

# Para que serve à história da arte a identificação dos pigmentos utilizados numa pintura? \*

---

ANTÓNIO JOÃO CRUZ

Departamento de Arte, Conservação e Restauro,  
Escola Superior de Tecnologia de Tomar

## Introdução

Os pigmentos são os principais responsáveis pela cor de uma pintura. Com origem natural ou sintética, estes materiais são formados por um pó muito fino, insolúvel, com cor intensa e estável – pelo menos idealmente. Fazem parte das tintas, onde se encontram misturados com o aglutinante – como o óleo, a gema de ovo ou a resina acrílica, por exemplo –, que mantém a coesão das pequenas partículas que constituem esse pó e as fixa, directa ou indirectamente, ao suporte da pintura <sup>1</sup>. Actualmente os pigmentos estão disponíveis no comércio sobretudo na forma de tinta pronta a ser usada, vendida em tubos de metal (inventados em meados do século XIX), mas até ao século XVIII as tintas eram frequentemente feitas na oficina dos pintores a partir de pigmentos igualmente preparados na oficina ou comprados em boticas <sup>2</sup>.

Embora com muito menor uso, em pintura também são usados corantes, sob a forma de lacas. Química e fisicamente muito diferentes dos pigmentos (entendida esta designação num sentido restrito), os corantes, que têm a sua principal utilização no tingimento dos têxteis, no contexto do estudo laboratorial de pinturas são frequentemente incluídos entre os pigmentos (neste caso dando a

---

\* Este texto teve a sua génese na colaboração que desde 2003 tenho mantido com o Instituto de História da Arte e, de alguma forma, está relacionado com o projecto «The materials of the image: pigments on Portuguese treatises from the Middle Ages to 1850», financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (POCI/EAT/58065/2004), que envolve uma abordagem multidisciplinar enraizada na história e na química.

1. Sobre os pigmentos, como texto de introdução breve, veja-se CRUZ (2004a) e, numa perspectiva de divulgação mais geral, BALL (2001). Como obras de referência clássicas pode-se apontar o conjunto de monografias inseridas em FELLER (1986), ROY (1993) e FITZHUGH (1997) e um pequeno livro, antigo, mas sempre útil (GETTENS & STOUT, 1966). Ainda que não dedicado exclusivamente aos pigmentos, um livro recentemente publicado tem características que justificam a sua inclusão neste conjunto de obras de referência (PEREGO, 2005).

2. A preparação das tintas era uma das actividades dos aprendizes, como se depreende das muitas imagens em que estes são representados, num canto da oficina, a moer as tintas (cf. CRUZ, 2006). Sobre esta actividade veja-se AYRES (1985).

esta palavra um significado mais geral de material responsável pela cor), por vezes sob a designação de pigmentos orgânicos<sup>3</sup>.

As primeiras análises químicas que tiveram como objectivo a identificação dos pigmentos usados em pintura foram realizadas em finais do século XVIII, sendo de destacar entre esses estudos mais antigos, pelo seu detalhe e profundidade, os efectuados por Humphry Davy, publicados em 1815<sup>4</sup>. Durante o século XIX essas análises incidiram especialmente sobre pinturas murais, provavelmente pela menor importância que neste contexto era atribuída aos danos resultantes da recolha das amostras então necessárias para a identificação dos pigmentos. No início do século XX o extenso e ambicioso estudo realizado por Martin de Wild abriu o caminho ao estudo sistemático das pinturas de cavalete: realizando os testes de natureza química que permitem a identificação dos pigmentos num microscópio óptico, é possível usar amostras de pequeníssimas dimensões que, supostamente, não causam danos visíveis nas pinturas (DE WILD, 1929). Em Portugal, as primeiras análises foram realizadas no início da década de 1920 por iniciativa de Carlos Bonvalot, mas só a partir de finais da década de 1960, com o desenvolvimento do laboratório do então Instituto José de Figueiredo, começou a ser frequente a identificação dos pigmentos usados nas pinturas, ainda que durante muitos anos a publicação desses resultados tenha sido muito escassa<sup>5</sup>.

Até meados do século XX, a identificação dos pigmentos usados em pintura fazia-se exclusivamente através da análise microquímica desenvolvida por de Wild e outros<sup>6</sup>, que ainda hoje continua a ser utilizada devido aos reduzidos recursos materiais que envolve, mas a partir de então começaram a ser empregues métodos de natureza instrumental, designadamente métodos espectroscópicos, que, de uma forma geral, permitem fazer análises mais rapidamente, frequentemente com maior segurança e, por vezes, com maior detalhe, ainda que com custos muito mais elevados. Os desenvolvimentos tecnológicos mais recentes disponibilizaram equipamentos que permitem fazer análises directamente sobre as pintura, sem recolha de amostras e sem causarem qualquer dano, como é o caso de certos equipamentos de espectrometria de fluorescência de raios X, a partir da década de 1970, e, muito mais recentemente, de microscopia de Raman<sup>7</sup>.

---

3. Sobre a distinção entre pigmentos e corantes e o uso destes sob a forma de laca veja-se, por exemplo, GETTENS & STOUT (1966), artigos «Pigment», «Dye» e «Lake», respectivamente. A pergunta do título, de uma forma lata, diz respeito aos materiais responsáveis pela cor das tintas, ainda que ao longo do texto, sempre que se justifique, se tente distinguir os dois tipos de materiais.

4. Sobre os primeiros estudos, consulte-se REES-JONES (1990) e NADOLNY (2003).

5. Sobre os estudos laboratoriais das obras de arte em Portugal, cf. CRUZ (1994).

6. Entre esses trabalhos destaca-se o de GETTENS & STOUT (1936) e o de PLESTERS (1956).

7. Como textos sem detalhes de natureza técnica e científica (tanto quanto é possível) sobre os métodos de análise disponíveis, nomeadamente para a identificação de pigmentos, pode ver-se, numa perspectiva mais geral, MATTEINI & MOLES (2001) e, mais especificamente sobre a espectrometria de fluorescência de raios X e a microscopia de Raman, MANTLER & SCHREINER (2000) e SMITH & CLARK (2001), respectivamente.

Complementarmente à análise química, muita informação útil a respeito dos pigmentos tem sido obtida através das fontes documentais, nomeadamente através dos tratados técnicos de pintura<sup>8</sup>.

Não obstante esta história de mais de dois séculos, os historiadores da arte, de uma forma geral, têm mostrado pouco interesse por estes estudos e pela informação por eles proporcionada. Quando usam a informação disponível sobre os pigmentos ou fazem diligências no sentido de serem identificados os pigmentos nas obras que lhes interessam – o que nem sempre é fácil de conseguir –, os pigmentos geralmente são mencionados apenas de passagem, quase como uma curiosidade, e pouco ou nada acrescentam de útil a respeito das obras<sup>9</sup>. Esta situação certamente que está relacionada com as dificuldades de colaboração que de uma forma geral existem entre historiadores e cientistas<sup>10</sup> e, directa e concretamente, deve resultar do facto de os historiadores não terem informação disponível que lhes permita convenientemente aproveitar melhor a informação veiculada pelos pigmentos<sup>11</sup>.

É neste contexto que este estudo pretende encontrar na bibliografia da chamada história técnica da arte, em particular na incipiente bibliografia respeitante a Portugal, algumas respostas para a pergunta formulada no seu título. Pretende enumerar e ilustrar algumas das possibilidades de exploração da informação proporcionadas pelos pigmentos em termos que verdadeiramente possam ser úteis para a história da arte. Obviamente, ainda para mais não tendo outros trabalhos semelhantes de exploração e sistematização em que se possa apoiar, o levantamento efectuado não tem qualquer pretensão de ser exaustivo ou representativo, quer no que toca às questões abordadas, quer aos exemplos que para cada uma foram seleccionados.

---

8. Um inventário dos principais encontra-se em BORDINI (1995). Para a Idade Média dispõe-se também de CLARKE (2001). O levantamento dos tratados portugueses, e de outra bibliografia relevante a este respeito, é um dos objectivos do projecto referido na nota \*, no início deste texto.

9. Obviamente, há excepções, como, por exemplo, a referência aos pigmentos (e a outros materiais) num volume, de natureza geral, da *Oxford History of Art* (WELCH, 1997). Diferente é a situação do que se tem publicado no âmbito da história técnica da arte, cada vez mais frequentemente, nomeadamente em catálogos de exposições, livros e artigos que têm como autores conservadores e cientistas. Os historiadores da arte, quando também assinam estes textos, geralmente estão ligados a instituições museológicas ou de conservação e não à carreira académica. Entre as instituições que mais têm contribuído para esta história técnica da arte conta-se a National Gallery, em Londres. Do quadro esquemático traçado também ficam excluídos os historiadores que se têm dedicado especificamente ao estudo da cor. A este respeito, cf., por todos, GAGE (1993, 2000).

10. Destas dificuldades dá conta, por exemplo, VAN ASPEREN DE BOER (1998). Utilizo a designação cientistas a contragosto, tal como na nota anterior, apenas para evitar mencionar toda uma série de disciplinas da área das ciências exactas e naturais que podem contribuir para o estudo das obras de arte, entre as quais a química, a física, as ciências dos materiais, a biologia e a geologia.

11. A este respeito é significativo o facto de o extenso artigo sobre pigmentos publicado num dos 34 volumes do *The Dictionary of Art* (GROEN, 2005) ser apenas uma enumeração dos principais pigmentos com interesse histórico e não conter nenhuma secção sobre o interesse que os mesmos podem ter para um historiador da arte.

## Caracterização geral de uma obra

A relação dos pigmentos identificados numa pintura é a forma mais provável de os mesmos surgirem num texto de história da arte. Embora qualquer aspecto que envolva os pigmentos presentes numa obra implique a sua prévia identificação e, portanto, essa lista possa servir para a abordagem de diversas outras questões, como as que adiante se apresentam, geralmente a enumeração dos pigmentos detectados constitui um fim e não um meio. Embora não seja expressamente justificada a sua ocorrência, é possível ver esse rol como uma tentativa de caracterização ou descrição geral da obra segundo uma perspectiva complementar da tradicionalmente adoptada pela história da arte. Ao tema, à composição, ao uso do espaço, da forma ou da cor e a outras características visuais, os pigmentos acrescentam uma outra dimensão, não-visível, à caracterização ou descrição da obra.

Quando se compara a lista dos pigmentos que, segundo a análise química, foram usados por Nuno Gonçalves no *Painel dos Cavaleiros* com os pigmentos identificados num retrato pintado por Mário Eloy mais de quinhentos anos depois (Quadro 1), é evidente que as diferenças a este respeito não são menores do que as que se encontram ao nível dos parâmetros habitualmente considerados pela história da arte. Embora, por acaso, o número de diferentes pigmentos seja semelhante, há diferenças muito importantes relacionadas com o seu tipo, a sua história, o seu valor, a sua estabilidade ou as suas propriedades ópticas. É certo que entre obras de dois pintores da mesma época, ou entre duas obras do mesmo pintor, as diferenças ao nível dos pigmentos de forma alguma são tão expressivas, sucedendo mesmo que muitas vezes não são sequer significativas, mas o mesmo também ocorre a respeito das outras características das obras.

De qualquer modo, a descrição feita pelos pigmentos não pretende imediatamente revelar diferenças ou afinidades, da mesma forma que a descrição dos seus aspectos visuais também o não pretende – o que não impede que posteriormente se busquem diferenças e afinidades, conforme as questões específicas colocadas por cada obra.

Por vezes, pretende-se ver os materiais como condicionantes das obras de arte<sup>12</sup>. Sendo cada obra constituída por materiais que têm as suas potencialidades e as suas limitações, os materiais definem o espaço material em que o pintor actua, tal como a outro nível os contextos ideológico, cultural, económico, social e político traçam os limites entre as imagens possíveis e as imagens impossíveis. Estes limites materiais não os pode evitar o pintor, ainda que os possa minimizar em maior ou menor extensão conforme o seu domínio técnico. No caso concreto dos pigmentos estas limitações não são especialmente significativas, ao contrário do que se passa com os aglutinantes, o que não impede,

---

12. «L'oeuvre d'art est matière avant d'être message», disse Madeleine HOURS de forma lapidar (1964, p. 206).

todavia, que os diferentes pigmentos tenham diferentes implicações na conservação da imagem.

QUADRO 1

**Pigmentos identificados no Painel dos Cavaleiros, de Nuno Gonçalves (Museu Nacional de Arte Antiga, Lisboa) (ALVES, 1974), e na pintura *Jeune Homme*, de Mário Eloy (Museu do Chiado, Lisboa) (CRUZ, 1996)**

	<b>Nuno Gonçalves, <i>Painel dos Cavaleiros</i></b>	<b>Mário Eloy, <i>Jeune Homme</i></b>
Branco	Branco de chumbo	Branco de chumbo
Amarelo	Amarelo de chumbo e estanho	Ocre amarelo Amarelo de cádmio
Castanho	Ocre castanho	Ocre castanho
Vermelho	Vermelhão	Vermelhão Vermelho de cádmio
Azul	Azurite	Azul ultramarino artificial
Verde	Malaquite (provavelmente) Resinato de cobre (provavelmente)	<i>Viridian</i>
Preto	Negro de carvão animal	Negro de carvão animal

Embora a caracterização geral das obras geralmente se faça através de uma relação de natureza qualitativa, isto é, constituída apenas pelo nome dos pigmentos, nalgumas situações é possível estimar a importância relativa de cada pigmento. Por exemplo, contando o número de ocorrências de cada pigmento nas 358 camadas estratigráficas detectadas nas amostras recolhidas em 13 pinturas de Bento Coelho da Silveira, foi possível chegar aos resultados apresentados no Quadro 2, que dão conta da predominância do branco de chumbo, do vermelhão, do negro de carvão animal e do ocre castanho e, por outro lado, da diminuta importância dos outros pigmentos, nomeadamente dos de cor azul e de cor verde.

De uma forma geral, uma lista com os pigmentos usados ou, mais correctamente, identificados numa pintura, tem pouco interesse para o historiador da arte se não houver uma discussão explícita da mesma – pelo menos por agora. Quando houver muito mais informações a este respeito, quando forem conhecidos os pigmentos usados por muitos mais pintores e em muitas mais obras, talvez as maiores possibilidades de comparação mudem a situação.

## QUADRO 2

Abundância dos pigmentos usados em 13 pinturas de Bento Coelho da Silveira, segundo o número (expresso em termos relativos) de camadas estratigráficas em que cada um foi detectado. Os valores foram calculados a partir dos dados apresentados em CRUZ (1999), p. 40.

Pigmentos	Frequência / %
Branco de chumbo	70.9
Ocre amarelo	4.7
Ocre castanho	45.8
Vermelhão	58.9
Cochinilha	10.9
Azurite	5.6
Esmalte	11.5
Azul ultramarino	0.3
<i>Verdigris</i>	4.5
Negro de carvão animal	52.8

### Questões de datação e de autoria

Provavelmente, a datação de uma pintura é um dos mais conhecidos usos dados aos pigmentos. Baseia-se no facto de alguns pigmentos não terem sido empregues sempre, em virtude de só tardiamente terem ficado disponíveis na história da pintura ou, pelo contrário, terem caído em desuso por razões económicas, por razões técnicas ou por razões relacionadas com a moda e a cultura. Para datação são especialmente informativos os pigmentos sintéticos modernos, que tiveram início nos princípios do século XVIII, especialmente os numerosos pigmentos surgidos durante o século XIX em resultado de um muito importante desenvolvimento da química<sup>13</sup>. Por um lado, são pigmentos que têm uma história de uso relativamente curta e, assim, permitem situar no tempo uma pintura de uma forma mais precisa do que os pigmentos com uma história mais longa; por outro lado, são pigmentos para os quais, de uma forma geral, está bem

13. Além da bibliografia mencionada na nota 1, a este respeito, não obstante a sua idade, são muito úteis os diagramas de síntese apresentados por Hermann KÜHN (1973) que dão conta da frequência de uso dos principais pigmentos entre 1300 e 1900.

documentado o seu desenvolvimento e a sua introdução no comércio dos materiais para artistas e, por isso, o início do seu uso é conhecido de uma forma relativamente precisa<sup>14</sup>.

Um exemplo simples das possibilidades de datação oferecidas pelos pigmentos é proporcionado por uma pintura atribuída a Philips Wouwerman, de colecção particular, que ao ser sujeita a estudo laboratorial mostrou ter sido executada com o recurso a azul de cobalto (MARCONI, 1975). Sendo este um pigmento artificial, sintetizado pela primeira vez em 1802, a obra certamente que é posterior a esta data e, conseqüentemente, não poderá ser do pintor do século XVII a que estava atribuída. Porém, como o azul de cobalto continua a ser usado, nada mais é possível dizer a respeito da data, senão que é posterior a 1802.

A datação proporcionada pelos pigmentos, como se vê, é normalmente pouco precisa devido ao facto de os pigmentos com importância histórica terem sido usados durante décadas ou, mais habitualmente, séculos. Por isso, de um modo geral, é mais adequada à detecção de falsos do que à resolução de problemas da história da arte. No entanto, devido a circunstâncias particulares, há casos em que foi possível esclarecer dúvidas que envolviam um reduzido intervalo temporal. Um destes casos envolveu a pintura intitulada *Os guarda-chuvas* executada por Pierre-Auguste Renoir durante a década de 1880, pertencente à colecção da National Gallery, Londres (BOMFORD *et al.*, 1990, pp. 188-195). Antes do estudo laboratorial, sabia-se que a pintura tinha sido começada numa ocasião e terminada noutra, com um estilo diferente, pelo que, inclusivamente, era utilizada como ilustração dos conflitos artísticos do pintor durante aquela década. No entanto, havia dúvidas sobre a extensão pintada em cada uma das fases, designadamente na primeira. Através do estudo laboratorial, foi verificado que nalgumas zonas da pintura em que era evidente existir sobreposição de partes pintadas nas duas épocas, foi usado azul de cobalto nas camadas inferiores de tinta, junto ao suporte, enquanto nas camadas mais superficiais foi identificado o azul ultramarino artificial. De forma semelhante, foi detectado o uso de amarelo de zinco numa zona indubitavelmente executada na primeira fase e o emprego de amarelo de Nápoles em zonas que datam da segunda. A circunstância de Renoir, a respeito das tintas, ter mudado as suas preferências entre os dois momentos, o que também está documentado através de outras obras, por acaso proporcionou uma forma simples de distinguir o que foi pintado em cada uma das ocasiões: as camadas onde surge azul de cobalto ou amarelo de zinco datam da primeira época (1881-1882, de acordo com o vestuário das personagens); as camadas onde é identificado azul ultramarino ou amarelo de Nápoles datam da segunda (1885-1886).

Um segundo caso de datação que também envolveu um pequeno lapso de tempo é o de um *Auto-Retrato* de Mário Eloy, da colecção do Museu do Chiado,

---

14. Sobre este aspecto, além da bibliografia indicada na nota 1, veja-se CARLYLE (2001) e HARLEY (2001).

Lisboa. Tradicionalmente a obra era datada de 1928, mas os dados históricos entretanto surgidos levaram a colocar a hipótese de ser um pouco mais recente, designadamente sugeriam ter sido concluída em 1932. A identificação dos pigmentos usados nessa e noutras pinturas de Mário Eloy pôs em evidência a grande semelhança que a esse respeito existe entre o *Auto-Retrato* e um outro retrato pintado cerca de 1932-1934 e, assim, juntamente com outros dados obtidos no estudo laboratorial, sugere que, efectivamente, a data de 1932 é muito mais provável para o *Auto-Retrato* do que a data de 1928 (CRUZ, 1996)<sup>15</sup>.

Pelo facto de muitos pigmentos terem uma história de utilização muito extensa, sucedendo que alguns dos que hoje são comuns também foram usados nas mais antigas pinturas conhecidas, com cerca de 30 mil anos, a lista dos pigmentos detectados numa pintura, por vezes, não tem grandes consequências em termos de datação. Porém, nalguns casos é possível contornar a situação através de análises mais pormenorizadas que, além de proporcionarem o nome dos pigmentos, permitem caracterizá-los mais detalhadamente, designadamente através das suas impurezas. Esta possibilidade resulta de os pigmentos, como qualquer outro material, não serem rigorosamente puros e possuírem sempre pequenas quantidades de diversas impurezas, muitas vezes com concentrações inferiores a 1 por cento, que dependem quer da origem geológica da matéria-prima quer dos processos tecnológicos envolvidos na sua manipulação. De um modo geral, o aperfeiçoamento dos processos tecnológicos ao longo do tempo conduz à diminuição das impurezas presentes num certo pigmento. Por exemplo, embora o branco de chumbo idealmente contenha apenas um metal (o chumbo), na realidade apresenta reduzidas concentrações de outros metais, como a prata, o cobre ou o crómio, os quais fazem parte dos minérios usados para a obtenção do chumbo a partir do qual se prepara o pigmento. De uma forma geral, ocorreu uma diminuição muito significativa das concentrações dessas impurezas no branco de chumbo entre 1500 e o presente, ainda que um outro metal, o zinco, devido a aspectos económicos, pelo contrário, tenha conhecido concentrações crescentes durante esse mesmo período (LANCELOT *et al.*, 1987)<sup>16</sup>.

Frequentemente a datação tem implicações em termos de autoria, como sucedeu no caso da pintura atribuída a Wouwerman, atrás referido. Isto acontece sempre que são detectados pigmentos que não estavam disponíveis na época do pintor a quem é atribuída a pintura em apreço. No entanto, é sempre pela negativa, isto é, nessas circunstâncias os pigmentos mostram que uma pintura não é de um certo pintor, mas não dão qualquer indicação acerca do autor.

---

15. Sobre os problemas de datação pode-se ver a ficha sobre o *Auto-Retrato* elaborada para o catálogo onde foi publicado o estudo laboratorial (SILVA, 1996).

16. Nalguns casos, as impurezas também permitem distinguir pigmentos com diferentes proveniências geográficas: por exemplo, o branco de chumbo usado em Itália nos séculos XVI a XVIII tem um padrão de impurezas diferentes do do pigmento na mesma ocasião usado nos Países Baixos (KÜHN, 1966). Um outro tipo de análises – a análise isotópica – também pode prestar informações úteis a respeito da idade ou da origem dos pigmentos (KEISCH & CALLAHAN, 1976; KEISCH, 1970; LANCELOT *et al.*, 1987).

Contudo, há situações em que é possível contribuir para o esclarecimento de questões de autoria sem que estejam envolvidas aspectos cronológicos. Tal é possível quando é detectado um padrão constante de uso de determinados pigmentos num conjunto significativo de obras de um certo pintor. Quando a propósito de uma outra obra se coloca a hipótese de pertencer a esse pintor, pode ser muito sugestiva a comparação dos pigmentos identificados na obra em causa com os pigmentos determinados nas pinturas que constituem o conjunto característico do pintor, usado como referência. Como exemplo pode mencionar-se o que sucedeu durante o estudo laboratorial que integrou a preparação da exposição comemorativa do centenário da morte de Silva Porto. Através da análise de um número relativamente importante de obras, verificou-se então o que parece ser uma constante das paisagens pintadas por Silva Porto: a presença de azul de cobalto na zona dos céus e de verde de crómio nas zonas de vegetação (CABRAL *et al.*, 1993b). Sucede que em duas pinturas da Casa-Museu de Egas Moniz, *Avanca*, tradicionalmente atribuídas a Silva Porto, ainda que já existissem algumas dúvidas a este respeito, não foram detectados pigmentos de cobalto no azul dos céus, nem pigmentos de crómio nos verdes da vegetação. Neste contexto, parece muito pouco provável que tais obras sejam de Silva Porto, ainda que possam ter sido pintadas na época em que o pintor esteve activo (CABRAL *et al.*, 1993a).

## Reconstituição da pintura original

É sabido que a visibilidade das pinturas diminui significativamente com o tempo devido ao amarelecimento e escurecimento dos vernizes – o que é um fenómeno comum e relativamente rápido. A visibilidade pode ser restabelecida com alguma facilidade através da remoção da camada escurecida de verniz e aplicação de novo verniz<sup>17</sup> – o que, possivelmente, é uma das actividades mais frequentes dos conservadores de pinturas.

Um problema completamente diferente é a alteração da cor em resultado da alteração dos pigmentos. Trata-se de uma situação relativamente rara, ainda que já esteja descrita há muito<sup>18</sup>. O exemplo mais conhecido é o do escurecimento do branco de chumbo devido à reacção deste com os poluentes atmosféricos – o que acontece mais facilmente na pintura a têmpera ou na pintura a fresco do que na pintura a óleo, já que neste caso as partículas do pigmento estão envolvidas por uma camada de óleo que funciona como barreira que dificulta o

---

17. Rigorosamente, o problema é mais complexo e já foi assunto de intenso debate em que participaram historiadores da arte como Ernst Gombrich. Alguns dos textos desse debate encontram-se compilados em BOMFORD & LEONARD (2004).

18. Por exemplo, o escurecimento do cinábrio foi mencionado por Vitruvius no século I a.C. (CRUZ, 2004b).

contacto entre poluentes e pigmento<sup>19</sup>. Alguns pigmentos de cobre, como o *verdigris* ou verdete e, sobretudo, o resinato de cobre, podem sofrer semelhante processo devido às mesmas causas. Pela extensão e importância que a alteração pode tomar numa pintura é também de referir a descoloração do esmalte por acção do vapor de água na atmosfera<sup>20</sup> e a descoloração dos corantes por acção da luz<sup>21</sup>. Excepto no caso do escurecimento do branco de chumbo, em que tem sido empregue um tratamento que pode regenerar a cor branca, o problema da alteração da cor dos pigmentos não é resolúvel, não sendo possível recuperar minimamente a cor original quando há alteração. Além disso, nem sempre é fácil detectar visualmente a ocorrência deste tipo de alteração, já que, por exemplo, a folhagem acastanhada de uma árvore tanto pode corresponder à intenção do pintor como resultar do escurecimento do resinato de cobre ao longo dos séculos<sup>22</sup>. Provavelmente, só a análise química e a consequente identificação dos pigmentos permite esclarecer a dúvida numa situação destas.

Sendo a imagem uma das principais matérias-primas do historiador da arte, é fundamental que, tanto quanto possível, a imagem seja efectivamente a que saiu do pincel do pintor e não esteja significativamente alterada, pelo menos sem que disso haja consciência. Portanto, na possibilidade de a identificação dos pigmentos pôr em evidência problemas de descoloração não detectáveis de outra forma provavelmente reside o mais importante contributo que esta análise pode proporcionar ao historiador.

Um exemplo de uma situação deste tipo é o da pintura representando a *Coroação da Virgem* executada por Lorenzo Monaco cerca de 1414, actualmente na National Gallery, Londres. Embora a Virgem esteja representada com um manto de cor branca, qualquer tentativa de interpretação histórica ou simbólica dessa cor carece de base real. Sucede que ao branco de chumbo que é o principal constituinte da camada de tinta correspondente ao manto, o pintor adicionou um corante de cor vermelha. Assim, o manto foi pintado de cor-de-rosa, mais ou menos semelhante ao das vestes de Cristo, e não de branco (BURNSTOCK, 1988). Com o tempo, a luz descolorou o corante vermelho, o qual, no entanto, foi preservado nas zonas em que a folha de ouro aplicada na pintura se sobrepôs à camada de tinta correspondente ao manto. É precisamente através das amostras recolhidas nessas zonas protegidas da luz que se sabe de que cor era afinal o manto da Virgem.

---

19. O escurecimento do branco do chumbo observa-se, por exemplo, na pintura mural da igreja de Santa Clara do Sabugueiro, Arraiolos, caso que está documentado em CRUZ (2004a), fig. C10.

20. Em CRUZ (2004a), fig. C11, é ilustrado um caso de descoloração do esmalte.

21. É o mesmo problema que se observa quando um tecido de cor, isto é, tingido com um corante, é sujeito a exposição prolongada à luz.

22. A pintura *Apolo e Dafne*, de Antonio del Pollaiuolo, pintada cerca de 1470, da colecção da National Gallery, Londres, constitui um exemplo de obra que sofreu uma grande alteração deste tipo (DUNKERTON *et al.*, 1991, pp. 185-186).

Outro exemplo é proporcionado pela pintura intitulada *Cape Cod Evening*, de Edward Hopper, datada de 1939 (KIRSH & LEVENSON, 2000, pp. 164-165), da National Gallery of Art, Washington. A obra representa um fim de tarde e numa extensão significativa observa-se um bosque com árvores de folhagem azul. Interpretar tal facto como uma alusão à *l'heure bleu* é no entanto infundado. Na realidade, a folhagem foi pintada com cor verde, obtida por uma mistura de um pigmento azul com um corante amarelo, mas este perdeu a cor e, por isso, actualmente resta apenas a cor azul.

Um terceiro caso, com desenvolvimento diferente, é o da obra que representa *A Conversão de Madalena*, da 2.<sup>a</sup> metade do século XVI, atribuída a Pedro Campaña, actualmente na National Gallery, Londres (SPRING *et al.*, 2001). O estudo laboratorial mostrou que a pintura está muitíssimo descolorada, quer em termos de intensidade quer em termos de extensão, devido à generalizada alteração do esmalte, do *verdigris*, de uma laca vermelha e de uma laca amarela. Neste caso, porém, o estudo foi levado mais longe e a informação obtida a respeito da composição das diferentes camadas cromáticas alteradas foi usada para a construção de modelos dessas mesmas camadas, mas com pigmentos não alterados. A partir da cor exibida por estes modelos foi possível estabelecer a relação existente entre a composição das camadas cromáticas alteradas e a sua cor original. Desta forma, sabendo-se a composição de uma camada é possível estimar a sua cor original. A pintura não sofreu qualquer intervenção de conservação relacionada com os problemas de descoloração, mas uma reprodução digital da mesma foi usada para a realização de um restauro virtual. Assim, por exemplo, é possível agora ver que o manto de Cristo, que na pintura surge com cor castanha, afinal era azul, que a sua túnica cor-de-rosa não foi pintada com a cor pálida actual mas com uma cor muito mais intensa, que o manto castanho escuro de uma das personagens atrás de Cristo era verde ou que uma das peças do vestuário da figura no canto inferior esquerdo era azul e não castanha.

Um outro tipo de situação em que a identificação dos pigmentos pode ser muito útil para a reconstituição da imagem original é aquela em que a análise evidencia a existência de repintes que não foi possível detectar de outra forma. Geralmente os repintes são localizados com alguma facilidade através da observação detalhada da superfície da pintura com lupa binocular, da observação à luz rasante, da radiografia, da fluorescência de ultravioleta ou, nalguns casos, da reflectografia de infravermelho. Mas, por diferentes razões, é possível que alguns repintes escapem à detecção através destes métodos, que, contudo, de uma forma geral, são mais acessíveis do que a análise química. Porém, em determinadas circunstâncias, a identificação dos pigmentos pode mostrar a existência desses repintes. Um exemplo é proporcionado por uma obra de Bento Coelho da Silveira, representando *Os Desposórios da Virgem*, pintada cerca de 1700 para uma capela de Vila Franca de Xira, actualmente propriedade da respectiva Câmara Municipal (CRUZ, 1999). Nesta pintura de grandes dimensões o esmalte e a azurite foram usados como pigmentos azuis, os quais são precisamente os únicos pigmentos desta cor identificados em 12 outras obras do mesmo pintor

estudadas na mesma ocasião, mas numa pequena fita de cor azul que esvoaça junto a uns pequenos anjos, inesperadamente, foi identificado azul ultramarino. Na época em que foi realizada a obra só estava disponível a variedade natural deste pigmento, a qual, sendo extremamente dispendiosa (por ser preparado a partir de uma pedra semi-preciosa, o lápis-lazúli, proveniente da região do actual Afeganistão e por ter um processo de preparação relativamente complexo), tinha um grande valor simbólico – o que em conjunto levava a que fosse usada apenas nos elementos mais importantes de uma pintura. Em Portugal o seu uso era pouco frequente, dizendo Filipe Nunes, em 1615, que «o azul Ultramarino, como he tão caro não se vza muito, & portanto se não sabe o vzo dele tão facilmente» (VENTURA, 1982, p. 108)<sup>23</sup>. Na obra em causa, o manto da Virgem não foi pintado com azul ultramarino, ao contrário do que se esperaria observar em qualquer pintura com esta temática em que tenha sido usada a variedade natural do pigmento. Neste contexto, a presença do azul ultramarino somente na referida fita, isto é, num elemento sem qualquer importância simbólica ou histórica, só é compreensível considerando-se que se trata da variedade sintética, muito mais económica, mas que surgiu apenas em meados do século XIX, a qual, por análise química, não é fácil de distinguir da variedade natural. Mas, atendendo à data da pintura, isto significa que a camada de tinta correspondente à fita, pelo menos no local onde foi recolhida a amostra, é de um repinte – que, no entanto, não foi possível detectar de outra forma.

## Os pigmentos e os seus significados

Os pigmentos usados numa obra dão conta de várias relações. Antes de mais, estão relacionados com o ambiente histórico, cultural, social e económico em que surge a pintura e com a posição que neste contexto é ocupada por essa concreta obra. Afinal, os materiais, e os pigmentos em particular, estão sujeitos às mesmas interacções que a imagem em que se revela a obra. Por outro lado, quando o pintor é um artista com autonomia, já sem o estatuto de um artífice medieval, os pigmentos dão testemunho da relação pessoal do pintor com os materiais.

Um caso que ilustra algumas das relações que podem ocorrer naquele contexto mais vasto é o do uso do azul ultramarino na representação do manto da Virgem. Obtido do lápis-lazúli, na Idade Média era o pigmento mais importante e valioso, a tal ponto que vários contratos expressamente obrigavam o pintor a usá-lo e outros estabeleciam que o mesmo seria pago à parte ou fornecido directamente pelo encomendante, cláusulas estas que, além do ultramarino,

---

23. Esta afirmação é várias vezes repetida ou citada durante alguns séculos (PACHECO, 1738; RODRIGUES, 1875, p. 370), o que sugere que a situação não foi passageira. O problema, contudo, não é exclusivamente português. Por exemplo, pouco depois de Filipe Nunes, o espanhol Francisco Pacheco diz a mesma coisa, ou seja, «que ni se usa en España ni tienen los pintores della caudal para usarlo» (BASSEGODA I HUGAS, 2001, p. 485).

geralmente só envolviam o ouro (BAXANDALL, 1988; BOMFORD *et al.*, 1989). Sobre ele dizia Cennino Cennini em finais do século XIV que era a «è un colore nobile, bello, perfettissimo oltre a tucti i colori, del qual non se potrebbe né dire né fare quello che nonne sia più» (FREZZATO, 2003, p. 103). Aliás, provavelmente é por isso que o manto da Virgem que, inicialmente era pintado de outras cores, nomeadamente de cor vermelha, isto é, da cor do tecido mais precioso, a partir de determinada ocasião passa a ser pintado de azul, isto é, da cor do pigmento mais precioso (GAGE, 1993, pp. 122 e 130). Por isso, o seu uso numa pintura é um seguro indicador do elevado valor atribuído à obra e, por outro lado, a sua distribuição numa certa pintura pode dar informação sobre o valor simbólico dos personagens ou elementos em que é usado. Em Portugal são conhecidas as diligências feitas pela rainha D. Catarina, em 1571, para que no retábulo da capela-mor dos Jerónimos fosse usado azul ultramarino vindo expressamente de Itália (SERRÃO, 2000, pp. 35-36).

Um outro caso em que os pigmentos parecem estar envolvidos em relações complexas é o do uso das preparações coradas<sup>24</sup>. Sendo uma das características da pintura de cavalete dos séculos XVII e XVIII – por oposição às preparações de cor branca preferencialmente usadas quer antes quer depois –, são constituídas sobretudo por ocres amarelos, castanhos ou vermelhos, que são pigmentos naturais que, no essencial, correspondem a terras (DUVAL, 1992). Quando começaram a ser usadas preparações coradas decorriam vários movimentos que tinham como objectivo mover a pintura e os pintores do universo dos ofícios mecânicos, como acontecia na Idade Média, para uma situação social de maior prestígio e liberdade (SERRÃO, 1983). Neste contexto é frequente os pintores argumentarem que mais não fazem do que imitar Deus, como sucede no seguinte trecho escrito pelo português Félix da Costa em 1696: «Formou Deus nosso Senhor ao homem do lodo da terra, e lhe inspirou em seu rosto o alento de vida, e ficou feito o homem com alma vivente. Com cores terrenas imita o Pintor a seu Creador: as mais das cores são terras e ainda as compostas da terra trazem seu principio com as quais se forma o corpo pintado; imitando com a sciencia da Arte hum corpo relevado em huma superficie plana: da superficie da terra tirou também a materia com que formou Adam; as Cores, he a materia, a sciencia, e o poder da Arte, he que lhe infunde a vida» (KUBLER, 1967, pp. 72-73). Ora, mais do que nunca, a pintura desta época ilustra esta comparação, já que à semelhança de Deus, que fez com a terra o homem e sobre a terra o colocou juntamente com os outros seres, sobre as terras (ocres) da preparação e com as terras (ocres) das tintas fazem os pintores surgir toda a vida que sai dos seus pincéis.

---

24. A camada de preparação é a camada de tinta, aplicada sobre o suporte, que proporciona uma superfície com textura uniforme e cor homogénea sobre a qual é executada a pintura. A cor da camada de preparação pode influir na tonalidade da pintura e condiciona a técnica de execução: sobre uma preparação branca a pintura é executada da luz para a sombra, ou seja, é feita por escurecimento do branco da preparação, enquanto numa preparação corada, geralmente de cor acastanhada, é executada da sombra para a luz, isto é, deixando para o final as zonas de luz.

No que toca às informações que os pigmentos podem prestar a respeito da relação do pintor com os materiais que usa são de seguida apresentados três pequenos casos.

O primeiro envolve as pinturas de Mário Eloy onde, com frequência, foi detectada a presença de bário nas camadas de tinta que só pode ser explicada através da presença de branco de bário (CRUZ, 1996). Este pigmento, ao contrário de outros pigmentos brancos, como branco de chumbo ou o branco de zinco, devido às suas propriedades ópticas, não é usado isoladamente, sendo antes um material que os fabricantes de materiais para artistas misturam com pigmentos dispendiosos. Desta forma, substituem parte de um pigmento de cor por branco de bário e obtêm tintas mais económicas, ainda que de menor qualidade. No caso de Mário Eloy, o uso destas tintas mais económicas não significa necessariamente indiferença em relação à qualidade dos materiais, já que o seu emprego pode ser devido apenas às dificuldades económicas do pintor, de que algumas cartas para a família, aliás, dão conta.

O segundo caso tem que ver com os pigmentos usados por Columbano Bordalo Pinheiro cerca de 1920, os quais são conhecidos através de duas caixas de tintas e pincéis da colecção do Museu do Chiado, Lisboa (CRUZ, 2005). Os tubos de tinta que fazem parte destas caixas dão conta de uma grande preferência por pigmentos tradicionais, com séculos ou, nalguns casos, milénios de história, como o branco de chumbo, os ocre, o vermelhão e a garança, sendo muito pouco abundantes nesse conjunto as tintas que contêm pigmentos modernos, isto é, surgidos depois do século XVIII. No entanto, antes de 1920, outros pintores portugueses utilizaram com grande abundância alguns desses pigmentos modernos ausentes, ou quase, das caixas de Columbano. Atendendo às características da pintura de Columbano, que, como alguém já disse, buscava o intemporal (LAPA, 1994), esta clara preferência pelos pigmentos intemporais não parece ser desprovida de significado e parece dar conta de uma busca num plano mais profundo do que o plano artístico, na medida em que a imagem é construída com os materiais.

Finalmente, de outro tipo de relação dá conta o procedimento adoptado por vários pintores flamengos do século XV para usarem pigmentos azuis dispendiosos – a azurite e, sobretudo, o azul ultramarino – com um mínimo de custos. Sendo o azul ultramarino um pigmento relativamente transparente, para se obter uma camada minimamente opaca é necessário usar-se uma quantidade significativa do mesmo. Porém, em várias obras, nomeadamente nos panejamentos das mais nobres personagens, como no manto azul da Virgem, encontramos uma fina camada de azul ultramarino à superfície e imediatamente por baixo uma camada de azurite – o azul ultramarino dá a cor, tão apreciada e nobre, e a azurite a necessária opacidade, mas de uma forma mais económica (COREMANS & THISSEN, 1953; GETTENS & FITZHUGH, 1993)<sup>25</sup>. Este procedimento

---

25. Embora Filipe Nunes mencione a ausência de informação sobre o uso do azul ultramarino, está a par desse procedimento, pois refere que «quem o quizer vzar ha de laurar primeiro as roupas,

foi levado ainda mais longe por van Eyck, que, através de uma estrutura em camadas mais complexa, minimizava também a quantidade de azurite empregue por baixo do azul ultramarino (VAN ASPEREN DE BOER, 1973) – já que embora a azurite fosse menos dispendiosa do que o azul ultramarino era mais dispendiosa do que a generalidade dos outros pigmentos. Em qualquer um dos casos fica testemunhada uma atitude profundamente racional perante os materiais.

## Conclusão

Os casos sumariamente apresentados nas páginas precedentes de modo algum pretendem mostrar de forma sistemática e exaustiva o interesse que a identificação dos pigmentos numa pintura pode ter para o historiador da arte. São apenas alguns exemplos. Outros poderiam ter sido seleccionados, possivelmente mais interessantes, eventualmente mais claros, mas a escolha, que também teve em conta estes aspectos, foi significativamente influenciada pelo conhecimento que já tinha de cada um dos casos. De qualquer forma, a colaboração entre historiadores da arte e cientistas, que este texto pretende promover, quando é desenvolvida convenientemente, permite que o historiador encontre nos pigmentos respostas a várias outras questões.

Para terminar, importa sublinhar que se pressupõe que são seguras as identificações dos pigmentos envolvidas nos casos atrás apresentados. No entanto, convém ter-se presente que o estudo laboratorial das obras de arte, designadamente a identificação dos pigmentos, como qualquer outra actividade humana, está sujeito a erros.

## Referências

- ALVES, L. M. P., «Estudo da camada cromática», in *Estudo da Técnica da Pintura Portuguesa do Século XV*, Lisboa, Instituto José de Figueiredo, 1974, pp. 49-63.
- AYRES, J., *The Artist's Craft. A history of tools, techniques and materials*, Oxford, Phaidon, 1985.
- BALL, P., *Bright Earth. Art and the invention of color*, Chicago, The University of Chicago Press, 2001.
- BASSEGODA I HUGAS, B. (ed.), *Francisco Pacheco. El Arte de la Pintura*, 2.<sup>a</sup> ed., Madrid, Ediciones Cátedra, 2001.
- BAXANDALL, M., *Painting and Experience in Fifteenth Century Italy. A primer in the social history of pictorial style*, 2.<sup>a</sup> ed., Oxford, Oxford University Press, 1988.

---

ou o que quizer com azuis de Castella, Cinzas & depois de enxuto ha de laurar por sima o Ultramarino, que como he muito delgado se se vsa sô não cobre bem, porque não tem corpo» (VENTURA, 1982, p. 108). Azul de Castela e cinzas são sinónimos de azurite.

- BOMFORD, D.; DUNKERTON, J.; GORDON, D.; ROY, A., *Italian Painting Before 1400*, London, National Gallery Company Limited, 1989.
- BOMFORD, D.; KIRBY, J.; LEIGHTON, J.; ROY, A., *Art in the making. Impressionism*, London, The National Gallery, 1990.
- BOMFORD, D.; LEONARD, M. (ed.), *Issues in the Conservation of Paintings*, Los Angeles, The Getty Conservation Institute, 2004.
- BORDINI, S., *Materia e Imagem. Fuentes bibliográficas de las técnicas de la pintura*, Barcelona, Ediciones de Serbal, 1995.
- BURNSTOCK, A., «The fading of the Virgin's robe in Lorenzo Monaco's Coronation of the Virgin», *National Gallery Technical Bulletin*, 12, 1988, pp. 58-65.
- CABRAL, J. M. P.; CRUZ, A. J.; RIBEIRO, I., «Alguns problemas de autenticidade e datação», in *Silva Porto, 1850-1893. Exposição Comemorativa do Centenário da Sua Morte. Museu Nacional de Soares dos Reis*, Lisboa, Instituto Português de Museus, 1993a, pp. 515-527.
- CABRAL, J. M. P.; RIBEIRO, I.; CRUZ, A. J., «Características técnicas da pintura de Silva Porto», in *Silva Porto, 1850-1893. Exposição Comemorativa do Centenário da Sua Morte. Museu Nacional de Soares dos Reis*, Lisboa, Instituto Português de Museus, 1993b, pp. 495-514.
- CARLYLE, L., *The Artist's Assistant. Oil painting instruction manuals and handbooks in Britain, 1800-1900*, London, Archetype Publications, 2001.
- CLARKE, M., *The Art of All Colours. Mediaeval recipe books for painters and illuminators*, London, Archetype Publications, 2001.
- COREMANS, P.; THISSEN, J., «Materiaux originaux et technique picturale Eyckienne», in P. Coremans (ed.), *L'Agneau Mystique au Laboratoire. Examen et traitement*, Anvers, De Sikkel, 1953, pp. 69-76.
- CRUZ, A. J., «Do certo ao incerto: o estudo laboratorial e os materiais do políptico de S. Vicente», in *Nuno Gonçalves. Novos Documentos. Estudo da pintura portuguesa do séc. XV*, Lisboa, Instituto Português de Museus – Reproscan, 1994, pp. 41-45.
- CRUZ, A. J., «A matéria de que é feita a pintura: sobre algumas obras de Mário Eloy», in *Mário Eloy. Exposição Retrospectiva*, Lisboa, Museu do Chiado, 1996, pp. 35-57.
- CRUZ, A. J., *Da sombra para a luz – Materiais e técnicas da pintura de Bento Coelho da Silveira*, Lisboa, IPPAR, 1999.
- CRUZ, A. J., *As Cores dos Artistas – História e ciência dos pigmentos utilizados em pintura*, Lisboa, Apenas Livros, 2004a.
- CRUZ, A. J., «As cores vitruvianas. Os materiais da pintura mural romana segundo o tratado de Vitruvius», *Artis – Revista do Instituto de História da Arte da Faculdade de Letras de Lisboa*, 3, 2004b, pp. 67-86.
- CRUZ, A. J., «A pintura de Columbano segundo as suas caixas de tintas e pincéis», *Conservar Património*, 1, 2005, pp. 5-19.
- CRUZ, A. J., «A oficina do artista, ou as relações entre a ciência e a arte a propósito de uma imagem», *Interações*, 3, 2006, no prelo.
- DE WILD, A. M., *The Scientific Examination of Pictures. An investigation of the pigments used by the Dutch and Flemish Masters from the brothers van Eyck to the middle of the 19th century*, London, G. Bell & Sons, Ltd., 1929.
- DUNKERTON, J.; FOISTER, S.; GORDON, D.; PENNY, N., *Giotto to Dürer. Early Renaissance painting in The National Gallery*, London, National Gallery Publications, 1991.

- DUVAL, A. R., «Les préparations colorées des tableaux de l'Ecole Française des dix-septième et dix-huitième siècles», *Studies in Conservation*, **37**(4), 1992, pp. 239-258.
- FELLER, R. L. (ed.), *Artists' Pigments. A handbook of their history and characteristics. Volume 1*, Washington, National Gallery of Art, 1986.
- FITZHUGH, E. W. (ed.), *Artists' Pigments. A handbook of their history and characteristics. Volume 3*, Washington, National Gallery of Art, 1997.
- FREZZATO, F. (ed.), *Cennino Cennini. Il Libro dell'Arte*, Vicenza, Neri Pozza Editore, 2003.
- GAGE, J., *Color and Culture. Practice and meaning from Antiquity to Abstraction*, Berkeley-Los Angeles, University of California Press, 1993.
- GAGE, J., *Color and Meaning. Art, science, and symbolism*, Berkeley – Los Angeles, University of California Press, 2000.
- GETTENS, R. J.; FITZHUGH, E. W., «Azurite and blue verditer», in A. Roy (ed.), *Artists' Pigments. A handbook of their history and characteristics. Volume 2*, Washington, National Gallery of Art, 1993, pp. 23-35.
- GETTENS, R. J.; STOUT, G. L., «The stage microscope in the routine examination of paintings», *Technical Studies in the Field of Fine Arts*, **4**(4), 1936, pp. 207-233.
- GETTENS, R. J.; STOUT, G. L., *Painting Materials. A short encyclopaedia*, New York, Dover Publications, Inc., 1966.
- GROEN, K., «Pigment», *Grove Art Online*, Oxford University Press, acesso em 19-7-2005.
- HARLEY, R. D., *Artists' Pigments. c. 1600-1835. A study in english documentary sources*, 2.<sup>a</sup> ed., London, Archetype Publications, 2001.
- HOURS, M., *Les Secrets des Chefs-d'Oeuvre*, Paris, Robert Laffont, 1964.
- KEISCH, B., «On the use of isotope mass spectrometry in the identification of artists, pigments», *Studies in Conservation*, **15**(1), 1970, pp. 1-11.
- KEISCH, B.; CALLAHAN, R. C., «Lead Isotope Ratios in Artists Lead White – Progress Report», *Archaeometry*, **18**(3), 1976, pp. 181-193.
- KIRSH, A.; LEVENSON, R. S., *Seeing Through Paintings. Physical Examination in art historical studies*, New Haven – London, Yale University Press, 2000.
- KUBLER, G. (ed.), *The Antiquity of the Art of Painting by Felix da Costa*, New Haven-London, Yale University Press, 1967.
- KÜHN, H., «Trace elements in white lead and their determination by emission spectrum and neutron activation analysis», *Studies in Conservation*, **11**(4), 1966, pp. 163-169.
- KÜHN, H., «Terminal dates for paintings derived from pigment analysis», in W. J. Young (ed.), *Application of Science in Examination of Works of Art. Proceedings of the Seminar: June 15-19, 1970*, Boston, Museum of Fine Arts, 1973, pp. 199-205.
- LANCELOT, J. R.; ALLEGRET, A.; NENS, B.; LAHANIER, C.; RENS, J.; RIOUX, J. P., «Analyses de pigments blancs appliquées à l'étude chronologique des peintures de chevalet – I Blanc de plomb», in K. Grimstad (ed.), *ICOM Committee for Conservation 8th Triennial Meeting: Sydney, Australia, 6-11 September 1987: preprints*, Los Angeles California, The Getty Conservation Institute, 1987, pp. 67-73.
- LAPA, P., «Columbano Bordalo Pinheiro», in R. H. Silva, P. Lapa, M. d. A. Silveira (ed.), *Museu do Chiado. Arte portuguesa. 1850-1950*, Lisboa, Museu do Chiado, 1994, p. 105.
- MANTLER, M.; SCHREINER, M., «X-ray fluorescence spectrometry in art and archaeology», *X-Ray Spectrometry*, **29**(1), 2000, pp. 3-17.

- MARCONI, B. L., «La découverte d'un faux tableau de Philips Wouwerman. Analyse du style et recherche technologique», *Institut Royal du Patrimoine Artistique. Bulletin*, **15**, 1975, pp. 224-230.
- MATTEINI, M.; MOLES, A., *Ciencia y Restauración. Método de investigación*, tradução de M. M. Maraño, Guipúzcoa – Sevilla, Editorial Nerea – Junta de Andalucía, 2001.
- NADOLNY, J., «The first century of published scientific analyses of the materials of historical painting and polychromy, circa 1780-1880», *Reviews in conservation*, **4**, 2003, pp. 39-51.
- PACHECO, J., *Divertimento Erudito para os Curiosos de Noticias Historicas, Escolasticas, Politicas, Naturaes, Sagradas, e Profanas*, vol. II, Lisboa, Officina de Antonio de Sousa da Sylva, 1738.
- PEREGO, F., *Dictionnaire des Matériaux du Peintre*, Paris, Éditions Belin, 2005.
- PLESTERS, J., «Cross-sections and chemical analysis of paint samples», *Studies in Conservation*, **2**(3), 1956, pp. 110-157.
- REES-JONES, S. G., «Early experiments in pigment analysis», *Studies in Conservation*, **35**(2), 1990, pp. 93-101.
- RODRIGUES, F. D. A., *Diccionario Technico e Historico de Pintura, Esculptura, Architectura e Gravura*, Lisboa, Imprensa Nacional, 1875.
- ROY, A. (ed.), *Artists' Pigments. A handbook of their history and characteristics. Volume 2*, Washington, National Gallery of Art, 1993.
- SERRÃO, V., *O Maneirismo e o Estatuto Social dos Pintores Portugueses*, Lisboa, Imprensa Nacional – Casa da Moeda, 1983.
- SERRÃO, V., «O retábulo-mor do Mosteiro dos Jerónimos (1570-1572) pelo pintor Lourenço Salzedo», in *História e Restauo da Pintura do Retábulo-mor do Mosteiro dos Jerónimos*, Lisboa, IPPAR, 2000, pp. 17-77.
- SILVA, R. H., «56. Auto-Retrato», in *Mário Eloy. Exposição Retrospectiva*, Lisboa, Museu do Chiado, 1996, pp. 136-137.
- SMITH, G. D.; CLARK, R. J., «Raman microscopy in art history and conservation science», *Reviews in conservation*(2), 2001, pp. 92-106.
- SPRING, M.; PENNY, N.; WHITE, R.; WYLD, M., «Colour change in The Conversion of the Magdalen attributed to Pedro Campaña», *National Gallery Technical Bulletin*, **22**, 2001, pp. 54-63.
- VAN ASPEREN DE BOER, J., «On a rational aspect of van Eyck's painting technique», *Studies in Conservation*, **18**(2), 1973, pp. 93-95.
- VAN ASPEREN DE BOER, J. R. J., «Some reflections upon the impact of scientific examination on art historical research», in E. Hermens (ed.), *Looking Through Paintings. The study of painting techniques and materials in support of art historical research*, Baarn-London, de Prom Publications-Archetype Publications, 1998, pp. 13-17.
- VENTURA, L. (ed.), *Arte da Pintura. Symmetria e perspectiva Composta por Philippe Nunes*, Porto, Editorial Paisagem, 1982.
- WELCH, E., *Art in Renaissance Italy. 1350-1500*, Oxford, Oxford University Press, 1997.