

# *Utilizar eco-sensores na exploração da saúde ambiental: Das salas de aula ao espaço exterior na formação docente*

**Maria João Silva, Ana Caseiro, Margarida Rodrigues, Bianor Valente, Nuno Melo, António Almeida, Clarisse Nunes**

CIED, Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Lisboa (ESELx, IPL)

Lisboa, Portugal

[mjsilva@eselx.ipl.pt](mailto:mjsilva@eselx.ipl.pt), [anac@eselx.ipl.pt](mailto:anac@eselx.ipl.pt), [margaridar@eselx.ipl.pt](mailto:margaridar@eselx.ipl.pt), [bianorv@eselx.ipl.pt](mailto:bianorv@eselx.ipl.pt), [nunom@eselx.ipl.pt](mailto:nunom@eselx.ipl.pt), [aalmeida@eselx.ipl.pt](mailto:aalmeida@eselx.ipl.pt), [clarisse@eselx.ipl.pt](mailto:clarisse@eselx.ipl.pt)

**Resumo:** A investigação apresentada neste artigo desenvolveu um conjunto de cenários pluridisciplinares de aprendizagem para promover a exploração da saúde ambiental na formação docente, utilizando eco-sensores em diversos espaços interiores e exteriores à escola. Os referidos cenários centram-se em diversas dimensões da saúde ambiental das escolas, como o som e a qualidade do ar, especificamente a concentração de dióxido de carbono no ar. A avaliação do uso dos sensores para explorar estas dimensões da saúde ambiental da escola tornou possível validar práticas pluridisciplinares de utilização dos sensores em saúde ambiental na formação docente inicial e perspetivar práticas dos/as futuros/as docentes no empoderamento das crianças, para eco-inovarem em saúde ambiental.

**Palavras-chave:** Sensores, Formação docente, Saúde ambiental, som, qualidade do ar.

**Abstract:** This research developed a set of multidisciplinary learning scenarios to promote the exploration of environmental health in teacher education, using eco-sensors indoors and outdoors. These scenarios focus on several dimensions of schools' environmental health, such as sound and air quality, specifically the concentration of carbon dioxide in the air. The evaluation of the use of sensors to explore these dimensions of the schools' environmental health made it possible to validate multidisciplinary practices of the use of sensors in environmental health in initial teacher training, and to foresee teachers' practices to empower children to eco-innovate in environmental health.

**Key words:** Sensors, Teacher education, Environmental health, sound, air quality.

## 1. Introdução

Os sensores são atualmente usados no quotidiano, nomeadamente como extensões dos sentidos humanos [Magnani 04], estando integrados em dispositivos móveis que permitem atividades ubíquas, formais e informais, de aprendizagem e de promoção da saúde [Shuler et al. 2013] [Silva et al. 2010]. As tecnologias móveis permitem, em qualquer momento

e em qualquer lugar, atividades colaborativas de exploração do ambiente, bem como de pesquisa e de resolução de problemas, dado que os sensores facilitam a aquisição de dados ambientais e os sistemas de data-logging permitem o processamento desses dados e a sua apresentação com representações múltiplas [Shuler et al. 2013] [Peskin 10]. Apesar de todas estas potencialidades e da crescente posse de dispositivos móveis por docentes e discentes [Ferreira

et al. 15], a preparação de docentes para integrar este tipo de estratégias nas atividades de ensino e aprendizagem ainda não é suficiente [Shuler et al. 2013] [EC 2013].

A investigação apresentada neste artigo visa a compreensão das potencialidades e desafios do uso dos sensores na promoção da saúde ambiental nos espaços interiores e exteriores de uma escola de formação de professoras/es, perspetivando futuras práticas docentes que conduzam à sensibilização e empoderamento das crianças neste mesmo domínio.

O trabalho de investigação foi desenvolvido no contexto do projeto de investigação Eco-sensors4Health (Eco-sensores na promoção da saúde: Apoiar as crianças na criação de escolas ecosaudáveis), em colaboração com o projeto TEL@FTELab (Technology Enhanced Learning@Future Teacher Education Lab). Os dois referidos projetos cruzam-se no presente estudo. O projeto Eco-sensors4Health visa mobilizar o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) do quotidiano, como os sensores, para criação de ambientes saudáveis e sustentáveis na escola, pretendendo-se preparar práticas docentes que conduzam ao empoderamento das crianças no uso dos sensores para intervenção na saúde ambiental das escolas. A colaboração com o projeto TEL@FTELab enquadra-se no seu objetivo de investigar como pode uma formação enriquecida com tecnologia melhorar a preparação docente.

No contexto dos dois projetos, os métodos de uso dos sensores e outras tecnologias móveis usaram as seguintes abordagens: i) multidisciplinaridade [Hussein et al., 10] [Kostkova1 15], mobilizando diferentes áreas disciplinares, nomeadamente ciências da natureza, matemática e tecnologias, para a implementação e reflexão sobre atividades de aprendizagem móvel sobre saúde ambiental; ii) promoção da autonomia das/os estudantes, nomeadamente sobre como pesquisar o quê [Kostkova1 15]; iii) desenvolvimento de atividades autênticas e situadas, integrando problemas reais e de proximidade, com uso de sensores e outras TIC [Silva et al., 13]; iv) promoção do conhecimento de conteúdo pedagógico e tecnológico, como interseção do conhecimento tecnológico, do conhecimento de

conteúdo e do conhecimento pedagógico, em conformidade com o modelo TPACK [Mishra 06].

Nas atividades no ambiente exterior da escola de formação de professores/as, existiu ainda a colaboração com o Projeto Glocal Agir (Conhecer o ambiente global para agir localmente: das aprendizagens em espaços naturais à intervenção urbana), nomeadamente no que se refere ao seu objetivo de desenvolver a ação local, com a finalidade de melhorar a qualidade ambiental do Campus do Instituto Politécnico de Lisboa (IPL).

Este artigo integra, para além desta introdução, o enquadramento e o trabalho relacionado com a investigação realizada, a metodologia usada, a apresentação e análise de dados, o trabalho desenvolvido e as conclusões.

## 2. Enquadramento e trabalho relacionado

Os dispositivos móveis, integrando sensores para aquisição de informação ambiental e corporal, têm sido recentemente usados como meios: i) de acesso a informação sobre saúde e ambiente na internet [Lupton 15]; ii) de promoção de comportamentos saudáveis [Klasnja 12]; iii) de monitorização, medição e visualização do ambiente e do corpo humano [Lupton 15]; e iv) de publicação da informação adquirida na internet [Boulos 11]; [Lupton 15].

Por outro lado, desde o início do século XXI, o uso de sensores tem sido considerado como uma estratégia poderosa na educação em ciências e matemática, contribuindo para melhores resultados de aprendizagem [Tinker 02] e para experiências positivas de ensino das ciências, por parte das/os professoras/es [Murphy 03].

Os projetos TEEMSS2 [Zucker 07] e POLLEN [van den Berg 10] criaram recursos, destinados a docentes e crianças de escolas do ensino básico, para apoio ao uso de sensores em atividades de pesquisa e exploração do ambiente, com mobilização e experimentação de representações múltiplas da informação ambiental.

São numerosos os projetos que têm usado sensores integrados em dispositivos móveis para explorar

didaticamente o ambiente em atividades de pesquisa. Um dos projetos pioneiros foi o projeto Globe, em que alunas/os de escolas em muitos locais do mundo usaram sensores para realizar medições cientificamente válidas, cujos dados eram reunidos, tratados e apresentados para interpretações locais e globais [Globe w.d.]. Muitos outros projetos se lhe seguiram, desenvolvendo atividades de significação ambiental com sensores (incluindo GPS, câmaras fotográficas e sensores de som, temperatura e humidade) e dispositivos móveis (como PDA e *smartphones*), integrados em plataformas e usados em ambientes reais (uma análise de tais projetos pode ser consultada em [Silva et al. 09]). Mais recentemente, com o desenvolvimento de sensores mais acessíveis a qualquer cidadã/o, e com o aumento da utilização quotidiana de *smartphones* com acesso à Internet [Ferreira et al. 15], têm-se multiplicado os Kits de sensores, que detetam e medem parâmetros ambientais e de saúde ambiental [McGrath et al. 14], para uso por redes de cidadãs/ãos e por crianças e docentes nas escolas. O projeto CITI-SENSE, por exemplo, é um projeto europeu que visa empoderar as/os cidadãs/ãos na participação e contribuição para um ambiente mais saudável e sustentável, influenciando as prioridades e decisões relacionadas (www.citi-sense.eu). Disponibiliza packs de sensores, entre outros recursos, para a monitorização da qualidade do ambiente pelas pessoas. Neste projeto, estão a participar 12 escolas, em 4 países, monitorizando o ar interior.

No entanto a formação de docentes em TIC é, ainda, frequentemente não obrigatória, constatando-se que as TIC são usadas para preparar as aulas, mas não tão frequentemente nas aulas, pelo que o investimento na referida formação é recomendado pela Comissão Europeia [EC 2013].

Neste contexto, e reconhecendo também a ainda não suficiente formação docente para a mobilização de tecnologias móveis por docentes [Shuler et al. 2013], a presente investigação concebeu e validou um conjunto de cenários de aprendizagem para a formação inicial de professores/as, mobilizando Unidades Curriculares das áreas de Ciências da Natureza, da Matemática e das Tecnologias e nelas desenvolvendo atividades de saúde ambiental, com recurso aos sensores. Mais recentemente, com base nesta validação, conceberam-se e implementaram-se

atividades de exploração da saúde ambiental de espaços exteriores, com recurso a sensores. Todas estas atividades reconhecem a necessidade de familiarização das/os docentes com os sensores [Shuler et al. 2013], antes da utilização dos mesmos no interior e exterior das escolas com as crianças [Chamberlain 14].

### 3. Metodologia

No contexto de uma Licenciatura em Educação Básica (LEB), em Lisboa, foram implementados cenários de aprendizagem, em diversas Unidades Curriculares, visando a análise e significação de dados adquiridos com recurso a sensores e envolvendo variáveis de saúde ambiental. Os cenários foram avaliados por observação participante, realizada pelas/os docentes e através de questionários de itens abertos às/aos alunas/os. Foi efetuada análise de conteúdo às respostas a estes questionários.

A conceção dos cenários contemplou o Modelo de Maturidade da Sala de Aula do Futuro [iTEC Project 14], posicionando as dimensões consideradas (Tabela 1), em diferentes níveis, de acordo com aquele referencial, tanto no que respeita ao momento anterior ao da implementação do cenário, como ao nível desejado que o cenário pretendia alcançar.

Os cenários também visaram desenvolver o conhecimento das/os futuras/os docentes nas três dimensões do modelo TPACK (Fig. 1).

**Tabela 1** – Níveis de maturidade da sala de aula do futuro

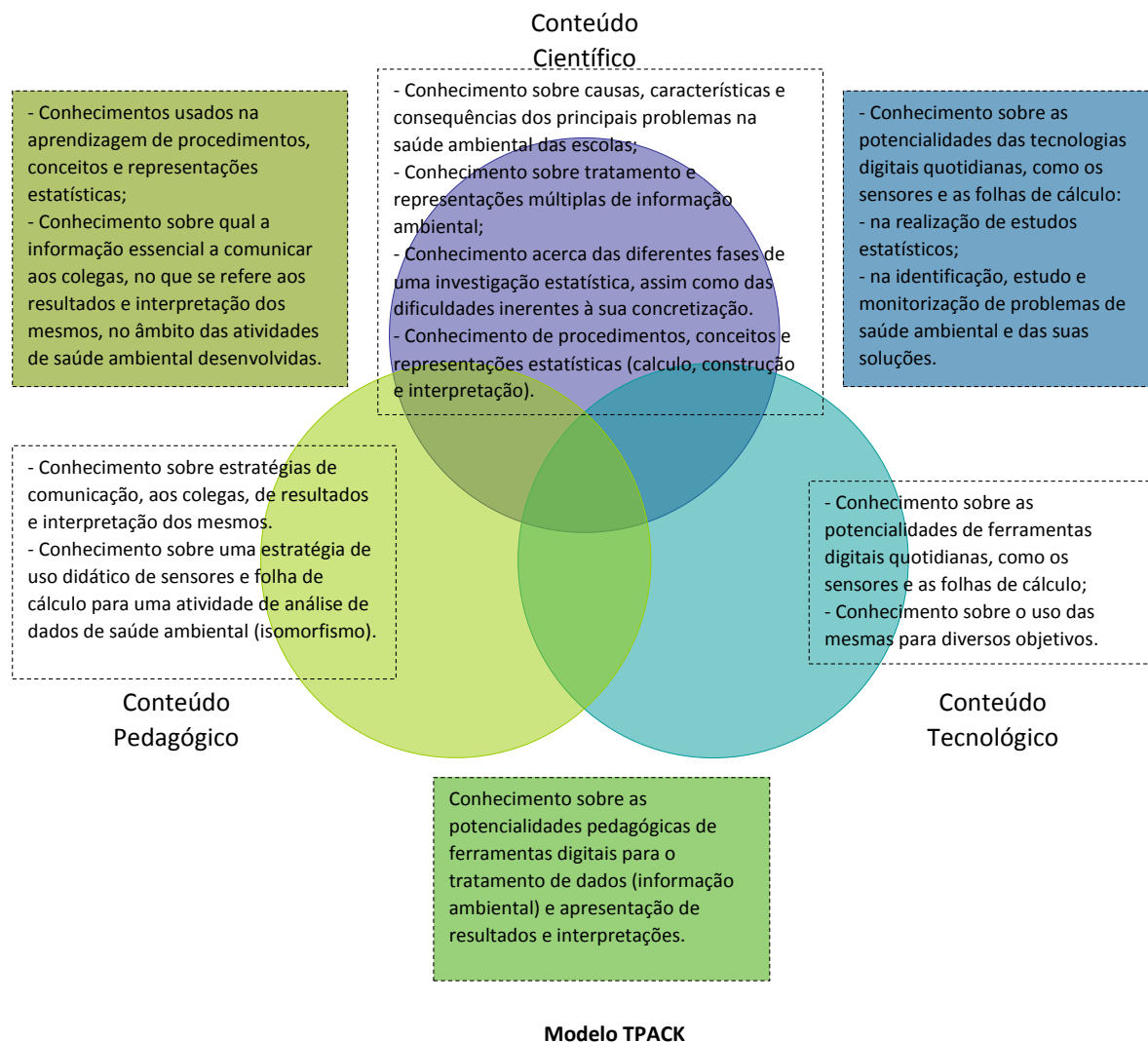
<i>Dimensões</i>	<i>Níveis de maturidade</i>	
	<i>Atual</i>	<i>Desejado</i>
Aluno	2 - Enriquecer	3 - Aperfeiçoar
Professor	3 - Aperfeiçoar	4 - Expandir
Objetivos de aprendizagem e avaliação	2 - Enriquecer	3 - Aperfeiçoar
Capacidade da instituição de suportar a inovação em aula	3 - Aperfeiçoar	4 - Expandir
Ferramentas e recursos	3 - Aperfeiçoar	4 - Expandir

### **3.1. Uso do sensor de som nas Unidades Curriculares “Análise de Dados” e “TIC na Matemática e nas Ciências da Natureza”**

Na UC de Análise de Dados, participaram as três turmas do 2.º ano diurno da LEB, num total de 92 futuras/os professoras/es. Na UC eletiva de TIC na Matemática e nas Ciências da Natureza (TICMC), participou a totalidade da turma, composta por oito alunas do 2.º ano do curso LEB pós-laboral, que trabalharam em pares.

O cenário de aprendizagem, usado em ambas as UC, visou a recolha, organização, tratamento e análise de dados estatísticos relativos ao nível de som em diferentes locais da instituição, tendo havido um

momento inicial dedicado ao levantamento de previsões desses valores. Para este trabalho, foram utilizados: i) os *smartphones* das/os estudantes com os respetivos sensores de som, através da aplicação SPARKvue, para a recolha de dados; ii) os e-mails das/os estudantes para exportação dos dados recolhidos; e iii) o Excel para tratamento dos dados, determinação de medidas estatísticas e construção e análise de representações gráficas. Para avaliação da intervenção didática, foram recolhidos os trabalhos produzidos pelos estudantes e foi aplicado um inquérito por questionário a cada um/a das/os participantes, na UC de Análise de Dados, e a cada par de estudantes na UC TICMC. Os questionários



**Fig. 1.** Modelo TPACK integrado nos cenários de aprendizagem

tinham um conjunto de perguntas comum sobre a pertinência de uso do *smartphone* e da folha de cálculo, tendo sido acrescentado um outro conjunto, relativas à avaliação da pertinência das atividades para futuras práticas docentes, ao questionário aplicado na UC TICMC.

### 3.2. Uso do sensor de ritmo cardíaco na Unidade Curricular “TIC na Matemática e nas Ciências da Natureza”

Na atividade de uso do sensor de ritmo cardíaco na UC TICMC, participaram as oito alunas, em quatro pares, que compõem a turma. O cenário visou a

realização de atividades de uso de um sensor de ritmo cardíaco (Zephyr Heart Rate Monitor) em conjunto com a app Endomondo para monitorizar as alterações do referido ritmo no ambiente da escola e durante a dramatização de um debate em “Parlamento” sobre a Central Nuclear de Almaraz. As representações gráficas criadas pelo software foram exportadas para o Google Earth e interpretadas pelas estudantes. Para avaliação do cenário, foi aplicado um novo questionário a cada par de estudantes.

### 3.3. Uso do sensor de dióxido de carbono nas Unidades Curriculares “TIC na Matemática e nas Ciências da Natureza” e “Mundo Vivo”

Na atividade de uso do sensor de dióxido de carbono na UC TICMC, participou apenas metade da turma. O cenário visou a realização de atividades de uso de um sensor dióxido de carbono no ar para monitorizar as alterações de concentração do mesmo em diversas atividades e locais da escola. Os dados foram recolhidos através do uso do PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110, em conjunto com a aplicação SPARKvue, sendo posteriormente exportados para o Excel, onde as estudantes efetuaram o seu tratamento. A avaliação do cenário foi baseada na observação participante e na resposta de dois pares de estudantes a um questionário de avaliação.

Desenvolveu-se ainda um outro cenário de aprendizagem, denominado “As trocas de Dióxido de Carbono e Oxigénio entre as Plantas e a Atmosfera”, na UC Mundo Vivo, com o mesmo objetivo central dos cenários anteriores, mas focando-se na influência das plantas na qualidade do ar interior e exterior das escolas. Neste cenário, as/os estudantes utilizaram os sensores de dióxido de carbono (PASPORT Carbon Dioxide Gas Sensor - PS-2110) e oxigénio no ar (PASPORT Oxygen Gas Sensor - PS-2126<sup>a</sup>), em conjunto com a *app* SPARKvue, instalada nos próprios *smartphones*.

Numa primeira sessão, as/os estudantes familiarizaram-se com a utilização dos sensores, enquanto reconheciam empiricamente algumas fontes e sumidouros de oxigénio e dióxido de carbono no ar: a libertação de dióxido de carbono na respiração (estudo do ar exterior, do ar da sala de aula, do ar expirado e da fermentação realizada por leveduras); o consumo de oxigénio na respiração (estudo do ar exterior, do ar da sala de aula, do ar expirado). Nestas medições, usaram-se garrafas adaptadas aos sensores, para recolher amostras de ar, e um EcoZone System - ME-6668. Neste Ecozone system é colocada uma mistura de 20g de levedura, 100ml de água e 30g de sacarose, dando-se imediatamente início à monitorização da variação da concentração deste gás no ar dentro do sistema.

Numa segunda aula, as/os estudantes exploraram, com os mesmos recursos (sensores e *app*), as trocas de dióxido de carbono e oxigénio realizadas pelas plantas com a atmosfera, em condições de presença e de ausência de luz, relacionando as referidas trocas, com os processos de respiração e fotossíntese. Nesta aula, para além dos sensores e *app*, também se usou o EcoZone System - ME-6668, para se colocar a planta e adaptar os sensores.

No final da implementação do cenário, foi possível refletir sobre a influência das pessoas e das plantas na qualidade do ar interior e exterior à escola. A avaliação do cenário foi baseada nos relatórios elaborados pelas/os estudantes.

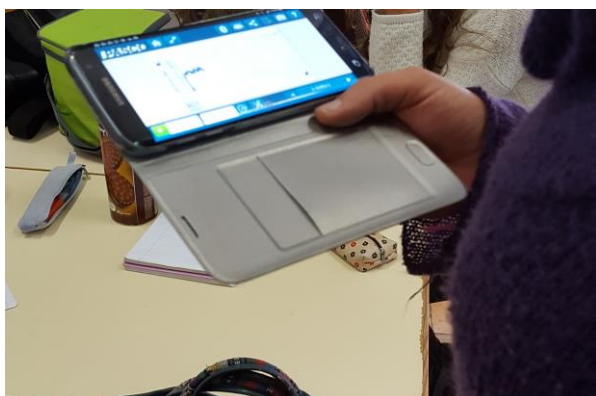
## 4. Apresentação e análise dos resultados

### 4.1. Uso do sensor de som nas Unidades Curriculares “Análise de Dados” e “TIC na Matemática e nas Ciências”

Na UC de Análise de Dados, as/os estudantes mostraram-se motivadas/os ao longo da realização da atividade, sobretudo no momento da realização das previsões do nível de som nos diversos locais da instituição e no momento da recolha dos dados (Fig. 2). Os locais e hora de recolha dos dados variaram de turma para turma, tendo-se obtido valores de nível sonoro entre 27.2 dBC e 70.0 dBC (Tabela 2).

A análise das respostas das/os futuras/os professoras/es aos questionários permitiu verificar que a maioria (82%) considerou a tarefa pertinente, tendo as justificações contemplado, sobretudo, a pertinência da tarefa pelo tema em estudo (o som) e a utilização/consolidação de conteúdos estatísticos anteriormente trabalhados na UC.

Neste cenário de aprendizagem, as/os estudantes mostraram-se favoráveis à utilização de TIC, sendo que 90% referiram considerar pertinente o uso do *smartphone* para a realização da proposta, e 95% referiram considerar pertinente o uso do Excel. Apesar destes valores elevados, é de realçar que 10% das/os futuras/os professoras/es consideraram o uso do *smartphone*, e 5% o uso do Excel, como estratégias não pertinentes para a aprendizagem.



**Fig. 2.** Recolha de dados com *smartphone* e app SPARKvue

**Tabela 2.** Níveis sonoros na escola (UC “Análise de Dados”)

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

Na UC de TICMC, os valores, nas previsões, variaram entre os 20 dBC na Biblioteca e os 80 dBC na entrada da escola. No que respeita aos dados recolhidos, o nível sonoro variou entre 38,7 dBC, no parque de estacionamento, o qual pode ser sentido como repousante, e 90,7 dBC no refeitório, valor muito elevado e fatigante (Tabela 3).

**Tabela 3.** Níveis sonoros na escola (TICMC)

	Estacionamento	Refeitório	Sala de aula vazia	Entrada	Zona de estudo	Corredor
Mínimo (dBC)	38,7	55,4	47	66,8	44,2	57,6
Máximo (dBC)	65	90,7	53,7	80,6	72,1	67,9

Existiu unanimidade quanto à pertinência do uso dos *smartphones* e do Excel na atividade proposta. Também 100% das respostas apresentam

justificações para a utilidade do uso do sensor de som para a docência futura, nomeadamente pela dimensão prática e experiencial na aprendizagem das crianças, e pela importância da multissensorialidade no tratamento do tema da poluição sonora. Um dos pares referiu, ainda, o isomorfismo de práticas, assinalando a utilidade futura para saberem como pôr a experiência em prática com as crianças.

Uma das respostas, alusiva ao uso do *smartphone*, alerta para a necessidade da docente "ter sempre sensibilidade para o desequilíbrio a nível económico e social entre os alunos, de forma a não criar nenhum tipo de desvantagem entre os mesmos". Por outro lado, no final da atividade, 3 dos 4 pares referiram ter gostado da atividade por poderem avaliar uma dimensão da qualidade ambiental, usando apenas o seu *smartphone*.

O tema e a interpretação dos dados revelaram-se significativos, dado que as/os estudantes compararam as medições efetuadas com as suas experiências e perceções quotidianas, confirmando por exemplo que o refeitório e o bar são zonas com elevado nível sonoro, que a Biblioteca é o local mais silencioso e que as zonas de estudo nem sempre mantêm o nível sonoro adequado. Os valores medidos dependeram muito do momento dessa medição, sendo que, por exemplo, o Salão Nobre se encontrava sem atividades e a zona de entrada tinha um grupo de pessoas em convívio, nos momentos de medição.

Como seria expectável, por se tratar de uma UC de opção centrada em TIC, a avaliação pelas/os estudantes, em relação à pertinência do uso do *smartphone* e do Excel, foi unânime e mais positiva no caso da UC TICMC do que no caso da UC Análise de Dados. Foi ainda salientado que a estratégia BYOD (Bring Your Own Device) tem de considerar a diversidade de estudantes e dos dispositivos móveis que possuem.

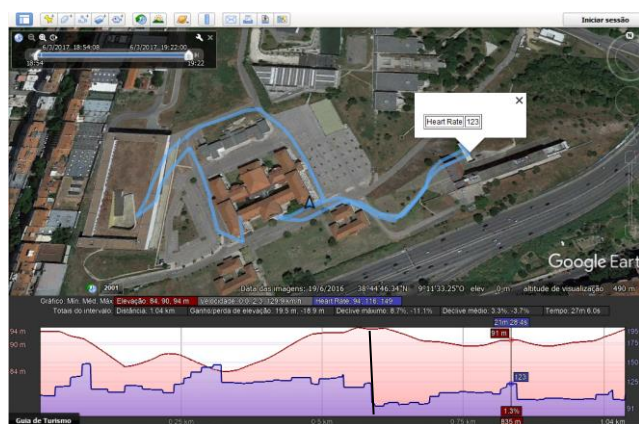
#### 4.2. Uso do sensor de ritmo cardíaco na Unidade Curricular “TIC na Matemática e nas Ciências”

Na UC TICMC, duas estudantes (uma de cada vez) recolheram os dados do seu ritmo cardíaco, fazendo diferentes percursos no exterior da escola, acompanhadas pelas colegas que anotavam os locais

e acontecimentos de modo a poderem interpretar depois a variação observada no gráfico.

Ao analisarem os dados do sensor do ritmo cardíaco, exportados pela app Endomondo e apresentados no Google Earth (ver Fig. 3; o traço vertical marca a separação dos dados relativos a cada uma das estudantes), as estudantes constataram que o ritmo cardíaco, além de variar de pessoa para pessoa (a primeira estudante tinha um ritmo médio superior ao da segunda), também tinha variado em função do esforço físico desenvolvido ao longo do percurso, (subida de rampas, irregularidades e diferentes elevações do terreno, no caso da segunda estudante) e em momentos de stress acrescido ao andar em cima de uma barra estreita de olhos fechados, tentando equilibrar-se para não cair, por exemplo. Na figura 3, está assinalado no gráfico da altitude e do ritmo cardíaco, e também no percurso no Google Earth, um momento a seguir a uma subida em altitude (uma rampa), notando-se que o ritmo cardíaco subiu à medida que a altitude aumentou.

Durante a simulação de um debate parlamentar sobre o impacte ambiental da Central Nuclear de Almaraz, uma estudante usou o sensor de ritmo cardíaco. Foi possível observar que o ritmo cardíaco começou por subir, mantendo-se depois em valores relativamente baixos, enquanto as colegas discutiam, até que a aluna foi interpelada pela docente para entrar na discussão, tendo o seu ritmo cardíaco subido de forma bem visível.



**Fig. 3.** Gráfico de altitude (linha superior) e do ritmo cardíaco de duas estudantes (linha inferior), com percurso no Google Earth.

No final da atividade, as alunas reconheceram a relação entre as variações do ritmo cardíaco e o (des)conforto ambiental. As alunas também realçaram que o uso do sensor de ritmo cardíaco seria de grande utilidade no estudo do sistema circulatório no 6º ano de escolaridade.

Nas respostas aos questionários, 100% das estudantes afirmaram nunca ter usado um sensor de ritmo cardíaco e considerou importante o seu uso conjunto com o Google Earth, registando-se referências a poderem "observar os dados de diferentes variáveis numa mesma área gráfica", possibilitando "uma melhor interpretação dos resultados obtidos", ao visualizarem a "interligação de todas as variáveis e a evolução conjunta das mesmas". Todos os pares de estudantes consideraram útil o uso do sensor de ritmo cardíaco para a docência futura, justificando com i) a ligação entre várias áreas curriculares (Português, Matemática e Estudo do Meio), ii) a importância do tema e da experimentação.

### 4.3. Uso do sensor de dióxido de carbono nas Unidades Curriculares “TIC na Matemática e nas Ciências” e “Mundo Vivo”

Na aplicação do cenário de aprendizagem de uso do sensor de dióxido de carbono na UC TICMC, a recolha de dados decorreu em vários momentos. Num primeiro momento, o sensor começou a adquirir dados no ar da sala de aula, sendo depois colocado numa garrafa para a qual uma aluna tinha expirado (ver Tabela 4, ar expirado). Assim, as alunas reconheceram que o valor máximo medido correspondia à concentração de dióxido de carbono do ar dentro da garrafa (ar expirado por uma aluna que se misturou com o ar da sala de aula que já estava dentro da garrafa).

Num segundo momento, um fósforo acabado de apagar foi colocado dentro da garrafa que continha ar da sala de aula. Assim, também foi reconhecido que o valor máximo medido (ver Tabela 4, fumo de um fósforo) correspondia a um valor da concentração de dióxido de carbono do ar dentro da garrafa (ar da sala de aula, que já estava dentro da garrafa, misturado com o fumo do fósforo).

**Tabela 4. Concentração de CO<sub>2</sub> em diversas atividades e espaços**

	<i>Ar expirado</i>	<i>Fumo de um fósforo</i>	<i>Jardim, perto da IC 19</i>	<i>Carro a trabalhar</i>
<b>Máximo (ppm)</b>	25868 ppm	2616 ppm	2837 ppm	13045 ppm

Num terceiro momento, o sensor de dióxido de carbono foi mantido no jardim da escola, junto à via rápida IC19 (na Fig. 3, é possível visualizar a proximidade da estrada IC19 ao jardim), tendo-se verificado que, sempre que passava um carro, a concentração de dióxido de carbono no ar subia, que quando passava um camião essa subida era maior e que, quando os automóveis passavam mais perto do jardim, a subida também era maior. Num último momento de aquisição de dados, o sensor de dióxido de carbono foi mantido junto de um carro, antes durante e depois de o carro ser colocado a trabalhar (ver Tabela 4, dados do carro a trabalhar).

Neste contexto as estudantes mostraram compreender que: i) o ar expirado possui uma elevada concentração de dióxido de carbono, pelo que a qualidade do ar nas salas de aula deve ser monitorizada e cuidada; ii) as combustões são fontes de dióxido de carbono para o ar, contribuindo para a diminuição da qualidade do ar interior e exterior; iii) apesar de a concentração aumentar, o dióxido de carbono é sempre um constituinte minoritário do ar. Das respostas dos dois pares ao questionário, salienta-se: i) o fator novidade do sensor de dióxido de carbono, das unidades usadas e da facilidade de uso do mesmo, nomeadamente com os dispositivos móveis pessoais; ii) o reconhecimento da utilidade do referido sensor para abordagem de conteúdos de saúde ambiental, no ensino superior, mas também no ensino básico.

Na primeira aula de trabalho com os sensores da UC “Mundo Vivo”, as/os alunas/os usaram os sensores de oxigénio e dióxido de carbono no ar, em conjunto com as garrafas para recolha de amostras de ar e adaptação dos sensores, para medir as respetivas concentrações no ar da sala de aula, no ar exterior e no ar expirado (ver valores medidos numa das aulas práticas, na Tabela 5).

As/os alunas/os evidenciaram terem conseguido relacionar os valores das concentrações de oxigénio e

de dióxido de carbono na sala de aula, com os valores do ar exterior e do ar expirado, justificando as diferenças com o consumo de oxigénio e a libertação de dióxido de carbono no processo de respiração. Ficou também muito visível a muito maior concentração de oxigénio do que de dióxido de carbono no ar, tendo sido chamada a atenção para as diferentes unidades ( % e ppm) usadas.

Tal como na UC TICMC, as/os alunas/os reconheceram que o valor da concentração de dióxido de carbono no ar expirado por uma aluna, era na realidade a concentração na mistura do ar expirado com o ar da sala de aula que já estava dentro da garrafa, pelo que se mediu um valor inferior ao que obteria se dentro da garrafa só existisse ar expirado.

**Tabela 5. Valores de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> medidos numa aula prática da UC “Mundo Vivo”**

	<i>Ar na sala de aula</i>	<i>Ar exterior</i>	<i>Ar expirado</i>
<b>Oxigénio no ar (%)</b>	19,8 %	20,5 %	18 %
<b>Dióxido de Carbono no ar (ppm)</b>	1200 ppm	419 ppm	33000 ppm

Na atividade em que se mede a concentração de dióxido de carbono no ar acima de uma mistura de leveduras, água e sacarose (ver Fig. 4), as/os alunas/os observaram e interpretaram a subida da concentração de dióxido de carbono, relacionando-a com a produção deste gás na fermentação/respiração, realizada pelas leveduras.

Na atividade específica de estudo das trocas de oxigénio e dióxido de carbono entre as plantas e a atmosfera, foi chamada a atenção das/os estudantes para a maior facilidade de monitorizar as variações da concentração de dióxido de carbono dentro do EcoZone System, sendo mais difícil identificar as variações de concentração do oxigénio, uma vez que a concentração de dióxido de carbono é muito menor do que a de oxigénio e, por isso, as variações são relativamente maiores no primeiro caso.

As/os estudantes observaram e interpretaram as variações da concentração de dióxido de carbono no ar de um EcoZone System em que se colocou uma planta, sem luz e depois exposta à luz (Fig. 5). No relatório de um dos grupos pode ler-se “na primeira fase, a planta não realiza fotossíntese quando se

encontra dentro da câmara isolada e tapada, sendo que esta consome o oxigénio, libertando dióxido de carbono através do processo da respiração. Contudo, quando a planta se encontra perante a luz, esta já consegue fazer a fotossíntese, desgastando [sic] dióxido de carbono e libertando oxigénio”.

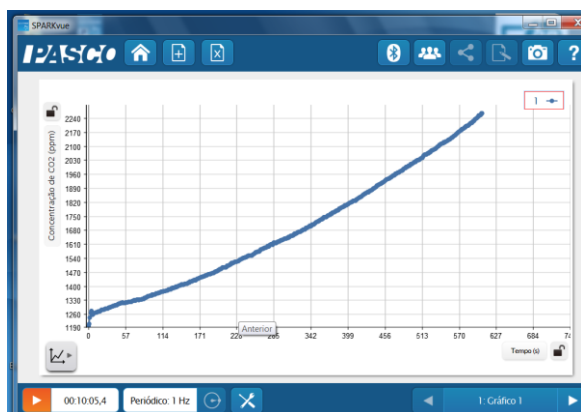


Fig. 4. Concentração de CO<sub>2</sub> ao longo do tempo, medida no ar acima da mistura de leveduras, água e sacarose

Com base nas atividades realizadas, os grupos de estudantes discutiram a importância das plantas para a qualidade do ar interior e exterior. Nos seus relatórios, a maioria dos grupos evidenciou ter compreendido que, na presença de luz, as plantas fotossintetizam, libertando oxigénio para a atmosfera. Um dos grupos conclui no seu relatório: “Normalmente é em ambientes exteriores, que são espaços amplos e abertos, que existem mais plantas, logo a qualidade do ar do ambiente exterior será melhor que a qualidade do ar do ambiente interior”. Uma outra aprendizagem sobre saúde ambiental, pode ser exemplificada com um excerto de um outro relatório “Através desta atividade experimental, constatámos que não existe nenhum risco para o ser humano, se este partilhar o mesmo espaço com as plantas, na ausência de luz. Observámos que a massa das plantas é consideravelmente menor relativamente à do ser humano e, neste sentido, a libertação do gás (CO<sub>2</sub>) será bastante superior no caso da respiração de um indivíduo”.

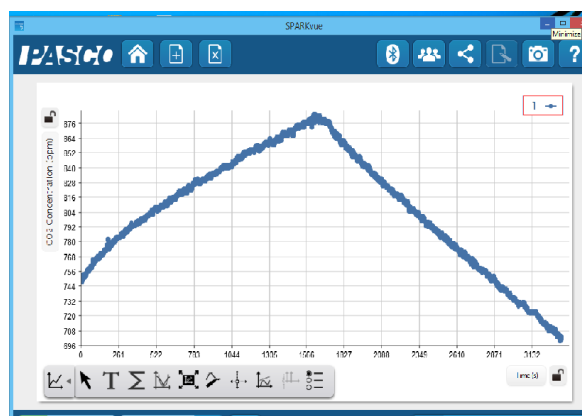


Fig. 5. Concentração de CO<sub>2</sub> no ar de um sistema fechado com uma planta, primeiro sem luz e depois com luz.

A concentração de oxigénio no ar foi medida numa garrafa com folhas verdes (acabadas de retirar de uma árvore) que primeiro foi colocada sem luz e depois ao sol. Foi possível observar a subida da concentração de oxigénio do ar dentro da garrafa, quando esta passava a estar ao sol. A interpretação pode ser ilustrada através de um excerto do relatório de um grupo: “Quando a planta não está iluminada, esta apenas realiza a respiração celular, em que consome O<sub>2</sub> e produz CO<sub>2</sub>. Quando lhe é fornecida luz, a planta passa a realizar a fotossíntese, consumindo CO<sub>2</sub> e produzindo oxigénio. Assim, quando as condições de luz variam, de ausência para presença de luz, a concentração de O<sub>2</sub> aumenta.”. De facto, nestas condições realizam-se simultaneamente a respiração e a fotossíntese, mas como a taxa fotossintética é superior à taxa respiratória, observa-se um aumento da concentração de O<sub>2</sub> da uma diminuição da concentração de CO<sub>2</sub> (ver Fig. 5).

A análise dos relatórios permitiu constatar que os grupos analisaram positivamente a pertinência das atividades, salientando: i) o impacto das atividades, nomeadamente no que se refere à compreensão de fenómenos e conceitos, ao desenvolvimento de competências didático-pedagógicas, à familiarização com os sensores, à motivação e ao desenvolvimento de processos científicos; ii) as estratégias didático-pedagógicas adotadas nas atividades, com ênfase para o caráter prático, visual e contextualizado dessas estratégias e também para o recurso à tecnologia.

Nos seus relatórios, 75% dos grupos realçaram a utilidade do uso dos sensores na sua futura docência, invocando, como benefício, a melhoria da

aprendizagem das crianças, nomeadamente nas seguintes dimensões das referidas aprendizagens: conhecimentos substantivos, processos científicos e atitudes. O aumento da motivação das crianças foi outro benefício salientado por 28% dos grupos.

#### **4.4. Modelo de Maturidade e modelo TPACK nos cenários de aprendizagem implementados**

Nos cenários de aprendizagem implementados, consideramos ter existido alguma evolução nos níveis de maturidade, nalgumas das dimensões consideradas: i) Aluno (de 2 para 3), pois as/os estudantes alargaram a sua competência digital usando tecnologias, que desconheciam antes, na pesquisa de questões ambientais; ii) Professor/a (de 3 para 4), pois as atividades foram desenvolvidas autonomamente pelas/os estudantes na sala, e em locais exteriores à sala de aula, e desenhadas com um foco claro na aprendizagem; iii) Capacidade da escola para apoiar a inovação na sala de aula (de 3 para 4), pois existiu um investimento na aquisição de novas tecnologias como os sensores, que foi acompanhada de formação técnica, além do encorajamento na colaboração entre as/os docentes na conceção das atividades de aprendizagem com uso de múltiplos recursos; e iv) Ferramentas e recursos (de 3 para 4, no caso da UC de TICMC), pois novas tecnologias e usos foram adotados com sucesso em todas as aulas, dentro e fora da sala, para apoiar a aprendizagem.

Outras dimensões mantiveram-se no nível atual: i) Objetivos de aprendizagem e avaliação (2), uma vez que a reduzida duração temporal não permitiu evoluir da definição pelo professor dos objetivos de aprendizagem para um maior envolvimento das/os estudantes nessa definição bem como para uma maior personalização dos mesmos; e ii) Ferramentas e recursos (3, no caso das UC “Análise de Dados” e “Mundo Vivo”), pois a adoção de novas tecnologias na recolha e análise de dados ocupou uma percentagem reduzida de aulas.

A observação do trabalho realizado bem como a análise das respostas aos questionários permitem considerar que as/os estudantes desenvolveram conhecimento nas três dimensões do modelo TPACK. Relativamente ao conteúdo científico, adquiriram conhecimento sobre a significação: i) de diferentes

grandezas e sua relação com a saúde ambiental na escola, ii) das representações gráficas envolvendo diferentes variáveis, e iii) dos conceitos estatísticos. No que respeita ao conteúdo tecnológico, as/os estudantes adquiriram novo conhecimento sobre tecnologias digitais quotidianas, como os sensores e a app SPARKvue, e aprofundaram o seu conhecimento sobre o uso da folha de cálculo na realização de estudos estatísticos incidentes na identificação e monitorização de problemas de saúde ambiental, tendo, ainda, identificado potencialidades do uso do Google Earth. No que concerne ao conteúdo pedagógico, as/os estudantes desenvolveram conhecimento sobre o uso didático de sensores, assim como da folha de cálculo e da app SPARKvue em atividades de análise de dados de saúde ambiental, vivenciando a importância da multissensorialidade e da componente experiencial na aprendizagem, transpondo essas vivências para cenários futuros de docência na educação pré-escolar ou no ensino básico. O desenvolvimento do conhecimento pedagógico das/os estudantes pode ter sido favorecido pelo facto de a abordagem didática usada respeitar as fases de uma investigação, ambiental e estatística, reservando espaço para a pesquisa pelas/os estudantes das questões ambientais em estudo. Poderá, assim, ocorrer isomorfismo de práticas, não obstante as UC incidirem em conteúdos de natureza científica e não didática. Também a leitura de artigos científicos, na UC TICMC, envolvendo o uso de sensores pelas crianças, pode ter contribuído para o reconhecimento da utilidade das atividades desenvolvidas na docência futura.

#### **5. Conclusão e trabalho futuro**

A presente investigação criou um conjunto de cenários pluridisciplinares de aprendizagem para promover a sensibilização para a saúde ambiental, através do uso de sensores na formação docente. Os referidos cenários focaram diversas dimensões da saúde ambiental das escolas, como o nível sonoro, a qualidade do ar (através da concentração de oxigénio e dióxido de carbono no ar), e a presença de plantas em ambientes interiores e exteriores. Um dos cenários centrou-se na importância das características do terreno exterior da escola, nomeadamente do relevo, para o conforto de quem nele se desloca.

A avaliação dos cenários implementados, incluindo do uso dos sensores para explorar as dimensões da saúde ambiental da escola, recorreu ao modelo TPACK [Mishra 06] e aos níveis de maturidade da sala de aula do futuro [iTEC Project 14]. Foi, assim, possível validar os referidos cenários de aprendizagem e perspetivar práticas pluridisciplinares dos/as futuros/as docentes no empoderamento das crianças em saúde ambiental. Esta avaliação permitiu identificar um importante desafio: alargar o horizonte temporal das atividades, aprofundando a natureza investigativa das mesmas, permitindo, assim, um maior envolvimento das/os estudantes na definição e personalização dos objetivos de aprendizagem.

Num futuro próximo, pretende-se integrar o trabalho aqui reportado com o trabalho desenvolvido em outras UC, nomeadamente “Educação para o Ambiente” da LEB e “Matemática nas Temáticas Ambientais” do Mestrado em Ensino do 1º Ciclo do Ensino Básico e de Matemática e Ciências Naturais no 2.º Ciclo do Ensino Básico. Nestas UC, tem-se desenvolvido trabalho, nomeadamente no âmbito do projeto GLOBAL Agir (Conhecer o ambiente global para agir localmente: das aprendizagens em espaços naturais à intervenção urbana), promovendo a exploração, estudo e intervenção, por estudantes, em espaços naturais e urbanos circundantes das escolas. Importa relacionar a exploração de grandezas de saúde ambiental, como o nível sonoro e a concentração de dióxido de carbono do ar, nos espaços das escolas e nos espaços naturais e urbanos circundantes, de forma a melhorar as aprendizagens sobre os impactes das atividades urbanas nos espaços naturais e a importância dos espaços naturais para a saúde ambiental dos espaços urbanos.

Pretende-se que as intervenções de estudantes em espaços naturais e urbanos, como foi o caso da introdução de espécies autóctones no Campus do IPL no projeto GLOBAL Agir, sejam resultado de análises que considerem uma saúde ambiental local e global, nomeadamente: i) as relações entre os diversos espaços, no que se refere, à importância das zonas verdes e das zonas húmidas nos ciclos do Carbono e do Oxigénio e no clima; ii) os impactes positivos e negativos, de curto e longo prazo, das ações humanas nos espaços interiores e exteriores, urbanos e naturais.

Considerando que a inclusão de crianças com Necessidades Educativas Especiais (NEE) nos contextos regulares de ensino é um desígnio do sistema educativo português, salienta-se que a melhoria dos cenários de aprendizagem implementados considerará a necessidade de preparar as/os estudantes da LEB para o uso inclusivo dos sensores, de modo a possibilitar que todas as crianças se possam envolver e participar de forma ativa nessas atividades, o que pode exigir o recurso a apoios e estratégias específicas.

### Agradecimentos

O trabalho de investigação, que produziu o presente artigo integra-se no projeto Eco-Sensors4Health (Eco-sensores na promoção da saúde: Apoiar as crianças na criação de escolas ecosaudáveis). O projeto Eco-Sensors4Health (LISBOA-01-0145-FEDER-023235) é apoiado pelo FEDER (PORTUGAL2020) e pelo Orçamento do Estado Português.

### Referências

- [Boulos 11] Boulos, M. K., Resch, B., Crowley, D., Breslin, J., Sohn, G., Burtner, R., Pike, W., Jezierski, E., and Chuang, K., “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*, V 10 N 67, 2011.
- [Chamberlain 14] A. Chamberlain, M. Paxton, K. Glover, M. Flintham, D. Price, S. Benford, P. Tolmie, E. Kanjo, A. Gower, A. Gower, D. Woodgate, D. Stanton Fraser, C. Greenhalgh, “Understanding mass participatory pervasive computing systems for environmental campaigns”. *Personal and Ubiquitous Computing*, V 18, N 7, pp. 1775-1792, 2014.
- [EC 2013] European Commission, *Survey of Schools: ICT in Education*, Luxembourg: Publications Office of the European Union. 2013.
- [Ferreira et al. 15] E. Ferreira, C. Ponte, M. J. Silva, and C. Azevedo, “Mind the Gap: Digital Practices

Maria João Silva, Ana Caseiro, Margarida Rodrigues, Bianor Valente, Nuno Melo, António Almeida, Clarisse Nunes

- and School” *International Journal of Digital Literacy and Digital Competence*, V 6 N 3, pp. 16-32. 2015.
- [Globe w.d.] *Globe Program*. <http://www.globe.gov/>
- [iTEC Project 14] iTEC Project, ‘Tool 2.2 - Future Classroom Maturity - Model Reference Guide’, in *The Future Classroom Toolkit*, 2014 <http://fcl.eun.org/documents/10180/14691/2.2+FC+MM+reference+guide.pdf/5fe0addb-3934-436c-aba3-8693bf90a95a?version=1.0>
- [Hussein et al., 10] M. O. M. El-Hussein and J. C. Cronje, “Defining Mobile Learning in the Higher Education Landscape” *Educational Technology & Society*, vol. 13, n. 3, pp. 12–21, 2010.
- [Klasnja 12] Klasnja, P., and Pratt, W., *Healthcare in the pocket: Mapping the space of mobile-phone health interventions*, *Journal of Biomedical Informatics*, V 45, pp. 184-198, 2012.
- [Kostkova1 15] P. Kostkova1, “Grand Challenges in Digital Health” *Front Public Health*, V 3, 2015.
- [Lupton 15] Lupton, D., “Health promotion in the digital era: a critical commentary”. *Health Promotion International*, 30 (1), pp. 174-183, 2015.
- [Magnani 04] L. Magnani, “Reasoning through doing. Epistemic mediators in scientific discovery” *Journal of Applied Logic*, V 2 N 4, pp. 439-450. 2004.
- [McGrath et al. 14] M. J. McGrath, and C. N. Scanail, “Environmental Monitoring for Health and Wellness”, In Berkeley, CA: Apress, *Sensor Technologies: Healthcare, Wellness, and Environmental Applications*, pp. 249-282, 2014.
- [Mishra 06] Mishra, P. & Koehler, M. J., “Technological pedagogical content knowledge: A new framework for teacher knowledge”, *Teachers College Record*, V 108 N6, pp. 1017-1054, 2006.
- [Murphy 03] C. Murphy, “Literature Review in Primary Science and ICT”. *FutureLab Series. Report 5*, 2003.
- [Peskin 10] S. Peskin, “Is mobile health revolution made for managed care?”, *Managed Care*, 2010.
- [Shuler et al. 13] C. Shuler, N. Winters and M. West, “The Future of Mobile Learning: Implications for policy makers and planners”, Paris: UNESCO, 2013.
- [Silva et al. 09] M. J. Silva, C. A. Gomes, J. C. Lopes, M. J. Marcelino, C. Gouveia, A. Fonseca, and B. Pestana. “Adding Space and Senses to Mobile World Exploration”, in Boston: Morgan Kaufmann, A. Druin, ed., *Mobile Technology for Children: Designing for Interaction and Learning*, pp. 147-169, 2009.
- [Silva et al. 2010] M. J. Silva, J. C. Lopes, P. M. Silva and M. J. Marcelino. “Sensing the schoolyard: using senses and sensors to assess georeferenced environmental dimensions”. *Proceedings of ACM 1st International Conference and Exhibition on Computing for Geospatial Research & Application (COM.Geo '10)*. 2010.
- [Silva et al., 13] M. J. Silva, J. B. Lopes, and A. A. Silva, “Using Senses and Sensors in the Environment to Develop Abstract Thinking” *Problems of Education in the 21st Century*, V 53, pp. 99-119, 2013.
- [Tinker 02] R. Tinker, “Technology In Support of Equity”, *@Concord Newsletter*, V 6 N 1, Winter 2002.
- [van den Berg 10] van den Berg, E., Schweickert, F., and van den Berg, R.. ‘Science, Sensors and Graphs in Primary schools’, in *Proceedings of the GIREP Conference 2010*, 2010.
- [Zucker 07] A., Zucker, R., Tinker, C., Staudt, A. Mansfield, and S., Metcalf, “Increasing Science Learning in Grades 3-8 Using Computers and Probes: Findings from the TEEMSS II Project”, *Journal of Science Education and Technology*, V 17 N 1, pp. 42-48, 2007.