

# O DESENVOLVIMENTO DOS ESPAÇOS PARA A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS: DO LABORATÓRIO ESCOLAR AO ESTÚDIO DE APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS

**João P. Fernandes**

Unidade de Investigação Educação e Desenvolvimento, Universidade Nova de Lisboa  
jpsf@fct.unl.pt

**Vitor Duarte Teodoro**

Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa  
vdt@fct.unl.pt

## Resumo

O laboratório escolar tem grande inércia histórica na Educação em Ciências, assim como a retórica de integração entre teoria e prática, manifesta na relevância dada ao trabalho prático no ensino e aprendizagem das Ciências. Repensar estes espaços escolares, assim como as atividades icónicas que neles ocorrem, poderá ser um ponto de partida para alargar os horizontes e os discursos dominantes sobre o tema. Neste artigo tentaremos evidenciar as origens do modelo de espaços escolares vigente, problematizar as ideias na sua base e apresentar o conceito de Estúdio como um candidato relevante para reconcetualizar o laboratório escolar e enriquecer o discurso educativo em torno deste, nas disciplinas científicas do ensino secundário.

**Palavras-chave:** Espaços de aprendizagem; Laboratórios escolares; Estúdios de aprendizagem; Arquitetura e construção escolar; Trabalho prático.

## Abstract

School science laboratories have great historical inertia in science education as much as the rhetoric calling for the linking of theory and practice, evident in the relevance given to practical work in science teaching and learning. Rethinking these spaces and the iconic activities that take place in the lab can become a starting point to broaden horizons and the dominant discourses on the issue. In this paper, we will try to show the origins of the current school science spaces' model, problematize the underlying ideas and present the concept of Studio as relevant candidate to



reconceptualize the school science lab and enrich the discourse of science education around it.

**Keywords:** Learning spaces; School science laboratories; Learning studios; School architecture and construction; Practical work.

### **Dos Laboratórios Alquímicos aos Laboratórios de Ensino Universitário da Química**

A palavra laboratório, do latim *laborare* (trabalhar) e *-orium* (local para realizar esse trabalho), pode também ser lida como uma conjunção das palavras *labor* (trabalho), *orare* (orar) e *-orium*, pelo menos se olharmos para as suas versões alquímicas, desde Geber no século VIII a Newton e Boyle no século XVII. Na Alquimia, os laboratórios e fornos tinham grande importância, tentando acelerar o aperfeiçoamento para o qual a Natureza tendencialmente caminharia. Robert Boyle, um alquimista, sugeriu por exemplo que as experiências deveriam ser realizadas aos domingos, numa espécie de culto divino. As implicações morais da Grande obra, com uma parte sólida e uma parte líquida, responsáveis pela transmutação do chumbo em ouro e pelo aumento da longevidade, exigiam do alquimista também uma transmutação, pelo que a experimentação devia seguir-se à oração, misturando espiritualidade e materialidade (Crosland, 2005). No trabalho “Amphitheatrum Sapientiae Aeternae” por Heinrich Khunrath (1605), o alquimista é representado em oração num oratório, muito próximo da zona de experimentação com todos os seus dispositivos.



Imagem 1 - “Amphitheatrum Sapientiae Aeternae” por Heinrich Khunrath, 1605



Nos laboratórios alquímicos a primazia era dada à experimentação face à investigação teórica da Natureza, com ênfase no trabalho manual e recorrendo a materiais e instrumentos, em contraste com o ensino universitário dos currículos das Humanidades, que privilegiava a aprendizagem a partir dos livros e de lições magistrais por professores. O baixo estatuto do trabalho manual era uma percepção habitual nas universidades nos séculos XVI e XVII, evidente no comentário de Thomas Hobbes sobre o estatuto menor dos homens práticos, como boticários, jardineiros ou mecânicos rudes (Crosland, 2005).

Nestes espaços era possível encontrar um forno, combustível, fornecimento de água, uma pia, frascos, retortas, substâncias rotuladas, bancadas de trabalho ou estantes para armazenamento. Eram também essenciais a iluminação, a ventilação, o isolamento e a limpeza, com recurso por exemplo ao chão de pedra ou mesmo terra para evitar incêndios.

Um laboratório não tem de integrar pelo menos três características dos objetos naturais:

*“(...) primeiro, não tem de lidar com um objeto como ele é, podendo substituí-lo por versões parciais e transformadas. Segundo, não tem de acomodar o objeto natural onde este se encontra, ancorado num ambiente natural; as ciências laboratoriais trazem os objetos para ‘casa’ e manipulam-nos nos seus próprios termos, no laboratório. Terceiro, uma ciência laboratorial não precisa de acomodar um evento quando este acontece; pode dispensar ciclos naturais de ocorrência e fazer eventos acontecer de forma mais frequente de forma a permitir o seu estudo continuado. Claro que a história da Ciência é também uma história de oportunidades perdidas e sucessos variáveis em alcançar estas transições. Mas deve ficar claro que não ter de confrontar os objetos na sua ordem natural é epistemologicamente vantajoso na busca científica; a prática laboratorial envolve o distanciamento dos objetos do seu ambiente natural e a sua instalação num novo campo fenomenológico definido por agentes sociais.” (Knorr-Cetina, 1999, p. 27, tradução dos autores)*

Estas características revelaram-se fundamentais nos aspetos utilitários do conhecimento alquímico, apoiando a transição para o conhecimento químico no século XVII.



### Os laboratórios de ensino universitário da Química

Algumas universidades começaram a incluir laboratórios de Química nos seus programas, tais como a Universidade de Altdorf, próxima de Nuremberga.

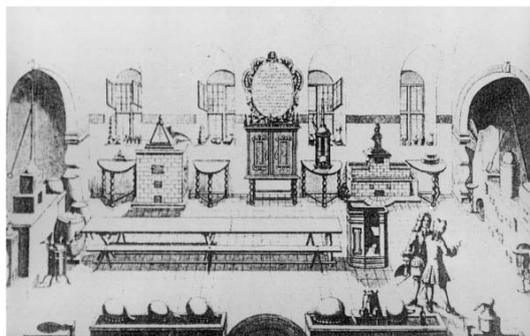


Imagem 2 – Laboratório químico da Univ. de Altdorf, c. 1682 (Crosland, 2005, p. 242)

A Real Academia de Ciências em Paris inaugurou o seu primeiro laboratório químico em 1668, com diversos fornos, bancadas e armários com instrumentos, utilizados em particular para a análise química de plantas por destilação. Na mesma altura, Louis XIV declarou ilegais todos os laboratórios não controlados por professores de Química, médicos ou boticários.

Na ascensão da Química no séc. XVIII, Macquer, no seu dicionário de Química (1771, 1778), define algumas linhas orientadoras para a construção de laboratórios:

*“(...) embora alguns laboratórios de química tenham sido construídos em celeiros, tal não é aconselhável devido à humidade. Esta situação tem um efeito negativo em muitos produtos químicos, etiquetas em frascos, e em aparelhos no geral, especialmente nas suas partes metálicas. Considerando o assunto da ventilação, propõem-se duas grandes aberturas em extremos opostos da sala para fornecer um fluxo de ar para remover vapores nocivos. Deve existir uma lareira, tão grande quanto possível, coberta a uma altura suficiente de forma a permitir que o operador passe por baixo (...) As paredes do laboratório devem ser bem fornecidas com prateleiras para produtos químicos e instrumentos. Deve haver uma fonte de água e se possível, uma pia. Ao centro do espaço deve estar uma mesa grande, funcionando como bancada de trabalho. Uma vez que os fornos exigem um fornecimento constante de carvão, e o pó deixa tudo sujo, deve existir um reservatório de carvão fora do laboratório.”* (Crosland, 2005, p. 244, tradução dos autores)

A Química torna-se uma das mais importantes ciências, em termos de mão-de-obra e instalações. Se uma Universidade tencionava ensinar a Química, tinha

necessariamente de oferecer laboratórios destinados tanto a investigação como a ensino, eventualmente associados a outros espaços, como jardins botânicos, para preparação de medicamentos a partir de plantas aí cultivadas, como o de Herman Boerhaave na Universidade de Leiden no séc. XVIII.

A Química era estudada como adjunta da Medicina enquanto disciplina universitária no século XIX. Inicialmente, os alunos não participavam totalmente em atividades de experimentação, sendo comuns as demonstrações por professores. A bancada de demonstração, de certa forma semelhante às bancadas dos teatros anatómicos para observação de dissecações de corpos, era um dos elementos característicos dos espaços para o ensino da Química, associados aos laboratórios propriamente ditos, como é o caso dos complexos que incluem os Laboratorios Chimicos portugueses da Universidade de Coimbra e da Escola Politécnica de Lisboa, ou como tão bem ilustra a caricatura de James Gillray sobre as novas descobertas na Pneumática na Royal Institution.



Imagem 3 – New Discoveries in Pneumatics! or - an Experimental Lecture on the Powers of Air in 1802 (Royal Institution, 2016)

Na Alemanha, no entanto, com a institucionalização do grau académico de *Philosophiae Doctor*, atividades originais de experimentação passam a ser realizadas por estudantes (Anderson, 2009). Justus Liebig, na Universidade de Giessen, nas décadas de 1820 e 1830, foi um dos defensores do ensino da Química através da prática no laboratório, influenciando a visão de várias universidades europeias sobre esta matéria.



Imagem 4 – Justus von Liebig no seu laboratório no Instituto Químico da Universidade de Giessen, c. 1840

### A “Laboratorização” dos Espaços Escolares a Partir do Cânone do Laboratório Chimico da Universidade de Coimbra

O Laboratório Chimico da Universidade de Coimbra, resultado da reforma do Marquês de Pombal no final do século XVIII, baseou-se no modelo da escola médica de Viena, influenciada pela escola de Leiden de Boerhaave. Este laboratório fazia parte de um complexo maior dedicado ao ensino de Ciências, incluindo um teatro anatómico, dispensário farmacêutico, jardim botânico, observatório astronómico, gabinetes de Física e História Natural, e museu de Ciências Naturais (Casaleiro, 2009).



Imagem 5 – Anfiteatro (esquerda) e primeiro laboratório da Universidade de Coimbra (direita, Casaleiro, 2009, p. 239)

Os gabinetes foram um termo usado por vezes para caracterizar um laboratório portátil a partir do séc. XVIII, contendo uma coleção de equipamentos, reagentes, material de vidro, entre outros (Crosland, 2005). O *cabinet de physique* do Abade de Nollet, por exemplo, consistia numa sala com estantes para arrumar instrumentos e uma mesa para realizar experiências.



Imagem 6 – Nollet no seu *cabinet de physique*, c. 1767

Estes gabinetes seguiam uma tradição desde os primeiros gabinetes de curiosidades, os *Wunderkammer*, salas reunindo coleções de objetos naturais ou artificiais, geralmente propriedade dos ricos e poderosos ou de cientistas, por vezes considerados os precursores dos museus (Crosland, 2005).

O estabelecimento dos laboratórios, anfiteatros e gabinetes no ensino universitário da Química foi seguido da “laboratorização” do ensino das Ciências nos Liceus, um conjunto de disciplinas que ganhava cada vez mais espaço num já apertado currículo.

#### *A reforma de Passos Manuel de 1836 e a institucionalização da Ciência nos Liceus*

Em 1836, a reforma de Passos Manuel criou os primeiros Liceus, um esforço de alargamento da educação de nível secundário na escola pública. Os objetivos definidos para esta reforma realçavam os seus aspetos utilitários, reforçando um currículo prático-científico, orientado para as necessidades do mercado de trabalho e para o avanço material do país (do Ó, 2009, p. 23). As disciplinas científicas incluídas neste currículo foram “Principios de Chimica, de Physica e de Mechanica applicados



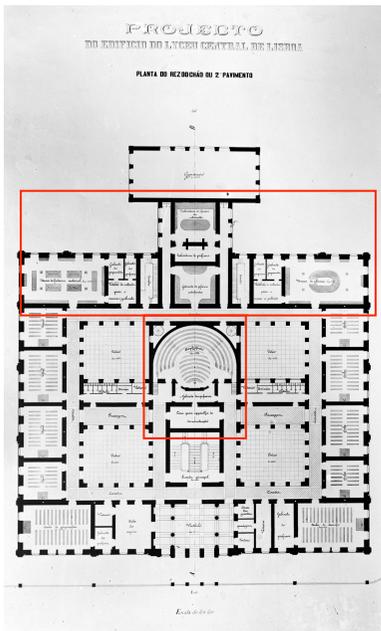
às Artes e Offícios” e “Princípios dos tres Reinos da Natureza applicados ás Artes e Offícios” correspondendo grosso modo às atuais disciplinas de Física, Química, Biologia e Geologia, com a disciplina de Geografia incluindo temas relacionados com Geologia (Ministério do Reino, 1836).

A participação do reitor da Universidade de Coimbra na reforma de Passos Manuel e a substituição do Real Colégio das Artes pelo Liceu de Coimbra mantendo a sua relação com a Universidade (Moniz, 2007), poderá explicar a especificação de espaços liceais ligados às Ciências no documento legal, como uma Biblioteca, um Laboratório de Química, um Gabinete com três divisões associadas às “Aplicações da Physica e Mechanica, Zoologia e Mineralogia”, um “Jardim experimental destinado ás applicações da Botanica” e um museu (Ministério do Reino, 1836).

### **Um Percurso Rápido pelos Conceitos de Espaços Escolares de Nível Secundário para as Disciplinas Científicas em Portugal desde o Início do Século XX**

Após a institucionalização das disciplinas científicas nos currículos, governos sucessivos tiveram, entre outras preocupações, a de fornecer espaços específicos para a sua lecionação. São abordadas de seguida as características essenciais dos vários modelos destes espaços nos principais planos de construção escolar no século XX, partindo da construção dos primeiros Liceus. Estes aspetos estão resumidos na seguinte tabela, abordando as características gerais do plano de construção e alguns dos seus pressupostos, a tipologia de espaços para as Ciências de um Liceu considerado representativo do plano de construção, uma planta geral e algumas imagens representativas.

Tabela 1 – Planos de construção escolar durante o séc. XX, características, tipologia de espaços para as Ciências e figuras

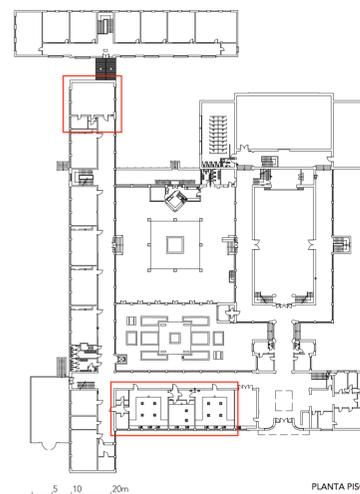
Plano de construção e Liceu representativo	Características	Tipologia de espaços para as Ciências	Plantas	Imagens
	Tipologia de edifício	Tipologia de espaços para as Ciências	Planta	Imagens
<p>Os primeiros Liceus – Liceu Passos Manuel, Lisboa (1882-1911)</p>	<p>Projeto original do arquiteto José Luís Monteiro, revisto em 1907 por Rosendo Carvalheira. Clara influência francesa (Lycées) de tipologia em U (ou em pente), com o pátio como elemento central, rodeado por galerias dando acesso às salas, facilitando a ventilação e iluminação natural. Ênfase no ginásio, em linha com as preocupações higienistas contemporâneas (Moniz, 2007; Alegre, 2009)</p>	<p>Anfiteatro com gabinete de professores anexo, e sala para arrumo de equipamentos de demonstração; Museu de História Natural com gabinete de preparador anexo; Gabinete do professor e vestíbulo de entrada para o museu e gabinete; Gabinete de Física para estudantes; Laboratório de Química para estudantes com laboratório do professor anexo; Museu de Física com gabinete de preparações e do preparador anexos.</p>		 <p>Lab. de Química e Anfiteatro</p>



Os Liceus modernistas dos anos 1930 – Liceu Diogo de Gouveia, Beja (1937)

Projeto do arquiteto Cristino da Silva, com dois eixos perpendiculares com 3 corpos distintos, rodeando um pátio exterior. O Movimento Moderno manifesta-se no uso de novos materiais, como o concreto reforçado, volumes geométricos puros sem elementos decorativos, ou na tipografia *Art Déco* dando o nome ao Liceu sobre a entrada principal. (Alegre, 2009)

Anfiteatro; Gabinete de Física; Gabinete de Química; Gabinete de Ciências Naturais; Museu de Ciências Naturais; Aquário; Estufa; Anexos (Nóvoa & Santa-Clara, 2003, p. 106)



(Parque Escolar, 2010, p. 163)

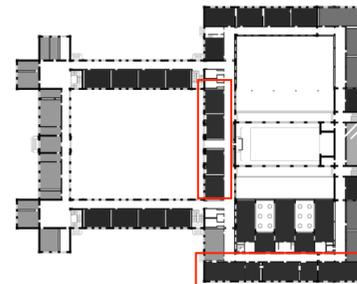


Gabinete de Ciências Naturais (Direção Geral do Património Cultural, s.d.) e Lab. de Química (Parque Escolar, s.d.)

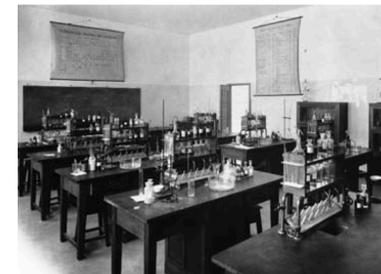
Plano de 38  
–  
Liceu Sá da  
Bandeira,  
Santarém  
(1943-1944)

Projeto do arquiteto José Costa e Silva, implementando o Programa Geral para a Elaboração dos Projetos dos Liceus, resultado da normalização da linguagem arquitetónica e urbanística pelo Estado Novo, servindo os ideais nacionalistas e historicistas através de uma arquitetura monumental. (Alegre, 2009; Parque Escolar, 2010)

Museu; Anfiteatros; Laboratório de Física; Gabinete de balanças; Câmara escura; Depósito de material de Física; Gabinete de ótica e Anexo; Depósito de material de Química; Gabinete de preparações; Laboratório de Química; Sala de Ciências Geográfico-naturais (JCETS, 1940)



(Direção Geral do Património Cultural, s.d.)



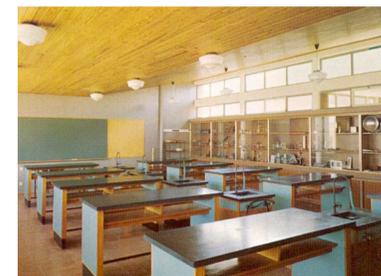
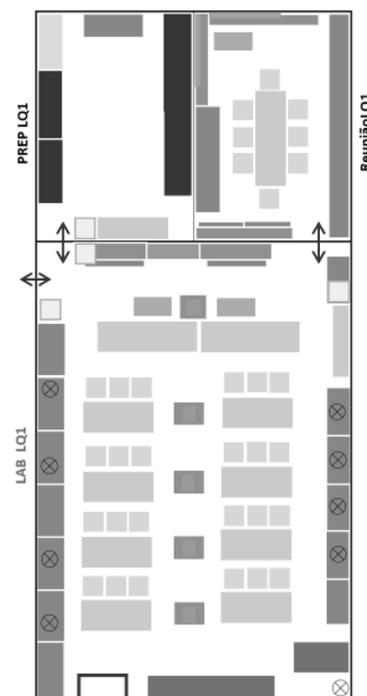
Laboratório de Química (Parque Escolar, 2010, p. 168)



Plano de 58  
–  
Liceu  
Nacional de  
Cascais  
(1964)

2.º projeto normalizado dos Liceus de Cascais e Vila Nova de Gaia, pelo arquiteto Augusto Brandão, estabelecendo uma nova organização pavilhonar. A ênfase em pedagogias de aprendizagem ativa materializa-se em espaços comuns para atividades de aprendizagem nos próprios pavilhões, eliminando corredores de circulação, bem como no mobiliário, móvel, leve e empilhável quando possível para facilitar a reorganização do espaço. Houve um aumento no número de laboratórios em detrimento dos anfiteatros, considerados demasiado “passivos”, sendo referidas também as hortas pedagógicas. (Alegre, 2009)

Anfiteatro; Laboratório de Física; Salas de preparação; Câmara escura; Sala de arrumação; Laboratório de Química; Sala de armazenamento de reagentes;  
  
(Nota: os espaços relacionados com as Ciências Naturais não foram consultados)

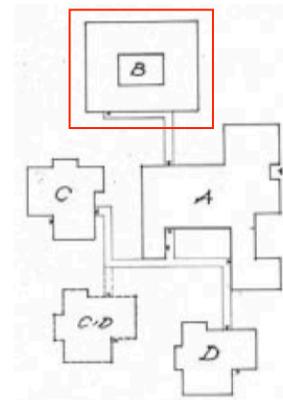


Laboratório de Física (Alegre, 2009, p. 279) e sala de arrumação

Os  
Liceus-Tipo  
de 1968  
–  
Liceu  
Nacional de  
Almada

Baseado no estudo “Projecto Normalizado para Liceus-Tipo” liderado pela arquiteta Maria do Carmo Matos, este modelo suporta novas perspectivas pedagógicas, novos sistemas de construção e materiais, reduzindo custos e tempo de construção pela repetição de elementos e pela facilidade de adaptação a diferentes terrenos. Com uma organização por blocos, sendo o bloco B é dedicado aos espaços especializados das Ciências, reforçando a integração de teoria e prática e com a Matemática. Bloco organizado por dois pisos, com um pátio exterior. (Alegre, 2009)

2 salas para o ensino teórico e prático de Física; 2 salas para o ensino teórico e prático de Química; 2 salas para o ensino teórico e prático das Ciências Naturais; 1 sala para o ensino teórico e prático de Geografia; 1 laboratório para o ensino de Física e gabinete anexo; 1 laboratório para o ensino de Química e gabinete anexo; 1 laboratório para o ensino de Ciências Naturais e gabinete anexo; 1 anfiteatro; Gabinete para reunião dos professores do núcleo; 2 câmaras escuras; Instalações anexas (arrecadação de material didático, oficinas de reparação de material) (MOP, 1968)



(Alegre, 2009, p. 284)



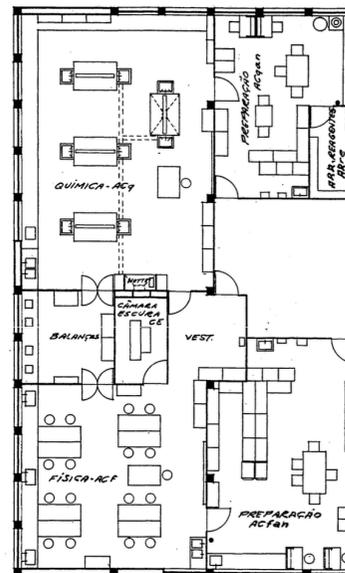
Laboratório de Química, Hotte e Laboratório de Física



Projetos de construção escolar no pós 25 de abril  
–  
Escola Secundária Anselmo de Andrade (1986)

Uma equipa liderada pela arquiteta Maria do Carmo Matos e pelo engenheiro Victor Quadros Martins produziu o “Estudo Base para a Elaboração dos Projectos de Execução de Instalações para Escolas Preparatórias e Secundárias” (1976–77), que definiu o modelo de programação de espaços e tipologia baseado na construção industrial. Em 1978, a Direção Geral para as Construções Escolares desenvolve o conceito de “Família de Soluções” a ser aplicado no design de Escolas Preparatórias e Secundárias. No início da década de 1980, para além dos projetos de construção especiais, surge o modelo 3 × 3, compacto ou monobloco, com elementos pré-fabricados. A partir de 1986, com a publicação da LBSE, o Ministério da Educação assume a responsabilidade pela construção escolar, delegando-a para as DRE (Alegre, 2009)

Laboratório de Química;  
Laboratório de Física;  
Laboratório de Biologia e Geologia;  
Salas de preparação e armazenamento, com áreas específicas para reagentes;  
Sala de balanças; Câmara escura;  
Sala de Ciências gerais;  
Sala anexa à sala de Ciências gerais: Biotério



(DGAE, 2000)



Lab. de Química, sala de preparação e de balanças

Ao contrário do modelo inglês no qual todas as aulas de Ciências decorrem no laboratório, o modelo português considerou desde muito cedo uma separação de espaços, correspondendo grosso modo a diferentes atividades do ponto de vista do aluno: os anfiteatros, mais tarde salas de aula normais, destinavam-se a aulas teóricas, dando ênfase à instrução e demonstração pelo professor, tendo o aluno essencialmente de ouvir e ver e por vezes resolver exercícios; e os laboratórios (e de uma certa forma os gabinetes, mais tarde renomeados para laboratórios), para aulas práticas, em que o aluno realiza uma série de atividades práticas, laboratoriais ou experimentais, mais ou menos orientadas pelo professor. Uma questão que poderá ser feita a partir desta observação é a seguinte: Fará sentido manter a tradição centenária da dicotomia Teórica/Prática na organização do horário das disciplinas científicas, e em particular nas suas implicações espaciais atuais: sala de aula “normal”/ laboratório? Ou fará mais sentido seguir o modelo inglês, com todas as aulas de Ciências decorrendo no laboratório?

*Os novos laboratórios escolares implementados pela Parque Escolar no início do séc. XXI*

Em 2007, o governo português criou a Parque Escolar E.P.E., uma empresa pública responsável pelo planeamento, gestão, desenvolvimento e execução do programa de modernização das escolas secundárias. O modelo de escola proposto pressupõe:

*A passagem de um modelo de ensino exclusivamente centrado no professor, i.e., num modelo expositivo, baseado na transmissão de conhecimentos (aprendizagem passiva), para um modelo de ensino baseado em práticas pedagógicas de natureza colaborativa e exploratória (aprendizagem activa), suportadas em exercícios de investigação, recolha de informação e experimentação laboratorial/simulação; produção de artefactos e realização de relatórios e discussão/comunicação. Tais práticas requerem uma maior permanência de alunos e de docentes na escola e a presença de espaços adequados;*

*O investimento na criação de 1) hábitos de pensar/raciocinar de forma crítica; 2) capacidade para recolher, organizar e analisar informação; 3) capacidade para trabalhar em equipa de forma colaborativa e dinâmica; 4) capacidade para aplicar os conhecimentos adquiridos na resolução de problemas; 5) capacidade para se adaptar a novas situações e às evoluções tecnológicas; 6) atitude de aprendizagem autónoma e auto-orientada; 7) o gosto pela prática de actividades extra-curriculares que ajudem a complementar a formação dos alunos;*



A descentralização do processo de ensino/aprendizagem relativamente ao tempo e ao espaço da sala de aula;

O incentivo a actividades complementares à “sala de aula” envolvendo pesquisas de informação e discussões e o acesso facilitado a informação permite padrões de trabalho mais flexíveis;

O uso intensivo das novas tecnologias de informação e de comunicação (TIC); A utilização de equipamentos informáticos e electrónicos (p.e. computadores, quadros interactivos, scanners, impressoras) e o acesso à internet não só transformaram os métodos de aquisição e de produção de informação, como se tornaram ferramentas de ensino e de aprendizagem fundamentais; O acesso a informação digital e o número de computadores na escola vai continuar a aumentar estando previsto que no futuro todos os alunos tenham acesso a “hardware” sem fios o que implica a cobertura total dos edifícios por rede informática;

Abertura da escola à comunidade exterior, de modo a promover a formação ao longo da vida a certificação de competências; A organização espacial da escola reflecte-se neste processo, na medida em que define o suporte físico de todas as actividades realizadas e em particular interfere na forma como os diferentes membros da comunidade escolar (alunos; docentes; funcionários; pais e encarregados de educação) interagem entre si, se relacionam com a aprendizagem e adquirem conhecimentos e várias competências. (Parque Escolar, 2009, pp. 12-13)

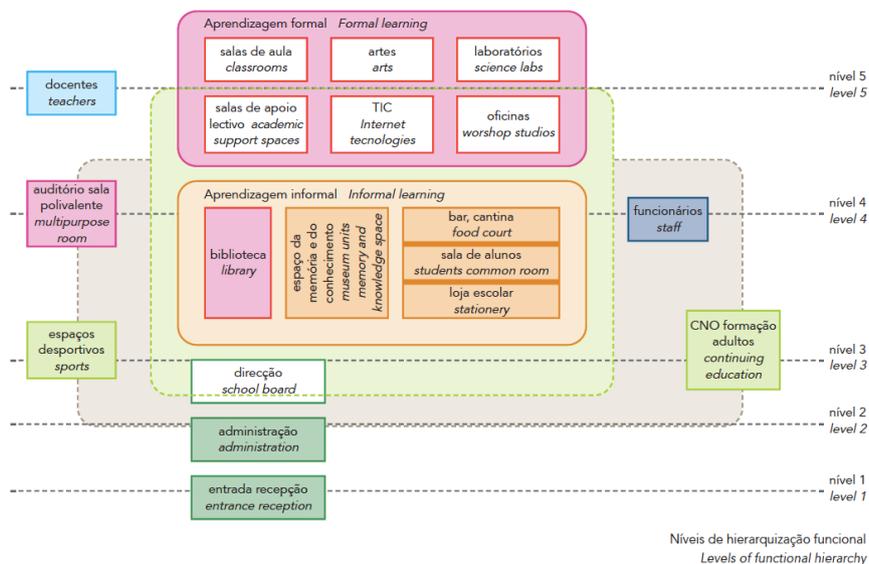


Imagem 7 – Níveis de hierarquia funcional do modelo conceptual para as escolas intervencionadas, incluindo os laboratórios no nível 5 (Parque Escolar, 2009, p. 15)



O novo modelo de escola teve como área de intervenção prioritária a área dedicada às Ciências e Tecnologias. A proposta apresentada (ver <http://laboratoriosescolares.net>) como modelo de espaços para as Ciências incluía os seguintes elementos:

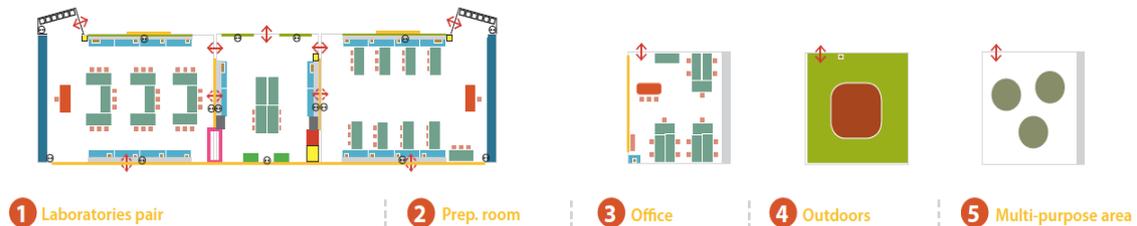


Imagem 8 – Elementos do modelo de espaços para as Ciências proposto (Fernandes et al., 2009)



Imagem 9 – Ilustrações dos elementos do modelo de espaços para as Ciências em uso (André Pereira, 2014)

No que se refere ao elemento par de laboratórios com sala de apoio partilhada, os princípios que informaram as opções tomadas foram os seguintes (Fernandes et al., 2009):

1. Aumento do número de espaços deste tipo por escola, de forma a que todas



as aulas de Ciências aí tenham lugar, tanto teóricas, práticas ou aulas com outras estratégias de ensino e aprendizagem;

2. Flexibilidade na reconfiguração do espaço de forma a adequá-lo ao tipo de atividade, da aprendizagem por receção ao inquérito aberto, aprendizagem baseada em projetos, formação, outros usos não letivos, etc.
3. Áreas de arrumação adequadas, facilitando a identificação e acesso a equipamento, materiais, reagentes, bem como a circulação de professores e alunos;
4. Transparência no espaço e no mobiliário quando possível, facilitando o controlo visual, observação de atividades e identificação de material e equipamento;
5. Escalabilidade para o uso de tecnologias de apoio a diversas atividades;
6. Personalização do espaço, com exibição de material de valor histórico e documentação de prática p.e. trabalhos dos alunos;
7. Colaboração entre alunos, partilhando a frente de sala com os alunos;
8. Promoção da segurança de alunos e professores;

Os elementos de design propostos a partir destes princípios foram os seguintes:

- Áreas com dimensão suficiente para turnos ou turma inteira;
- Bancadas móveis com tampo resistente a fogo, impacto e substâncias, com dimensão suficiente para até 3 alunos, permitindo o trabalho em pé ou sentado e a reconfiguração do espaço;
- Bancos ajustáveis em altura, permitindo a arrumação sob as bancadas móveis quando não estão em uso, com apoio lombar e suporte de pés;
- Parede de colaboração para professores e alunos, permitindo arrumação, escrita, projeção e afixação. Na parte superior, área de exposição de equipamentos com valor histórico, na parte intermédia com painéis móveis permitindo escrita, com espaço de arrumação por trás, e na parte de baixo módulos de arrumação transparentes;
- Favos para arrumação de mochilas e casacos dos alunos;
- Bancadas laterais, com pontos de água e luz. Altura do tampo semelhante ao das bancadas móveis para permitir continuidade das áreas de trabalho.



Módulos de arrumação sob bancadas, transparentes quando possível, com caixas transparentes de diversos tamanhos para facilitar a organização de material e equipamento e o seu transporte;

- Módulos de lavagem nas salas de apoio e laboratórios;
- Sala de apoio partilhada com transparência para ambos os laboratórios, com equipamentos partilhados e específicos, armários de reagentes e de inflamáveis, frigorífico, etc. A transparência tem como objetivo o controlo visual, observação de aulas de colegas, tanto por professores como por alunos;
- Prateleiras sobre as bancadas laterais para arrumação de materiais e equipamento ou trabalhos de alunos;
- Trolleys para organização de atividades por grupos em tabuleiros e transporte entre sala de apoio e laboratório;
- Equipamento ativo de segurança e de gestão de resíduos.

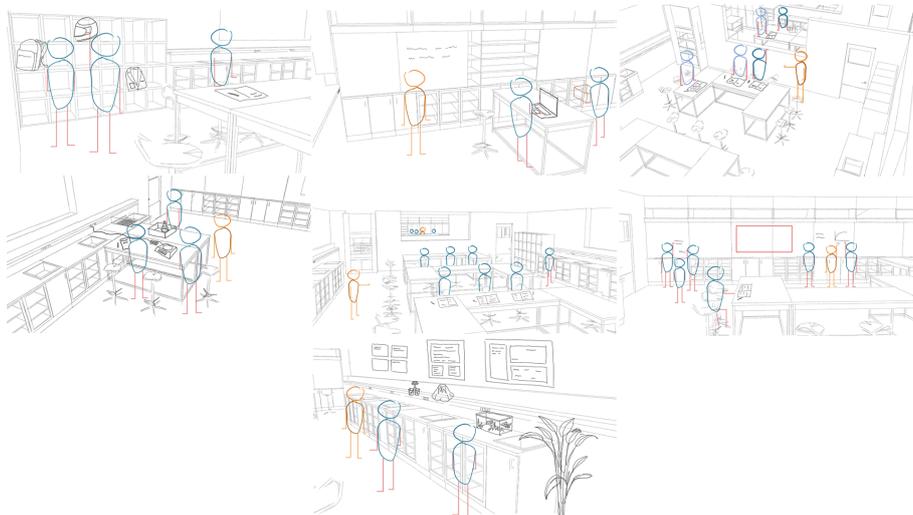


Imagem 10 – Algumas ilustrações de atividades no par de laboratórios com sala de apoio partilhada

Este modelo foi adaptado em parte para os manuais de projeto de arquitetura da Parque Escolar e implementado em cerca de 115 escolas no país (Cotrim, comunicação pessoal, 15 de maio de 2015), tendo sido alvo de alguma controvérsia e



de diversos estudos qualitativos e quantitativos (Veloso & Marques, 2017; Veloso & Sebastião, 2011; Almeida et al., 2009).

Apesar do aspeto unificador destes espaços para teoria e prática, manifestos num único laboratório, seguindo de certa forma a linha anglo-saxónica, na nossa visão, uma outra questão mais relevante se coloca: fará sentido manter o cânone do laboratório e do trabalho prático (e laboratorial e experimental) como referências de espaço e de atividade na Educação em Ciências?

### **Uma Tentativa de Reconceptualização do Laboratório como Espaço Escolar de Referência na Educação em Ciências**

A efetividade do trabalho prático foi já investigada com profundidade pela comunidade de investigação em Educação em Ciências (p.e., Hofstein & Lunetta, 1982, 2004; Lazarowitz & Tamir, 1994; Lunetta, Hofstein, & Clough, 2007). Atividades no laboratório têm o potencial de desenvolver as capacidades e competências dos alunos como sejam: “colocar questões orientadas cientificamente, formar hipóteses, desenhar e conduzir investigações científicas, formular e rever explicações científicas, e comunicar e defender argumentos científicos” (Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007, p. 106, tradução dos autores).

No entanto, este ideal de trabalho prático depara-se com a “força bruta” da realidade escolar, que reflete alguns dos mitos sobre a Ciência e os cientistas, de acordo com Hodson (1998, p. 95):

1. A observação fornece acesso direto e confiável que assegura o conhecimento;
2. A ciência começa na observação;
3. A ciência procede via indução;
4. As experiências são decisivas;
5. A ciência compreende finalidades genéricas e discretas;
6. O inquérito científico é um processo simples e algorítmico;
7. A ciência é uma atividade livre de valores;
8. As “atitudes científicas” são essenciais para a prática efetiva da ciência;
9. Todos os cientistas apresentam estas atitudes.



O papel autoevidente do laboratório e do trabalho prático no ensino e aprendizagem das ciências e a sua efetividade na obtenção de ganhos cognitivos, afetivos e de competências foi seriamente questionado por diversos autores (ver p.e., Hofstein & Mamlok-Naaman, 2007). Alguns estudos mostram que a maioria dos alunos percebe a finalidade deste tipo de atividade como a de seguir instruções para obter a resposta certa (Hofstein & Lunetta, 2004). O America's Lab Report identificou 7 finalidades para o trabalho laboratorial: 1) domínio dos conhecimentos; 2) desenvolvimento do pensamento científico; 3) compreensão da complexidade e ambiguidade do trabalho empírico; 4) desenvolvimento de competências práticas; 5) compreensão da natureza da Ciência; 6) desenvolvimento de interesse na Ciência e na sua aprendizagem; 7) e desenvolvimento de competências de trabalho em grupo (National Research Council, 2005). Não encontrou, no entanto, evidências de que estas finalidades fossem atingidas.

Osborne (1998) constrói também uma crítica ao papel diferenciador do laboratório na educação científica partindo de diversas premissas: as demonstrações são uma forma muito mais eficiente de ilustrar fenómenos a sua descrição científica do que ter uma turma envolvida em observação fenomenológica; os objetos da Ciência são essencialmente icónicos, um produto da representação humana (p. 159).

Como Hofstein e Lunetta (1982) referem: poucos professores nas escolas secundárias são competentes para usar o laboratório; demasiada ênfase em atividades laboratoriais leva a uma conceção limitada de Ciência; demasiadas experiências nas escolas são triviais; o trabalho laboratorial nas escolas está muitas vezes afastado dos interesses e capacidades dos jovens. O trabalho de Millar (2009) e Abrahams (2011) tem sido no sentido de melhorar o design destas atividades práticas através de um inventário de análise, restando ainda muito por fazer.

Se a perspetiva procurada para a educação em Ciências na escolaridade obrigatória assenta sobre valores mais humanistas e abertos, servindo os interesses tanto de futuros cientistas como da população em geral, consideramos necessária uma mudança de ênfase no trabalho prático e no seu “templo”, o laboratório escolar.



Tabela 2 – Uma perspectiva humanista da Educação em Ciências (adaptado de Aikenhead, 2006, p. 3, tradução dos autores)

Maior ênfase em	Menor ênfase em
Indução, socialização ou enculturação nas comunidades locais, nacionais e globais dos alunos, cada vez mais afetadas pela Ciência e Tecnologia	Indução, socialização ou enculturação numa disciplina científica
Preparação para a cidadania do dia-a-dia	Formação pré-profissional para o mundo científico
Cidadãos conhecedores das dimensões humanas, sociais e culturais da prática científica e das suas consequências	Ideias abstratas canônicas (conteúdo curricular) muitas vezes descontextualizado da vida do dia-a-dia mas colocado de uma forma superficial nesse contexto
Diversos tipos de ciência: a estabelecida, a de vanguarda e a cidadã	Ciência estabelecida
Visão multi-Ciência refletindo perspectivas internacionais (incluindo ciências indígenas)	Visão mono-Ciência, universal (ciência ocidental)
Conhecimento sobre a Ciência e os cientistas	Conhecimento do conhecimento científico canônico
Moralidade integrada com valores, preocupações humanas e pensamento científico	Pensamento científico apenas, usando formas de pensar da Ciência
Visão do mundo pelos olhos dos alunos e de adultos significativos	Visão do mundo apenas pelos olhos dos cientistas
Aprendizagem como interação com o mundo do dia-a-dia, incluindo conquistas intelectuais, mudança pessoal, produzindo novas identidades, reconhecendo o poder sociopolítico e eventualmente originando ação prática e social	Aprendizagem como tarefa intelectual focada na aquisição de conhecimento científico e formas de pensar científicas
Prática na subcultura científica como alguém de fora	Prática na subcultura da Ciência como alguém de dentro

No entanto, será esta mudança possível numa tradição centenária? Caso seja, haverá outras referências de espaço e atividade que possam enriquecer tanto o discurso como a prática da Educação em Ciências?

Se tivermos uma abordagem pragmática, com o que se poderá parecer uma iteração do laboratório? No projeto Faraday, integrado na recente iniciativa inglesa de reconstrução de escolas, *Building Schools for the Future*, foram desenvolvidos alguns conceitos de espaço, como *super labs*, *studios*, *theatres* e *zen zones*, entre outros. No entanto, a sua conceptualização não foi na nossa opinião suficientemente sofisticada

para fornecer um ponto de partida adequado.

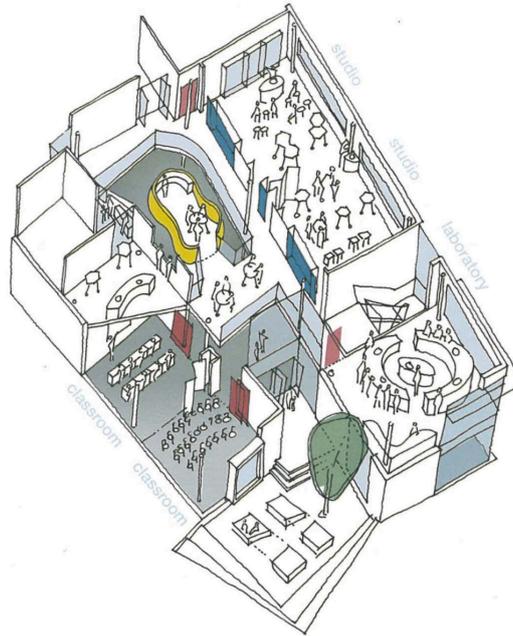


Imagem 11 – Estudo de caso n.º 4 do projeto Faraday (DCSF, 2008)

Partimos por isso de três conceitos de espaço, dois do ensino superior e o terceiro do ensino pré-escolar, respetivamente o Estúdio de Design (*Design Studio*) e o Estúdio SCALE-UP, e o Atelier Reggio Emilia, na tentativa de reconcetualizar o laboratório e o seu uso na Educação em Ciências.

### *O Estúdio de Design*

David Schon é uma das referências no que se refere a prática reflexiva no desenvolvimento profissional de educadores. Um dos seus principais argumentos é o de que escolas de várias profissões têm muito a aprender com o Estúdio de Design, no centro dos currículos de arquitetura, no sentido em que este representa um anterior modo de educação e de epistemologia da prática. Na Universidade de investigação contemporânea, onde a competência profissional é vista como a aplicação de conhecimento profissional sistemático aos problemas instrumentais da prática, o currículo normativo aceite é constituído pela ciência básica relevante, ciência aplicada e uma prática no local de trabalho. No entanto, os dilemas da prática em condições de complexidade, incerteza, singularidade e conflitos de valores põem em causa este currículo normativo e conferem importância a zonas indeterminadas de prática,



exigindo especialização artística a par da técnica e definição de problemas a par de resolução de problemas (Schon, 1985, p. 5).

Com o que se parece um Estúdio de Design e que atividades nele decorrem? Estes estúdios podem acolher 10 a 20 alunos, geralmente subconjuntos de um complexo de estúdios maior. Os alunos podem ter mesas de trabalho ou estiradores atribuídos, com zonas de arrumação e painéis de afixação, bem como áreas coletivas para construção de modelos e desenhos de maiores dimensões. Numa aula no Estúdio, que pode durar entre 3 e 4 horas por semana, é exigido aos alunos a realização de um projeto de grande dimensão e pequenos projetos relacionados, atribuindo o professor algumas tarefas. Shulman (2005) caracteriza a atividade dos alunos nestes espaços da seguinte forma:

*Um diferente estilo de sala de aula torna-se evidente quando se visita um estúdio de design no mesmo edifício de uma mesma escola de engenharia. Aqui os alunos reúnem-se em zonas de trabalho com modelos físicos ou virtuais num ecrã de computador. Não existe uma frente de sala óbvia. Os alunos experimentam e colaboram, constroem coisas e comentam o trabalho uns dos outros sem a mediação de um instrutor. O foco da instrução é de forma clara o artefacto de design. O instrutor, identificado com alguma dificuldade por um observador atento, circula entre áreas de trabalho e comenta, critica, desafia ou apenas observa. A instrução e a crítica são ubíquas neste cenário, e o instrutor formal não é a única fonte para essa pedagogia (p. 54, tradução dos autores).*

Boling e Smith (2014) realçam a presença nestes espaços de representações de designs precedentes, espaços de trabalho flexíveis partilhados entre alunos, com acesso possível fora das horas de aula propriamente dita, exposição pública de trabalhos e discussão e crítica como principal modo de instrução, prática intensiva com recurso a trabalho manual, instruções subdefinidas para os projetos, relacionamentos intensos entre colegas, com vários níveis de experiência (p. 39).

A pedagogia de assinatura da profissão de arquitetura é a de suporte e aprofundamento do pensamento abduutivo durante o processo de design, através de diálogos com os alunos individualmente e em grupo, apoiando e inquirindo, desenvolvendo reflexão em ação e reflexão sobre a ação (as chamadas *desk crits*, em que o professor circula entre áreas de trabalho e dialoga com os alunos), organizando momentos *pin-ups* (apresentações informais de alunos a todo o grupo de colegas usando uma parede para exibir desenhos, plantas e outros documentos), bem como avaliações públicas (apresentações formais com revisão por um júri externo),



terminando por vezes o semestre com uma exposição pública (Georgia Tech College of Design, 2017).



Imagem 12 – Estúdios e apresentações públicas com revisão por especialistas na Universidade de Yale, EUA (Yale School of Architecture, 2014)

Em relação à avaliação dos alunos, De La Harpe e colegas (2009) reviram 118 artigos de revistas científicas na última década sobre avaliação na educação em arte, arquitetura e design, defendendo um modelo que tem como valores centrais o processo, o produto final e a pessoa (o seu crescimento) (p. 46).

As 11 categorias de avaliação propostas pelos autores foram agrupadas em três temas: Dimensões de resultado, conhecimentos e competências e prática reflexiva e profissional:

*A avaliação de dimensões de resultado, ou a produção de um “bom” resultado, foca-se no produto, no processo e na pessoa – não apenas em um ou outro. A avaliação de conhecimentos e competências foca-se em hard skills (como a criatividade, inovação, resolução de problemas, pensamento crítico), soft skills (como a comunicação, colaboração, consciência social e ecológica), e conhecimento dos conteúdos; bem como o uso de tecnologia e o estilo de aprendizagem. A avaliação da prática reflexiva e profissional ou a forma de pensar como artista ou designer, envolve a prática da inovação e das competências de colaboração interdisciplinar, reflexão na prática e prática profissional. (De La Harpe et al., 2009, p. 47, tradução dos autores)*

### O Estúdio SCALE-UP

O projeto SCALE-UP (*Student-centered active learning environment with upside-down pedagogies*) começou no *Physics Education Department* da North



*Carolina State University*, seguindo-se ao projeto *Integrated Mathematics, Physics, Engineering, and Chemistry project* (IMPEC, de 1993-1997). Este anterior projeto, que já recorria ao Estúdio, focava-se especialmente em pequenos grupos de alunos (36 alunos por ano), originando o desafio da sua adaptação a números maiores para que fosse sustentável com os recursos disponíveis. Assim, surge o SCALE-UP, tendo como principal objetivo o de desenvolver técnicas e materiais que permitissem o uso de pedagogias baseadas em investigação em estúdios com turmas de até 100 alunos, dando ênfase à interação social e a atividades *hands-on, minds-on* (Beichner et al., 2007, p. 4).

As atividades no Estúdio (de 4 a 6 horas semanais) consistem geralmente em breves momentos instrucionais, muitas vezes inferiores a 10 minutos, recorrendo a testes conceptuais e instrução por pares para verificação de aquisição de conhecimentos e suporte à interatividade (Mazur, 1997), alternados com atividades de dois tipos: tangíveis e ponderáveis. Os tangíveis são geralmente atividades curtas relacionadas com situações físicas, em que os alunos têm de recolher dados e fazer medições ou observações (p.e. determinar a espessura de uma folha no manual, calcular o número de eletrões em excesso num pedaço de fita cola transparente depois de ser descolada da mesa, calcular a distância entre os fretes de uma guitarra, etc.). Os ponderáveis exigem a estimativa ou pesquisa de valores na web sem recorrer a observação. São perguntadas aos alunos questões como “Estima o número de passos necessários para atravessar o país a pé” ou “Que distância percorre uma bola de *bowling* a deslizar antes de começar a rodar?” (Beichner & Saul, 2003). Os alunos têm também de criar simulações e modelos recorrendo a linguagem de programação e software de simulação e modelação.

A maioria das atividades numa aula SCALE-UP é de natureza colaborativa, em grupos de 3 alunos com níveis de proficiência diferentes: alta, média e baixa. A seleção dos membros de cada grupo baseia-se nos resultados de pré-testes ou notas em trabalhos durante o semestre. Esta seleção tenta também manter uma competência “média” entre todos os grupos, havendo rotação de membros durante o semestre, preocupações com a inclusão de minorias e alunas e outros aspetos relacionados com a manutenção da coesão do grupo.



Imagem 13 – Um estúdio de Física na *North Carolina State University*, em 2007

A avaliação no Estúdio envolve tipicamente 4 testes, dois exames, um teste de escolha múltipla ou resposta rápida todas as semanas, relatórios de atividades laboratoriais, trabalho de casa, registos individuais das aulas nos respetivos cadernos, e dados das várias atividades tangíveis e ponderáveis. O trabalho de casa (tipicamente uma leitura seguida de um pequeno mini-teste de resposta rápida numa plataforma web) tem um peso maior do que o habitual (20 % a 25 %), servindo como incentivo para os alunos o realizarem. Em contrapartida, os dois exames requeridos têm um peso menor do que o habitual (10 % a 15 % cada).

O conceito de estúdio proposto, em termos de espaço, mobiliários e tecnologias, compreende (Beichner et al., 2007):

1. A eliminação de uma frente de sala. O professor tem ao seu dispor uma consola, numa zona mais central do espaço, que lhe permite controlar algum do equipamento disponível (p.e. visualizador, múltiplas projeções, um tablet, sistema de áudio e vídeo, sistema de votação, projeção a partir de qualquer computador, etc.);
2. Mesas redondas para três grupos de três alunos cada, com um diâmetro de dois metros, permitindo trabalhar com algum equipamento experimental, papel e lápis e computador portátil. A forma das mesas facilita o trabalho de grupo e a comunicação;
3. Cadeiras tipo “escritório” com rodas para facilitar a reconfiguração dentro dos



grupos;

4. Uma configuração espacial das mesas que facilita a circulação dos professores;
5. Áreas de escrita alargadas de suporte ao trabalho de grupo, tanto nas paredes como em quadros brancos portáteis (de um tamanho A3 aproximadamente). Estas áreas funcionam como espaços de apoio ao pensamento coletivo que também podem servir para alargar a discussão do grupo a toda a turma;
6. A identificação de cada aluno nas mesas, também elas numeradas, e um sistema de cores para facilitar a gestão do professor (p.e. pedir os cadernos a todos os grupos verdes para verificação, pedir à mesa x para fazer uma determinada tarefa numa atividade *jigsaw*);
7. O acesso fácil a equipamento e material (incluindo o de laboratório).

O campo de investigação associado a estes estúdios tem-se focado em 2 aspetos fundamentais: estudos quase-experimentais sobre a efetividade do modelo e estudos sobre a adoção da inovação em termos institucionais. No caso da iniciativa SCALE-UP na *North Carolina State University*, quando comparada com o modelo dual aulas em Anfiteatro e Laboratório (Beichner et al., 2007, p. 37), a compreensão conceptual aumenta; o terço da turma com melhores notas exibe a maior melhoria na compreensão de conceitos; a competência de resolução de problemas é tão boa ou melhor; as atitudes melhoram; a presença nas aulas é mais alta, tipicamente acima de 90 %; as taxas de reprovação são drasticamente reduzidas (tipicamente 50 %), em particular para mulheres e minorias; a performance no segundo semestre melhora, tanto num modelo tradicional como num modelo SCALE-UP.

### *O Atelier Reggio Emilia*

A filosofia educativa Reggio Emilia surgiu na Itália do pós-guerra, no município de Reggio Emilia, liderada por Loris Malaguzzi. Num contexto em que a educação pré-escolar era dominada pela igreja, onde o PCI (Partido Comunista Italiano) dominava a política e onde a cultura de participação cívica era alta, os pais lideraram a abertura de escolas para crianças até aos 6 anos de idade, numa iniciativa que se tornou uma referência educativa internacional. Um dos aspetos desta filosofia educativa é o da existência de Ateliers nas escolas, a par da praça e das salas

normais, que procuram desenvolver as cem linguagens das crianças através de múltiplas formas de expressão.

As paredes destas escolas estão decoradas com exposições temporárias e permanentes do que as crianças e professores criaram, servindo para documentar a prática. São também comuns as paredes de vidro entre espaços, apoiando um sentimento de comunidade (Edwards et al., 2004, p. 64).



Imagem 14 – O atelier e *atelierista* na *scuola comunale dell'infanzia* Diana (Vecchi, 2010, p. 3 e p. 41)

O mobiliário no Atelier inclui mesas e cadeiras adequadas a crianças, para trabalho individual e de grupo, mesas de luz e espelhos, estantes de papel, prateleiras, painéis de afixação móveis e fixos, trolleys, módulos de arrumação, plataformas para criar desníveis, servindo diversas funções (p.e. para pequenas representações ou mesmo para dormir).

Um dos aspetos diferenciados da abordagem Reggio Emilia é o envolvimento das crianças em investigações aprofundadas alargadas no tempo, como p.e. “O que acontece no supermercado?”. As atividades das crianças neste caso podem incluir observação direta, colocação de questões a participantes relevantes e peritos, recolha de artefactos pertinentes, representação de observações, ideias, memórias, sentimentos, situações imaginadas e novos entendimentos em múltiplos formatos, que incluem a representação dramática (Edwards et al., 2004).

Para além da aprendizagem baseada em projetos, existem também diariamente atividades como fazer jogos com blocos, dramatizar, realizar atividades de exterior, ouvir histórias, cozinhar, fazer limpezas, pintar, fazer colagens, trabalhar o barro, fazer jogos de vestuário, entre outros.



O professor recorre à documentação da aprendizagem como instrumento de apoio à investigação e à prática reflexiva. A recolha de dados assenta em fotografias das crianças durante as atividades, de trabalhos em várias fases de desenvolvimento, vídeos, transcrições de gravações áudio de conversas de alunos com outras crianças e adultos, etc. Esta documentação apoia a discussão e reflexão em reuniões frequentes com colegas, pais, especialistas e com as crianças. Alguma desta documentação é exibida em painéis e paredes na escola ou em pequenos livros, slides ou vídeos.

O processo de documentação serve vários propósitos: 1) contribui para a aprendizagem aprofundada a partir dos próprios projetos das crianças, individualmente e estimulada pelo trabalho dos colegas; 2) comunica aos pais as atividades das crianças na escola, fornecendo uma base enriquecida para tanto uma abordagem de inquérito da sua parte como para uma partilha pelas próprias crianças da sua experiência na escola; 3) aprofunda a atenção do professor na evolução, intenções e compreensões das crianças e do seu papel nas atividades destas, fornecendo “instantâneos de prática” que podem informar a mudança e ajuste de estratégias de ensino, fontes de ideias e ímpeto para a criação de novas ideias; 4) fornece exemplos concretos que guiam a discussão e a reflexão entre professores (Edwards et al., 2004, p. 39).

O co-ensino tenta contrariar o tradicional isolamento cultural e profissional dos professores. O trabalho é feito em pares em cada sala, e o planeamento é feito com os colegas e famílias. Toda a equipa tem sessões de trabalho mensais para discutir casos, partilhar ideias e participar em formação em contexto de trabalho. Existe uma equipa de *pedagogisti* (especialistas em educação), que serve múltiplas escolas, e que participa nestas sessões.

Apresentados estes 3 conceitos, e considerando que o conceito de Estúdio poderá trazer um contributo útil para reconcetualizar o laboratório escolar e o trabalho prático como cânones da Educação em Ciências, quais poderão ser as características essenciais de um estúdio de aprendizagem das Ciências?

### **Um Esboço de Conceção e Utilização de um Estúdio de Aprendizagem de Ciências**

Partindo da revisão dos Estúdios de Design e SCALE-UP no ensino superior e dos Ateliers Reggio Emilia na educação pré-escolar, apresenta-se de seguida um



esboço de estúdio de aprendizagem de Ciências organizado nas seguintes categorias: 1) espaços e mobiliário; 2) tecnologia; 3) currículo; 4) atividades de ensino e aprendizagem; 5) avaliação; 6) cultura e desenvolvimento profissional e 7) ligações à comunidade.

### *Espaços e mobiliário*

As áreas e configurações do espaço num estúdio suportam tanto trabalho de grandes grupos, pequenos grupos e individual (no caso dos estúdios de Física, por vezes acima de 100 alunos), como diversas atividades de ensino e aprendizagem, eliminando uma frente de sala fixa. Os tempos são mais longos do que o habitual, concentrados num único momento, p.e. de 4 horas semanais.

O mobiliário é adequado a um uso flexível, sendo geralmente móvel e agrupável, facilitando a movimentação dos professores. Pontos de água e luz servindo as áreas laterais e/ou centrais servem também essa flexibilidade, com superfícies laváveis e distinção entre zonas “limpas” e zonas “sujas”.

Há acesso fácil a livros, ferramentas, materiais e equipamentos, com áreas de armazenamento adequadas. Áreas anexas aos espaços podem servir este propósito, bem como mobiliário no próprio Estúdio, como armários, paredes de ensino, prateleiras e outras soluções de arrumação.

*Pin-ups*, quadros de afixação, paredes e painéis de escrita servem para documentar atividades, criar espaços de apresentação, discussão e colaboração, criando também oportunidades para decoração e apropriação do espaço.

### *Tecnologia*

Uma consola digital de controlo para professor, fixa ou móvel, pode facilitar a gestão dos equipamentos disponíveis, como portáteis ou computadores híbridos dos alunos, projeção a partir de qualquer equipamento sem fios, entre outros. Sistemas de votação de alunos ou controlados por aplicações em contextos BYOD (*Bring Your Own Device*) poderão também ser úteis.

Um computador híbrido para o professor, com uma caneta, permite escrita e desenho para além da utilização de aplicações de vários tipos, recursos educativos digitais e da web no geral. Facilita também a circulação do professor numa lógica de



*desk crits*, permitindo-lhe tirar notas e fotografar o trabalho de alunos, tanto para documentação de prática como para iniciar discussões de grupo a partir de um caso concreto fornecido por um aluno ou grupo de alunos, p.e. projetando uma foto de um trabalho para que o grande grupo possa comentar. Permite também partilha da “frente de sala” com os alunos, pedindo-lhes por exemplo para demonstrar ou exibir algo ao grande grupo, recorrendo a projeção. O professor poderá também ter disponível um visualizador/câmara de documentos para mostrar objetos, montagens, materiais, quadros brancos portáteis dos alunos, cadernos ou documentos.

Um sistema áudio e vídeo para o professor, que pode ir desde um conjunto microfone/auscultador e webcam do computador híbrido a soluções mais complexas (como microfones sem fios, câmaras vídeo, mesas de mistura e colunas), poderá servir para chegar a grupos maiores de alunos, alunos ou convidados não fisicamente presentes ou para gravar algumas atividades. Projeção única ou múltipla, sem fios, também poderá existir, consoante a dimensão do estúdio ou as necessidades de comunicação.

No estúdio podem também existir portáteis dedicados ao trabalho de grupo, por grupo de 3 alunos. Com os desenvolvimentos recentes e as gamas de valores existentes para computadores híbridos, estes poderão permitir a escrita e desenho com caneta, fornecendo funcionalidades tanto de tablet como de portátil. Estes equipamentos podem ser arrumados, carregados e sincronizados em trolleys, tanto no final das aulas como durante uma atividade que assim o exija. Ferramentas para prototipagem e modelação de conceitos de design podem também estar acessíveis (na linha dos *maker spaces*, *hacker spaces* ou *fab labs*, ou na linha do Atelier ou Oficina).

Sistemas de gestão de aprendizagem, trabalho colaborativo e/ou outras plataformas podem apoiar a realização de mini-testes, modelos *blended* misturando ensino presencial e a distância, blocos de notas digitais, sistemas de gestão de informação escolar e de grupo, e-portefólios, etc.

### *Currículo*

Alcançar objetivos de aprendizagem diversificados poderá envolver um balanço entre um currículo negociado e um currículo mais formal, desenvolvendo múltiplas competências para além das técnicas como as identificadas por De La Harpe e colegas (2009): 1) competências *hard* (criatividade, inovação, resolução de problemas,



pensamento crítico); 2) competências *soft* (comunicação, colaboração, consciência social e ecológica); 3) conhecimentos; 4) uso de tecnologia; 5) abordagem à aprendizagem; 6) prática profissional e inovadora; 7) prática reflexiva; 8) colaboração interdisciplinar, considerando produto, processo e pessoa. A disciplina de Área de Projeto de 12.º ano, apesar de extinta, poderá ser uma referência importante, no caso de alunos que escolherem disciplinas científicas e que foram orientados por professores dessas mesmas disciplinas.

#### *Atividades de ensino e aprendizagem*

A aprendizagem baseada em projetos poderá desempenhar um papel importante na definição de atividades no Estúdio, partindo de resumos indefinidos ou de interesses dos alunos em temas específicos e problemas e situações reais.

O professor pode realizar *desk crits*, circulando entre alunos enquanto estes realizam uma determinada atividade, envolvendo-os em reflexão em ação, provocações para expandir o seu pensamento crítico, apoiando a reflexão colaborativa e aprendizagem entre pares quando alarga a discussão ao pequeno ou grande grupo.

A pedagogia baseada em investigação é enfatizada, como p.e. MBL, simulação e modelação, modelos físicos, dramatização, Resolução de Problemas do Mundo Real (*Real World Problem Solving*), instrução direta alternada com atividades, mini-testes com feedback imediato, instrução por pares, atividades tangíveis e ponderáveis, ou inquérito aberto.

A aprendizagem cooperativa é também uma das características das atividades no estúdio. Os alunos poderão ser organizados em grupos de 3, combinando alunos de diferentes níveis de proficiência (baixo, médio e alto). A inclusão de grupos pouco representados é também considerada na constituição de grupos, que podem apresentar rotatividade ao longo do ano. *Pin-ups* com painéis de afixação, quadros brancos portáteis (p.e. de tamanho A3) ou projeção a partir do computador de qualquer dos grupos suportam a apresentação dos resultados e reporte do estado das atividades dos alunos, para revisão pelo professor e pelos pares, suportando a discussão e o feedback a partir de exemplos concretos. Os projetos individuais e de grupo são apresentados em exposições coletivas e apresentações públicas.

As perguntas que guiam as atividades são “Porque estamos a fazer isto?” ou “Qual é o objetivo de aprendizagem desta atividade?”, geralmente abordadas no início



e no fim de cada aula.

### *Avaliação*

O peso dos exames/testes finais é reduzido, favorecendo o trabalho contínuo durante o período ou semestre, como a realização de mini-testes todas as semanas, fichas de avaliação, trabalho laboratorial e respetivos relatórios, registos no caderno diário, atividades tangíveis e ponderáveis, projeto, etc. O trabalho de casa tem um peso maior do que o habitual (p.e. 20 % a 25 %), considerando que os horários letivos semanais não são demasiado longos e permitem realizar atividades fora das aulas. As fichas de avaliação têm um peso mais baixo do que o habitual, (p.e. 10 % a 15 %) permitindo aos alunos recuperar se tiverem um mau resultado. A avaliação baseada em critérios é usada em substituição da avaliação baseada numa norma. A auto-avaliação e a avaliação por pares no trabalho de grupo contam também para a nota final (p.e. 15 %).

A avaliação assume-se também como baseada na experiência e na interpretação, usando a documentação de forma a tornar a atividade do professor visível e sujeita a interpretação, diálogo, confrontação e compreensão.

### *Cultura e desenvolvimento profissional*

Pares pedagógicos e assistentes de ensino são também alguns aspetos diferenciadores do Estúdio. Existe também o convite a peritos, outros professores e membros externos no final do ano, com as apresentações públicas estando sujeitas a escrutínio externo.

Para além de um desenvolvimento profissional mais formal, existe também formação em contexto profissional, com apoio contínuo de pedagogos e reuniões semanais e mensais para discutir práticas a apoiar a reflexão em ação, recorrendo à documentação de atividades de ensino e aprendizagem realizadas pelos professores, bem como modelos *blended*, combinando modelos presenciais e a distância para maior flexibilidade de horários e apoio na reflexão em contexto.

### *Ligações à comunidade*

As atividades integram prática da vida real e uma metodologia de *design thinking* (IDEO, 2012) favorecendo relações com a comunidade escolar e não-escolar,



profissional ou não, recorrendo ao trabalho de campo para interagir com essa mesma comunidade em torno de desafios de design partilhados, procurando soluções, realizando protótipos e testando a sua implementação.

A gestão partilhada pela comunidade, a vida comunitária e a presença constante nessa comunidade reforçam as ligações entre as atividades no Estúdio e a vida diária na comunidade nos seus diversos aspetos, profissionais, de lazer, familiares, políticos, de cidadania, etc.

## Conclusão

Recentemente, acompanhando a evolução de alguns projetos europeus ligados às tecnologias educativas, como o *Creative Classroom Lab* (CCL, <http://creative.eun.org/>), *Future Classroom Lab* (FCL <http://fcl.eun.org/>) ou *Innovative Technologies for Engaging Classrooms* (ITEC, <http://itec.eun.org/>), assiste-se a uma crescente mediatização junto das escolas de novos modelos de espaço para as salas de aula normais. Apesar das críticas possíveis à ênfase excessiva na tecnologia, na retórica “aprendizagem ativa” e na difícil escalabilidade destas propostas em termos materiais e financeiros para todas as salas de aula, estas iniciativas têm ganho algum interesse por parte das escolas, municípios, empresas, universidades e entidades governamentais, podendo constituir uma oportunidade para, a partir da mudança dos espaços escolares, repensar todo o modelo educativo em vigor.

O laboratório escolar tem grande inércia histórica na Educação em Ciências, assim como a retórica sobre integração da teoria e da prática. Repensar os espaços escolares para as Ciências assim como as atividades icónicas que neles ocorrem, poderá ser um ponto de partida para avançar a discussão. Neste artigo tentámos evidenciar as origens do modelo de espaço escolares vigente, problematizar as ideias na sua base e apresentar o conceito de Estúdio como um candidato relevante para repensar o laboratório escolar, que talvez como o chumbo no trabalho alquímico, também procurará aperfeiçoar-se.

## Referências Bibliográficas

- Abrahams, I. (2011). *Practical work in secondary science: A minds-on approach*. Londres, Reino Unido: Continuum.
- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life: Evidence-based practice*.



- NY, EUA: Teachers College Press.
- Alegre, M. (2009). *Arquitetura escolar. O edifício Liceu em Portugal (1882-1978)*. (Unpublished doctoral dissertation). Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico, Portugal.
- Almeida, R., Blyth, A., Forrester, D., Gorey, A. & Hostens, G. (2009). *OECD/CELE Review of the Secondary School Modernisation Programme in Portugal*. Paris, França: Directorate for Education, OECD/CELE.
- Anderson, R. G. W. (2009). The creation of the chemistry teaching laboratory. In Lourenço, M. & Carneiro, A. (Eds.), *Spaces and collections in the History of Science: The Laboratorio Chimico overture* (pp. 13-24). Lisboa: MCUL.
- Beichner, R. J., Saul, J. M. (2003). *Introduction to the SCALE-UP (Student-Centered Active Learning Environment for Undergraduate Programs) Project*. Consultado em 12 de janeiro de 2008 em <http://www.ncsu.edu/per/scaleup.html>.
- Beichner, R. J., Saul, J. M., Abbott, D. S., Morse, J., Deardorff, D., Allain, R. J., Bonham, S. W., et al. (2007). Student-centered activities for large enrolment undergraduate programs (SCALE-UP) project. *Research-based Reform of University Physics*, 1(1), 2–39.
- Boling, E., & Smith, K. M. (2014). Critical issues in studio pedagogy: Beyond the mystique and down to business. In Hokanson, B. & Gibbons, A. (Eds.), *Design in educational technology: Design thinking, design process and the design studio* (pp. 37-56). Londres, Reino Unido: Springer.
- Casaleiro, P. E. (2009). The restoration of the Laboratorio Chimico at the University of Coimbra. In Lourenço, M., & Carneiro, A. (Eds.), *Spaces and collections in the History of Science: The Laboratorio Chimico overture* (pp. 235-244). Lisboa: MCUL.
- Crosland, M. (2005). Early Laboratories c .1600- c .1800 and the location of experimental Science. *Annals of Science*, 62, 233-253.
- CSOPM. (1907). Projecto do Edifício do Lyceu Central de Lisboa elaborado pelo architecto de 1.ª classe Rosendo Carvalheira: Memoria descriptiva. s.l.: CSOPM.
- DCSF. (2008). Project Faraday: Exemplar designs for science. Londres, Reino Unido: GovEd Communications.
- De La Harpe, B., Peterson, J. F., Frankham, N., Zehner, R., Neale, D. Musgrave, E., & McDermott, R. (2009). Assessment focus in studio: What is most prominent in Architecture, Art and Design? *International Journal of Art & Design Education*, 28, 37-51.



- do Ó, J. R. (2009). *Ensino Liceal (1836-1975)*. Lisboa: Secretaria-Geral do Ministério da Educação.
- DGAE. (2000). *Diagnóstico dos Espaços para Ciências Experimentais: Ensino secundário cursos gerais*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Direcção Geral de Instrução Pública. (n.d.). *Boletim da direcção geral de instrução pública, Ano II Janeiro-Abril Fasc. I-IV*. s.l.: DGIP.
- Direção-Geral do Património Cultural. (2017). *Liceu Diogo de Gouveia - Interior: aula de ciências*. Consultado em 1 de fevereiro de 2017 em <http://www.patrimoniocultural.gov.pt/pt/patrimonio/patrimonio-imovel/pesquisa-do-patrimonio/classificado-ou-em-vias-de-classificacao/geral/view/327741/>.
- Edwards, C., Gandini, L., & Forman, G. (Eds.). (2004). *The hundred languages of children: The Reggio Emilia approach – advanced reflections*. s.l.: Alex Publishing.
- Fernandes, J., Teodoro, V., & Boavida, C. (2009). *Schools' science laboratories: flexible spaces for active learning – Key features*. Almada: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa.
- Gauvin, J. F. (2009). *Le cabinet de physique du château de Cirey (2<sup>e</sup> partie)*. Consultado em 9 de janeiro de 2017 em <https://jfgauvin2008.wordpress.com/2009/03/>.
- Georgia Tech College of Design (2017). *Studio culture*. Consultado em 10 de fevereiro de 2017 em <https://design.gatech.edu/studio-culture>.
- Gomes, I. (2014). *Os Museus Escolares de História Natural – Análise histórica e perspectivas de futuro (1836-1975)*. (Tese de doutoramento não publicada). Universidade de Lisboa, Portugal.
- Hewett, V. M. (2001). Examining the Reggio Emilia approach to early childhood education. *Early Childhood Education Journal*, 29(2), 95-100.
- Hodson, D. (1998). Science fiction: The continuing misrepresentation of science in the school curriculum. *Curriculum Studies*, 6, 191–216.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54.
- Hofstein, A., & Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105–107.
- IDEO. (2012). *Design thinking for educators' toolkit*. IDEO. Consultado em 5 de



- fevereiro de 2017 em <https://www.ideo.com/post/design-thinking-for-educators>.
- JCETS. (1940). *Relatório dos trabalhos realizados 1940*. Lisboa: Ministério das Obras Públicas e Comunicações.
- Knorr-Cetina, K. (1999). *Epistemic cultures*. Boston, EUA: Harvard University Press
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. New Jersey, EUA: Prentice Hall.
- Millar, R. (2009). *Analysing practical activities to assess and improve effectiveness: The Practical Activity Analysis Inventory (PAAI)*. Heslington, Reino Unido: Centre for Innovation and Research in Science Education, Department of Educational Studies, University of York.
- Ministério do Reino. (1836). *Decreto-Lei de 11 de Novembro de 1836*. Lisboa: Diário do Governo.
- Moniz, G. C. (2007). *Arquitectura e Instrução: o projecto moderno do liceu, 1836-1936*. s.l: e|d|arq.
- National Research Council. (2005). *America's lab report: investigations in high school science*. Washington DC, EUA: National Academies Press.
- Nóvoa, A., & Santa-Clara, A. T. (Coord). (2003). *Liceus de Portugal*. Lisboa: ASA.
- Osborne, J. (1998). Science education without a laboratory. In Wellington, J. (Ed.), *Practical work in school science: Which way now* (pp. 156–173). Londres, Reino Unido: Routledge.
- Oxford Dictionaries. (2006). *Oxford dictionary of English*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press.
- Parque Escolar. (s.d.). *Escola Secundária Diogo de Gouveia: Fotos anteriores à intervenção*. Consultado em 8 de fevereiro de 2017 em <https://www.parque-escolar.pt/pt/escola/105>.
- Parque Escolar. (s.d.). *Escola Secundária Sá da Bandeira: Fotos anteriores à intervenção*. Consultado em 8 de fevereiro de 2017 em <https://www.parque-escolar.pt/pt/escola/081>.
- Parque Escolar. (2009). *Manual de Projecto de Arquitectura v.2.1*. Lisboa: Parque Escolar EPE.
- Parque Escolar. (2010). *Liceus Escolas Técnicas e Secundárias*. Lisboa: Parque Escolar EPE.
- Rinaldi, C. (2006). *In dialogue with Reggio Emilia: Listening, researching and learning*. Londres, Reino Unido: Routledge.
- Royal Institution. (2016). *New discoveries in pneumaticks! or - an experimental lecture on the powers of air in 1802*. Consultado em 10 de agosto de 2016 em



<http://www.rigb.org/our-history/iconic-images/new-discoveries-in-pneumatics>.

Schon, D. (1985). *The design studio: An exploration of its traditions and potentials*. Londres, Reino Unido: RIBA Publications Limited.

Shulman, L. S. (2005). Signature pedagogies in the professions. *Daedalus*, Summer, 52-59.

Vecchi, V. (2010). *Art and creativity in Reggio Emilia: Exploring the role and potential of ateliers in early childhood education*. Londres, Reino Unido: Routledge.

Veloso, L. & Sebastião, J. (Coord). (2011). *Relatório Final: Impacto da renovação dos edifícios das escolas secundárias nos processos e práticas de ensino-aprendizagem*. Centro de Investigação e Estudos de Sociologia do ISCTE-Instituto Universitário de Lisboa (CIES-IUL).

Veloso, L. & Marques, J. S. (2017). Designing science laboratories: learning environments, school architecture and teaching and learning models. *Learning Environments Research*. doi: 10.1007/s10984-017-9233-1

Yale School of Architecture. (2014). Design studio jury week. Consultado em 26 de abril de 2017 em <http://architecture.yale.edu/school/events/design-studio-jury-week>