

## ARTE E CIÊNCIA NO ENSINO DAS CIÊNCIAS

**Antônio F. Cachapuz**

Universidade de Aveiro/CIDTFF, Portugal  
cachapuz@ua.pt

### Resumo

O estudo apresenta uma possível abordagem no ensino das ciências, ensino fundamental e médio, valorizando uma perspectiva interdisciplinar envolvendo o diálogo entre arte e ciência. O ponto de partida do estudo é a necessidade de estabelecer uma outra relação estratégica com o conhecimento na esteira da Complexidade de Morin que contrarie e vá mais além da segmentação e hierarquização dos saberes que o Positivismo legitimou. Após uma introdução em que divórcio entre, por um lado, o designado “mundo da verdade e racionalidade” e, por outro lado, o “mundo da beleza e da emoção estética”, é questionado através de argumentação desenvolvida por artistas e cientistas, o estudo debruça-se sobre exemplos variados em que o diálogo entre Arte e Ciência pode ser explorado com êxito quer no ensino das ciências quer na formação de professores de ciências.

**Palavras-chave:** Arte; Ciência; Interdisciplinaridade; Ensino.

### Abstract

The article presents a possible interdisciplinary approach involving art and science to science teaching, basic and secondary school. The starting point of the study is the need to establish a strategic relationship with the knowledge based on the Morin' Complexity that goes beyond knowledge perspective of positivism. After an introduction in which divorce between, on the one hand, the so-called "world of truth and rationality" and, on the other hand, the "world of beauty and aesthetic emotion", is questioned through argumentation developed by artists and scientists, the study discusses several examples in which the dialogue between art and science can be successfully explored both in science teaching and in the training of science teachers.

**Keywords:** Art; Science; Interdisciplinary; Teaching.

## Introdução

O objectivo deste estudo é reflectir sobre relações dialógicas entre a Arte e Ciência e explorar modos possíveis de promover tal diálogo no ensino das ciências, ensino fundamental e médio. O pressuposto do estudo é a necessidade de estabelecer uma outra relação estratégica com o conhecimento que contrarie e vá mais além da segmentação e hierarquização dos saberes que o Positivismo legitimou. A contemporaneidade exige uma abertura interdisciplinar, uma perspectiva de articulação de saberes, uma nova forma de compreender a relação do Homem com o conhecimento.

*“Se, desde os gregos, o homem faz ciência é para, em última análise, compreender o mundo em que vive e compreender-se a si como habitante desse mundo. É também por essa razão que o homem faz filosofia, faz religião, faz literatura, faz arte. Ora, o que está em causa é, em todos os casos, a sua relação com um mesmo e único mundo. Um mundo que é um sistema coerente: as partes que o compõem não estão isoladas umas das outras; para as disciplinas particulares e para as especialidades, a própria ideia de Mundo deixa de ser útil”* (Pombo, apud Ferreira 2008, p.27).

Na expressão feliz de Marcel Mauss, “é preciso refazer o todo” (Mauss, apud Morin, 1996, p. 10).

Neste contexto, é inevitável uma transformação de ordem paradigmática, destacando “a emergência de (novos) elementos transversais às disciplinas e às práticas” (Caraça e Carrilho, 1984, p.89). Deve assim ser questionada e superada a organização segmentada e hierarquizada dos saberes, tal como definida pela gramática Positivista. A utopia do Positivismo, segundo o qual todos os saberes se desenvolvem em estrutura crescente de importância (a Matemática no topo), foi posta em cheque face às dificuldades epistemológicas decorrentes da rigidez do seu modelo de organização dos saberes. Defende-se agora uma mudança paradigmática envolvendo uma articulação e abertura disciplinar dos saberes, de sentido interdisciplinar, que permita novas formas de conhecimento.

*“É este um dos efeitos mais decisivos da emergência do novo paradigma baseado na comunicação: a perda de importância senão mesmo de objecto, das concepções centralizadas arborescentes ou piramidais do conhecimento”* (Caraça, 2001, p.129).



O autor, um físico, criticava assim a conhecida “árvore dos saberes” dos Enciclopedistas Diderot e d’Alembert (séc. XVIII), percursores do Iluminismo, e em que o conhecimento se desenvolve por ramificações a partir de um tronco comum. Mais próximo de nós, o prémio Nobel de Medicina François Jacob considera que, “no final do século XX deveria ser claro que nenhum sistema de pensamento é capaz de explicar o mundo em todos os seus detalhes” (Jacob, 1985, p. 11) (ao meu conhecimento, tal argumento não foi entretanto infirmado); matemáticos como Henri Poincaré (1920, p. 275) para quem “as civilizações só valem pela Arte e pela Ciência”, ou ainda Roald Hoffmann (1986), prémio Nobel da Química para quem estabelecer parâmetros perfeitamente definidos para interpretar o universo é mais fácil do que questionar a morte ou a invenção do amor.

A alternativa epistémica que aqui se defende assenta em argumentos epistémicos pós positivistas, em particular, em coerência com a Complexidade de Morin (1981; 1996):

*“Não se trata de opor um holismo global e vazio a um reducionismo sistemático; trata-se de articular as partes ao todo. É necessário articular os princípios de ordem e desordem, de separação e de junção, de autonomia de independência, que são simultaneamente complementares, concorrentes e antagonistas no seio do Universo” (Morin, 1996, p. 14).*

Palavras sábias.

## **Arte e Ciência**

No quadro da educação humanista que aqui se defende, uma maneira possível de nos tornarmos mais humanos é aproximar o “mundo da verdade” do “mundo da emoção e da beleza” no âmbito de uma perspectiva interdisciplinar do conhecimento. Bachelard (1943) foi dos primeiros a abordar o tema considerando que a emoção estética está na intersecção da descoberta científica e da criação artística. O reputado neurocientista Damásio (1994), questiona a utopia Cartesiana do divórcio entre a razão e a emoção que estão na génese de tal utopia; ao invés, Damásio explica o necessário papel das emoções na decisão racional acrescentando que não se trata de desvalorizar o papel da razão mas tão só de nos ajudar a melhor compreender como é que a mente humana funciona. Mas não só. Também os psicólogos avançam com a existência de formas transversais de inteligência – espacial, social, verbal – que

ultrapassariam as divisões tradicionais entre inteligência artística e científica (Strosberg, 1999, p. 22). Como noutra lado referi:

*“há muitas maneiras válidas de valorizar e fertilizar o diálogo entre a ciência e a arte. Qualquer que seja a alternativa seguida, o que aí se afirma é o potencial criador do Homem fazedor de símbolos, quer seja através da obra - prima “O abraço amoroso entre o Universo, a Terra, Eu, o Diego e o senhor Xólotl” de Frida Kahlo ou através da lei de Lavoisier. Em ambos os casos, o que essas obras revelam é a luta do Homem para dar significado à vida, celebrar a nossa humanidade ou corrigir as limitações e a miopia do senso comum”* (Cachapuz, 2011, p. 2).

Historicamente, as aproximações entre Arte e Ciência não são novas. O paradigma desta aproximação remonta à obra de Leonardo da Vinci (século XVI), como paradigma do homem renascentista, transversal nos seus conhecimentos e referência histórica fundamental desta proposta de conhecimento transversal. Para Ferreira (2008) Leonardo foi criador na Arte, descobridor na Ciência e inventor na Tecnologia, conseguindo integrar de forma paradigmática a Ciência e Arte, de tal forma que uma não seria correctamente entendida sem a outra. Embora a maior parte da sua vida decorra no século XV, Leonardo (1452-1519) é contudo um homem do Renascimento, pela multiplicidade das suas áreas de interesse em todos os campos do saber e pela sua personalidade multifacetada. Um dos pilares fundamentais deste período, deixou testemunhos impressionantes da sua criatividade e da amplitude dos seus interesses, que abarcam, para além da Pintura, Escultura e Arquitectura, disciplinas científicas tão díspares como a Anatomia, Física e Astronomia. Todos lhe devemos algo. Leonardo reafirmou o domínio do desenho como expressão e experimentação de temas pictóricos. Enquanto os pintores da Idade Média recorriam a livros de padrões tradicionais para representar plantas e animais, como os Bestiários, Leonardo estudava, através de esboços prévios, esses motivos directamente da natureza, tornando evidente nos seus desenhos esta relação com as ciências naturais. A partir destas observações, compreendia os processos orgânicos, tanto das plantas como dos animais, conseguindo captar aspectos do seu funcionamento e fazendo-o transparecer nos seus desenhos. Transmite na sua pintura, desta forma, a construção de um espaço em profundidade e de relação entre os diferentes elementos, e não um conjunto estático de objectos. Considerou, em última análise, a mesma finalidade para a Arte e a Ciência: o conhecimento da natureza. Os exemplos mais destacados são os seus estudos de Anatomia Humana, ainda hoje considerados referência. Este interesse pelo estudo anatómico estava inicialmente relacionado com os estudos para



a sua pintura, a fim de poder representar de forma mais realista e perfeita os movimentos musculares humanos, em que estes registos acompanhavam e complementavam os seus trabalhos finais (nomeadamente as pinturas e esculturas de grande escala). No entanto, com o decorrer do tempo, tornou-se uma actividade independente à qual dedicava bastante empenho e curiosidade, desenvolvendo um interesse científico pelas proporções anatómicas exactas das várias partes do corpo. O seu registo mais divulgado é o “Homem de Vitruvius”, que reproduz a figura humana, demonstrando que “um homem com as pernas e os braços abertos caberiam perfeitamente dentro de um quadrado e de um círculo, figuras geométricas perfeitas” (Zollner, 2006, p.37). Este trabalho representa a grandeza e perfeição da figura humana, “associando-a ao centro do Universo. As proporções gerais do homem adequar-se-iam, como um microcosmo, às das formas mais perfeitas do macrocosmo universal, (...) tornando-se o símbolo universal da humanidade” (Leal, apud Ferreira, 2008, p. 35).

Não é possível desenvolver aqui os exemplos do diálogo histórico entre a Arte e a Ciência. Refiram-se entre outros: (i) o esplendor dos vitrais das catedrais góticas, por muitos considerados como a forma mais translúcida de pintura monumental; (ii) a fotografia, só possível por uma circunstância química (a descoberta da sensibilidade à luz dos halogenetos de prata); (iii) um exemplo actual onde podemos continuar a descobrir novos mundos visíveis no campo da imagem microscópica, por exemplo, no âmbito da Biologia figuras de mitose, é o concurso “*Art of Science*” (disponível *on-line* em <http://www.princeton.edu/artofscience>) realizado pela Princeton University, U.S.A., que propõe como linha de orientação a celebração da estética da investigação e os caminhos nos quais a Ciência e a Engenharia informam a Arte e vice-versa. Este é um local de experimentação, entre outros que ganham cada vez maior divulgação através da comunicação *on-line*, onde se verifica uma capacidade de divulgação de conhecimentos sem precedentes. As imagens que este meio permite alcançar aproximam-se do papel desafiador da Arte no sentido de se transformarem em expressões visuais e abstractas, mais do que meros registos de observação decorrentes do processo de investigação científica. Apresenta-se nesta via de trabalho a Ciência como produtora de imagens contempláveis, realizadas mediante a criatividade do artista/investigador; (iv) ligas metálicas que nos permitem apreciar a estética das jóias, disfrutar as esculturas ou ainda a harmonia e o arrojo das obras arquitectónicas, verdadeiras esculturas públicas “representando a vontade de uma época traduzida no espaço” (Mies van der Rohe, apud Glancey, 2006, p. 189); (v)

modernas técnicas analíticas (UV, Raman, Infravermelho, Fluorescência, RX...) usadas na conservação e restauro de monumentos e de obras de arte (ver por exemplo, Kabbani, 1997); (vi) na ligação da geometria com a arte, um dos artistas mais representativos desta foi Pieter Saenredam (1597-1655), pintor holandês do século XVII, cuja obra se focou sobretudo na representação de interiores de igrejas. Através das suas obras e estudos, transformou um tema aparentemente limitado, de representação de interiores, numa arte geométrica de contemplação. Através dos seus desenhos de estudo e notas relacionadas, que tomava nos esboços que realizava, *in situ*, verificamos os seus cálculos cuidados, projectando as distâncias para linhas que convergem para um ponto de fuga. Saenredam, enquanto pintor, estudou directamente os tratados matemáticos, em colaboração com arquitectos, apresentando, pelas suas representações, conceitos matemáticos abstractos de perspectiva geométrica, estabelecendo uma importante via de diálogo entre Ciência e Arte. Para Saenredam, “era a geometria sensorial da luz que atravessava um espaço concebido matematicamente que permitia o início e fim da sua indagação para tentar revelar as maravilhas visuais de arquitectura criada para adoração religiosa.” (Kemp, 2000, p.35). A sua geometria calculada, em conjunto com os estudos de projecção de luz realizados matematicamente, antecipara as teorias de abstracção geométrica do século XX, nomeadamente as apresentadas pelo Neoplasticismo de Piet Mondrian e o Suprematismo Soviético, liderado por Kazimir Malevich; (vii) a química dos pigmentos na arte têxtil, cerâmica dos azulejos, mosaicos e louça artística (Delamore and Guineau, 2000); (viii) a utilização de ácidos clorídrico ou nítrico (este último mais conhecido no meio artístico como água - forte) na produção da gravura artística e de que Rembrandt (séc. XVII) foi um expoente (Gabriel, M., 1987, p.26). Seria possível adicionar mais exemplos que ilustram,

*“o modo como a ciência transformou o laço fundamental que une o artista à sua arte, o pintor à sua mão e olho e o músico ao seu ouvido. O mesmo acontece à comunicação entre o artista e o seu público”* (Strosberg, 1999, p. 232).

A previsão é, aliás, de que o diálogo entre Arte e Ciência será aprofundado durante o século XXI (Wilson, 2002). Sinal dos tempos, vale a pena referir o recente bacharelato em Estudos Gerais (1º ciclo de Bolonha, 180 créditos ECTS) da Universidade de Lisboa e envolvendo três faculdades, Ciências, Letras e Bela Artes, cujo êxito tem sido assinalável (já foi necessário duplicar o número de vagas). Uma experiência a seguir de perto.



## Transposições para o Ensino das Ciências

Não tem sido fácil transpor para o terreno da prática a perspectiva interdisciplinar entre Arte e Ciência, em particular no âmbito do Educação em Ciências. Parte do problema tem a ver com a própria ideia de interdisciplinaridade. Santos considera que,

*“Construir interdisciplinaridade apenas à custa dos conhecimentos disciplinares, fomenta uma grande dependência epistemológica. Um vício de construção, determinado pelo grau de maturação das áreas disciplinares de partida, que origina um ciclo vicioso entre disciplinaridade e interdisciplinaridade e que exclui saberes não disciplinares vindos de outros campos. Saberes que não se esgotam nas disciplinas clássicas e que devem ser olhados em função daquilo a que pretendem dar resposta. Por outro lado, importa ter em conta que não pode haver interdisciplinaridade sem um conhecimento profundo, epistemologicamente fundamentado, das disciplinas de partida – metodologia, conteúdos e objectivos, forma como se organizam na escola e razões porque a disciplinaridade se constitui em obstáculo epistemológico ao conhecimento interdisciplinar”* (Santos, 2014, p.69).

Além destas dificuldades de ordem epistémica, há que acrescentar políticas de educação enviesadas confundindo educação com instrução (em particular no ensino médio), falta de materiais didácticos ou ainda formação inadequada de professores. Tais obstáculos são transversais a vários países. Há de tudo um pouco. Apesar disso, é possível identificar mudanças quer no ensino quer na formação de ciências com base em propostas locais de trabalho e envolvendo a exploração de vários suportes como a poesia, pintura, teatro, entre outros. Também a pesquisa não tem sido indiferente, com dissertações de mestrado, por exemplo Ferreira (2008) ou teses de doutorado, por exemplo Oliveira (2012), esta última no Brasil.

No que se segue apresentam-se exemplos de possíveis transposições para o ensino das ciências, ensino fundamental e ensino médio, recorrendo quer à minha própria experiência quer a estudos de outros autores (os primeiros mais elaborados dado que os conheço melhor). Refiram-se ainda as actas do 2nd ICSE levado a cabo em Agosto de 2014 na Foz do Iguaçu e em que um dos simpósios foi dedicado a este tema.

No âmbito da formação de professores de Ciências, e no quadro do ensino de Epistemologias e Ensino das Ciências ou de Metodologias de Ensino das Ciências, a arte pode fornecer um possível ponto de entrada para discutir o papel e limites da observação em ciência, em particular a relação entre observação e teoria, uma

questão central quer na pesquisa quer no ensino. No essencial, pretendia que os alunos pudessem apreciar a coerência entre o pensamento de respeitados artistas e cientistas na crítica à visão empirista da observação, em particular, que os fatos científicos não são uma oferta gratuita do real mas sim devem ser enquadrados numa rede de razões, ou seja, em diálogo permanente com a teoria, rebatendo assim a ideia positivista de que a observação científica é objectiva e neutra (não confundir com rigor). Um exemplo que explorei com os meus alunos (futuros professores e professores) foi a confrontação/coerência do pensamento de pintores e de cientistas célebres em relação à problemática da observação. O ponto de partida de tal exploração era a reflexão crítica pelos alunos sobre a frase de Henri Matisse (pintor do século XIX/XX de quem Picasso em entrevista de 1954 dizia que, quando tudo está dito e feito só resta Matisse) quando afirmava que “ver já é uma operação criadora e que exige esforço” (“voir c’est déjà une opération créatrice et qui exige un effort”) e quão próxima tal perspectiva está da pensamento do cientista prémio Nobel François Jacob (1985, p.28) quando afirmava que, “para se obter uma observação com algum valor, é preciso ter já, à partida, uma certa ideia do que há a observar. É preciso ter já decidido o que é possível”. Em ambos os casos, o que ambos valorizam é o contexto de criação, de construção do conhecimento, frequentemente desvalorizado na educação em ciências por não caber nos limites estritos da racionalidade positivista.

No caso do ensino das ciências, dois poemas de poeta António Gedeão (1990) (pseudónimo do professor do ensino médio de Física/Química) Rómulo de Carvalho: o primeiro poema no estudo da estrutura atómica (ensino médio) e o segundo no estudo das propriedades da água (ensino fundamental).

***Poema do ser ou do não ser:***

*São ondas ou corpúsculos?  
Sim ou não?  
São uma ou outra coisa, ou serão ambas?  
São “ou” ou serão “e”?  
Ou um tudo se passa como se?  
Percorrem velozmente órbitas certas  
as quais existem só quando as percorrem.  
Velozmente. Será?  
Ou talvez não se movam, o que depende  
do estado em que se encontre quem observa.*



A exploração da poesia visa sobretudo reflectir sobre a dualidade onda/partícula e, para os professores com maior maturidade epistemológica, a questão mais filosófica levantada na passagem “*as quais existem só quando as percorrem*”.

***A lição sobre a água:***

*Este líquido é água*

*Quando pura*

*É inodora, insípida e incolor.*

*Reduzida a vapor,*

*Sobe tensão e alta temperatura*

*Move os êmbolos das máquinas que, por isso, se denominam máquinas a vapor.*

*É um bom dissolvente.*

*Embora com excepções, mas de um modo geral, dissolve tudo bem, ácidos, bases e sais.*

*Congela a zero graus centesimais*

*e ferve a 100, quando à pressão normal.*

*Foi neste líquido que numa cálida noite de verão,*

*Sob um luar gomoso e branco de camélia,*

*Apareceu a boiar o cadáver de Ofélia*

*Com um nenúfar na mão.*

Neste caso a exploração envolve a discussão de propriedades físicas e químicas da água e mudanças de estado. Para os mais eruditos, a articulação com a literatura (Shakespeare) pode ser uma opção.

Estas duas poesias foram também exploradas com sucesso em workshops realizados no quadro da formação contínua de professores do ensino fundamental e médio (Cachapuz, 2013) em que os professores trabalharam em grupo sobre várias questões escritas tais como: Se já tinham trabalhado a interdisciplinaridade Arte/Ciência no seu ensino e, se sim, dando exemplos; identificar em que nível de ensino é que cada uma das duas poesias pode ser explorada com os seus alunos; referir linhas orientadoras de possível estratégia de ensino com base nessas poesias (por exemplo, questões a colocar aos alunos, métodos de trabalho; tempo previsível...).

A análise de obras pictóricas pode ser outro ponto de entrada para o ensino. A pintura de Joseph Wright of Derby (séc. XVIII) existente na Nacional Gallery, Londres,

“Experiência com um pássaro numa trompa de ar”, sobre a designada química dos gases e de que Gorri e Filho (2009) apresentam um interessante estudo educacional. De realçar o interesse que a revista Química Nova na Escola tem devotado a estes temas sendo de referir um outro estudo de Cunha e Giordan (2009) em que os autores exploram a imagem da ciência no cinema através de filmes seleccionados apresentados na sala de aula, com temas como por exemplo, ciência e ficção científica, ciência e poder, ciência e ambiente, ciência fantástica e divertida etc...

Um outro exemplo de exploração educacional de uma obra pictórica é descrito por Cachapuz & Ferreira (2010). Aí se descreve um estudo de caso com uma professora e seus vinte e três jovens alunos sobre a concepção, planeamento, estratégias de ensino e avaliação da prática pedagógica na exploração feita do conhecido quadro Pontilhista “Um domingo à tarde na ilha de la Grand Jatte” (“Un dimanche après midi dans l’île de la Grand Jatte”) do pintor Georges Seurat, séc. XIX. A história deste quadro é muito rica sobre os caminhos cruzados entre a Arte e a Química/Física, dado que Seurat aprendeu com o químico Chevreul e com o físico Rood (ambos do século XIX e no seguimento dos trabalhos de James Maxwell sobre a natureza física da luz), que as cores chegam aos nossos olhos como luz com diferentes comprimentos de onda, sendo misturadas na retina (uma novidade para a época). Seurat concluiu que não deveria misturar os pigmentos na paleta e depois passar para a tela (como habitualmente) mas sim justapor as cores primárias na própria tela, ponto a ponto. Daí a designação de Pontilhismo (considerada em Pintura como uma vertente do Impressionismo). O plano de trabalho da professora incluiu sete actividades seleccionadas de complexidade variável, de índole experimental (excepto a última, de avaliação). A sequência pedagógica das actividades reflectiu a transposição das linhas mestras do desenvolvimento histórico da estética de base científica de Seurat.

### **Notas Finais**

Temos de aprender de novo a formular perguntas adequadas sobre o futuro da educação em geral e da educação em ciências em particular. Todos sabemos que a Arte e a Ciência são aspectos diferentes da actividade humana. Mas essa não é a questão interessante. A questão interessante é, no quadro de uma visão não redutora e não segmentada do conhecimento, quais as semelhanças que as unem e de que modo tal visão diacrónica Arte/Ciência pode melhorar a qualidade da educação em



ciências oferecida aos alunos e dar uma oportunidade aos professores para irem mais além das rotinas e burocracia a que frequentemente são submetidos nas suas escolas. Não é tarefa fácil. Estou consciente dos obstáculos que se nos levantam sobre vários dos aspectos acima referidos, quer como investigadores quer como professores. Mas também não é menos certo que, parafraseando o poeta T. S. Elliot, só aqueles que arriscam ir mais longe é que sabem até onde podem ir.<sup>1</sup>

### Referências Bibliográficas

- Bachelard, G. (1943). *L'air et les Songes: essai sur l'ímagination des forces*. Paris: J. Corti.
- Cachapuz, A. (2011). El Legado de Leonardo. *Educación Química*, 22(3), 198-202.
- Cachapuz, A. (2013). Art and Science: improving teachers' interdisciplinary competences. *Journal of Science Education*, 14 (special issue), 5-7.
- Cachapuz, A. and Ferreira, P. (2010). Bridging art and science in science education. *Journal of Science Education*, 11(2), 60-63.
- Caraça, J. (2001). *O que é a Ciência*: Lisboa: Quimera Editores.
- Caraça, J. & Carrilho. M. (1984). O Imaterial e o Arquipélago dos Saberes. *Colóquio Ciências*, 4 (12), 83-92.
- Cunha, M. & Giordan, M. (2009), M. A imagem da ciência no cinema, *Química Nova na Escola*, 31 (1), 9-17.
- Damásio, A. (1994). *O erro de Descartes*. Lisboa: Publicações Europa América.
- Delamore, F. & Guineau. B. (2000). *Colors: the story of dyes and pigments*. New York: Discoveries, H.A. Publishers.
- Ferreira, P. (2008). *Contributos do Diálogo entre a Ciência e a Arte para a Educação em Ciências no 1º CEB*. Aveiro: Universidade de Aveiro. [dissertação de mestrado apresentado na Universidade de Aveiro]
- Gabriel, M. (1987). A utilização dos ácidos na gravura artística, *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 28, 26-28.
- Gedeão, A. (1990). *Novos Poemas Póstumos*. Lisboa: Sá da Costa.

---

<sup>1</sup> Agradecimentos: este trabalho foi financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia/FCT/MEC através de fundos nacionais (PIDDAC) e co-financiado pelo FEDER/Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional através do COMPETE – Programa Operacional Factores de Competitividade no âmbito do projecto PEst-C/CED/UI0194/2013.

- Glancey, J. (2006). *Arquitectura*. Porto: Civilização.
- Gorri, A. & Filho, O. (2009). Representação de temas científicos em pintura do século XVIII: um estudo interdisciplinar, *Química Nova na Escola*, 31 (3), 184-189.
- Jacob, F. (1985). *O jogo dos possíveis*. Lisboa: Gradiva, Lisboa.
- Kabbani, R. (1997). Conservation: a collaboration between art and science, *The Chemical Educator*, 2 (1), 1-18.
- Kemp, M. (2000). *Visualisations - the nature book of art and science*. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Morin, E. (1981). *As Grandes Questões do Nosso Tempo*. Lisboa: Editorial Notícias.
- Morin, E. (1996). Pour une reforme de la pensée, *Le Courier de l'UNESCO*, 2, 10-14.
- Oliveira, D. F. (2012). *Estudo das convergências em pesquisa e ensino de ciência e arte a partir da análise documental e metodológica*. Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz. [tese de doutorado apresentada na Fiocruz]
- Poincaré, H. (1920). *La valeur de la science*. Paris: Flammarion.
- Santos, M. E. V. M. (2014). *Que Escola?*. Lisboa: Alfarroba.
- Strosberg, E. (1999). *Art et Science*. Paris: UNESCO.
- Wilson, S. (2002). *Intersection of Art, Science and Technology*. Boston: MIT.
- Zollner, F. (2006). *Leonardo da Vinci*. Koln: Taschen