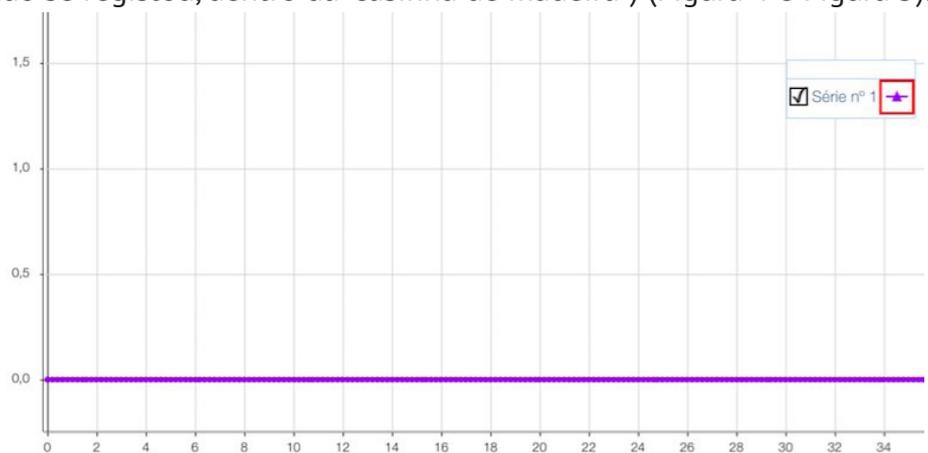


Figura 4. Medição da velocidade do vento na 'casinha de madeira'.

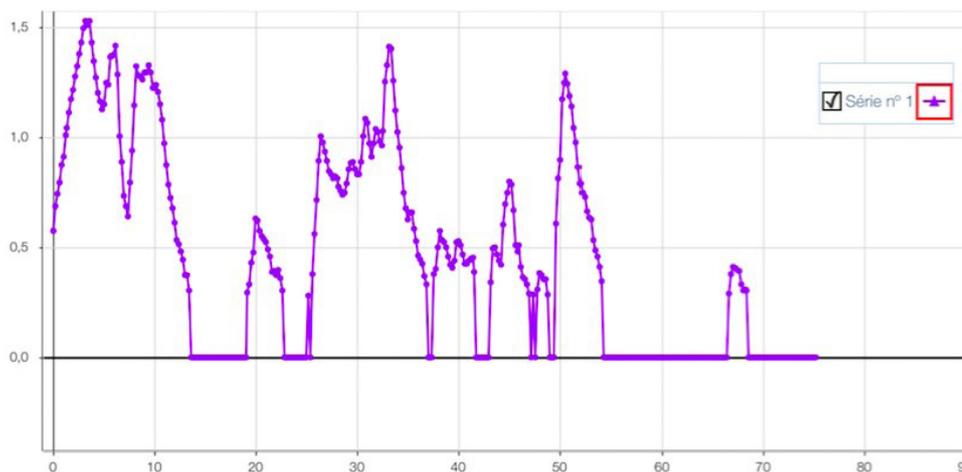


Figura 5. Medição da velocidade do vento no pátio da escola.

A Mariana perguntou:

“Na casinha de madeira estava vento?” (Mariana);

“Não tem nada [no gráfico]...” (responde o Frederico);

“Na ‘casinha de madeira’ não havia vento porque tem uma linha direita”, diz o Ricardo;

“No pátio havia vento” (Mariana);

“Havia vento no pátio... [o gráfico] subiu porque o vento soprou” (Ricardo);

“Não havia vento na Sala Encarnada porque não senti” (Frederico);

“O vento só estava lá fora no pátio” (Leonor).



Figura 6. Crianças a comparar gráficos relativos aos dados recolhidos

"Vamos medir mais sítios!"

Após a comparação dos gráficos e a sua análise, questionámos se gostariam de medir a velocidade do vento em mais algum local. As crianças ficaram imediatamente entusiasmadas e disseram que gostariam de ir à casa de banho da Sala Verde, ao escritório e ao refeitório. Acrescentámos outros objetivos à teia "o que queremos fazer?" (Figura 7):



Figura 7. Teia do projeto reformulada referente "o que queremos fazer?" (novos objetivos a encarnado).

Fomos a mais três locais medir a velocidade do vento: o refeitório, a casa de banho da Sala Verde e o escritório. Uma criança ficava com o tablet, enquanto outra pegava no sensor. Iam trocando, sendo que as crianças mais jovens preferiam segurar o sensor e os que já dominavam a aplicação no tablet gostavam de ficar com este dispositivo. Tanto as crianças de 4 anos como de 5 anos tiveram facilidade em utilizar a app, no entanto umas preferiam utilizar o tablet e outras os sensores. Estamos em crer que o domínio da app a que nos referimos se relaciona com o as preferências das crianças.

Segundo ponto de situação: onde o vento tem mais velocidade?

Dia 4

No quarto dia, começámos por recordar as medições que tínhamos feito. Sentámo-nos em roda e as crianças colaram os gráficos na parede, lado a lado. O Tiago começou a contar os gráficos afixados e concluiu que eram sete.

Observámos o gráfico da velocidade do vento medido no pátio e perguntámos o que eles nos podiam dizer a respeito dele.

"Estava muito vento!", disse o João.

"Como sabes?", perguntámos.

“Porque subiu”, responde o Ricardo. “Porque subiu mais, porque está a crescer, porque subiu alto o vento”, acrescentou, referindo-se às linhas do gráfico.

“Nós sentimos mais vento nesse espaço”, concluiu a Leonor.

“E no gabinete, havia vento?”, perguntámos, apontando para o gráfico.

“Este gráfico não tem vento”, respondeu a Leonor. “Aqui não tinha, o gabinete não tinha vento”, acrescentou.

Todas concordaram com a ideia de que a velocidade do vento provocou a oscilação rápida das linhas do gráfico no pátio, o único local onde foi registado vento. Nos outros locais onde medimos a velocidade do vento, como no escritório, na Sala Verde e no pavilhão, não havia vento, e por isso o gráfico não registou qualquer tipo de movimento, apresentando uma linha reta.

O facto de o gráfico ter apresentado uma linha reta quando não havia vento, representando zero, e de ter apresentado bastante oscilação quando se verificou vento, foi facilitador para as crianças chegarem a essa mesma conclusão, pois a diferença visual era acentuada. Também o facto dos dados se reportarem a situações que elas se lembravam, por exemplo “Este gráfico não tem vento, aqui não tinha, o gabinete não tinha vento”, referido por Leonor, parece ter ligado diretamente o registo à experiência sensorial, o que facilitou a leitura. A estratégia de colocarmos os gráficos lado a lado facilitou esta constatação pelas crianças, estratégia também referida por Castro e Rodrigues (2008) como relevante neste tipo de análise.

Planeamento da apresentação do projeto

Passámos para a fase da apresentação do projeto. Questionámos as crianças sobre o que queriam apresentar e escolheram realizar desenhos sobre o projeto, enquanto mediam o nível de som e a velocidade do vento.

“Eu quero desenhar nós a medir o som” (Leonor);

“Vou desenhar a mim a medir o vento com o tablet” (João);

“Eu a segurar o tablet” (Frederico);

“Vou desenhar eu a segurar o tablet!” (Ricardo);

“Vou fazer três desenhos! Eu a medir o som com o tablet e eu a tirar fotografias” (João).

A atração das crianças pelos dispositivos digitais era grande, pois todas quiseram fazer o seu retrato a segurar um tablet.

Depois de fazerem os desenhos, com recurso a lápis pastel, pintaram com guache duas folhas grandes de papel cenário, que serviram de base para a afixação dos desenhos e dos gráficos para exposição. Como utensílios, utilizaram escovas de dentes, mata-moscas, escovilhões da louça, esponjas e rolas de cortiça.

Os gráficos do nível de som: onde há mais ruído?

Dia 5

No dia anterior analisámos os gráficos da velocidade do vento e neste dia observámos os referentes ao nível de som, colocando-os na parede. A Leonor contou oito gráficos.

“Onde havia mais ruído? No pavilhão quando estavam crianças ou quando não estavam?”, questionámos.

“No pavilhão com crianças!”, responde o Ricardo, observando as oscilações em ambos os gráficos.

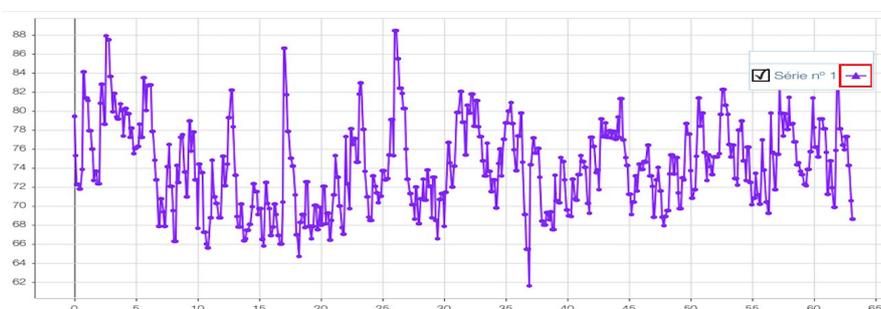
Mostrámos o gráfico do nível de som do refeitório com crianças e o do pavilhão sem crianças, colocando-o um ao lado do outro. O João apontou para um dos picos das linhas do gráfico do refeitório (Figura 9) e disse: *“Alguém gritou aqui!”*, pois já tínhamos chegado à conclusão que o gráfico apresentava um pico quando registava um som mais forte, como um grito. O Ricardo acrescentou *“e também aqui!”*, apontando para outro pico registado no gráfico do pavilhão sem crianças.

“Este subiu mais”, disse o João, apontando para o gráfico do refeitório.

“No pavilhão há pouco barulho porque o gráfico desceu”, constatou a Leonor, olhando para o gráfico.

“No refeitório estava mais barulho porque está mais para cima, porque alguém gritou, porque toda a gente estava a falar muito e subiu muito” (Tiago) (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8. Medição do nível de som no refeitório, na hora de almoço



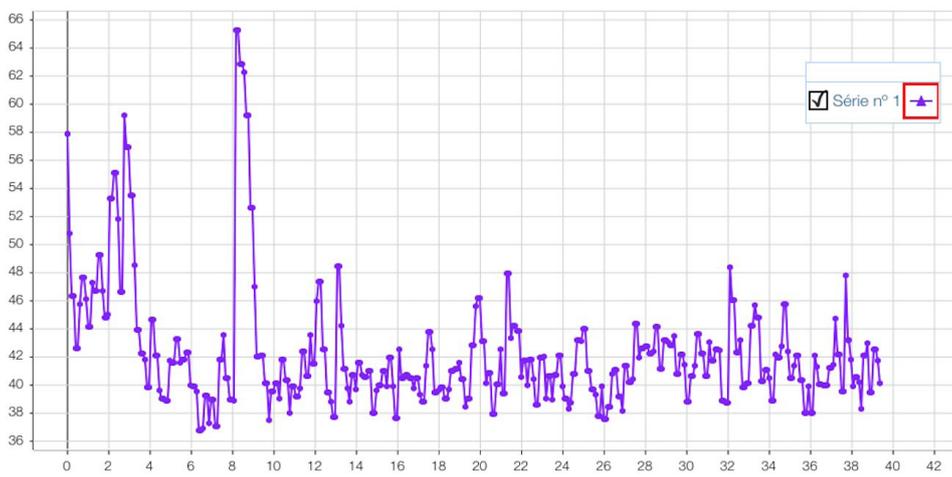


Figura 9. Medição do nível de som no pavilhão sem crianças

Mostrámos de seguida o gráfico da Sala Rosa (Figura 10) e da casa de banho (Figura 11), questionando as crianças sobre a informação que poderíamos retirar:

“Aquele [gráfico da Sala Rosa] está mais para cima e aquele [gráfico da casa de banho] está mais para baixo. Há mais som na Sala Rosa”, concluiu o Ricardo.

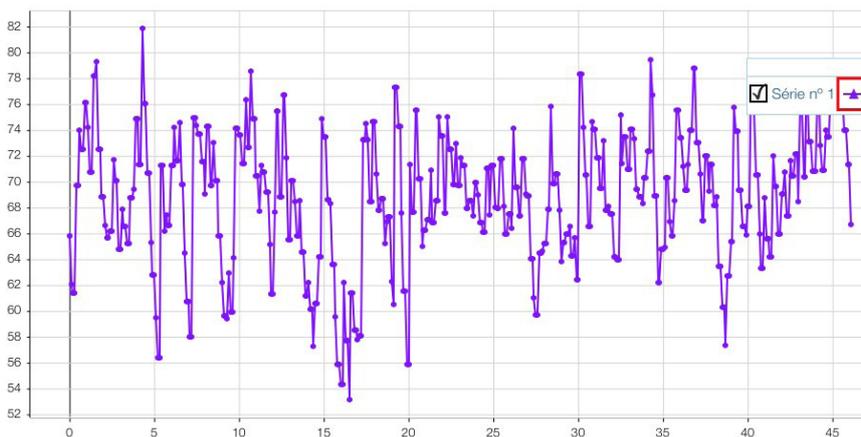


Figura 10. Medição do nível sonoro da Sala Rosa

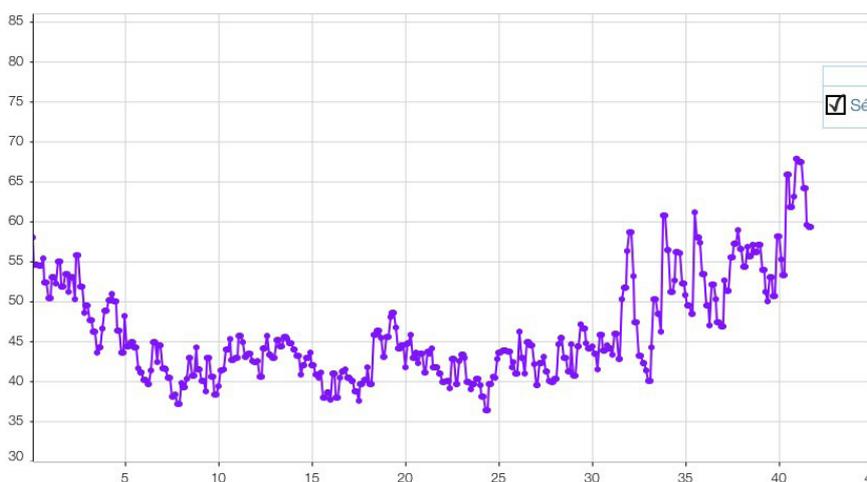


Figura 11. Medição do nível de som da casa de banho

Embora estes dois gráficos relativos ao nível de som não fossem tão fáceis de comparar como os da velocidade do vento, pois não havia nenhum que apresentasse o nível zero, as crianças conseguiram identificar em qual deles o som era mais fraco, identificando também picos de nível de som no meio de leituras de valores mais baixos de nível de som. Bright e Hoeffner (1993) referem que a leitura de gráficos não é uma tarefa trivial, sendo importante implementá-la, desde cedo, pois o uso de gráficos no contexto educativo oferece um ambiente rico de comunicação matemática, favorável à resolução de problemas, permitindo um melhor relacionamento da informação.

Após a análise destes gráficos, questionámos as crianças como iríamos colocar a informação nos painéis pintados de papel cenário.

“Podemos colar as fotos no painel grande!”, sugeriu a Leonor.

Colocámos então o papel cenário no chão, por cima pusemos os vários materiais que tínhamos do trabalho: os desenhos, os gráficos com registos da velocidade do vento e do nível de som e algumas fotografias das crianças a recolherem dados com os sensores.

Dia 6

No último dia, ao início da manhã, relembámos algumas das nossas descobertas:

“Descobrimos o que são sensores e para que servem” (Leonor);

“Os sensores sentem!” (Mariana);

“Servem para medir” (Tiago);

“Medimos o som” (João);

“Havia vento no pátio” (Frederico).

Organizámos a apresentação do projeto às crianças do J1 perguntando a cada uma delas que informação iriam apresentar.

Após a apresentação, questionámos as crianças sobre o que gostaram mais:

“Eu gostei mais da parte de colar os gráficos e as fotografias. Gostei de tudo!” (Tiago).

“Gostei mais de medir o som do pavilhão. Medir o som na Sala Rosa” (Leonor).

“Gostei de medir o som do pátio e do vento. Gostei de tudo!” (Mariana).

“Gostei de medir o som” (João).

“Gostei de colar os gráficos” (Ricardo).

“Eu gostei mais de apresentar o projeto e dizer o nome de projeto” (Frederico).

CONCLUSÃO

Pretendeu-se, como este estudo exploratório, proporcionar a um grupo de crianças com idades compreendidas entre os 4 e os 5 anos, estratégias diversificadas que promovessem conceitos matemáticos, como a medição, a organização e tratamento de dados, nomeadamente a recolha de dados e a sua representação em gráficos, e que envolvessem a utilização de TD móveis, neste caso a utilização de sensores.

Conforme refere Dante (1991), há duas razões para a matemática ser explorada em educação pré-escolar: primeiro, ela desenvolve na criança o raciocínio lógico, a sua capacidade de pensar logicamente e resolver situações-problema, estimulando a sua criatividade; segundo, é útil para a vida diária da criança, pois mesmo inconscientemente, ela está em contacto permanente com formas, grandezas, números, medidas, contagens, etc.

Assim, ao longo do texto fomos referindo como as crianças trabalharam e exploraram conceitos matemáticos, recorrendo a TD, tendo como base o trabalho de projeto: elas definiram o problema, estabelecendo questões iniciais, baseadas na sua curiosidade e ímpeto de saber mais; planificaram e desenvolveram o trabalho, organizando-se para dar resposta às questões do projeto; executaram a sua pesquisa e recolheram dados, refletindo sobre estes e criando novas questões; e, por fim, organizaram a divulgação do trabalho e avaliámo-lo em conjunto.

Observámos, ainda, como este grupo de crianças se apropriou fácil e rapidamente das TD móveis. De acordo com alguns estudos, a maioria das crianças, principalmente as mais jovens, têm uma noção “incompleta” do potencial das tecnologias, utilizando-as maioritariamente para jogos e visualização de vídeos (Brito, 2017; Dias & Brito, 2016, 2017; Marsh et al., 2017). Por isso, considerámos relevante apresentar-lhes outras possibilidades de uso destes dispositivos, nomeadamente educativas.

Não foi nosso objetivo pedagógico que as crianças aprendessem a medir ou a interpretar gráficos, mas sim promover uma primeira abordagem a medições com dispositivos digitais e aplicações que nunca

tinham utilizado, desenvolvendo assim a sua curiosidade e o ímpeto exploratório para esta área, manipulando tecnologias.

Como investigadoras, o nosso papel foi o de guia e de consultoras das atividades, tendo as crianças sido autónomas na realização das suas descobertas.

As atividades realizadas poderiam ter sido mais aprofundadas, mas para tal seria necessário mais tempo para planeamento e permanência no JI. No entanto, com este estudo cumprimos o que pretendíamos, ou seja, realizar uma atividade inicial e exploratória, utilizando TD móveis para o desenvolvimento de competências matemáticas. Não obstante, apresentamos algumas atividades que podem ser desenvolvidas de futuro, recorrendo aos sensores: i) medir o nível de som/velocidade do vento, imprimir/projetar os gráficos e analisar a quantificação das medições; ii) tendo em conta que a partir de 80 decibéis o ruído é prejudicial para o ouvido, medir o nível de som das diferentes salas de uma instituição durante um período de tempo alargado (2/3 meses) e verificar se excedem essa fronteira; iii) medir o vento no exterior nas várias estações do ano e verificar diferenças.

REFERÊNCIAS

Ashlock, R., Johnson, M., Wilson, J., & Jones, W. (1983). *Guiding Each Child's Learning of Mathematics. A Diagnostic Approach to Instruction*. Columbus, OH: Merrill

Björklund, C., & Barendregt, W. (2016). Teachers' Pedagogical Mathematical Awareness in Swedish Early Childhood Education. *Scandinavian Journal of Education Research*, 60(3), 359–377. DOI: 10.1080/00313831.2015.1066426

Bright, G., & Hoeffner, K. (1993). Measurement, Probability, Statistics and Graphing. In Owens, D. (Ed.), *Research Ideas for the Classroom. Middle Grades Mathematics*. NCTM. Research Interpretation Project.

Brito, R. (2017). *FAMÍLIA.COM: Crianças (0-6) e Tecnologias Digitais* [E-book]. Covilhã: Labcom, Universidade da Beira Interior. ISBN: 978-989-654-384-6. Retirado de <http://www.labcom-ifp.ubi.pt/livro/295>

Brito, R., & Dias, P. (2017). A participação ética de crianças com menos de 8 anos em investigação qualitativa. *Revista EDaPECi*, 17(2), 16-29. Retirado de <https://goo.gl/xJMXGx>

Castro, J., & Rodrigues, M. (2008). *Sentido de número e organiza-*

ção de dados, textos de apoio para educadores de infância. Retirado de http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/EInfancia/documentos/sentido_numero_organizacao_dados.pdf

Clements, D. H. (2001). Mathematics in the preschool. *Teaching Children Mathematics*, 7(4), 270-275.

Dante, L.R. (1991). *Didática da Matemática na Pré-Escola*. São Paulo: Ática.

Dias, P., & Brito, R. (2016). *Crianças (0-8) e tecnologias digitais* [E-book]. Lisboa: Centro de Estudos em Comunicação e Cultura, Universidade Católica Portuguesa. ISBN: 978-989-99288-2-4. Retirado de http://cecc.fch.lisboa.ucp.pt/images/site/BOOK_Crianças_e_Tecnologias_Digitais.pdf

Dias, P., & Brito, R. (2017). *Crianças (0 aos 8 anos) e Tecnologias Digitais: que mudanças num ano?* Lisboa: Centro de Estudos em Comunicação e Cultura, Universidade Católica Portuguesa. ISBN: 978-989-99288-4-8. Retirado de <https://repositorio.ucp.pt/handle/10400.14/22498>

Erickson, F. (1986). Qualitative methods in research on teaching. In Wittrock, M. C. (ed.), *Handbook of Research on Teaching*, 3rd Edition, p. 119-161. New York: MacMillan.

Goodwin, W., & Goodwin, L. (1996). *Understanding quantitative and qualitative research in early childhood education*. New York: Teachers College Press.

Henniger, L. M. (2002). *Teaching young children: An introduction* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ.: Merrill.

Katz, L., & Chard, S. (1992). *The project approach*. Retirado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED340518.pdf>

Katz, L. (1994). *The project approach*. ERIC Digest. Champaign, IL: ERIC Clearinghouse on Elementary and Early Childhood Education. Retirado de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED368509.pdf>

Helm, J., & Katz, L. (2016). *Young Investigators, the project approach in the early years* (3rd Edition). New York: Columbia University.

Marsh, J., Mascheroni, G., Carrington, V. Árnadóttir, H., Brito, R. Dias, P., Kupiainen, R., & Trueltzsch-Wijnen, C. (2017). *The Online and Offline Digital Literacy Practices of Young Children: A Review of the Literature*. COST ACTION IS1410. Retirado de <http://digilitey.eu>

Mendes, M., & Delgado, C. (2008). *Geometria, textos de apoio para*

educadores de infância. Retirado de

http://www.dge.mec.pt/sites/default/files/EInfancia/documentos/geometria_0.pdf

Vandell, D., Siegler, R., & Ginsburg, H. (2010). Early Learning in Mathematics. In *STEM Summit 2010: Early Childhood Through Higher Education* (pp.20-25). University of California, The Arnold and Mabel Beckman Center Of the National Academies of Sciences and Engineering, Irvine, California. Retirado de <http://www.ocstem.org/wp-content/uploads/STEMSummit2010Report.pdf>

CAPÍTULO 7– MELHORAR O CONFORTO TÉRMICO NA ESCOLA: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO COM ALUNOS DO ENSINO BÁSICO NO CONTEXTO DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES

Cristina Azevedo Gomes¹, Anabela Novais¹
e Isabel Abrantes¹

¹Escola Superior de Educação de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, R.Dr.
Maximiano Aragão 41, 3500-155 Viseu

RESUMO

Este capítulo apresenta um estudo exploratório sobre a utilização de sensores digitais para exploração do conforto térmico com crianças do 2.º Ciclo do Ensino Básico. O estudo foi desenvolvido com a colaboração de quatro alunas da licenciatura em Educação Básica no contexto da Iniciação à Prática Profissional. As alunas desenharam um conjunto de propostas didáticas que implementaram no âmbito das disciplinas de Ciências Naturais e Matemática do 6.º ano de escolaridade. A partir do registo e tratamento de dados recolhidos com sensores de temperatura e humidade, as crianças foram convidadas a propor soluções de melhoria do ambiente da sua escola, apresentando-as a toda a comunidade escolar. As potencialidades da integração dos sensores em temáticas de ciências e matemática são discutidas em função da análise das planificações e reflexões de alunas da licenciatura em Educação Básica, bem como da análise das soluções propostas pelas crianças do 2.º Ciclo do Ensino Básico. Reflete-se sobre os impactos nos processos de ensino aprendizagem nas crianças, valorizando a compreensão dos fatores associados ao conforto térmico e a alteração de atitudes e comportamentos. Discute-se, também, sobre o percurso de aprendizagens evidenciado pelos alunos, futuros professores, enfatizando a importância da mobilização deste tipo de dispositivos em abordagens transdisciplinares.

INTRODUÇÃO

No contexto da educação ambiental, vários estudos têm trabalha-

do a importância do desenvolvimento integrado de competências para a aquisição de informação ambiental que incluam a utilização dos próprios sentidos e de sensores no processo de consciencialização dos problemas ambientais. A integração de sensores em dispositivos móveis, como *smartphones* e *tablets*, permite adquirir facilmente e em tempo real informação do ambiente e partilhá-la em redes sociais ou plataformas de projetos colaborativos. Nesse sentido, revestem-se de enorme pertinência para o desenvolvimento de conhecimento sobre o seu ambiente, empoderando alunos e professores para refletirem, proporem e eco inovarem no desenvolvimento de escolas mais sustentáveis e saudáveis.

Um dos problemas identificado no Programa Nacional de Saúde Escolar (DGS, 2015) relaciona-se com o conceito de conforto térmico, enquanto fator de risco para a saúde e bem-estar, e que pode conduzir à dificuldade de concentração e à diminuição do desempenho escolar. No contexto do projeto Eco-sensors4Health, este estudo exploratório convoca a participação ativa de alunos do ensino básico na monitorização, compreensão e desenvolvimento de propostas de ação de melhoria das condições de conforto térmico da sua escola. O projeto de intervenção foi desenhado e implementado por estudantes da unidade curricular de Iniciação à Prática Pedagógica II da licenciatura em Educação Básica (LEB) da Escola Superior de Educação de Viseu (ESEV). Nesse sentido, este capítulo reflete duas esferas de análise numa abordagem dialógica entre a formação inicial de professores e o desenvolvimento da literacia em saúde ambiental em crianças do 2.º Ciclo do Ensino Básico (CEB).

ENQUADRAMENTO

O acesso mais facilitado a dispositivos e sensores de baixo custo, e a rápida evolução e integração de funcionalidades de aquisição de informação ambiental, georreferenciada, associado à facilidade de representar essa informação em vários formatos multimédia e à partilha em redes sociais ou plataformas colaborativas desafia a eco inovar em cenários formais e não formais de ensino/aprendizagem. A importância da informação multissensorial (Silva et al., 2009) e da utilização de sensores e dispositivos móveis para a criação de contextos de aprendizagem significativos em educação ambiental e saúde ambiental tem reconhecido impacto em vários projetos desenvolvidos na última década quer no contexto do ensino básico (Silva, Ferreira, Andrade, Nunes e Carvalho, 2015), quer no contexto da formação de professores (Silva et al., 2017).

A utilização de sensores e outros dispositivos tecnológicos implica uma mobilização consciente e refletida de pressupostos pedagógicos e didáticos. Ensinar com tecnologia é um espaço complexo e fracamente estruturado e a sua integração deve ser criativamente planejada de acordo com os conteúdos e contextos. O modelo TPACK (Mishra & Koehler, 2006; Koehler & Mishra, 2009) foi construído em torno da interligação e integração de três corpos de conhecimento de conteúdo, pedagógico e tecnológico, numa abordagem que convida a desenhar a ação de ensino/aprendizagem no diálogo e interseção de diferentes domínios: os conteúdos e conceitos (Content Knowledge - CK); as teorias de ensino e aprendizagem e de desenvolvimento cognitivo e social (Pedagogical Knowledge - PK); o conhecimento atual sobre a tecnologia (Technological Knowledge - TK). No contexto da formação de professores, esta abordagem permite equacionar uma ecologia de aprendizagem em que as ferramentas sustentem de forma intencional uma educação mais alargada, mais sustentável, mais transformadora e mais cidadã (Figueiredo, 2017).

A aprendizagem baseada em problemas (PBL), formalizada pela primeira vez num contexto de ensino da medicina (Barrows, 1986), é profundamente enraizada no trabalho de Dewey (1938) e na ideia de que o professor deve apelar aos alunos para investigar, num diálogo entre espaço escolar e não escolar, criando desafios para o aluno aprender pela e na prática. Esta abordagem transfere o foco do processo de ensino/aprendizagem para o aluno, convocando problemas ligados aos seus contextos reais do quotidiano, desafiando a pesquisa e recolha de informação, a problematização de situações e estratégias para o seu desenvolvimento e resolução. Os alunos são encorajados a desenvolver o pensamento crítico e criativo pela colaboração e negociação de significados (Savery & Duffy, 1996).

Considerando a natureza deste estudo experimental, baseado numa intervenção pontual no contexto da Iniciação à Prática Pedagógica (IPP) com estudantes de licenciatura e alunos do ensino básico, equacionou-se o seu design e avaliação em torno do modelo TPACK, sobretudo no que se refere ao percurso de aprendizagem das estudantes do ensino superior, e da abordagem PBL, sobretudo no que se refere à aprendizagem dos alunos do ensino básico.

METODOLOGIA

Contexto e participantes

A operacionalização das unidades curriculares de IPP da ESEV pro-

cura garantir um percurso formativo que integre conhecimentos teóricos e aprendizagens conceptuais e experienciais em contexto. Nesse sentido, os estudantes desenvolvem tarefas de observação, acompanhando práticas de ensino e ensaiando competências de colaboração, num processo progressivo de construção profissional. Também são convidados a participar colaborativamente na conceção, implementação e avaliação de um projeto de intervenção, fundamentado no conhecimento e análise do ambiente educativo da escola.

Este estudo de caso envolveu 4 estudantes de IPP II e 18 crianças de uma turma do 6.º ano de escolaridade de uma escola do concelho de Viseu com idades compreendidas entre 11 e 12 anos, tabela 1. Estas 4 estudantes trabalharam com uma professora cooperante que também acompanhava 3 estudantes de 1 grupo de estágio da Prática de Ensino Supervisionada II do Mestrado em Ensino do 1.º CEB e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º CEB da ESEV. Assim, as tarefas de observação, bem como de intervenção, foram desenvolvidas em colaboração com estas estudantes, embora não integrem diretamente este estudo.

Estudantes	Alunos do 2.º CEB
4 F	10 F
21 ≤ idade ≤ 22	8 M
	11 ≤ idade ≤ 12

Tabela 1. Participantes do estudo

Foram dinamizadas 3 sessões com as estudantes da LEB que envolveram a sensibilização/formação sobre o conceito de conforto térmico (CK), a manipulação de sensores digitais (TK) e a planificação de dois momentos de intervenção nas escolas (PK). Estas sessões permitiram dar a conhecer as potencialidades dos sensores na monitorização da temperatura e humidade relativa nas escolas e criar atividades/situações de aprendizagem para as crianças do 2.º CEB participarem na exploração e na promoção da saúde ambiental das suas escolas.

Recolha de dados

O processo de planificação desenvolveu-se em torno do problema do conforto térmico das escolas numa abordagem transdisciplinar, mobilizando conteúdos de Ciências Naturais e Matemática, adotando uma estratégia de ensino/aprendizagem baseada em resolução de problemas. O conforto térmico está relacionado com o equilíbrio térmico do corpo humano, influenciado por fatores ambientais e pessoais. Dos quatro parâmetros ambientais relacionados com o conforto térmico (temperatura do ar, humidade do ar, velocidade do ar e temperatura média radiante), a atividade focou-se apenas na exploração da tempe-

ratura e humidade do ar e na confrontação dos resultados num diagrama de conforto térmico adaptado de WMO (1987).

Num primeiro momento de intervenção, durante o desenvolvimento das atividades planificadas pelas estudantes da LEB e em contexto de aula de Ciências Naturais (Domínio- Agressões do meio e integridade do organismo; Subdomínio- Higiene e problemas sociais), as crianças, em grupos de 4 a 5 elementos, realizaram um conjunto de atividades: i) contactaram com os conceitos de conforto térmico e qualidade ambiental; ii) aprenderam a manusear o anemómetro (PASPORT Weather Anemometer Sensor - PS-2174) e exploraram as potencialidades do *software SPARKvue*; iii) selecionaram os locais de amostragem, marcando-os na planta da escola; iv) elaboraram um quadro de registos para os dados ambientais e v) procederam à recolha dos dados ambientais (temperatura e humidade) em diversos espaços exteriores e interiores da escola previamente selecionados.

Num segundo momento de intervenção, em contexto de aula de Matemática (Domínio- Organização e tratamento de dados; Conteúdo - Representação e tratamento de dados), as crianças construíram gráficos de temperatura / humidade relativa, com os dados ambientais recolhidos, no sentido de explorarem o conforto térmico dos locais de amostragem e elaboraram um conjunto de propostas de soluções de melhoria do ambiente da sua escola.

De forma a avaliar o impacto do estudo nos processos de ensino/aprendizagem das crianças associados ao conforto térmico e à alteração de atitudes e comportamentos, bem como a refletir sobre o impacto no percurso de aprendizagens das estudantes, futuras professoras, foi efetuada uma análise descritiva dos dados recolhidos.

As estudantes da LEB aplicaram a cada criança, em contexto de sala de aula, o mesmo questionário (pré-teste e pós-teste). Os resultados das atividades e as propostas de melhoria da qualidade do ambiente da escola foram divulgados à comunidade escolar pelas crianças. Procedeu-se a uma análise dos conteúdos mobilizados pelas crianças na planificação e implementação desta estratégia de comunicação.

As informações relativas ao impacto do estudo nas estudantes da LEB foram obtidas através da análise da planificação que elaboraram, da observação participante pela professora cooperante (titular da turma envolvida) durante os momentos de intervenção e do *Focus Group* realizado no final das atividades. O guião que orientou esta sessão foi elaborado de acordo com o referencial TPACK, permitindo analisar os vários domínios de conhecimento e as suas interseções.

DESENVOLVIMENTO DO PROJETO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

No contexto do ensino básico

As sessões com as crianças decorreram no final do mês de maio. Na primeira sessão, realizada numa aula de 90 min de Ciências Naturais, as estudantes começaram por explorar com as crianças o conceito de temperatura, humidade e sensação térmica através da apresentação e discussão de várias imagens que representavam paisagens e situações do quotidiano. As crianças participaram ativamente e responderam em diálogo a várias questões como escolher peças de vestuário e tipo de alimentos mais adaptados ao verão e ao inverno, tipo de ambientes que procuramos nestas estações do ano e identificar vários tipos de paisagem como sendo húmida, seca, fria ou quente. Como primeira aproximação à utilização do sensor, as crianças foram convidadas a descrever o ambiente na sala de aula e a medir a temperatura e humidade, tarefa que desenvolveram sem dificuldade. Com o auxílio da projeção da planta da escola, as crianças sinalizaram, em conjunto, os locais que desejavam monitorizar. Após esta tarefa, foram organizados em grupos para construírem as tabelas de registo e efetuarem as medidas. Cada grupo mediu a temperatura e a humidade em pelo menos dois dos locais pré-definidos. Após esta recolha em espaços interiores e exteriores, as crianças partilharam as suas medições, adicionando uma legenda em cada um dos pontos assinalados na planta da escola e completaram a sua folha de registos. A figura 1 representa vários momentos desta atividade.



Figura 1. Elaboração de tabela de registo; medição com o anemómetro na sala de aula; Locais de medição escolhidos pelas crianças.

A figura 2 representa uma tabela de registo preenchida por um dos grupos. Os dados recolhidos incluem parâmetros ambientais, mas também a sensação térmica associada a um símbolo para cada situação. Para além disso, nas observações, podemos ver afirmações que indicam a apreensão de conceitos, “*ao ter mais humidade sentimos frio*”.

Data	Hora	Local de observação	O que sentimos	Símbolo	Temperatura	Humidade Relativa	Observações
16-05-2018	11h:06m	Cantina	Frio		23,4°C	32%	Ao ter mais humidade sentimos mais frio
16-05-2018	11h:14m	Campo	Quente		32°C	0%	Ao não ter humidade sentimos calor
16-05-2018	11h:10m	Pátio	Calor		25,6°C	30%	Ao pé do banco na sombra está mais frio do que no sol
16-05-2018	11h:05m	Sala de aula	Confortável ameno		24,9°C	48%	Ao pé da mesa de trabalho
16-05-2018	11h:14m	Ginásio	Calor		23°C	36%	
16-05-2018	11h:20m	Pinhal	Calor		25°C	31%	
16-05-2018	11h:06m	Fonte	Alguma brisa e calor		27,3°C	27%	
16-05-2018	11h:16m	Balneários	Algum calor		25,3°C	33%	

Figura 2. Exemplo de tabela de registos

Na segunda intervenção, na aula de Matemática, as crianças construíram gráficos de pontos humidade/temperatura, confrontando com o diagrama de conforto térmico, figura 3.

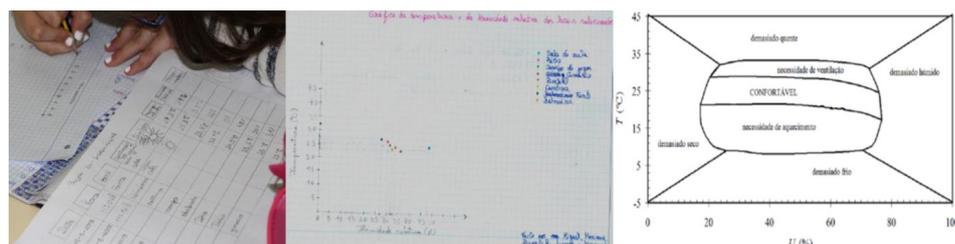


Figura 3. Elaboração de gráficos

As crianças revelaram algumas dificuldades na construção do gráfico, uma vez que os pontos temperatura/humidade relativa eram próximos. Foram discutidas as amplitudes destes valores, tendo em conta que os registos foram efetuados num só dia. Também foi discutido o registo de humidade relativa 0%, que deveria ter sido reconfirmado no próprio dia. A partir da construção do gráfico e da comparação com o diagrama de conforto térmico, as crianças apresentaram soluções para melhorar o conforto térmico da escola, como “plantar mais árvores vai criar sombra” ou “reforçar o material de revestimento de janelas e persianas”. Com o apoio das estudantes estagiárias do curso de mestrado, as crianças desenvolveram uma reportagem em vídeo onde apresentaram a atividade desenvolvida e comentaram os resultados obtidos, propondo soluções de melhoria. Este pequeno vídeo foi apresentado à comunidade escolar.

O questionário aplicado às crianças, desenvolvido e validado no âmbito do projeto *Eco-sensors4Health*, incluía 18 itens focados essen-

cialmente em atitudes e conhecimentos sobre saúde ambiental. Para o efeito deste estudo foram analisadas as respostas aos seguintes itens:

2 - As pessoas deviam pensar na importância do ambiente.

3 - Eu preocupo-me com o ambiente.

4 - A minha saúde depende muito dos hábitos de vida que tenho.

5 - Eu dou muita atenção às notícias sobre a saúde.

7 - Eu dou muita atenção às notícias sobre o ambiente.

8 - Eu preocupo-me com a saúde.

9 - Eu posso fazer alguma coisa para resolver os problemas ambientais da minha escola.

11 - Eu posso motivar outras pessoas da minha escola para resolver os problemas ambientais.

16 - Na minha escola não existem problemas de poluição.

17 - Uma temperatura desconfortável torna mais difícil estar com atenção na aula.

18 - Na minha escola, a temperatura é confortável.

A tabela 2 representa uma síntese dos resultados obtidos.

	Pré-Teste								Pós-Teste							
	1	2	3	4	5	Total	Média	CV	1	2	3	4	5	Total	Média	CV
2				3	13	16	4,8	8%				4	12	16	4,8	9%
3				11	5	16	4,3	11%				11	5	16	4,3	11%
4			2	6	8	16	4,4	16%			2	4	10	16	4,5	16%
5		2	3	6	5	16	3,9	26%	1		5	10		16	3,5	23%
7		1	2	9	4	16	4,0	20%		2	3	9	2	16	3,7	23%
8				7	9	16	4,6	11%			1	6	9	16	4,5	14%
9			2	12	2	16	4,0	13%			1	10	5	16	4,3	13%
11			2	9	5	16	4,2	15%			1	9	6	16	4,3	14%
16	3	4	8	1		16	2,4	35%	5	5	4	2		16	2,2	46%
17		1	4	6	5	16	3,9	23%			1	6	9	16	4,5	14%
18			7	8	1	16	3,6	17%			10	5	1	16	3,4	18%

Tabela 2. Resultados do Pré e Pós-Teste (1. Discordo totalmente; 2. Discordo; 3. Não concordo nem discordo; 4. Concorde; 5. Concorde totalmente).

Constata-se que para todos os itens do pré e pós-teste os alunos têm uma opinião aproximada, com variações pouco significativas, Coeficiente de Variação (CV) <50%. Nota-se uma evolução significativa relativamente ao item 17 sobre as implicações da temperatura desconfortável no desempenho escolar. O item 18 apresenta um aumento de respostas não concordo/nem discordo entre o pré e o pós-teste. As

medições feitas apenas num dia não permitem avaliar as condições de conforto da escola, nem vão ao encontro da percepção que as crianças têm sobre o conforto térmico na sua escola, uma vez que esta será construída com base numa vivência continuada ao longo do ano letivo. Os alunos tornaram-se mais críticos sobre a situação ambiental da sua escola (item 16), havendo maior dispersão e menor média nos resultados do pós-teste. Esta situação repete-se em algumas questões relacionadas com as atitudes em que a percepção sobre o “eu preocupo-me...” ou “eu dou muito atenção...” diminui no pós-teste, enquanto que em questões relacionadas com “eu posso...” aumentam. Embora estas variações sejam pequenas, parecem indicar, para esta pequena amostra e neste contexto, um reposicionamento das crianças face às questões de saúde ambiental, suscetível de se traduzir no aumento do seu grau de participação e intervenção.

No contexto da formação de professores

As estudantes aderiram ao desenvolvimento deste projeto no âmbito da IPP II, arriscando sair da sua zona de conforto, para desenhar uma intervenção ligeiramente diferente das dos outros grupos desta unidade curricular. Nas 3 sessões de preparação, realizadas na ESEV, trabalharam facilmente com a tecnologia. O maior investimento que fizeram foi na compreensão do conceito “conforto térmico” e na reflexão didática sobre a sua introdução com crianças com 11-12 anos. A preparação de uma apresentação para introduzir o tema foi evoluindo de uma situação com definições abstratas sobre temperatura e humidade, para uma situação mais concreta e corporizada com imagens que problematizavam os conceitos de uma forma integrada com as experiências sensoriais das crianças.

No decorrer das 2 intervenções em contexto de ensino/aprendizagem, as estudantes mostraram-se confiantes e conseguiram guiar as crianças, respeitando o seu espaço de criatividade e decisão. A professora cooperante testemunhou o empenho na utilização da tecnologia por parte das crianças. Também reconheceu que esta atividade possibilitou incrementar competências nas áreas da matemática e ciências do ambiente, melhorando, igualmente, a literacia tecnológica, ambiental e em saúde.

As estudantes reconheceram que apenas tinham um conhecimento muito geral sobre este tema e que tiveram necessidade de aprofundar, entender e relacionar os vários parâmetros que influenciam o conforto térmico (CK). Não conheciam os dispositivos e as aplicações, mas consideraram que foi fácil e não tiveram dificuldades (TK) na sua utilização. Apontaram a importância de focar os conceitos a partir do quotidiano

e da sua abordagem interdisciplinar (PK).

Afirmaram, também, que trabalharam o conceito de conforto térmico de uma forma “simples e global”, de maneira a facilitar a aprendizagem das crianças (PCK). Reconheceram que a utilização das TIC é uma mais-valia para abordar conteúdos de várias áreas (geografia, matemática) e que mais tarde querem utilizar esta tecnologia (PTK). Concluíram que trabalhar com os sensores as ajudou a perceber os conteúdos (TCK).

Como maior dificuldade, apontaram a tarefa de construção de gráficos, uma vez que os dados (obtidos no mesmo dia e hora) eram muito próximos.

CONCLUSÃO

Este estudo exploratório permitiu desenvolver um cenário de ensino/aprendizagem transdisciplinar para promover a literacia em saúde ambiental em crianças do 2.º Ciclo do Ensino Básico. Ao envolver estudantes de licenciatura em Educação Básica na sua Iniciação à Prática Pedagógica, contribuiu, também, para o desenvolvimento profissional das futuras professoras.

No desenvolvimento das atividades e seguindo uma abordagem PBL, as crianças trabalharam os conceitos ligados aos seus contextos reais do quotidiano, problematizaram situações sobre conforto térmico, organizaram o processo de recolha de parâmetros ambientais que influenciam o conforto térmico, analisaram os resultados e apresentaram estratégias para melhorar a qualidade ambiental da sua escola. A utilização dos sensores digitais, a recolha e análise de dados ambientais no contexto descrito, ajudou na consciencialização da qualidade ambiental da sua escola, facto visível na evolução de respostas entre o pré-teste e o pós-teste e no testemunho da professora cooperante titular da turma.

Relativamente ao trajeto formativo das estudantes, constatou-se mobilização de forma transdisciplinar de conteúdos de Matemática e de Ciências Naturais para esta intervenção. As sessões de preparação permitiram refletir sobre a utilização consciente e significativa dos sensores e da tecnologia para aumentar a capacidade de perceção do ambiente e de parâmetros ambientais importantes para a nossa saúde. A análise de conteúdo do *Focus Group* permitiu avaliar o desenvolvimento do conhecimento do conteúdo, do conhecimento pedagógico e do conhecimento tecnológico, mas sobretudo das articulações e inter-relações que as estudantes conseguiram identificar, desenvolvendo

cenários de eco aprendizagem mais significativos e que promovam o desenvolvimento de uma educação mais cidadã.

REFERÊNCIAS

Barrows, H.S. (1986). A Taxonomy of Problem Based Learning Methods. *Medical Education*, 20, 481-486.

Dewey, J. (1938). *Logic: The Theory of Inquiry*, New York: Holt and Co.

Direção Geral de Saúde (2015) *Programa Nacional de Saúde Escolar | 2015*, consultado em <https://observatorio-lisboa.eapn.pt/ficheiro/Programa-Nacional-de-Sa%C3%BAde-Escolar-2015.pdf>, novembro de 2018.

Figueiredo, A. D. (2017). Histórias, mitos e aspirações das TIC na educação em Portugal, in *.TIC e Redes Digitais*, Coleção: Seminários e Colóquios, Conselho Nacional de Educação.

Koehler, M. J., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.

Mishra, P., & Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054.

Savery, J. R., Duffy, T., M. (1996). Problem Based Learning: An instructional model and its constructivist framework. In B. Wilson (Ed.). *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design*, NJ: Educational Technology Publications Englewood Cliffs.

Silva, M. J., Aboim, S., Teixeira, S., Pinto, J. A, Pereira, T. (2016). Using Senses and Sensors in the Environment to Develop Abstract Thinking: Evaluating the Utility and Usability of Electronic Sensors. In Marcelino, M. J., Mendes, A. J., Gomes, M. C. A. (eds.). *ICT in Education*, pp. 133-149. Springer International Publishing.

Silva, M. J., Ferreira, E., Andrade, V., Nunes, O., and Carvalho, M. L. (2015). Embodied education: Senses, emotions, and technology. *Proceedings of the 2015 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*. Available at <https://ieeexplore.ieee.org/document/7451644/>

Silva, M. J., Gomes, C. A., Pestana, B., Lopes, J. C., Marcelino, M. J., Gouveia, C., and Fonseca, A. (2009). Adding space and senses to mobile world exploration. In A. Druin (Ed.), *Mobile technology for children*, 147-

170. Boston: Morgan Kaufmann.

Silva, M.J., Caseiro, A., Rodrigues, M., Valente, B., Melo, N., Almeida, A., Nunes, C. (2017). The Eco-sensors4Health project in teacher training: Using sensors to raise awareness in environmental health. *Proceedings of 2017 International Symposium on Computers in Education (SIIE)*. Available at <https://ieeexplore.ieee.org/document/8259658>

W.M.O. (1987). *World Climate Programme Applications, Climate and Human Health*. World Meteorological Organization.

