

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3. METODOLOGIA	16
4. ESTUDO EXPERIMENTAL	18
4.1. ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DE UM CASO DE ESTUDO	18
<i>Identificação do caso de estudo</i>	18
<i>Proveniência, Descrição e caracterização</i>	19
<i>Recurso a técnicas analíticas</i>	21
4.2. MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	34
<i>Materiais utilizados na elaboração de provetes</i>	34
4.2.1.1. Suportes:.....	34
4.2.1.2. Aglutinantes:	34
4.2.1.3. Pigmentos:	36
4.2.1.4. Cargas	40
<i>Materiais utilizados para a obtenção de dados</i>	41
<i>Materiais e produtos utilizadas na intervenção do caso de estudo</i>	42
<i>Equipamentos</i>	42
4.3. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS.....	44
<i>Elaboração de provetes</i>	44
<i>Teste de envelhecimento acelerado</i>	46
<i>Testes de propriedades físico-químicas</i>	47
4.3.1.1. pH.....	47
4.3.1.2. Condutividade	50
4.3.1.3. Sensibilidade à água	53
4.3.1.4. Ângulo de contacto.....	54
4.3.1.5. Microscopia óptica	56
4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
<i>pH</i>	57
<i>Condutividade</i>	63
<i>Sensibilidade à água e ângulo de contacto</i>	67
4.4.1.1. Sensibilidade à água	67
4.4.1.2. Ângulo de contacto.....	68
<i>Microscopia óptica</i>	69
<i>Microscopia electrónica de varrimento</i>	72
4.5. INTERVENÇÃO NO CASO DE ESTUDO – RELEVO SÃO JERÓNIMO PENITENTE	74

<i>Considerações</i>	86
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
6. BIBLIOGRAFIA	88
7. APÊNDICES	92
7.1. APÊNDICE I - PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS	93
<i>Valores de pH da superfície dos provetes obtidos a partir método 1</i>	96
<i>Valores de pH da superfície dos provetes obtidos a partir método 2</i>	97
<i>Valores de condutividade da superfície dos provetes obtidos a partir método 1</i>	99
<i>Valores de condutividade da superfície dos provetes obtidos a partir método 2</i>	100
<i>Resultados do teste de sensibilidade à água</i>	101
<i>Registo fotográfico dos resultados do teste de sensibilidade à água</i>	102
7.2. APÊNDICE II - FICHAS TÉCNICAS DOS PROJETES	107

Índice de figuras

Fig. 1. Fotografia com iluminação directa do Relevo de <i>São Jerónimo Penitente</i> (2013, Christopher Marques)	18
Fig. 2. Esquema estratigráfico de policromia (posterior) sobre alabastro dourado. [Autoria própria (A.P.)].....	19
Fig. 3. Esquema estratigráfico de policromia (posterior) que compõe a carnação sobre alabastro originalmente visível. (A.P.).....	19
Fig. 4. Mapeamento de patologias observadas no exame macroscópico ao relevo. (A.P.) .	20
Fig. 5. Acumulação de poeiras depositadas sobre a superfície. (A.P.)	21
Fig. 6. Lacuna parcial de policromia. (A.P.)	21
Fig. 7. Lacuna de policromia com o estrato inferior dourado visível. (A.P.).....	21
Fig. 8. Lacuna de policromia e do estrato inferior dourado deixando o suporte de alabastro visível. (A.P.).....	21
Fig. 9. Acumulação de poeiras depositadas sobre a superfície. (A.P.)	21
Fig. 10. Lacuna da policromia correspondente à carnação escura deixando a carnação clara visível. (A.P.).....	21
Fig. 11. Lacuna da policromia correspondente à carnação escura e clara deixando o suporte de alabastro visível. (A.P.)	21
Fig. 12. Recolha de amostras para análise de FTIR. (A.P.)	22
Fig. 13. Acumulação de poeiras depositadas sobre a superfície. (A.P.)	22
Fig. 14. Espectro de infravermelho correspondente à identificação da presença de óleo de linhaça.	23
Fig. 15. Espectro de infravermelho correspondente à identificação da presença de cobre. .	23
Fig. 16. Radiografia geral da peça.	24
Fig. 17. Radiografia lateral superior da peça.....	24
Fig. 18. Mapeamento dos elementos metálicos que constituem o sistema de montagem da peça. (A.P.).....	25
Fig. 19. Desmontagem do lado posterior esquerdo da moldura. (A.P.).....	26
Fig. 20. Procura de amostras representativas. (A.P.)	26
Fig. 21. Recolha de amostras descontextualizadas. (A.P.).....	26
Fig. 22. Identificação conjectural das amostras recolhidas. (Christopher Marques)	26
Fig. 23. Amostra 1, 15x. (A.P.)	27

Fig. 24. Amostra 1, 80x. (A.P.)	27
Fig. 25. Amostra 2, frente, 80x. (A.P.)	27
Fig. 26. Amostra 2, perfil, 80x. (A.P.)	27
Fig. 27. Amostra 2, verso, 80x. (A.P.)	27
Fig. 28. Amostra 3, frente, 60x. (A.P.)	27
Fig. 29. Amostra 3, perfil, 60x. (A.P.)	27
Fig. 30. Amostra 3, verso, 60x. (A.P.)	27
Fig. 31. Amostra 4, frente, 60x. (A.P.)	27
Fig. 32. Amostra 4, perfil, 60x. (A.P.)	27
Fig. 33. Amostra 4, verso, 60x. (A.P.)	27
Fig. 34. Amostra 5, frente, 80x. (A.P.)	28
Fig. 35. Amostra 6, perfil, 40x. (A.P.)	28
Fig. 36. Amostra 7, frente, 60x. (A.P.)	28
Fig. 37. Amostra 7, verso, 60x. (A.P.)	28
Fig. 38. Amostra 8, 10x. (A.P.)	28
Fig. 39. Observação a partir de SEM da amostra 1 (fundo verde).	29
Fig. 40. Observação a partir de SEM da amostra 1 (fundo verde).	29
Fig. 41. Espectro de EDS e composição elementar da amostra 1 (fundo verde).....	29
Fig. 42. Observação a partir de SEM da amostra 2 (vermelho).	30
Fig. 43. Observação a partir de SEM da amostra 2 (vermelho).	30
Fig. 44. Espectro de EDS e composição elementar da amostra 2 (vermelho).	30
Fig. 45. Observação a partir de SEM da amostra 3 (carnação).	31
Fig. 46. Espectro de EDS e composição elementar da amostra 3 (carnação).	31
Fig. 47. Observação a partir de SEM da amostra 3 (carnação).	32
Fig. 48. Espectro de EDS e composição elementar da amostra 8 (alabastro).	32
Fig. 49. Observação a partir de SEM da amostra de partículas de depósito de sujidade.	33
Fig. 50. Observação a partir de SEM da amostra de partículas de depósito de sujidade.	33
Fig. 51. Observação a partir de SEM da amostra de partículas de depósito de sujidade.	33
Fig. 52. Observação a partir de SEM da amostra de partículas de depósito de sujidade.	33
Fig. 53. Espectro de EDS e composição elementar da amostra de partículas de depósito de sujidade.....	33
Fig. 54. Preparações de gesso e carbonato aplicadas nos provetes de linho. (A.P.).....	45

Fig. 55. Testes de proporções entre aglutinante e pigmento em provete de alabastro. (A.P.)	45
Fig. 56. Testes de proporções entre aglutinante e pigmento em provete de alabastro. (A.P.)	45
Fig. 57. Preparação de policromia constituída por pigmento verdigris aglutinado em cola animal. (A.P.)	46
Fig. 58. Aplicação de policromia constituída por pigmento minium aglutinado em óleo sobre provete de pinho. (A.P.)	46
Fig. 59. Provete de alabastro policromados. (A.P.)	46
Fig. 60. Esquema da penetração da gota de água no provete (método 1).	48
Fig. 61. Esquema da medição com gel rígido de agarosa (método 2).	48
Fig. 62. Medição do valor de pH de uma superfície com eléctrodo de contacto. (A.P.)	48
Fig. 63. Cilindro extraído do gel de agarosa com um perfurador. (A.P.)	49
Fig. 64. Cilindro de agarosa sobre a superfície a medir. (A.P.)	49
Fig. 65. Cilindro de agarosa no medidor. (A.P.)	49
Fig. 66. Medidor de pH. (A.P.)	49
Fig. 67. Recolha de amostra da superfície de um provete. (A.P.)	52
Fig. 68. Pesagem de 1,5 mg de amostra. (A.P.)	52
Fig. 69. Adição de 1 ml de água destilada. (A.P.)	52
Fig. 70. Verter a solução para outro recipiente deixando os resíduos da amostra no primeiro. (A.P.)	52
Fig. 71. Medição da condutividade da solução utilizando um condutímetro com eléctrodo de titânio. (A.P.)	52
Fig. 72. Cilindro extraído do gel de agarosa com um perfurador. (A.P.)	53
Fig. 73. Cilindro de agarosa sobre a superfície a medir. (A.P.)	53
Fig. 74. Remoção do cilindro de agarosa após contacto de 15 minutos. (A.P.)	53
Fig. 75. Condutímetro. (A.P.)	53
Fig. 76. Ângulo de contacto entre a gota e a superfície menor que 90°. (A.P.)	55
Fig. 77. Ângulo de contacto entre a gota e a superfície igual a 90°. (A.P.)	55
Fig. 78. Ângulo de contacto entre a gota e a superfície maior que 90°. (A.P.)	55
Fig. 79. Ângulo de contacto entre gota e superfície de branco de chumbo aglutinado em cola sobre alabastro antes de envelhecimento. (Christopher Marques)	68

Fig. 80. Ângulo de contacto entre gota e superfície de branco de chumbo aglutinado em cola sobre alabastro depois de envelhecimento. (Christopher Marques).....	68
Fig. 81. Ângulo de contacto entre gota e superfície de ocre aglutinado em cola sobre alabastro antes de envelhecimento. (Christopher Marques).....	68
Fig. 82. Ângulo de contacto entre gota e superfície de ocre aglutinado em cola sobre alabastro depois de envelhecimento. (Christopher Marques)	68
Fig. 83. Ângulo de contacto entre gota e superfície de minium aglutinado em óleo sobre alabastro antes de envelhecimento. (Christopher Marques).....	69
Fig. 84. Ângulo de contacto entre gota e superfície de minium aglutinado em óleo sobre alabastro depois de envelhecimento. (Christopher Marques)	69
Fig. 85. Ângulo de contacto entre gota e superfície de malaquita aglutinado em óleo sobre alabastro antes de envelhecimento. (Christopher Marques).....	69
Fig. 86. Ângulo de contacto entre gota e superfície de malaquita aglutinado em óleo sobre alabastro depois de envelhecimento. (Christopher Marques)	69
Fig. 87. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com verdigris e óleo, antes do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)	70
Fig. 88. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com verdigris e óleo, depois do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)	70
Fig. 89. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com malaquita e cola, antes do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)	70
Fig. 90. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com malaquita e cola, depois do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)	70
Fig. 91. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com minium e cola, antes do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)	70
Fig. 92. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com minium e cola, depois do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)	70
Fig. 93. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com cinábrio e cola, antes do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)	70
Fig. 94. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com cinábrio e cola, depois do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)	70
Fig. 95. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com branco de chumbo e óleo, antes do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques).....	71

Fig. 96. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com branco de chumbo e óleo, depois do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques).....	71
Fig. 97. Observação a partir de SEM da superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça sobre alabastro não envelhecida.	72
Fig. 98. Observação a partir de SEM da superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça sobre alabastro não envelhecida.	72
Fig. 99. Observação a partir de SEM da superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça sobre alabastro envelhecida.	72
Fig. 100. Observação a partir de SEM da superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça sobre alabastro envelhecida.	72
Fig. 101. Observação a partir de SEM da superfície de alabastro.	72
Fig. 102. Observação a partir de SEM da superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça envelhecida sobre vidro.....	72
Fig. 103. Dilatação de pregos com ponta metálica eléctrica. (A.P.).....	74
Fig. 104. Levantamento da tábuca exercendo pressão recorrendo a cunhas e martelos. (A.P.)	74
Fig. 105. Separação das tabuas posteriores da moldura. (A.P.)	75
Fig. 106. Levantamento da tábuca posterior da moldura. (A.P.)	75
Fig. 107. Remoção de os óxidos de ferro por abrasão mecânica com ponteiros abrasivos. (A.P.).....	75
Fig. 108. Remoção pontual de os óxidos de ferro caneta de fibra de vidro. (A.P.).....	75
Fig. 109. Limpeza com trincha com aspiração, em simultâneo. (A.P.)	76
Fig. 110. Limpeza com borracha <i>Akapad</i> . (A.P.)	76
Fig. 111. Limpeza com pano de microfibras. (A.P.).....	76
Fig. 112. Limpeza com esponja de maquilhagem. (A.P.)	76
Fig. 113. Limpeza com trincha com aspiração, em simultâneo. (A.P.).....	76
Fig. 114. Face posterior do relevo de alabastro após a limpeza a seco. (A.P.)	76
Fig. 115. Limpeza com pano de microfibras. (A.P.).....	79
Fig. 116. Limpeza com esponja de maquilhagem. (A.P.)	79
Fig. 117. Relevo antes da limpeza por métodos aquosos. (A.P.)	82
Fig. 118. Relevo após a limpeza por métodos aquosos. (A.P.)	82
Fig. 119. Concreções de partículas grosseiras fortemente aderidas. (A.P.)	82

Fig. 120. Concreções de partículas grosseiras fortemente aderidas. (A.P.)	82
Fig. 121. Remoção das concreções com solução tamponada a pH 7 com Bis-tris. (A.P.) ..	83
Fig. 122. Após remoção das concreções. (A.P.).....	83
Fig. 123. Lado esquerdo da moldura (vista do observador) após a limpeza com solução tamponada a pH 5,5 com ácido acético. (A.P.)	83
Fig. 124. Aplicação de álcool benzílico a 10 % em <i>velvesil plus gel</i> . (A.P.).....	85
Fig. 125. Remoção da substancia filmógena acastanhada. (A.P.)	85
Fig. 126. Remoção da substancia filmógena acastanhada. (A.P.)	85
Fig. 127. Após remoção da substancia filmógena e dos resíduos com ciclometicone. (A.P.)	85
Fig. 128. Cilindro de gel rígido de agarosa como veiculo para medir valores de pH e condutividade de superfícies. (A.P.).....	86
Fig. 129. Marca do gel rígido de agarosa após uns minutos de contacto com a superfície. (A.P.).....	86

Índice de tabelas

Tabela 1. Identificação de cada provete elaborado.....	44
Tabela 2. Relação das percentagens de aglutinante e pigmento que formam cada camada pictórica.....	45
Tabela 3. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola.....	58
Tabela 4. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça.....	58
Tabela 5. Valores de pH da superfície dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola.....	59
Tabela 6. Valores de pH da superfície de provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça.....	59
Tabela 7. Valores de Condutividade da superfície dos provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola. (μ S).....	63
Tabela 8. Valores de condutividade da superfície de provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça. (μ S).....	63

Tabela 9. Valores de Condutividade da superfície dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola. (μS).....	64
Tabela 10. Valores de pH da superfície de provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça. (μS).....	64
Tabela 11. Valores de pH de distintas zonas da superfície do relevo, antes da limpeza superficial, obtidos a partir do método 1.....	78
Tabela 12. Valores de pH de distintas zonas da superfície do relevo, antes da limpeza superficial e a após a limpeza a seco, obtidos a partir do método 1, e valores de pH e Condutividade após a limpeza a seco obtidos a partir do método 2	80
Tabela 13. Teste de solventes para determinar o parâmetro de polaridade/solubilidade de uma superfície.....	81
Tabela 14. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de pinho com distintos pigmentos aglutinados em cola animal.	93
Tabela 15. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de pinho com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça.....	93
Tabela 16. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de linho com preparação de gesso com distintos pigmentos aglutinados em cola animal.	94
Tabela 17. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de linho com preparação de gesso com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça.....	94
Tabela 18. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de linho com preparação de carbonato com distintos pigmentos aglutinados em cola animal.	95
Tabela 19. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de linho com preparação de carbonato com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça.	95

Índice de gráficos

Gráfico 1. Resultados de pH das superfícies dos provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 1.....	61
Gráfico 2. Resultados de pH das superfícies dos provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 2.....	61
Gráfico 3. Resultados de pH das superfícies dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 1.....	61

Gráfico 4. Resultados de pH das superfícies dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 2.61

Gráfico 5. Resultados de Condutividade das superfícies dos provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 1.66

Gráfico 6. Resultados de Condutividade das superfícies dos provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 2.66

Gráfico 7. Resultados de Condutividade das superfícies dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 1.66

Gráfico 8. Resultados de Condutividade das superfícies dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 2.66

1. Introdução

O comportamento das policromias sobre pedra irá depender dos materiais utilizados para as compor, do tipo de pedra e das condições ambientais envolventes. A acumulação de partículas de depósito na superfície das policromias pode também modificar a composição destes estratos.

Esta combinação de factores daria as reacções químicas que eventualmente ocorrem para alcançarem, sucessivamente, novos equilíbrios químicos. Mas um número de reacções físicas e químicas podem ocorrer de uma forma imprevisível que, por vezes, inesperados produtos inorgânicos, orgânicos e mistos podem ser formados durante essas reacções físico-químicas. Os processos que levam à formação desses produtos sobre alabastro policromados não foram ainda totalmente compreendidos, mas provocam a degradação ao longo do tempo e induzem mudanças significativas nas suas propriedades físico-químicas, tais como pH, condutividade e sensibilidade à água.

Nesta investigação estudou-se a particular transformação que sofrem as policromias ao envelhecer sobre alabastro, com o principal objectivo de compreender algumas das suas propriedades físico-químicas

Pretendeu-se vincular um caso de estudo a provetes envelhecidos permitindo aprofundar o conhecimento tanto da manufactura como dos mecanismos de envelhecimento destas tipologias de obra. Este seria um passo preliminar para a compreensão da sua degradação e para conceber propostas de limpeza que tenham em conta a natureza especial destes sistemas dinâmicos e complexos e que sejam respeitosos com a saúde do restaurador e a entidade histórico-material da obra.

Com o propósito de estudar estas transformações, elaborou-se uma série de provetes em distintos tipos de suportes com diferentes pigmentos aglutinados em diferenciados aglutinantes. Estes provetes foram preparados com base na identificação das técnicas e materiais utilizadas no caso de estudo, um relevo em alabastro policromado, *São Jerónimo Penitente*, conjecturalmente datado do século XVI, pertencente à Sé de São Salvador de Zaragoza, em Espanha.

Partindo do caso de estudo são apresentados os seus dados principais, seguidos da recolha de amostras e do recurso a técnicas analíticas para a identificação das substâncias aí presentes. De seguida apresenta-se a preparação de provetes elaborados com materiais afins aos encontrados na obra

Estes provetes foram submetidos a um teste de envelhecimento acelerado com o intuito de estudar e conhecer as propriedades físicas resultantes das reacções entre os materiais. Foram testadas as suas propriedades físico-químicas antes e depois do envelhecimento, como o pH, a condutividade, a sensibilidade à água, angulo de contacto e microscopia óptica.

Após a descrição dos procedimentos utilizados para a obtenção de dados são apresentados os resultados com as respectivas discussões.

Para finalizar aborda-se a intervenção realizada no caso de estudo

2. Revisão bibliográfica

Tendo como objecto de estudo um relevo em alabastro policromado e uma problemática de métodos de limpeza para este caso em questão, serão apresentadas as abordagens referentes ao tema que até aqui se conhecem. Primeiramente será exposto a importância da policromia sobre escultura em pedra, bem como as técnicas e materiais, tanto para os estratos pictóricos como para o entalhe da pedra, utilizadas ao longo da história. Seguidamente será feita uma abordagem sobre a utilização de suporte de alabastro e o seu conhecimento teórico, como se altera a policromia sobre o suporte pétreo, e finalmente concluir com uma revisão sobre as metodologias de intervenção em acções de limpeza neste tipo de suporte, que implica a necessidade de criar protocolos adequados e ou adaptados a este tema particular

O uso da cor aplicada sobre esculturas em pedra tem indícios desde a Antiguidade, pois era habitual na cultura egípcia, oriente mediterrânico antigo, e, mais tarde, os elementos técnicos e os recursos estilísticos foram adquiridos pelos gregos.

O escultor concebia a forma tridimensional extraída da pedra com a intenção de a decorar com cor. Esta cor potenciava a estrutura formal e narrativa da obra de arte, ou seja, ao colorir uma escultura, o escultor tinha a intenção de dar vida à composição, de a aproximar da realidade e, assim, multiplicar e facilitar a legibilidade da forma plástica. Estas questões formais e estéticas eram difíceis de diferenciar apenas a partir do relevo esculpido no bloco de pedra (Brinkmann, 2010a).

Apesar de conhecermos as construções e ornamentações da época medieval sem policromia podemos comprovar o contrário através de escassos exemplos de vestígios que resistem até hoje, como também através de investigações científicas realizadas a esses exemplos e de alguma documentação como refere Merrifield acerca da pintura e envernizamento de uma estátua de mármore da fachada principal da catedral de Orvieto, por Andrea Pisano (Merrifield, 1999). Os maiores exemplos que podemos encontrar com vestígios de policromia são: os portais da Catedral de Notre-Dame de Paris, portais da fachada da Catedral de Notre-Dame de Amiens, o poço de Moisés da Chartreuse de Champmol de Dijon, em França; o portal oeste do Baptistério de Parma e o portal de Santo

André de Vercelli, em Itália; o portal da Igreja de São Pedro de Vitória, em Espanha, entre outros (AAVV, 2002).

Quando se deu a recuperação do conceito e dos modelos clássicos, na época Renascentista, uma época de definitiva consolidação do que entendemos por civilização ocidental, a maior parte da estatuária greco-romana havia perdido a cor com que foram terminadas (Galán, 2010). Então, os escultores modernos que adquiriram os estímulos de variados aspectos da arte antiga e também o seu desconhecimento da policromia, conduziu-os à escultura sem cor, ou seja, à escultura "a branco" ou ao natural.

Após as escavações em grande escala realizadas na Grécia e Itália, no século XIX, descobriram-se abundantes restos de cor, os quais tiveram um efeito que despoletou a curiosidade e a investigação, tanto científica como literária em numerosas variáveis, formando várias opiniões, tais como a policromia total, policromia parcial, bicromia, cores sombrias, cores vivas, etc., (Brinkmann, 2010b).

Desde a antiguidade que se utilizam as rochas naturais para a construção de edifícios, elementos construtivos e decorativos. Só a partir do século XX, com a industrialização e a nova arquitectura de ferro e betão armado, prescindiu-se da pedra como material básico de edificação. A partir deste momento o seu uso tornou-se predominantemente ornamental e como elemento de revestimento de outros materiais (Martín-Romo, 2006).

Depois do seu uso primário como elemento construtivo, como já foi referido, desenvolveu-se uma cultura da pedra trabalhada, designada por pedra talhada ou lavrada, a qual se denomina de obra de cantaria. O processo de uma obra de cantaria contava com a extracção da pedra do seu meio natural, ou seja de uma pedreira, seguida do seu transporte até ao local onde a pedra era trabalhada.

Na Europa da Idade Média os blocos eram transportados em bruto ou simplesmente desbastados pois, nesta altura, os meios de transporte existentes não seriam os mais indicados, porque aumentavam o risco de quebra durante o mesmo, tornando-se um problema se a peça fosse já talhada. Por outro lado se os blocos fossem trabalhados junto à obra, as peças podiam ser adaptadas às dimensões pretendidas e não restringirem-se a um desenho estandardizado.

Quanto ao processo de lavrado, escolhia-se um bloco um pouco maior que a peça pretendida e era conveniente que se começasse a talhar enquanto o bloco ainda conservasse

a humidade natural, facilitando assim o trabalho. Era então desbastado o bloco, talhado na forma pretendida e terminado com um acabamento. Este último passo está directamente ligado ao valor estético que se procurava numa determinada textura, conseguida através do alisamento, polimento, abrlhantamento e, por fim, a aplicação de uma camada para fixar o brilho que habitualmente era composta por substâncias orgânicas. (Martín-Romo, 2006)

As rochas podem ser classificadas de acordo com a sua origem em três grupos principais: ígneas, sedimentares e metamórficas. O alabastro faz parte do grupo de rochas sedimentares que são formadas a partir de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na parte exterior da crosta. Estes processos de formação são variados originando rochas de composição e características diferentes, mas são geralmente camadas estratificadas, com tamanho de grão variável, de elevada porosidade e de dureza média-baixa (Artigau, et al., 2011).

Geralmente, a formação de uma rocha sedimentar envolve vários mecanismos (sedimentação, precipitação química ou precipitação bioquímica) e existem três principais grupos de rochas sedimentares: detríticas clásticas, carbonatos e evaporitos.

O alabastro faz parte do grupo de evaporitos. Estes são produzidos por precipitação de sais inorgânicos dissolvidos na água quando evapora. Consistem geralmente em mais de 95% de um único mineral. Os restantes componentes podem ser muito diversos: quartzo, carbonatos, minerais de argila, matéria orgânica, óxidos de ferro, etc., (Artigau, et al., 2011). O alabastro é um mineral composto maioritariamente por gesso cristalizado, sulfato de cálcio dihidratado, com cristais de tamanho muito pequeno (geralmente inferiores a 0,1 mm) portanto com uma trama muito compacta.

Desde o ponto de vista escultórico, o alabastro é um material brando que possibilita uns processos de lavra similares de certo modo aos da madeira, podendo-se utilizar nalguns trabalhos as mesmas ferramentas, como as goivas e um acabamento muito polido com lixas, esmeris e óleos que realçam a sua transparência e veios naturais (AAVV, 2004).

O nome alabastro deriva de *alabastra*, uma cidade do Antigo Egipto de onde se extraía este tipo de pedra para ser talhada. Os Egípcios, Gregos, Etruscos e Romanos utilizaram-na para revestimentos arquitectónicos, para esculpir estátuas e alguns utensílios.

A arquitectura Paleocristã, Bizantina e Românica utilizou-a como substituta do vidro para cobrir janelas (Artal, 2006), designando-se *alabastrinas* a essas lâminas delgadas translúcidas, qualidade que Plínio "o Velho", refere já ser conhecida na época clássica. (Cantos, et al., 2005)

No Gótico e mais no Renascimento as placas de alabastro, que resultaram em "vidreiras pintadas", tinham as superfícies saturadas em óleo para ficarem protegidas da água. Mais tarde foi considerado um material fundamental na escultura, pois existe com relativa abundância, é fácil de ser talhado e obtém-se um aspecto final muito parecido ao do mármore. Por volta do ano 1550 até meados do século XVII começou a ser empregue a madeira para os elementos arquitectónicos e o alabastro para as peças de imaginária. (Cantos, et al., 2005)

Esta pedra é muito apreciada pela sua característica de cor branca, podendo variar nas tonalidades de branco a branco leitoso, rosado, beije ou a cor de champanhe. Pode ser translúcida, ter um brilho ceroso, um aspecto opalescente e por vezes ter veios de diferentes cores, que podem ter maior ou menor continuidade ao longo do bloco. Estes veios devem-se às impurezas da pedra, ou na retícula mineral, que geralmente são pequenos constituintes em argila, mas não provocam descontinuidades na mecânica da pedra (Artal, 2006).

As suas características físicas limitaram a sua utilização na construção por ser pouco resistente à compressão, por ser muito solúvel em água e sensível ao calor provocando desconexão da pedra. Porém, é um material que alcançou grande protagonismo como matéria-prima na execução de retábulos durante o século XVI (Cantos, et al., 2005), pois por ser um material brando é de fácil entalhe e associa-se conceptualmente ao mármore (Cantos, et al., 2005).

Quando o procedimento de acabamento da superfície da pedra era procedido pela policromia, distintas técnicas eram utilizadas para este fim. Em relação a estas técnicas de policromar os suportes de pedra, é um tema pouco desenvolvido principalmente em comparação aos suportes de madeira, mas de um modo geral é usada a técnica a óleo.

Em trabalhos com suportes em mármore ou calcário, por exemplo, criavam ou deixavam a sua superfície rugosa para que a policromia aderisse melhor (Brinkmann, 2010a). Porém, a superfície do alabastro é ideal para a aplicação de pigmentos misturados

em aglutinantes (Lorenzon, 2012), embora nalguns casos prevaleça o estudo do modelado e um trabalho perfeito da talha, que aproveita a qualidade natural da pedra, (que se conjuga) conjugando-se com detalhes menores de policromia (AAVV, 2004).

Na época Medieval pintavam directamente sobre a pedra, sem uma camada de preparação (AAVV, 2004), continuando a proceder-se da mesma forma posteriormente, no Renascimento, mas aplicada nas superfícies finamente polidas (Lorenzon, 2012). Normalmente utilizavam glaces semitransparente tirando assim partido do efeito translúcido que o material proporcionava.

A quantidade de aglutinante dependia da capacidade de adesão dos grãos de pigmento, do efeito pretendido e da cor. Por exemplo, o cinábrio tem boa cobertura então, uma adição maior de óleo podia ser utilizado para aumentar a transparência ou, ao invés, adicionar mais grãos de pigmento para aumentar a opacidade da cor (Lorenzon, 2012). O aglutinante mais utilizado para misturar os grãos de pigmento era o óleo de linhaça mas também se encontra o óleo de noz, a cola animal e a cola de têmpera de ovo (Lorenzon, 2012).

Quanto aos pigmentos, os mais encontrados nas policromias são o branco de chumbo, amarelo ocre, massicote amarelo, vermelhão ou vermelho cinábrio, laca vermelha, vermelho de chumbo (minium), verdigris (acetato de cobre); malaquite, azurite, azul ultramar, preto carvão (AAVV, 2002), (Marrifield, 1999), (Hawthorne, et al., 1979). Podia ser adicionado gesso, cré, sílica e hidróxido de alumínio como carga na mistura de pigmento-aglutinante, em que o mais utilizado era o branco de chumbo para obter uma mistura mais empastada e consistente (Aguado, et al., 2013).

A presença de pigmento de chumbo em contacto com a pedra demonstra o conhecimento empírico sobre o efeito que os iões de chumbo têm de secar o óleo (Aguado, et al., 2013). A capacidade dos componentes de chumbo de formarem sais de ácidos gordos pela sua reacção com o óleo pode explicar o comportamento desta reacção "secativa ao toque". O seu uso também evita absorções excessivas do aglutinante e permite ou promove uma boa ligação do pigmento à pedra. (Tumosa, et al., 2005)

Temos como exemplo, a policromia do retábulo da capela dos Arcanjos da Catedral Metropolitana de Zaragoza, em que Juan de Ribera pintou as zonas das carnações ou zonas desnudas com finas camadas em que a primeira, aplicada directamente sobre a pedra, actua como uma cor de base, é alaranjada clara e é composta essencialmente por alvaiade e

minium. A segunda, é de uma cor mais rosada e também contém alvaiade misturado com cinábrio, laca vermelha e preto carvão. Para finalizar a policromia aplicada sobre a pedra recebia uma série de acabados superficiais que proporcionavam uma textura mais ou menos polida, logo um aspecto brilhante ou mate (Cantos, et al., 2005). Quanto ao douramento este era aplicado com folha de ouro a sisa segundo a técnica do mixtion (AAVV, 2004).

A partir do momento em que o suporte pétreo é pintado com um conjunto de materiais, esta camada pictórica, começa a reagir com o suporte inorgânico. Então, uma infinidade de fenómenos físicos e químicos vão ocorrer de um modo difícil de prever e, o comportamento dos pigmentos e dos aglutinantes vai diferir consoante o tipo de pedra (Aguado, et al., 2013).

A zona de contacto entre a camada de policromia e a superfície do suporte de pedra é designada de interface e o seu comportamento não só resulta das propriedades da camada de policromia, como também da preservação da pedra que, por consequência, dependem das condições ambientais e das suas variações a que estão sujeitas. Portanto, estes reagem entre si, respondendo à busca de um novo equilíbrio físico e químico resultante da interacção destes três factores: propriedades da policromia; propriedades do suporte de pedra e das variações das condições ambientais (Aguado, et al., 2013). Estas reacções vão originar produtos de alteração aos quais designamos de degradação ocorrida ao longo do tempo.

Os materiais filmógenos originais alteram-se através da combinação de 4 processos: oxidação (produtos mais ácidos e mais polares); hidrólise (despolimerização e formação de compostos mais ácidos); polimerização (formação de produtos de elevado peso molecular); formação de oxalatos (na presença de iões metálicos). Algumas consequências macroscópicas são a alteração da coloração, aumento da rigidez e uma diminuição ou perda das propriedades adesivas. (Aguado, et al., 2013)

Os produtos de alteração de uma interface de alabastro policromado ainda não estão muito estudados, mas sabemos que o alabastro, devido à sua composição, reage de uma maneira distinta do que, por exemplo, o mármore ou o calcário. Embora tenha pouca porosidade por ter elevada densidade, a água não penetra em profundidade mas vai alterar a superfície do suporte por dissolução (Lorenzon, 2012). Por outro lado, como o alabastro

também foi utilizado nas preparações de pintura de cavalete e escultura policromada em madeira, em que era moído e misturado com cola (Cennini, 2000), não seria de estranhar que os resultados das alterações fossem semelhantes, porque os materiais e reactivos são idênticos.

Aos produtos de alteração dos materiais constituintes, acresce o depósito de partículas na superfície formando camadas de sujidade de variadíssimas características, propriedades e origens. Estas sujidades que se depositam na superfície de uma obra são materiais que não fazem parte da sua constituição e por consequência vão comprometer a integridade estética e física da obra. A sua permanência pode resultar em despoletar ou agravar fenómenos de degradação que podem ocorrer na obra e que a prejudiquem (Wolbers, 2000).

Em suma, os materiais que podemos encontrar numa obra são os materiais originais constituintes, os materiais originais constituintes mas alterados e os materiais adicionados acidentalmente como a deposição de sujidades e poeiras. Em alguns casos, também podemos encontrar materiais adicionados propositadamente e posteriormente aos originais constituintes, nomeadamente os repintes e as intervenções de conservação e restauro, entre outros (Cremonesi, 2009)

Por razões estruturais, ou seja, por estes materiais ou camadas de sujidade e camadas de produtos de alteração, poderem prejudicar a estabilidade e a integridade física da obra, e também, por existir um lado estético que põe em questão a leitura correcta da obra original de modo a garantir a transmissão de valores propostos pelo artista na realização e na produção da obra de arte, justifica-se assim o processo de limpeza destas camadas superficiais (Cremonesi, 2009).

Estamos perante um suporte pétreo, um material reactivo e de estrutura porosa, que se torna ainda mais complexo com a existência da camada de policromia devido às suas reacções na procura de equilíbrio com o meio ambiente. Este actua como catalisador que activa as dinâmicas do material e qualquer mudança que exista no meio ambiente, produz alterações na obra. Quanto mais rápida e brusca forem essas mudanças maior é o impacto e o efeito de transformação que ocorre na obra.

Quando nos deparamos com a limpeza de uma superfície deste tipo, policromias sobre alabastro, o que queremos limpar ou eliminar, formaram estratos complexos agregados por forças de adesão de diversa natureza.

Os procedimentos de limpeza superficial, denominado por *Surface Cleaning*, não distinguem a limpeza de sujidade superficial da "limpeza" de materiais degradados ou alterados, ou seja, este método de limpeza elimina todas as camadas de materiais depositados, degradados ou alterados, comprometendo o valor estético da obra.

Actualmente, segundo refere o autor Cremonesi, “a partir do momento em que se remove um repinte, um verniz ou outra capa de protecção oxidada ou descolorada, não se trata de uma limpeza mas sim de uma remoção ou eliminação dessa camada de superfície, concluindo que não se pode falar de uma limpeza mas sim de uma remoção que elimina materiais originais que podem alterar a produção original” (Cremonesi, 2011).

Os métodos até agora utilizados para *Surface Cleaning* diferenciam-se por mecânicos, físicos, químicos e combinações destes. Recentemente, com o avanço da tecnologia foram desenvolvidos os métodos de "não contacto" ou fotónicos, que dizem respeito, por exemplo ao uso de laser.

Até há pouco tempo tem-se utilizado o método de ensaio-erro, que se traduz unicamente pela avaliação estética do resultado de uma limpeza. É o olhar do conservador-restaurador e a sua experiência que determina se está a extrair material original ou não. Não se conhecia muitas das consequências que as aplicações das misturas, de distintos dissolventes e reactivos, teriam a médio e longo prazo na integridade das películas pictóricas e muito menos nos suportes.

Habitualmente analisa-se a acção da substância através de um critério de avaliação somente pela observação visual do restaurador, concluindo na maior parte das vezes que uma substância é (a conclusão é de que uma substância é) eficaz e selectiva. Segundo refere Cremonesi, “se esta avaliação for feita por métodos analíticos, muito provavelmente concluir-se-á que esta substância é invasiva e não selectiva, a nível molecular” (Cremonesi, 2005). Por este método analítico de avaliação não ser uma prática comum na maioria das intervenções, bem como na avaliação das consequências a longo prazo, o método actualmente utilizado pode demonstrar-se devastador, muitas vezes irreversível, para a obra que queremos conservar.

Em acções de intervenção de limpeza, podemos actuar primeiramente por *dry cleaning*, limpeza a seco, em que removemos mecanicamente a sujidade superficial, que adere por forças electrostáticas (Wolbers, 2000) e pela acção da gravidade, com menor risco para a obra.

Podemos também utilizar o método de limpeza com solventes orgânicos neutros. Este método consiste na utilização de um ou mais solventes combinados, com uma determinada polaridade que actua por quebra de forças físicas ou intermoleculares, de moléculas que constituem o estrato a eliminar, Mesmo com uma mistura de solventes, apenas obtemos um único valor de polaridade o que torna impossível remover todas as partículas depositadas pretendidas, devido a estas terem diferentes valores de polaridade consoante a sua natureza, eliminando apenas alguns estratos. O uso deste tipo de solventes também pode ser um risco para a obra. Estes solventes, ao serem aplicados, podem actuar nos materiais que a constituem, tanto a nível superficial como a nível mais profundo, pela sua capacidade de penetração.

O seu uso controlado pode servir não só para limpar, respeitando a natureza da obra mas também para obtermos informações sobre os materiais indicando-nos a sua polaridade.

Quando a acção de solubilidade mediante mecanismos físicos é arriscada ou ineficaz, podemos também recorrer à utilização de métodos de limpeza aquosos. Estas soluções aquosas actuam como solventes, embora sejam um grande risco quando usadas indevidamente. A água tem todos os parâmetros indicados para uma limpeza eficaz, pois actua a nível químico, por quebra das ligações intramoleculares, por processos de ionização, de hidrolisação e de dissociação. Por outro lado também actua de modo muito prejudicial, exactamente pelas mesmas razões quando encontra estratos susceptíveis à água e que não pretendemos eliminar. Para além disso, o facto de a água ter uma grande tensão superficial e por isso maior penetração, pode agravar o processo de limpeza. Para tal não ocorrer, podemos controlar as suas propriedades físicas e químicas, com métodos rigorosos. Podemos controlar por um lado o seu pH, através da adição de ácidos ou bases recorrendo a uma solução tamponada para que o valor se mantenha mais ou menos constante quando confrontado com substratos ácidos ou básicos. Podemos também controlar o seu poder penetrante ou de viscosidade, através da adição respectivamente de tensoactivos que diminuem o ângulo de contacto, ou de espessantes resultando em soluções gelificantes. Podemos ainda adicionar agentes quelantes aquando da presença de

iões metálicos, pois estes são insolúveis, dado que os quelantes têm uma estrutura que se adapta a este tipo de iões, complexando-os e assim incorporando-os na solução.

Quanto ao controlo de condutividade, é importante recorrer a uma solução isotónica de modo a evitar a troca de iões, ou seja, se a solução usada para limpar tiver a mesma quantidade de iões que o estrato, não existe movimento de pressão osmótica, e assim consegue-se remover a sujidade pretendida sem alterar os materiais constituintes.

Através da equação de *Washburn*, compreendemos que a difusão de um líquido num material poroso depende da viscosidade do líquido, do tamanho dos poros, da tensão superficial do líquido e do seu ângulo de contacto. Para aumentar a viscosidade do líquido, reduzindo o poder da sua penetração nos substratos, recorremos a espessantes para gelificar a solução aquosa. Assim controlamos melhor a acção de limpeza, tornasse mais localizada e também aumenta o tempo de evaporação (Cremonesi, 2005).

Richard Wolbers desenvolveu "receitas" para gelificar dissolventes orgânicos neutros (solvent surfactant gels) e soluções aquosas através de polissacáridos e de ácidos poliacrílicos. Também estudou previamente a limpeza com combinações por afinidade através da conhecida premissa *like dissolves like* criando os *Resin Soap*, tensoactivos aniónicos ligeiramente alcalinos. (Wolbers, 2000)

Outro tipo de soluções, recentemente desenvolvidas em soluções gelificadas (Cremonesi, 2012), são soluções aquosas com actividade enzimática como alternativa em circunstâncias muito concretas, como por exemplo, para substituir substâncias como ácidos e bases que seriam lesivas para a obra ou, quando não é possível utilizar outros métodos sem condições isentas de risco para os estratos a conservar. Para além da escolha da enzima adequada a utilizar, estas soluções são tamponadas e de seguida gelificadas.

A partir de uma grande problemática encontrada nos quadros modernos devido à presença de tensoactivos nas tintas industriais utilizadas pelos artistas, Richard Wolbers apercebeu-se que a médio e longo prazo a consequência do uso dos tensoactivos irá ser nefasta para as obras intervencionadas. Nos últimos anos tem-se dedicado a investigar produtos de modo a substituir e eliminar o uso de tensoactivos muito utilizados nas intervenções por métodos aquosos.

Recorrendo a produtos muito utilizados na indústria da cosmética propõe-nos agora o seu uso na conservação. São solventes que pertencem à família de polímeros de silicone, uma classe de compostos de silício. Estes solventes têm muito baixa polaridade, baixa tensão superficial e são considerados não tóxicos. A vantagem do uso destes solventes de silicone sobre superfícies porosas é conferida pela sua polaridade mais baixa do que o a do isoctano, solvente mais apolar do diagrama de TEAS (fd 100), que torna-os inofensivos para a maioria dos materiais (Wolbers, et al., 2014).

Têm uma estrutura cíclica com 4 ou 5 moléculas de silicone agrupadas num anel, que se denominam ciclometicone D4 ou D5. Também se podem usar misturados. A ciclometicone juntamente com um copolímero de silicone forma um creme designado *velvesil plus gel*. É uma rede de copolímeros de silicone concentrado tao grande que fisicamente não consegue penetrar e retém-se na superfície da camada pictórica (Stavroudis, et al., 2012).

A ciclometicone pode ser aplicada antes do tratamento, como uma camada de protecção, que preenche os poros da película e reduz a penetração do gel. O *velvesil plus gel* pode ser usado como uma máscara para proteger materiais sensíveis à água, como o ciclododecano mas de fácil aplicação e após a sua remoção deve ser removido com o solvente ciclometicone (Wolbers, et al., 2014).

O emprego de métodos de limpeza está mais desenvolvido na sua utilização em outro tipo de materiais do que em materiais pétreos, de modo que têm sido empregues sem ter em conta a diferença do tipo de suporte ou de estratos. Geralmente os tipos de alteração que ocorrem em materiais pétreos são factores mecânicos mas em casos como os de alabastro, por este possuir uma estrutura composta por gesso, a sua alteração deve-se muito a factores externos, como a presença de água e de ácidos, tendo por isso este material de uma necessidade especial na sua manipulação. (Cremonesi, 2012)

Na Idade Média os tratamentos consistiam em "esfregar" a superfície com água e sabão de modo a proporcionar mais brilho, conseguindo o efeito inverso ao separar os iões de cálcio dos sulfatos, provocando uma ruptura na estrutura. Apesar do conhecimento da alta sensibilidade do alabastro à água em alguns casos deu-se continuidade a este tipo de tratamento. Outra opção usada no passado consistiu em ocultar as camadas de sujidade com repolicromias ou repintes levando a um ciclo contínuo de repinte-oxidação-repinte,

com camadas geralmente ricas em branco de chumbo, em que por vezes podemos encontrar até sete ou oito camadas deste tipo. Estes tipos de operações realizaram-se até aos anos 90 do século XX. (Azorín, 2009)

A partir dos finais do século XX começam a ser empregues os solventes, mesmo com falta de estudos específicos e paralelamente, em 1993, Hubbard investiga a acção dos solventes a partir das suas polaridades, para a limpeza de suportes em alabastro, concluindo que os solventes apolares, mais especificamente o tolueno e o *white spirit*, não danificavam a superfície, tendo este último sido muito utilizado.

A partir de 1997 Michele Marincola propôs o uso de saliva artificial combinado com a mucina, que actua como tensioactivo, com o citrato de triamónio, que potencia a acção solúvel da água. Mas a falta de observações ao nível microscópico deixa uma incógnita quanto ao risco que advém e ao seu verdadeiro resultado.

Em 2002 realizaram-se algumas investigações que corroboram que tanto a água como o citrato de triamónio são prejudiciais para a superfície de alabastro e que os restantes produtos estudados, ao serem de natureza orgânica, podem em maior ou menor grau, gerar depósitos sobre o alabastro, mas que os resultados poderiam estar alterados devido ao tratamento prévio de limpeza com *white spirit* (Azorín, 2009).

Em vez de utilizar os solventes orgânicos como líquidos começou-se a utilizá-los na sua forma densificada, ou como chamamos comumente em forma de gel. Desta forma diminui-se a difusão do líquido sobre a camada na qual aplicamos e limitamos a sua acção apenas na superfície, garantindo assim uma maior selectividade da acção de limpeza, como referido anteriormente. Por outro lado, a problemática da utilização deste tipo de solventes em forma gelificada é a possibilidade de aumentar os resíduos superficiais, o que obriga a realizar uma acção de pós-tratamento para os remover (Cremonesi, 2012).

O retábulo maior de Huesca em 1996, a capela de S. Bernardo da Sé de Zaragoza, em 2001 e também a capela dos Arcanjos da Sé de Zaragoza, em 2004, são exemplos da utilização de geles em acções de limpeza em suportes de alabastro, em que respectivamente utilizaram uma mistura de solventes orgânicos neutros em forma líquida e em forma de emulsão (Cantos, et al., 1996), uma emulsão de gel de acetona e /ou com água e álcool (AAVV, 2001), e misturas de dissolventes em forma líquida ou gelificadas, a partir das fórmulas de Richard Wolbers e das recomendações, neste sentido, do *Institute*

Royal du Patrimoine Artistique. Os ouros e as lacas limpam-se em geral de forma eficaz com misturas de etanol e acetona, etanol e *white spirit*, enquanto para as superfícies de alabastro usaram-se variantes das misturas de gel de acetona (AAVV, 2001).

Os métodos utilizados na limpeza de alabastros não têm demonstrado serem eficazes na medida em que causam a perda de pigmentos e a criação de um efeito acinzentado no alabastro (Lorenzon, 2012).

Actualmente está a ser testado e utilizado gel de agar-agar para a limpeza de várias superfícies, tanto em pedra como em madeira e pinturas murais que demonstram ser um método eficaz e bem-sucedido (Sansonetti, 2011), mas mantém-se o problema da consequência que os resíduos de gel podem provocar a longo prazo bem como o método utilizado para os remover pós-tratamento.

Também recentemente foi testado o método de limpeza a *laser* especificamente em superfícies de alabastro que demonstraram não danificar o material mas foi pouco eficaz quanto à camada de policromia na medida em que a maioria dos pigmentos escureceram. (Lorenzon, 2012).

Em síntese, existem vários métodos de limpeza utilizados para superfícies de alabastro e alabastro policromado, mas nem todos eles apresentam total eficácia na limpeza destes materiais e a maioria têm-se mostrado lesivos para estes e para a sua conservação.

3. Metodologia

Aqui é apresentada a metodologia elaborada e realizada para a concretização deste trabalho. Passa pela vinculação do estudo e intervenção de uma obra real com o estudo de situações criadas em laboratório

I. Estudo e caracterização de um caso de estudo

- Caracterização de materiais e técnicas de policromia no caso de estudo a nível histórico, empírico e químico;
- Caracterização dos materiais constitutivos no caso de estudo a nível elementar.

II. Elaboração de provetes

- Reprodução em provetes das estruturas estratificadas identificadas no caso de estudo para um conhecimento empírico do comportamento dos materiais, durante as distintas fases de alteração;
- Recurso a distintos suportes, para além do alabastro, para obter referências de comparação;
- Preparação dos materiais constituintes das camadas pictóricas e sua aplicação;

III. Envelhecimento de provetes

- Provetes sujeitos a determinadas condições ambientais consideradas factores de alteração, de modo a simular reacções físico-químicas que podem ocorrer ao longo do tempo.

IV. Estudo de alterações nas propriedades químicas dos provetes

- Determinar as propriedades físico-químicas da superfície dos provetes, antes durante e depois do teste de envelhecimento;
- Estudo comparativo macroscópico e microscópico do comportamento das estruturas estratificadas

V. Proposta de intervenção no caso de estudo

- Determinar as propriedades físico-químicas da superfície;
- Definição dos intervalos de segurança para a limpeza do caso de estudo com respeito ao estado actual dos materiais presentes;
- Intervenção no caso de estudo

4. Estudo Experimental

4.1. Estudo e caracterização de um caso de estudo

Identificação do caso de estudo

Instituição/Proprietário: Catedral de São Salvador de Zaragoza (Espanha).

Categoria: Relevo

Suporte: Alabastro policromado com moldura de madeira dourada

Técnica: Policromia a óleo. Em algumas zonas sobre camadas douradas

Título / Denominação: *Relevo de São Jerónimo Penitente*

Autoria: Desconhecida

Datação: Século XVI

Dimensões: 71,5 cm (altura) x 61,5 cm (largura) x 11 cm (profundidade)

Localização: Escuela Superior de Conservación y Restauración de Bienes Culturales de Aragón (Huesca)



Fig. 1. Fotografia com iluminação directa do Relevo de *São Jerónimo Penitente* (2013, Christopher Marques)

Proveniência, Descrição e caracterização

O relevo de *São Jerónimo Penitente* pertencente à Sé de São Salvador de Zaragoza, encontrava-se colocado, por cima de um retábulo, numa local que dá acesso à sala de documentação e arquivos da Sé. Na zona inferior do relevo, correspondente a perna de São Jerónimo, constatou-se que esta tem uma abrasão acentuada, que indica um acto de devoção ao santo pelo toque. Devido à altura em que estava colocado o relevo, pensa-se que este não será o sítio de origem, pois ninguém seria capaz de chegar até ele para o tocar. Observou-se também uma marca desenhada na moldura que designa a Catedral de Nossa Senhora do Pilar, em Zaragoza. Assim supôs-se que o relevo pertencia originalmente à Catedral e que mais tarde tenha sido transferido para a Sé de São Salvador.

O relevo diferencia-se da escultura de vulto redondo sendo que as formas esculpidas permanecem unidas na continuidade de um bloco ou de uma placa que constitui o fundo, de tal modo que os ângulos de visão variam apenas em 180 graus. Os relevos estão geralmente integrados num muro ou num suporte emoldurado e podem representar uma cena isolada ou pertencer a uma sequência narrativa. Apesar das limitações técnicas que impõe a diminuição da terceira dimensão que lhe é própria, o detalhe com que é esculpido pode chegar a ser muito minuciosos (Rodríguez, 2010).

O caso de estudo presente trata-se de um relevo em suporte de alabastro emoldurado e tudo indica que seja uma cena isolada representando São Jerónimo em penitência. É formado por um só bloco de alabastro esculpido, com um acabamento muito polido de modo a criar uma superfície de poros muito cerrados e uma textura lisa. É policromado com técnica a óleo e, devido às lacunas de policromia existentes, verifica-se que originalmente seria somente um relevo em alabastro dourado. No entanto apenas algumas zonas foram douradas, tais como zonas de elementos decorativos e vegetalistas, e outras foram deixadas com o suporte visível, como nas zonas da carnação [ver figuras 2 e 3].

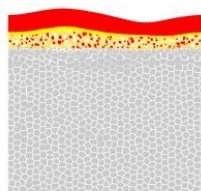


Fig. 2. Esquema estratigráfico de policromia (posterior) sobre alabastro dourado. [Autoria própria (A.P.)]

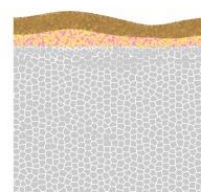
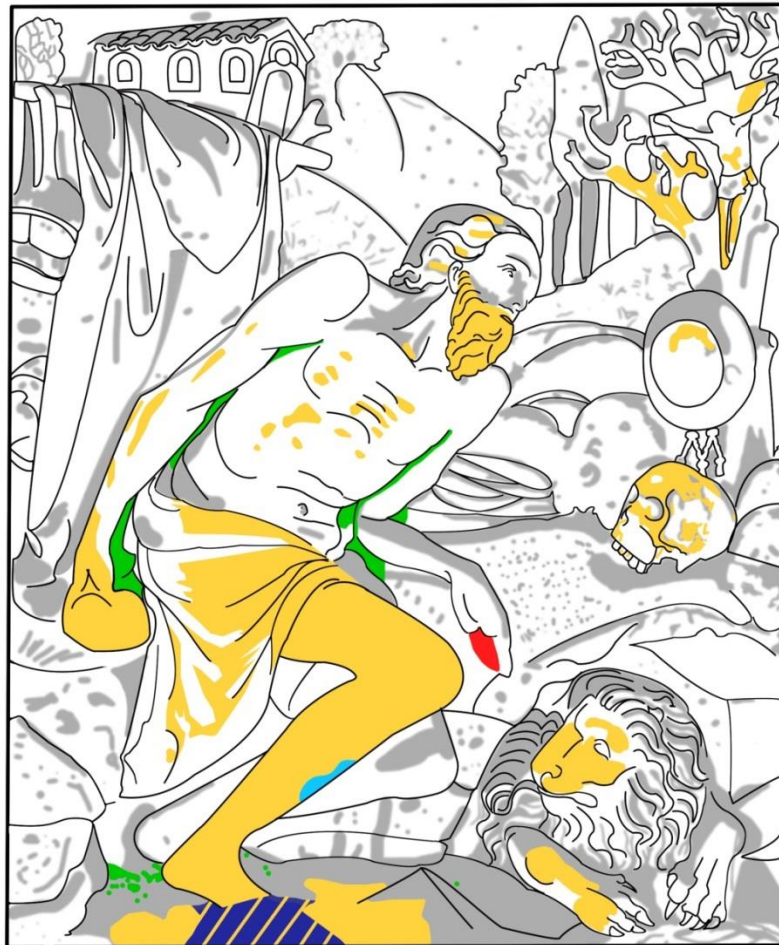


Fig. 3. Esquema estratigráfico de policromia (posterior) que compõe a carnação sobre alabastro originalmente visível. (A.P.)

Num primeiro exame macroscópico ao relevo verificaram-se as seguintes patologias; lacunas de policromia; uma acentuada abrasão na zona inferior; umas pequenas lacunas de suporte; alguma fuligem; uma grande quantidade de sujidade depositada por todo o relevo; algumas partículas grosseiras. [ver figura 4].









	Lacuna de policromia		Partículas de sujidade depositadas
	Lacuna de suporte		Partículas grosseiras de sujidade
	Abrasão		Fuligem

Fig. 4. Mapeamento de patologias observadas no exame macroscópico ao relevo. (A.P.)

Em relação às lacunas de policromia, são apresentadas nas seguintes figuras esquemas estratigráficos dos vários tipos de lacuna encontrados:

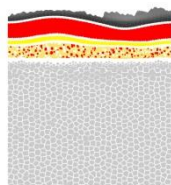


Fig. 5. Acumulação de poeiras depositadas sobre a superfície. (A.P.)

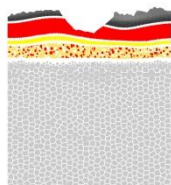


Fig. 6. Lacuna parcial de policromia. (A.P.)

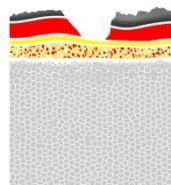


Fig. 7. Lacuna de policromia com o estrato inferior dourado visível. (A.P.)

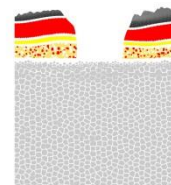


Fig. 8. Lacuna de policromia e do estrato inferior dourado deixando o suporte de alabastro visível. (A.P.)

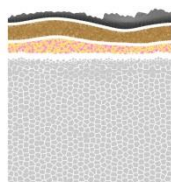


Fig. 9. Acumulação de poeiras depositadas sobre a superfície. (A.P.)

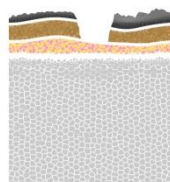


Fig. 10. Lacuna da policromia correspondente à carnação escura deixando a carnação clara visível. (A.P.)

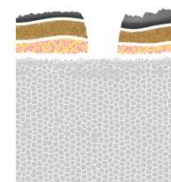


Fig. 11. Lacuna da policromia correspondente à carnação escura e clara deixando o suporte de alabastro visível. (A.P.)

Recurso a técnicas analíticas

A análise de substâncias e materiais presentes em obras de arte é de grande importância, tanto para a sua autenticação, para a datação, assim como para possíveis intervenções de conservação ou restauro, uma vez que permite uma caracterização detalhada dos materiais constituintes.

De modo a vincular a elaboração de provetes com materiais afins ao do caso de estudo e para estudar as suas propriedades físico-químicas, recorreu-se a determinadas técnicas analíticas. Este recurso teve como principal objectivo caracterizar as camadas de

policromia, o tipo de alabastro presente, bem como o tipo de sujidade com que nos vamos defrontar aquando da sua intervenção.

Mais concretamente pretendeu-se conhecer a composição dos estratos presentes: determinar a natureza do aglutinante orgânico; determinar a natureza dos pigmentos presentes em cada uma das zonas cromáticas presentes (substâncias minerais); Determinar o tipo de alabastro do caso de estudo a nível elementar (como por exemplo a presença de carbonatos, magnésio, enxofre, sulfatos, ferro, silicatos, entre outros) de modo a prever quais as reacções possíveis de ocorrerem entre o suporte e os estratos policromos determinar os possíveis produtos de reacção.

Inicialmente com poucos recursos procedeu-se à recolha de amostras [ver figuras 12 e 13] para análise de espectroscopia de infravermelho com transformada de *Fourier* (FTIR).

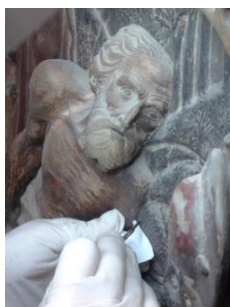


Fig. 12. Recolha de amostras para análise de FTIR. (A.P.)



Fig. 13. Acumulação de poeiras depositadas sobre a superfície. (A.P.)

Após os resultados obtidos, concluiu-se que o aglutinante presente na policromia é um óleo de linhaça e que um dos pigmentos é à base de cobre (provavelmente uma malaquita ou um verdigris), como se pode ver, respectivamente, pelos espectros das figuras 14 e 15 da página seguinte.

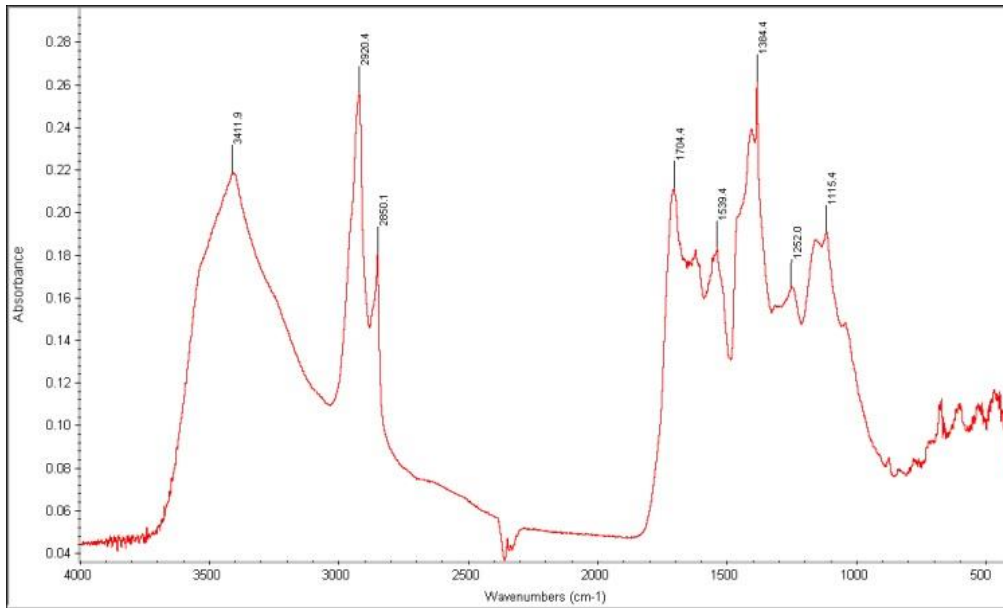


Fig. 14. Espectro de infravermelho correspondente à identificação da presença de óleo de linhaça.

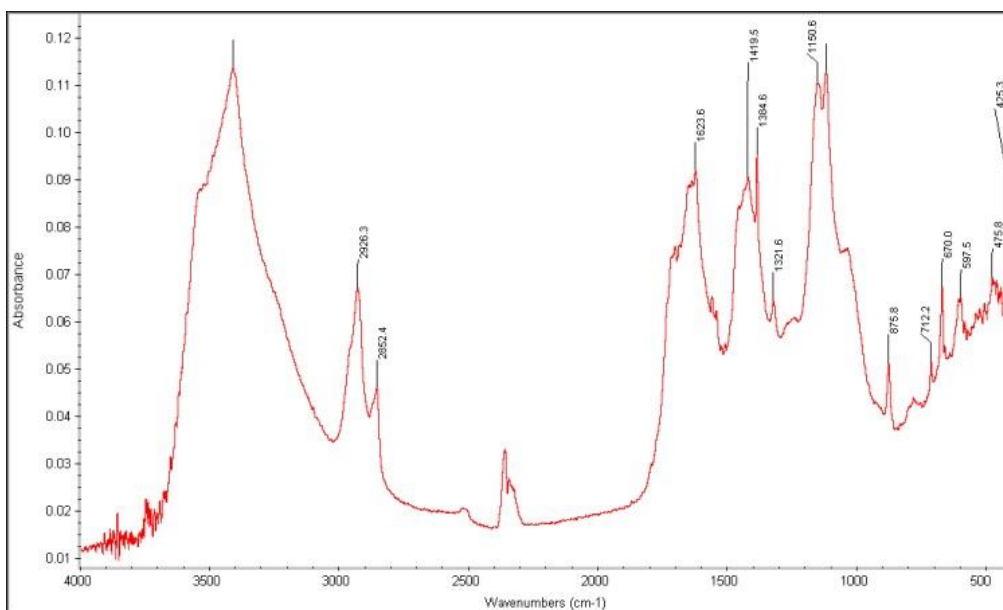


Fig. 15. Espectro de infravermelho correspondente à identificação da presença de cobre.

A elaboração dos provetes teve como base os resultados destas análises e a documentação histórica. Como referido anteriormente para além do aglutinante óleo e os pigmentos à base de cobre, os artistas recorriam a pigmentos à base de chumbo, como o branco de chumbo e o minium, e pigmentos à base de ferro, como o ocre, e de mercúrio, cinábrio.

Após ter sido oferecida a possibilidade de utilizar outros recursos analíticos através da colaboração com outros profissionais, iniciou-se uma nova recolha de amostras, com o intuito de eleger locais que fossem representativos de cada zona policromada. Durante o processo de observação do relevo detectámos pequenos troços soltos no meio da sujidade de poeiras. Assim, ponderou-se a desmontagem da parte posterior da moldura que suporta o relevo, local onde se acumulava a maior parte da sujidade e onde se verificou existirem partículas soltas aquando a manipulação da peça. Antes de se proceder à desmontagem, tentou-se compreender o sistema de montagem utilizado, para tal realizou-se uma radiografia da peça que pode ser observada nas figuras 16 e 17 e o respectivo mapeamento na figura 18.



Fig. 16. Radiografia geral da peça.

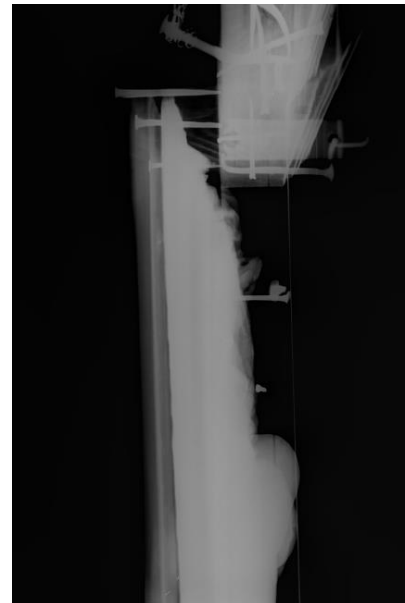


Fig. 17. Radiografia lateral superior da peça.

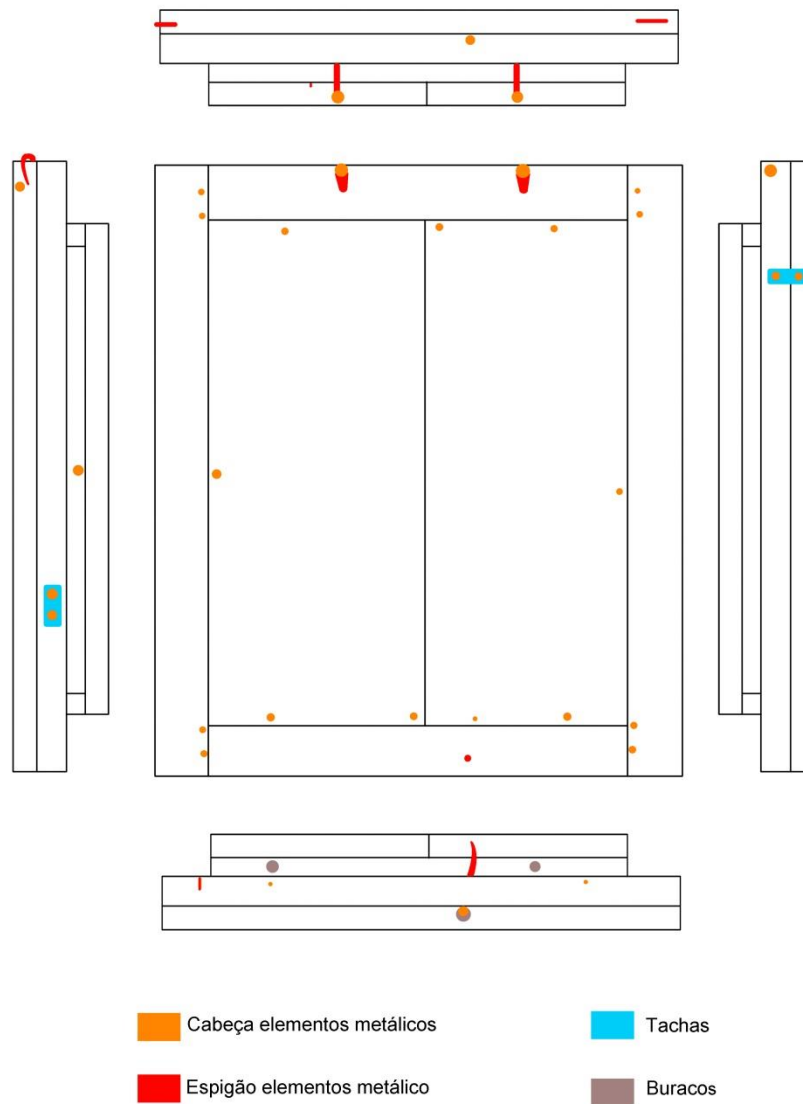


Fig. 18. Mapeamento dos elementos metálicos que constituem o sistema de montagem da peça. (A.P.)

Desmontou-se a parte esquerda posterior da moldura e, depois de uma limpeza superficial a seco [ver figuras 19, 20 e 21], obtivemos as amostras 1, 2, 5, 6, 7 e 8 e 9. Por fim, efectuou-se também uma limpeza superficial a seco em algumas zonas do relevo e obtivemos as amostras 3 e 4. [ver figuras 22 – 37]

Estas amostras embora descontextualizadas da sua zona proveniente, foram conjecturalmente identificadas através da observação microscópica sendo que pôde-se ver

mais claramente a sucessão de estratos e confirmar a realização de uma policromia sobre zonas douradas e a superfície do alabastro.



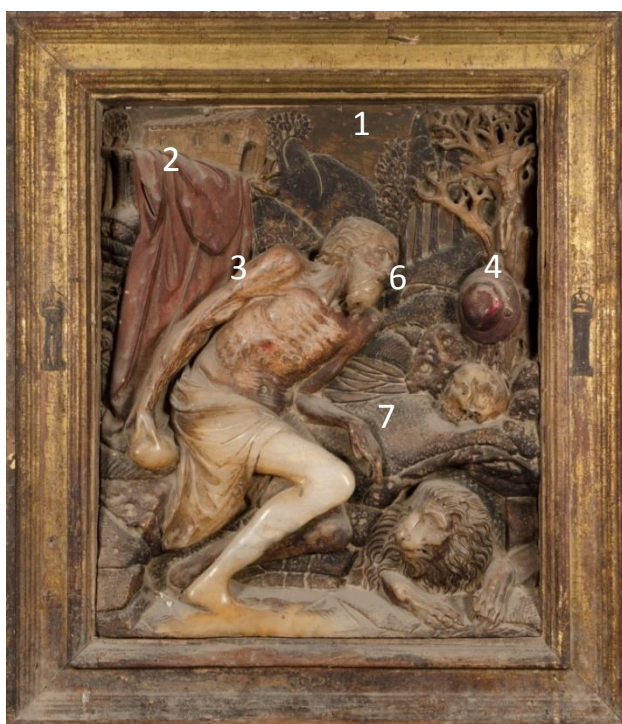
Fig. 19. Desmontagem do lado posterior esquerdo da moldura. (A.P.)



Fig. 20. Procura de amostras representativas. (A.P.)



Fig. 21. Recolha de amostras descontextualizadas. (A.P.)



- Amostra 1. Fundo verde
- Amostra 2. Vermelho
- Amostra 3. Carnação
- Amostra 4. Possível laca vermelha
- Amostra 5. Alabastro dourado (presente na maior parte do relevo)
- Amostra 6. Fundo 1
- Amostra 7. Fundo 2
- Amostra 8. Alabastro
- Amostra 9. Verdigris

Fig. 22. Identificação conjectural das amostras recolhidas. (Christopher Marques)



Fig. 23. Amostra 1, 15x. (A.P.)

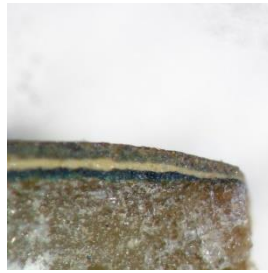


Fig. 24. Amostra 1, 80x. (A.P.)



Fig. 25. Amostra 2, frente, 80x.
(A.P.)



Fig. 26. Amostra 2, perfil, 80x.
(A.P.)



Fig. 27. Amostra 2, verso, 80x.
(A.P.)



Fig. 28. Amostra 3, frente, 60x.
(A.P.)



Fig. 29. Amostra 3, perfil, 60x.
(A.P.)



Fig. 30. Amostra 3, verso, 60x.
(A.P.)



Fig. 31. Amostra 4, frente, 60x.
(A.P.)



Fig. 32. Amostra 4, perfil, 60x.
(A.P.)



Fig. 33. Amostra 4, verso, 60x.
(A.P.)



Fig. 34. Amostra 5, frente, 80x.
(A.P.)



Fig. 35. Amostra 6, perfil, 40x.
(A.P.)



Fig. 36. Amostra 7, frente, 60x.
(A.P.)



Fig. 37. Amostra 7, verso, 60x.
(A.P.)



Fig. 38. Amostra 8, 10x. (A.P.)

Das amostras recolhidas e observadas ao microscópio, algumas foram analisadas por microscopia electrónica de varrimento com espectroscopia de energia dispersiva de raios x (SEM-EDS)

As amostras analisadas foram as amostras 1, 2, 3 e 8 e também se analisaram partículas de depósito de sujidade removidas durante a limpeza, obtendo os seguintes resultados.

Quanto às figuras obtidas por SEM, as amostras 1, 2 e 3 correspondentes aos pigmentos, observa-se a textura das partículas não muito distintas entre si. Já no caso do alabastro a textura observada é muito distinta, sendo esta lisa e em relação às figuras das poeiras verifica-se muitas partículas de distintas formas.

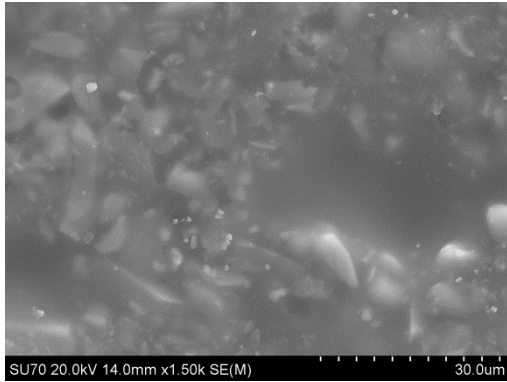


Fig. 39. Observação a partir de SEM da amostra 1 (fundo verde).

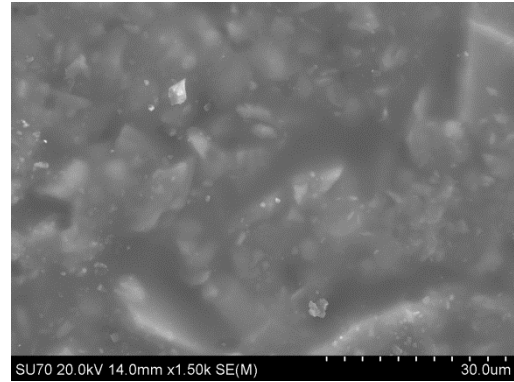


Fig. 40. Observação a partir de SEM da amostra 1 (fundo verde).

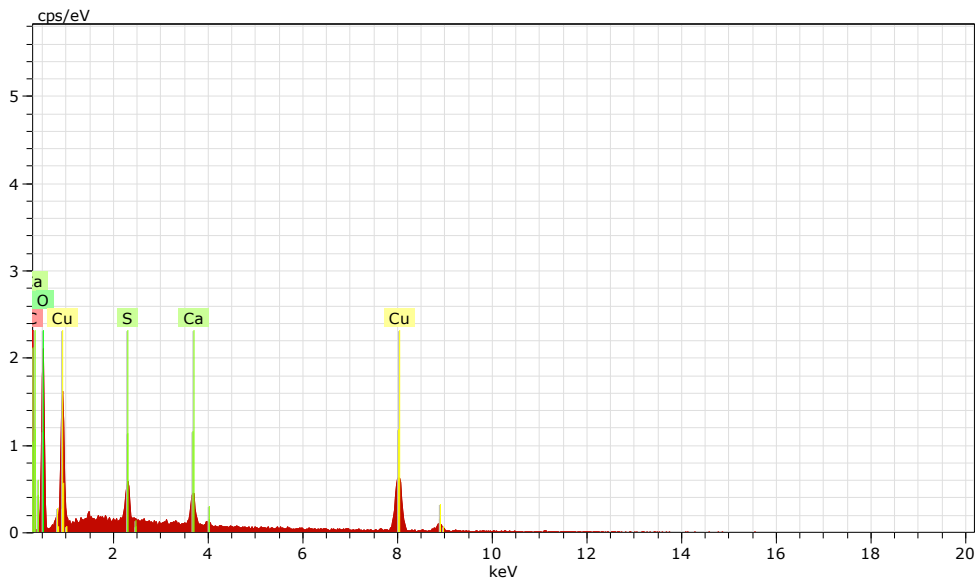


Fig. 41. Espectro de EDS e composição elemental da amostra 1 (fundo verde).

Para a amostra 1 esperava-se encontrar presença de cobre que se veio a confirmar como se pode observar na figura 41.

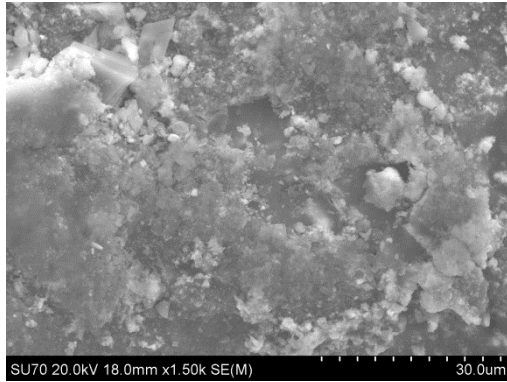


Fig. 42. Observação a partir de SEM da amostra 2 (vermelho).

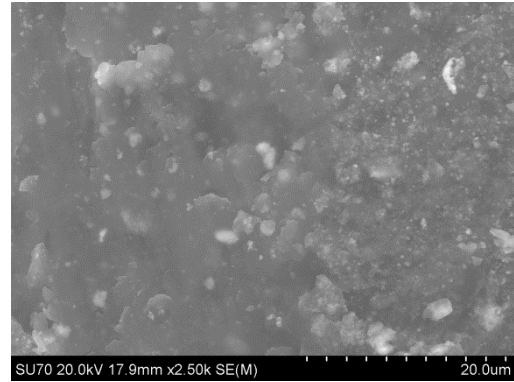


Fig. 43. Observação a partir de SEM da amostra 2 (vermelho).

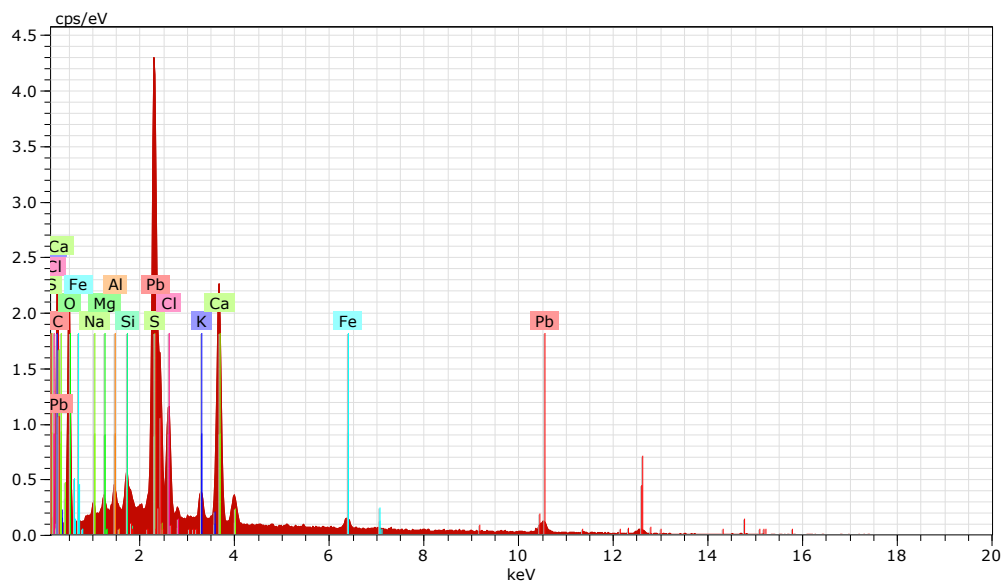


Fig. 44. Espectro de EDS e composição elemental da amostra 2 (vermelho).

Quanto à amostra 2 seria esperado encontrar a presença de mercúrio calculando tratar-se do pigmento cinábrio. Não se veio a verificar mas sim a presença de chumbo com maior abundancia, alguns iões de cálcio e enxofre (alabastro) e presença de ferro e cloro. Calcula-se que poderá tratar-se do pigmento minium. Apos a limpeza realizada descrita mais a frente veio-se a observar que a cor deste pigmento é mais alaranjada do que vermelho como aparentava.

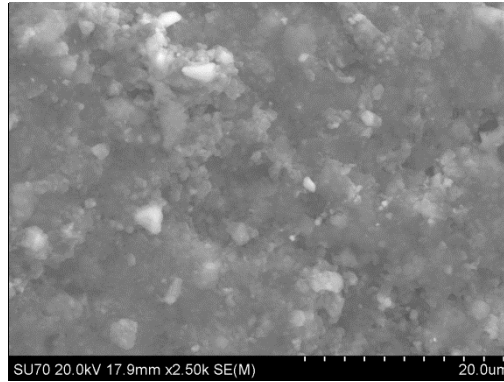


Fig. 45. Observação a partir de SEM da amostra 3 (carnação).

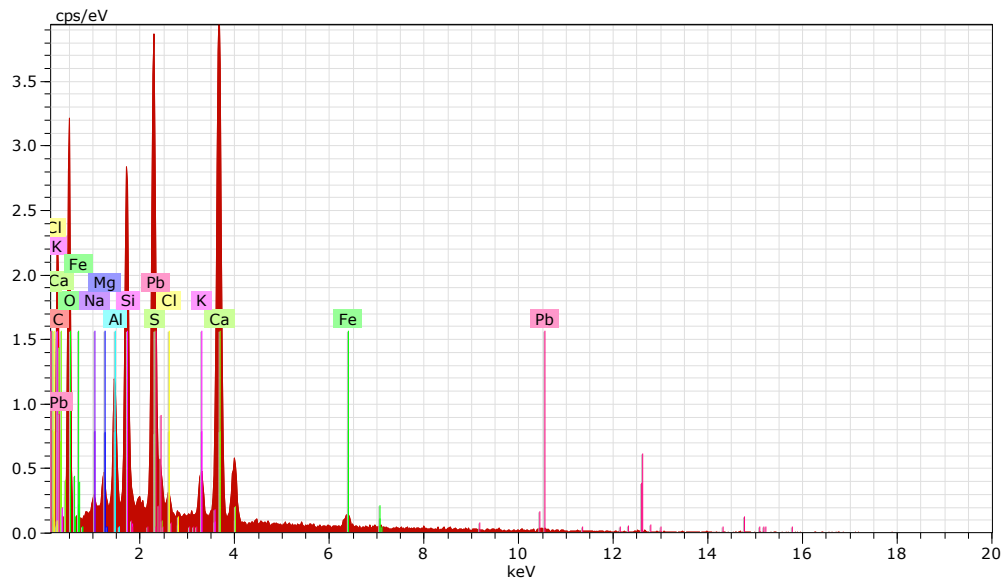


Fig. 46. Espectro de EDS e composição elemental da amostra 3 (carnação).

Tratando-se possivelmente de uma amostra da zona de carnação, esperava-se que a amostra 3 tivesse a presença de iões de chumbo pois era habitual recorrer-se a pigmentos à base de chumbo como o branco de chumbo e o minium. A partir da análise observa-se a presença de grande quantidade de cálcio e pouca de chumbo.

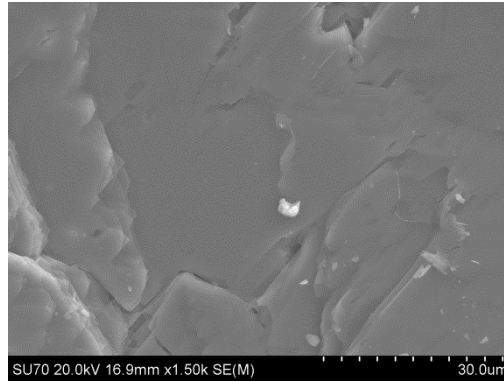


Fig. 47. Observação a partir de SEM da amostra 3 (carnação).

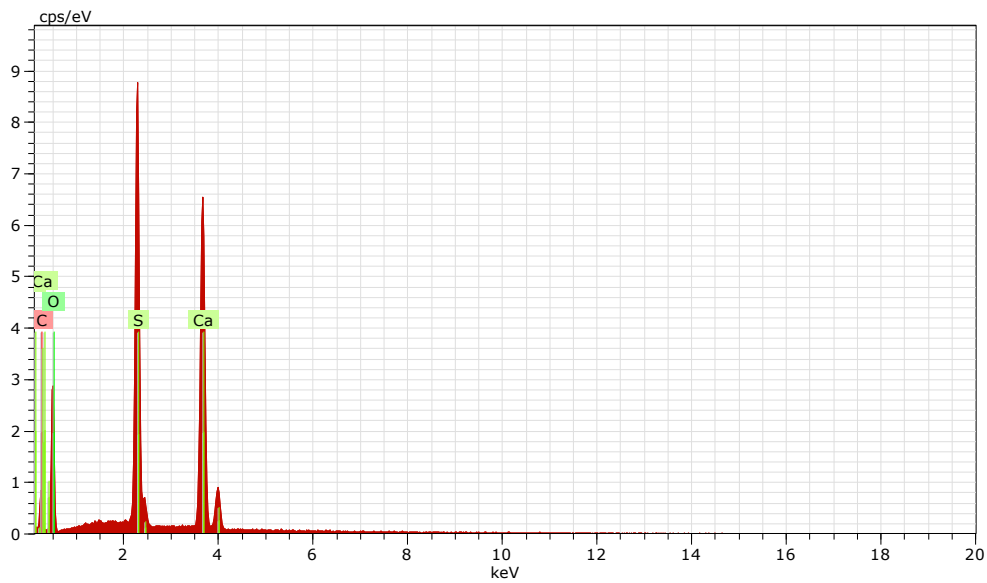


Fig. 48. Espectro de EDS e composição elementar da amostra 8 (alabastro).

Na amostra 8, correspondente ao suporte de alabastro confirma-se a presença de enxofre e cálcio mas não se observa presença de outros elementos.

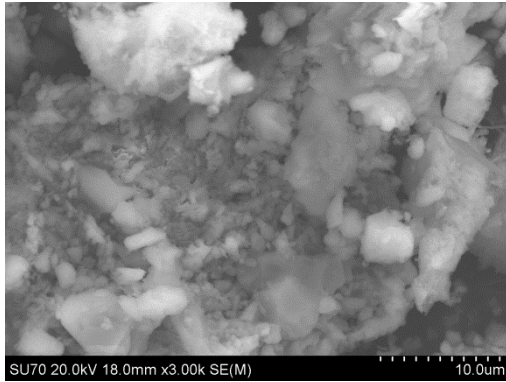


Fig. 49. Observação a partir de SEM da amostra de partículas de depósito de sujidade.

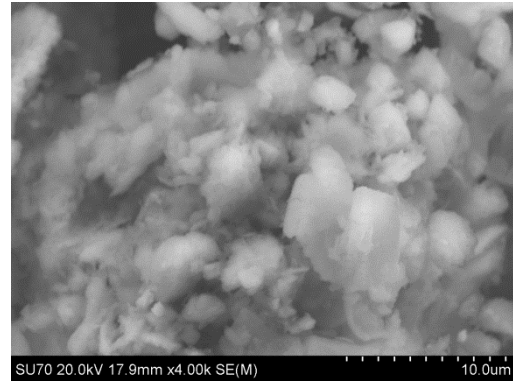


Fig. 50. Observação a partir de SEM da amostra de partículas de depósito de sujidade.

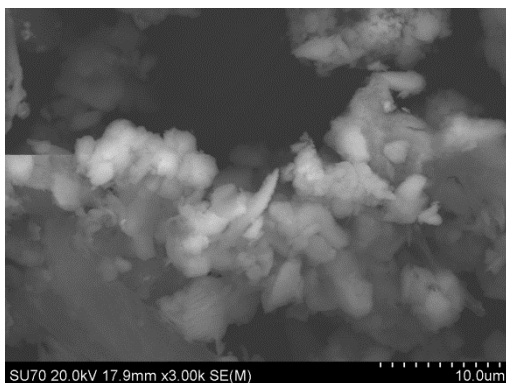


Fig. 51. Observação a partir de SEM da amostra de partículas de depósito de sujidade.

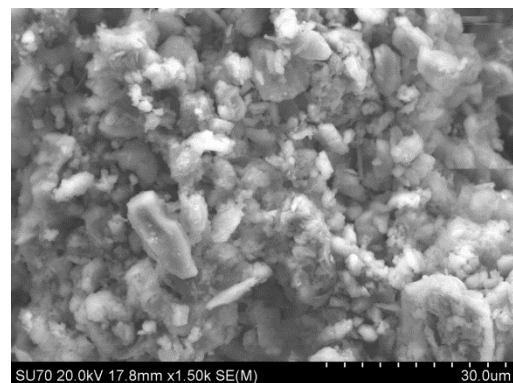


Fig. 52. Observação a partir de SEM da amostra de partículas de depósito de sujidade.

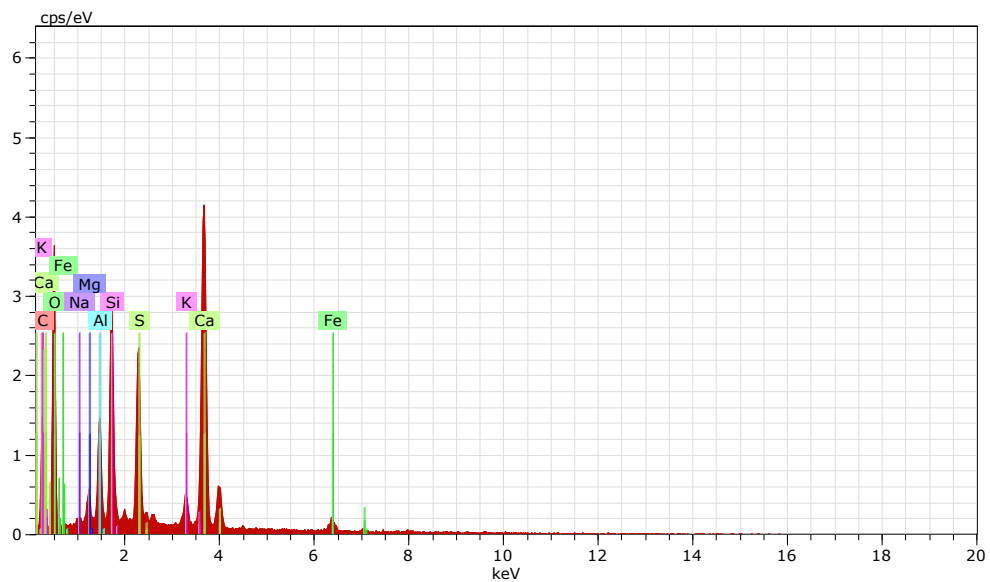


Fig. 53. Espectro de EDS e composição elemental da amostra de partículas de depósito de sujidade.

Na análise das partículas de poeiras depositadas verifica-se a presença de distintos elementos inorgânicos como cálcio, enxofre, silício, magnésio, potássio, ferro e alumínio.

4.2. Materiais e equipamentos

Serão apresentados os materiais utilizados para a realização deste trabalho distinguindo/separando os que foram utilizados para a elaboração dos provetes, para a realização dos protocolos experimentais para a obtenção de dados e os utilizados para a intervenção do caso de estudo. Por fim descreve-se os equipamentos de laboratório utilizados ao longo do trabalho.

Materiais utilizados na elaboração de provetes

4.2.1.1. Suportes:

Os suportes utilizados para a elaboração de provetes foram o alabastro, o vidro, o pinho e o linho.

O alabastro provém da pedreira de *Fuentes del Ebro* pertencente à província de Zaragoza em Aragão, Espanha. É nesta zona que se encontram os mais importantes depósitos de alabastro em exploração do mundo, tanto pela sua quantidade como pela qualidade do material extraído. É um tipo de rocha evaporítica com origem na Era Terciária, uma variedade de gesso, finamente cristalizada, translúcida e de baixa dureza (López-Gabasa, 2005).

Em relação ao suporte de vidro utilizou-se do tipo porta amostras da marca *Labbox*.

Os suportes de pinho foram cedidos pela empresa de madeiras *Botto Mauro* e os de linho são da marca *Kremer pigmente*, modelo *medium L510*.

4.2.1.2. Aglutinantes:

Recorreu-se a dois tipos de aglutinantes distintos para a elaboração das policromias dos provetes em estudo, a cola animal e o óleo de linhaça.

A cola animal utilizada é da marca *Kremer pigmente* fornecida pela empresa Agar-
Agar Productos de Conservación y Restauración.

Existem dois tipos principais de colas animais que podem ter origem na pele ou nas zonas ósseas.

Com base nas informações fornecidas pelo produtor, as colas produzidas a partir da pele são derivadas dos materiais colagénios sendo estas mais fortes e mais versáteis com respeito à sua utilização. As colas de origem ósseas são extraídas de derivados do colagénio presente na estrutura dos ossos. Este é processado a partir de ossos limpos, secos que foram desengordurados antes de processar a cola. Não são tão versáteis como as colas de pele pois tem força inferior.

O teor médio de humidade da cola animal encontra-se no intervalo de 11% a 14% (em perda de peso), sujeita a pequenas variações devido as mudanças de humidade relativa do ar. Um teor de cinzas de 3,00% - 4,50% é considerado normal.

Em solução de água, as colas de pele geralmente são praticamente neutras num intervalo de valores de pH de 6,4-7,4; e as colas ósseas são geralmente ligeiramente ácidas num intervalo de valores de pH de 5,8 a 6,2.

É solúvel em água e insolúvel em óleos, ceras, solventes orgânicos e etanol.

A cola animal tem sido preparada desde a antiguidade por fervura em água de peles de animais, tendões, ossos e cascos. O colagénio é hidrolisado para formar uma gelatina semitransparente. As colas animais são aplicadas a quente e quando arrefecem formam uma forte, flexível e resistente adesão à água. Muitas vezes, a glicerina ou o sorbitol é adicionado como plastificante e os fenóis são adicionados como conservantes para minimizar o crescimento biológico. (AAVV.a, 2013)

O óleo de linhaça utilizado designa-se óleo de linhaça espessado ao sol, italiano, da marca *Kremer pigmente* fornecido pela empresa Agar-Agar Productos de Conservación y Restauración, ref. K73011.

É composto por ácidos gordos dos quais, linoleico (48-60 %), oleico (14-24 %), linoleico (14-19 %), ácido palmítico (6-7 %), e ácido esteárico (3-6 %). É descrito por ser um óleo de secagem usado como aglutinante em tintas que é obtido a partir das sementes do linho comum (*Linum usitatissimum*) (AAVV.b, 2013).

Segundo o produtor é formado por glicéridos saturados e não saturados, em que os saturados não se alteram durante a secagem e são muito duradouros e os não saturados, como a oleína, o linol e a linoleica, são os que absorvem o oxigénio do ar ao secar e

transformam-se parcialmente em substâncias gasosas chamadas aldeídos. O linol e a linoleica, com os glicéridos não saturados, convertem-se numa substância insolúvel e elástica do azeite seco que se chama linoxina. Em realidade, óleo de linhaça não secará num sentido estrito mas transforma-se ao passar do estado líquido ao estado sólido, modificando as suas propriedades físicas e químicas e perdendo peso progressivamente neste processo. Entre os seus aspectos negativos, o mais característico é que tende a escurecer ao longo do tempo e por exposição à luz, mesmo que ainda mais escurecerá se permanecer na escuridão.

A propriedade de secagem deve-se às ligações insaturadas dos grupos linoleicos e linoleicos. Em líquido, é solúvel em éter, clorofórmio, dissulfureto de carbono, ligroína e terebintina. Quando seco, é insolúvel na maioria dos solventes (AAVV.b, 2013).

O óleo de linhaça é o óleo mais importante e amplamente utilizado para tintas e vernizes. Produz um filme duro e insolúvel em água. O óleo de cor amarelo-ouro é extraído comercialmente através de vários métodos. As sementes podem ser trituradas em prensas hidráulicas ou de parafuso para produzir óleo prensado a frio. O mesmo processo realizado em sementes de vapor aquecido produz óleo prensado a quente. Prensagem a frio é uma forma menos eficiente para a extração, mas produz uma pintura de qualidade superior. Muitos tipos de envelhecimento, refinação, branqueamento e procedimentos foram usados para purificar o óleo e torná-lo mais rápido ao secar. O óleo de linhaça é usado em tintas, vernizes, tintas de impressão, resinas sintéticas, linóleo e sabonetes (AAVV.b, 2013).

4.2.1.3. Pigmentos:

Os pigmentos utilizados para a elaboração das policromias dos provetes em estudo, juntamente com os aglutinantes a cima descritos foram o branco de chumbo, o minium (também com base de chumbo), um ocre (óxido de ferro), a malaquita (cobre), verdigirs (cobre), cinábrio (mercúrio) e o negro de carbono.

O branco de chumbo é designado Branco Kremser, da marca *Kremer pigmente* fornecido pela empresa Agar-Agar Productos de Conservación y Restauración, ref. K4600.

Vem em forma de pó branco, inodoro e é um carbonato de chumbo básico, $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})$, contém cerca de 70% de carbonato de chumbo e 30% de hidróxido de chumbo combinado quimicamente.

Segundo o produtor, é praticamente insolúvel em água, tem um pH de 9,26 (20° C), uma temperatura de fusão de 220° C, Dissolve-se em ácidos, emitindo dióxido de carbono..

O carbonato de chumbo básico ocorre na natureza como o mineral hydrocerrusite, mas esta forma mineral não era comumente usada como pigmento então preparavam-no sinteticamente desde a antiguidade clássica, expondo o chumbo metálico a vapores de vinagre (ácido acético). Primeiro forma-se o acetato de chumbo e de seguida reage com o dióxido de carbono da atmosfera (ou de outra fonte).

Converte-se em óxido de chumbo amarelo (massicote) com calor moderado e em óxido de chumbo vermelho em altas temperaturas (AAVV.c, 2013). Destaca-se pela sua alta opacidade, alto poder cobertor, baixa absorvência de óleo, o que minimiza o risco de estalar, e sua alta permanência aglutinado neste meio. Pode-se misturar com quase todas as cores sem alterar as suas características (Rivas López, 2008).

Este pigmento pode amarelecer ou escurecer na presença de sulfatos ou alcalinos, e pode sofrer oxidação por microorganismos formando dióxido de chumbo de cor castanha escura (AAVV.c, 2013). Na presença de enxofre enegrece, formando sulfato de chumbo e amarelece também, quando aglutinado com óleos de baixa ou deficiente qualidade, por humidade excessiva ou quando seca no escuro. Desaconselha-se o seu uso juntamente com o vermelhão (cinábrio) e lacas madder, uma vez que atenua as suas colorações e escurece (Rivas López, 2008)

Ocasionalmente, o nome branco de chumbo, tem sido utilizado para o sulfato de chumbo básico e de silicato de chumbo básico.

O branco de chumbo é um denso e opaco pigmento que era frequentemente utilizado em óleos secativos onde actua como um secativo (acelerador). Um dos seus maiores inconvenientes é a sua elevada toxicidade, tal como a de todos os compostos de chumbo, e esse foi o principal motivo da sua substituição por outros pigmentos brancos (Rivas López, 2008)

O óxido de ferro (FeO) utilizado foi o Ocre amarelo de Andaluzia, grão fino, 0-80 micras, da marca *Kremer pigmente* fornecido pela empresa Agar-Agar Productos de Conservación y Restauración, ref. K11272

Os pigmentos ocres são misturas de argila, margas calcárias e hidratos de ferro e por vezes contem uma curta quantidade de óxido ferroso e óxido férrico, óxido de manganês e sulfato básico e ferro. (Rivas López, 2008) O processo tradicional de obtenção consiste em submeter os ocres naturais a uma série de lavados sucessivos de modo a conseguir a eliminação do sulfato de ferro e de seguida efectua-se uma esmerada moagem e peneirar no final. É um pigmento que se adapta bem a todas as técnicas pictóricas e encontra-se a sua maior aplicação a óleo, a aguarela, empregue com cal, etc. (Rivas López, 2008)

O mínium é designado por Minium vermelho de chumbo, da marca *Kremer pigmente* fornecido pela empresa Agar-Agar Productos de Conservación y Restauración, ref. K42500

Segundo o produtor é um pó vermelho inodoro composto por óxido de chumbo (Pb_3O_4), que segundo o produtor é insolúvel em água, com pH entre 9,5-10 (100 g / l H₂O; 20° C), com uma temperatura de fusão de 890° C

Possui uma boa capacidade cobrinte mas tem baixa resistência em todas as técnicas pictóricas (Rivas López, 2008).

É um pigmento muito conhecido e utilizado na antiguidade e foi muito comum durante a Idade Média para as iluminuras de manuscritos, período durante o qual o término *minium* servia para designar comumente o laranja de chumbo. Este *minium* medieval fabricava-se de maneira diferente que o actual *minium* (vermelho de chumbo), tratando-se de uma cor mais pálida e mais laranja que este. Preparavam-no submetendo branco de chumbo a acção de calor e oxigénio do ar. Era um pigmento popular por ser barato e fácil de preparar, pois não dependia de um mineral raro como o caso do cinábrio (AAVV.d, 2013).

Descolora com a luz e em combinação com determinados pigmentos especialmente com o branco de chumbo (Rivas López, 2008).

O pigmento cinábrio designa-se Cinábrio do Monte de Amiata, sulfuro de mercúrio, inferior a 63 micras, da marca *Kremer pigmente* fornecida pela empresa Agar-Agar Productos de Conservación y Restauración, ref. K10610

É um pigmento mineral natural de mercúrio (HgS). Foi finamente moído para usar como pigmento desde a antiguidade. É feito sinteticamente pelo menos desde o século VIII na Europa e possivelmente mais cedo na China. (AAVV.e, 2013)

Quando exposto à luz ultravioleta, escurece alterando a sua forma cristalina vermelha para um isomorfo preto, o que pode resultar numa descoloração manchada. (AAVV.e, 2013)

O pigmento verde malaquita utilizado é uma malaquita sintética da marca *Kremer pigmente* fornecido pela empresa Agar-Agar Productos de Conservación y Restauración, ref. K44400

É um mineral verde composto de carbonato de cobre básico de composição química $\text{CuCO}_3\text{-Cu(OH)}_2$.

Moída grosseiramente dá uma cor verde escuro, enquanto as partículas finamente moídas dão um tom mais transparente mais leve. É insolúvel em água e etanol.

Tem sido usada como pedra preciosa e pigmento de tintas desde antes de 3000 aC. A malaquita é preparada como pigmento através da selecção cuidadosa, moagem, lavagem, e levigação. A malaquita é estável à luz, mas é sensível a ácidos e vapores de enxofre. Também é encontrada como um produto de corrosão em cobre metálico (AAVV.f, 2013).

O pigmento verdigris utilizado é um Verdigris, sintético, da marca *Kremer pigmente* fornecido pela empresa Agar-Agar Productos de Conservación y Restauración, ref. K44450

Segundo o produtor é um acetato de cobre hidratado, $\text{Cu(C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2\text{-2Cu(OH)}_2$, verde azulado com odor característico, ligeiramente solúvel em água (65 g / l), com um pH de 5 (20 g / l, 20° C) e uma temperatura de fusão de 115° C segundo informações do produtor

Decompõem-se em monóxido de carbono, dióxido de carbono e ácido acético.

Os vários tipos de produtos de corrosão do cobre não foram diferenciados, mas sim designados como verdete. Dependendo dos poluentes atmosféricos, estes produtos de

corrosão são tipicamente compostos de sulfato de cobre, cloreto de cobre, ou o carbonato de cobre básico (AAVV.g, 2013).

O verdigris é utilizado desde os tempos antigos. Colocavam placas de cobre sobre cascas de uva fermentadas e o ácido acético reagindo rapidamente formando acetato de cobre básico. Quando usado directamente como um pigmento, pode descolorir do verde ao preto em pinturas a óleo. Assim, é mais frequentemente usado para fazer resinato de cobre e, como um secador de óleo de linhaça. O verdigris também tem sido utilizado para tingir tecidos e ainda é utilizado como um corante e fungicida em tintas anti-vegetativas (AAVV.g, 2013).

O pigmento preto utilizado é designado por negro carbono de Haya (partículas de 0,5 – 1 mm), da marca *Kremer pigmente* fornecido pela empresa Agar-Agar Productos de Conservación y Restauración, ref. K47810

Segundo o produtor é um produto de pirólise de carbonização da madeira, insolúvel em água e tem um pH de 8-9. É muito estável e não é afectado pela luz, ácidos ou bases. Absorve a radiação ultravioleta.

Tem sido usado desde tempos antigos. É recolhido como resíduo de carvão vegetal ou de resíduo de fumo. O negro de fumo é geralmente um pó fino, macio, mas pode conter impurezas minerais e hidrocarbonetos alcatroados que lhe dão uma cor azulada, avermelhada ou acastanhada. Tem poucas propriedades de secagem em tintas a óleo e como material de enchimento, o negro carbono aumenta a resistência à abrasão e aumenta condutividade eléctrica (AAVV.h, 2013).

4.2.1.4. Cargas

As camadas que se designa por preparação compõem-se de um ligante (aglutinante) e de uma substancia solida inerte (carga). Os materiais utilizados nas preparações variam de um país para o outro por razões geológicas.

As cargas utilizadas para a elaboração das preparações a serem aplicadas nos provetes de linho foram o sulfato de cálcio dihidratado e o carbonato de cálcio, ambos da

marca *Kremer pigmente* fornecido pela empresa Agar-Agar Productos de Conservación y Restauración.

Os artistas aplicavam estas preparações sobre as telas para conseguirem uma base mais homogénea, de textura lisa, para diminuir a capacidade de absorção, portanto mais adequada para pintar. Também para acompanhar os movimentos do suporte (Church, 1915), constituindo assim uma ligação entre este e a camada pictórica.

O Sulfato de cálcio dihidratado, mais conhecido como gesso, tem a composição química $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e foi a carga adoptada na região oriental do mediterrâneo

O carbonato de cálcio foi mais utilizado na europa do norte e central, também conhecido por cré, tem a composição química CaCO_3 . É constituído por restos de organismos marinhos

Materiais utilizados para a obtenção de dados

Os materiais utilizados para os procedimentos dos testes físico-químicos foram água destilada da marca *Iberia*, paus de bambu, algodão e agarosa da marca *Hispanagar biomax*.

A agarosa é um dos componentes do agar, juntamente com a agarpectina, e optou-se por usar a agarosa ao invés do agar (o mais comum) por ser uma substância muito mais pura. Segundo o produtor, a agarosa é um polissacárido natural extraída a partir das paredes celulares de determinadas algas vermelhas (*Rhodophyceae*) também conhecidas como *agarophytes*. A sua estrutura química dá a capacidade de formar geles extremamente fortes, mesmo a baixas concentrações. Estes geles de agarosa têm uma estrutura macro reticulada com uma malha muito aberta, que pode ser alterada através da simples variação da concentração de agarosa.

A estrutura macro reticulada dos geles de agarosa é formada por ligações de pontes de hidrogénio que provocam o gel termo-reversível, quando submetida a aquecimento. A histerese (a diferença entre a temperatura de fusão e de gelificação) é mais elevada do que em outros hidrocolóides, que é uma grande vantagem em muitas aplicações. Além disso, a

ausência de grupos iónicos faz com que o gel seja uma estrutura neutra e inerte, de modo a que a interacção de moléculas é evitada pela estrutura do gel.

Na preparação de estratigrafias para microscopia óptica utilizou-se um molde de silicone, resina composta por *Kulzer Tecnovil 4004 powder* ref. 64708471 e *Kulzer Tecnovil 4004 liquid* ref. 64708474, lixas P 60, P 800 e P 1200, *XS Flex 18 C Waterproof* da marca *Hermes*, lixa P 320 *Waterproof Silicon Carbide Paper FEPA* da marca *Struers* e uma lixa de napa *MDNap* da marca *Struers*.

Materiais e produtos utilizadas na intervenção do caso de estudo

Os produtos utilizados para a intervenção do caso de estudo foram o isoctano, acetona, etanol, ácido acético, hidróxido de sódio, paraloid B-72 e bris-tris da marca *PanReac* (solventes com grau de pureza PA usados sem nenhuma purificação), água destilada da marca *Iberia*, *velvis plus gel* e ciclometicone.

Os materiais utilizados foram pinceis da marca *Dart*, nº 12 e da marca *Lg*, nº 4, pano de microfibras, esponjas de cosmética da marca *Sephora* e uma caneta de fibra de vidro *Faber Castell 30103*

Equipamentos

Os equipamentos utilizados para a obtenção de dados foram: condutímetro de contacto portátil com sonda de titânio, marca *Crison*, modelo CM35, ref. 20223502 e medidor de pH de contacto, marca *Crison*, modelo Basic 20, ref. 058-002100 (método 1); condutímetro portátil *Twin Cond*, marca *Horiba*, modelo B-771, ref. 663-0229 e medidor de pH portátil *Laquatwin*, marca *Horiba*, modelo B-173, ref. 315001 (método 2); calibrados com soluções tampão fornecidas pelo fabricante, antes das sessões, balança da marca *MonoBloc Inside*, modelo AB-104-S e balança *Adventurere Pro*, OHAUS; ref. AVP512CM.

Quanto aos equipamentos ópticos utilizou-se o microscópio invertido *Axiovert 25* da marca *Leicasystem*, uma lupa binocular da marca *Leica Microsystems*, camara fotográfica da marca *Sony*, modelo *Cyber-shot DSC-TX200V*, camara fotográfica da marca

Nikon, modelo D5100, objectiva *Nikon Micro Nikkor* 85 mm 1:3,5 ED com extensão *Tube Kenko* 36 mm e objectiva *Nikon Micro Nikkor* 85 mm 1:3,5 ED;

Outros equipamentos utilizados foram uma rebarbadora eléctrica da marca *Dremel*, modelo 100-N / 7 potray 5 Engrenagens 220V, ref. 824452224, com disco de diamante e ponteiros de polir, uma câmara com lâmpada de raios ultravioleta com comprimento de onda de 360 nm da marca *PanReac TLC*, uma estufa da marca *Binder*, modelo FED 53 e uma polidora *Imptech 10 polisher*.

4.3. Procedimentos experimentais

Elaboração de provetes

Para a realização da parte experimental deste trabalho prepararam-se provetes em diversos suportes como alabastro (A), vidro (V), pinho (P), linho com preparação de gesso (Lg) e linho com preparação de carbonato (Lc). Embora o tema deste trabalho se centre no alabastro como material de suporte, foram escolhidos os restantes suportes de modo a obtermos referências de comparação aquando a interpretação dos resultados adquiridos. Metade dos provetes foram elaborados com cola animal (G) e outra metade com óleo de linhaça (O), combinados com sete pigmentos diferentes: branco de chumbo (Pb), óxido de ferro (Fe), m^{ín}ium (PbM), cinábrio (Hg), malaquita (Cu), verdigris (CuV) e negro de carbono (C). Na tabela 1 são apresentadas as siglas identificativas de cada provete.

Tabela 1. Identificação de cada provete elaborado

Aglutinantes + pigmentos		Suportes				
		Alabastro - A	Vidro - V	Pinho - P	Linho - L	
					Lg (CaSO ₄)	Lc (CaCO ₃)
Cola - G (Glue)	G	AG	VG	PG	LgG	LcG
	O	AO	VO	PO	LgO	LcO
Óleo de linhaça - O	G	AGPb	VGPb	PGPb	LgGPb	LcGPb
	O	AOPb	VOPb	POPb	LgOPb	LcOPb
Branco de chumbo - Pb	G	AGFe	VGFe	PGFe	LgGFe	LcGFe
	O	AOFe	VOFe	POFe	LgOFe	LcOFe
Ocre amarelo (óxido de ferro) - Fe	G	AGPbM	VGPbM	PGPbM	LgGPbM	LcGPbM
	O	AOPbM	VOPbM	POPbM	LgOPbM	LcOPbM
M ^{ín} io (vermelho de chumbo) - PbM	G	AGHg	VGHg	PGHg	LgGHg	LcGHg
	O	AOHg	VOHg	POHg	LgOHg	LcOHg
Cinábrio (sulfureto de mercúrio) - Hg	G	AGCu	VGCu	PGCu	LgGCu	LcGCu
	O	AOCu	VOCu	POCu	LgOCu	LcOCu
Malaquite (carbonato de cobre) - Cu	G	AGCuV	VGCuV	PGCuV	LgGCuV	LcGCuV
	O	AOCuV	VOCuV	POCuV	LgOCuV	LcOCuV
Verdigris (acetato de cobre) - CuV	G	AGC	VGC	PGC	LgGC	LcGC
	O	AOC	VOC	POC	LgOC	LcOC
Negro Carbono - C	G	AGC	VGC	PGC	LgGC	LcGC
	O	AOC	VOC	POC	LgOC	LcOC

CaSO₄ - gesso / gypsum CaCO₃ - carbonato / carbonate

Após realizar vários testes para designar as proporções adequadas para elaboração das preparações e das camadas pictóricas, elaboraram-se os provetes do seguinte modo [ver figuras 54 – 59].

- As preparações aplicadas nos provetes de linho foram elaboradas com a adição de cola animal a 4%, sendo uma proporção de 60% de cola e 40% de gesso e de 56% de cola e 44% de carbonato.

- Em relação às proporções entre o aglutinante e o pigmento que formam a camada pictórica, estas variam consoante as suas propriedades e comportamento. São apresentadas na seguinte tabela 2 a percentagem correspondente à quantidade de pigmento combinado com cada aglutinante.

Tabela 2. Relação das percentagens de aglutinante e pigmento que formam cada camada pictórica.

Pigmento \ Aglutinante	Cola (G)	Óleo (O)
	Branco de chumbo (Pb)	25
Óxido de ferro (Fe)	40	45
Minium (PbM)	25	35
Cinábrio(Hg)	50	45
Malaquita (Cu)	40	35
Verdigris (CuV)	50	35
Negro (C)	20	20

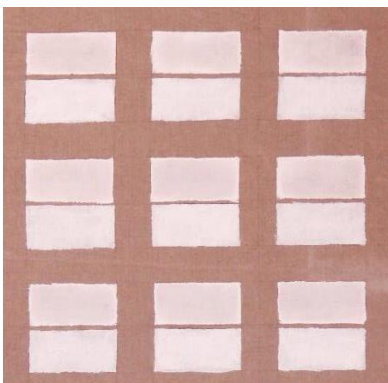


Fig. 54. Preparações de gesso e carbonato aplicadas nos provetes de linho. (A.P.)

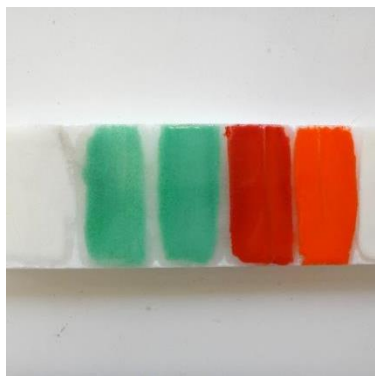


Fig. 55. Testes de proporções entre aglutinante e pigmento em provete de alabastro. (A.P.)



Fig. 56. Testes de proporções entre aglutinante e pigmento em provete de alabastro. (A.P.)



Fig. 57. Preparação de policromia constituída por pigmento verdigris aglutinado em cola animal. (A.P.)

Fig. 58. Aplicação de policromia constituída por pigmento minium aglutinado em óleo sobre provete de pinho. (A.P.)

Fig. 59. Provetes de alabastro policromados. (A.P.)

Teste de envelhecimento acelerado

Os provetes foram submetidos a um teste de envelhecimento com o intuito de promover as reacções que ocorrem ao longo do tempo num espaço mais curto e assim registar as alterações ocorridas, através de testes às suas propriedades físico-químicas.

O teste a que foram submetidos foi elaborado de maneira a que os provetes fossem sujeitos a variações/oscilações bruscas de temperatura e humidade relativa e, de seguida, foram expostos a radiação ultravioleta (UV).

Foram sujeitos a um ciclo por dia durante 8 dias. Cada ciclo consistia na mudança de ambiente originando os tais picos de temperatura e humidade relativa (HR), com o seguinte processo:

- 2 horas a 60° C e HR entre 80% e 90% (estufa);
- 1 hora a 10° C e HR entre 30% a 40% (frigorífico);
- 2 horas a 60° C e HR entre 80% e 90% (estufa);
- Entre cada ciclo os provetes mantinham-se num ambiente aproximadamente de 20° C e 50% de HR durante 18 horas.

Terminados os ciclos de temperatura e HR, os provetes foram expostos a radiação UV com um comprimento de onda de 360 nm, durante 16 horas.

Assim, pretendeu-se realizar um envelhecimento térmico (calor), mecânico (frio), químico (HR) e fotoquímico (UV)

Para a indução de radiação UV optou-se pela utilização de um comprimento de onda com um valor aproximado a um ambiente interior. Tanto o objecto de estudo, com o

qual se baseou a elaboração de provetes, como as peças da mesma tipologia, alabastro e alabastro policromado, encontram-se geralmente no interior de igrejas.

Testes de propriedades físico-químicas

Um método ou protocolo de limpeza de superfícies tem como objectivo a remoção de materiais indesejáveis ou danosos depositados na superfície, mantendo no entanto a integridade da mesma. Deste modo, é essencial um conhecimento prévio das propriedades físico-químicas da superfície que irá ser alvo de tratamento, de forma a elaborar um protocolo de limpeza adequado. Dentro das propriedades físico-químicas é essencial conhecer as seguintes propriedades ácido-base da superfície e a forma como estas serão afectadas pelo material do suporte durante o processo de envelhecimento: propriedades ácido-base (pH), condutividade, sensibilidade à água, ângulo de contacto e microscopia óptica.

Dispõem-se aqui os procedimentos seguidos para a obtenção de resultados sobre essas propriedades. Estes procedimentos foram realizados a cada um dos provetes preparados, antes e depois do teste de envelhecimento acelerado.

4.3.1.1. pH

Para a obtenção de dados referentes aos valores de pH e de condutividade foram realizados dois métodos distintos. No método 1, a obtenção de valores de pH tem como veículo uma gota de água e os valores de condutividade são através de uma solução aquosa. Neste caso, para obtenção de valores de pH foi utilizado um método conhecido para medições de pH de superfícies, através de um medidor de pH de contacto.

No entanto, este método tem a desvantagem de sondar não só a superfície mas também camadas mais internas devido ao grau de penetração da água no provete [figura 60]. Tendo em conta a variação do pH da água destilada devido à absorção de dióxido carbono na atmosfera vai fazer oscilar o pH da água ente 6 e 7.

Por essa razão, complementou-se este estudo com a metodologia desenvolvida por Wolbers, aqui designada por método 2. Neste método, usa-se como veículo um gel rígido com a adição de agarosa, o qual garante uma medição mais em superfície visto que o gel diminui a tensão superficial e a penetração da água [figura 61]. Assim, enquanto no

método 1 o valor obtido é uma medida dos vários estratos, pois a água penetra por capilaridade num material mais ou menos poroso, no método 2 apenas obtemos o valor da superfície visto que a água em forma gelificada visto que o gel diminui a tensão superficial, diminuindo a capacidade de penetração da água e retendo apenas na superfície. Embora seja um método por contacto com a superfície, o mesmo não permite uma medição directa e portanto os seus valores são relativos e não absolutos.

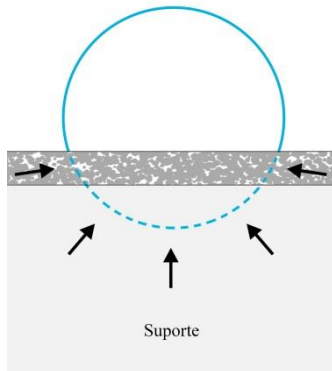


Fig. 60. Esquema da penetração da gota de água no provete (método 1).

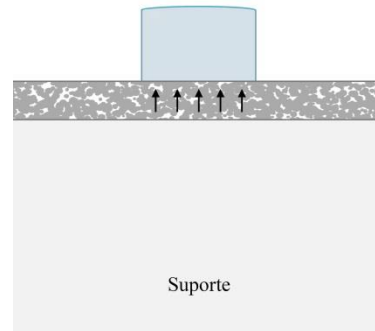


Fig. 61. Esquema da medição com gel rígido de agarosa (método 2).

Os procedimentos experimentais dos dois métodos são aqui descritos.

Método 1:

- a) Calibrar o medidor de pH;
- b) Medir o pH da água destilada e verificar se é próximo de 7;
- c) Limpar os provetes em seco com um pincel;
- d) Depositar uma gota de água destilada na superfície do provete a medir;
- e) Colocar o eléctrodo do medidor de pH em contacto com a gota;
- f) Cronometrar 20 segundos;
- g) Registrar o valor observado;



Fig. 62. Medição do valor de pH de uma superfície com eléctrodo de contacto. (A.P.)

Método 2:

- a) Calibrar o medidor de pH;
- b) Medir o pH da água destilada e verificar se é próximo de 7;
- c) Colocar um cilindro de agarosa a 5%, de 4 mm de diâmetro por 2 mm de altura, sobre a superfície do provete a medir;
- d) Verter uma gota de 2 ml de água destilada sobre o cilindro de agarosa;
- e) Deixar passar 15 minutos;
- f) Retirar o cilindro de agarosa da superfície e colocar no medidor de pH;
- g) Registrar o valor observado.

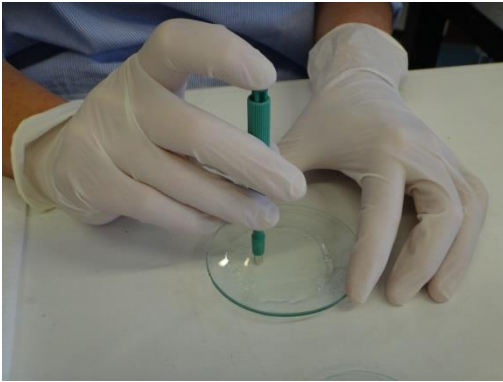


Fig. 63. Cilindro extraído do gel de agarosa com um perfurador. (A.P.)



Fig. 64. Cilindro de agarosa sobre a superfície a medir. (A.P.)



Fig. 65. Cilindro de agarosa no medidor. (A.P.)



Fig. 66. Medidor de pH. (A.P.)

4.3.1.2. *Condutividade*

O conhecimento da condutividade eléctrica de uma superfície no momento da sua limpeza é importante para a escolha da substância usada no tratamento. De modo geral, pretende-se que a substância de limpeza tenha uma condutividade aproximada à da superfície a ser limpa, de modo a evitar-se o fenómeno de pressão osmótica. Este fenómeno implica uma cedência ou captação de iões entre a substância de limpeza e superfície a conservar, o qual originar alterações visíveis na superfície da obra a curto, médio e longo prazo. Mais concretamente, no caso de se utilizar uma solução hipotónica (por exemplo, água desionizada) com uma condutividade menor do que a superfície a ser limpa, esta irá captar e remover iões do material que está a ser limpo, o qual por sua vez irá absorver água, provocando o inchaço da camada pictórica. Por sua vez, com uma solução hipertónica, em que a condutividade da solução de limpeza é maior que a do substrato a ser limpo, os iões da solução irão ser captados pelo substrato da superfície, provocando a remoção de água do material de superfície, podendo provocar o encolhimento do mesmo, e conseqüentemente o enrugamento da obra. A utilização de uma solução isotónica, em que a condutividade da solução de limpeza é semelhante à condutividade do material a ser limpo, é a opção mais segura para a manutenção da integridade da obra, no entanto o poder de limpeza é também bastante menor. Conhecendo condutividade do substrato a ser limpo, as soluções podem ser preparadas de modo a maximizar a acção de limpeza minimizando o risco de comprometer a integridade dos materiais.

Tal como para o pH, recorreu-se igualmente a dois métodos experimentais para conhecer a condutividade das superfícies dos provetes, método 1 e método 2. No método 1, foi utilizado um condutímetro com um eléctrodo de titânio e mediu-se uma pequena amostra de cada provete em solução. Este é um método desenvolvido no laboratório para medições de soluções com partículas em suspensão. No entanto, possui a desvantagem de ser um método invasivo e destrutivo, pois requer recolha de amostras, pelo que não deve ser utilizado para medições em obras originais.

Deste modo, foi também implementado o método de medição de condutividades de superfícies por contacto, método 2, desenvolvido por Wolbers, o qual usa como veículo um gel rígido de agarosa. Como já referido anteriormente, por serem obtidos através do gel, este método não permite uma medição directa e portanto os valores medidos são relativos.

Os procedimentos experimentais dos dois métodos são aqui descritos.

Método 1:

- a) Calibrar o condutímetro;
- b) Medir a condutividade da água destilada verificando se é próxima de 0;
- c) Recolher amostras da superfície de cada provete (só policromia, evitar recolher suporte);
- d) Pesar 1,5 mg da amostra;
- e) Introduzir 1,5 mg da amostra num pequeno recipiente, juntando-lhe 1 ml de água destilada;
- f) Deixar a solução tapada e a decantar durante um dia;
- g) Verter a solução para outro recipiente deixando os resíduos da amostra no primeiro de modo a obter uma solução mais “limpa”. Assim a medição é mais estável.
- h) Medir a condutividade da solução utilizando um condutímetro com eléctrodo de titânio;
- i) Cronometrar 20 segundos;
- j) Registrar o valor observado;

Na elaboração deste protocolo foi realizado um teste prévio de modo a entender a quantidade mínima de amostra e água necessária para que o eléctrodo medisse de forma estável e coerente. Este teste consistiu na comparação dos dados obtidos entre quantidades diferentes de duas amostras em solução de água, sendo que um recipiente com 1,5 mg de amostra e outro com 7,5 mg de amostra, ambos em 1,5 ml de água. O valor obtido na solução com maior quantidade de amostra foi 5 vezes mais elevado que a solução com menor quantidade de amostra, correspondendo assim à diferença proporcional da quantidade de amostra dissolvida.

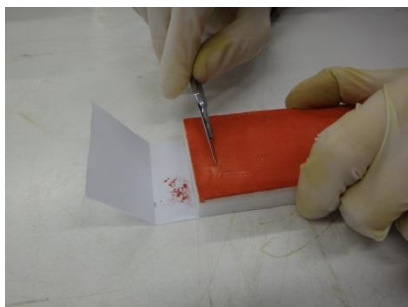


Fig. 67. Recolha de amostra da superfície de um provete. (A.P.)



Fig. 68. Pesagem de 1,5 mg de amostra. (A.P.)

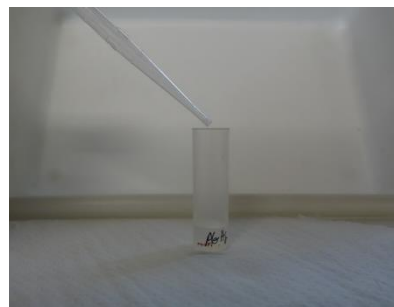


Fig. 69. Adição de 1 ml de água destilada. (A.P.)

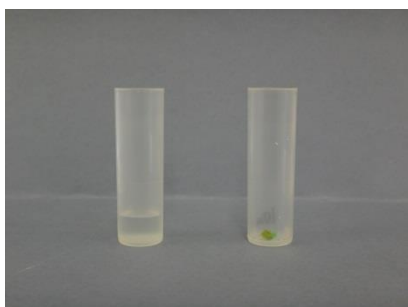


Fig. 70. Verter a solução para outro recipiente deixando os resíduos da amostra no primeiro. (A.P.)

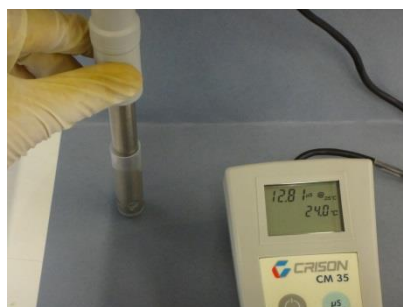


Fig. 71. Medição da condutividade da solução utilizando um condutímetro com eléctrodo de titânio. (A.P.)

Método 2:

- a) Calibrar o condutímetro;
- b) Medir a condutividade da água destilada verificando se é próxima de 0;
- c) Colocar um cilindro de agarosa a 5%, de 4 mm de diâmetro por 2 mm de altura, sobre a superfície do provete a medir;
- d) Verter uma gota de 2 ml de água destilada sobre o cilindro de agarosa;
- e) Deixar passar 15 minutos;
- f) Retirar o cilindro de agarosa da superfície e colocar no condutímetro;
- g) Registrar o valor observado.

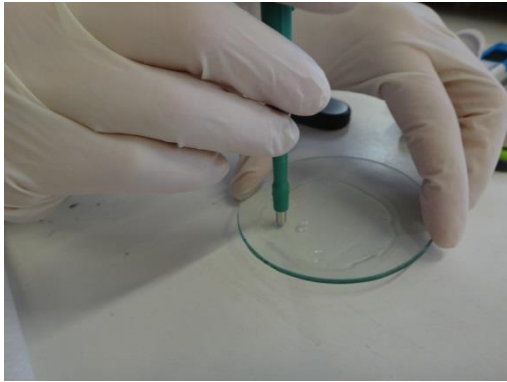


Fig. 72. Cilindro extraído do gel de agarosa com um perfurador. (A.P.)



Fig. 73. Cilindro de agarosa sobre a superfície a medir. (A.P.)

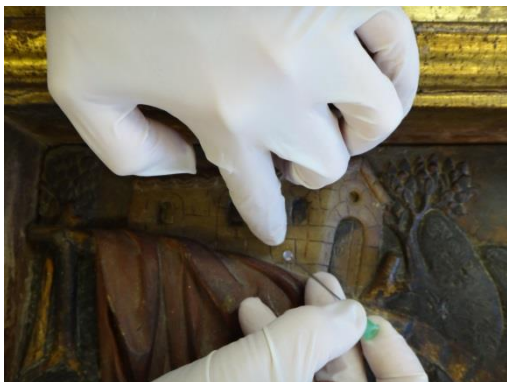


Fig. 74. Remoção do cilindro de agarosa após contacto de 15 minutos. (A.P.)



Fig. 75. Condutímetro. (A.P.)

4.3.1.3. Sensibilidade à água

Para aprofundar o conhecimento sobre o comportamento das policromias sobre alabastro e com o intuito de propor um procedimento de limpeza da superfície de um alabastro policromado através de métodos aquosos, procedeu-se a testes de sensibilidade à água em superfícies com estas características. Este teste é realizado com o contacto de um cotonete humedecido na superfície, tendo em conta quando se transfere se transfere policromia para este. Os resultados destes testes são meramente uma referencia indicativa do nível de sensibilidade das policromias em questão à água, não se obtendo resultados absolutos.

Este procedimento teve por base um método utilizado nos últimos 10 anos para medir a sensibilidade à água de pinturas a óleo modernas (Silvester, et al., 2014).

- a) Calibrar o medidor de pH;
- b) Medir o pH da água destilada e verificar se é próximo de 7;
- c) Humedecer um cotonete de algodão com água destilada;
- d) Remover o excesso de água num papel rodando o cotonete 3 vezes;
- e) Rodar o cotonete sobre a superfície do provete. A cada cinco rodadas observar se o cotonete está manchado por transferência/migração de policromia. Se o cotonete estiver manchado terminar o teste e registrar o número de rodadas. Caso em contrário, prosseguir com o teste e terminar ao fim de 30 rodadas;
- f) Chegando às 30 rodadas considera-se que a camada pictórica não é sensível à água;
- g) Observar o cotonete sob raios ultravioleta de modo a verificar a transferência de aglutinante para o algodão através da sua fluorescência. Este passo tem especial importância nos cotonetes que ao fim de 30 rodadas não se observou mancha de cor por transferência de pigmento;
- h) Registrar e fotografar os resultados observados.

4.3.1.4. Ângulo de contacto

De modo a caracterizar o tipo de policromias e o seu comportamento na presença de água, realizou-se o método da gota para medição do ângulo de contacto. A medição do ângulo de contacto permite identificar se a superfície é, por exemplo, hidrófila, lipófila ou porosa.

Devido à impossibilidade de medir com maior rigor o ângulo de contacto entre a gota depositada e a superfície em teste, apenas se considerou se o ângulo de contacto entre a gota e a superfície é maior, igual ou menor que 90° , como demonstram as seguintes figuras 76, 77 e 78. O valor do ângulo de contacto é obtido através de uma tangente à interface da gota-ar, que parte do ponto de contacto entre a gota e a superfície.

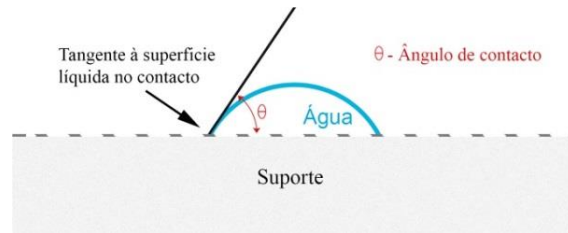


Fig. 76. Ângulo de contacto entre a gota e a superfície menor que 90° . (A.P.)

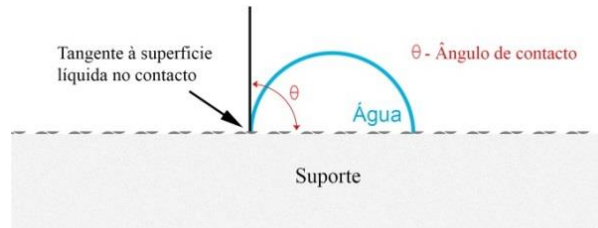


Fig. 77. Ângulo de contacto entre a gota e a superfície igual a 90° . (A.P.)

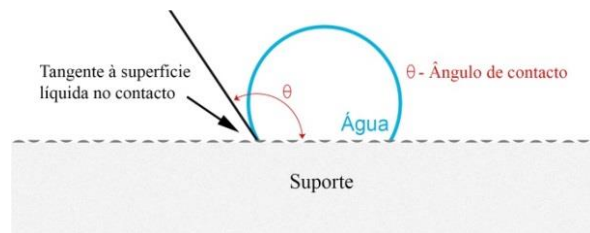


Fig. 78. Ângulo de contacto entre a gota e a superfície maior que 90° . (A.P.)

Sendo o ângulo de contacto menor que 90° corresponde a uma alta molhabilidade ou humectabilidade e o ângulo de contacto maior que 90° a uma baixa molhabilidade (Yuan, et al., 2013).

- Depositar uma gota de água com uma pipeta na superfície do provete;
- Observar e fotografar, perpendicularmente ao nível da superfície;
- Analisar o ângulo e registar se é maior, igual ou menor que 90° .

4.3.1.5. Microscopia óptica

Com o objectivo de analisar as interfaces dos matérias que constituem cada provete, realizaram-se uma serie de estratigrafias de modo a verifica por microscopia óptica se existem alterações significativas nos diferentes estratos e se existe migração de iões.

De seguida descreve-se o procedimento utilizado para a preparação de estratigrafias.

- a) Recolher amostras de cada provete através de uma rebarbadora ou bisturi (dependendo do tipo de suporte);
- b) Colocar a amostra num molde de silicone;
- c) Preparar a resina: 2 partes de pó em 1 parte de líquido;
- d) Verter a resina no molde envolvendo a amostra e deixar endurecer;
- e) Polir a face perpendicular aos estratos;
- f) Observar ao microscópio;
- g) Registar fotograficamente.

4.4. Resultados e discussão

Aqui serão expostos apenas os resultados obtidos com os provetes de alabastro, apresentados por propriedades seguidos das suas discussões. No prosseguimento da discussão desses resultados serão feitas algumas referências e comparações aos resultados obtidos com os provetes dos restantes suportes elaborados. Estes resultados encontram-se no apêndice I, página 93.







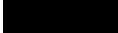
Nas secções das propriedades de pH e condutividade serão também apresentados os resultados obtidos com os provetes de vidro. Estes provetes são particularmente importantes porque se tratam de materiais inorgânicos baseados em silicatos, relativamente inertes ao envelhecimento. Isto permite estudar os efeitos do envelhecimento na superfície na ausência de uma forte interação entre o suporte e a superfície que contém os pigmentos.

pH

Como material de estudo, os valores de pH da superfície de alabastro policromados eram desconhecidos até à data e, devido a esse facto, foi necessário proceder ao estudo em provete da evolução do pH antes e após o envelhecimento.

Dois métodos de medição do pH de superfícies foram propostos na parte experimental, ambos utilizando um medidor de pH de contacto: método 1, o qual utiliza água destilada como veículo; método 2, o qual utiliza como veículo um gel rígido de agarosa, o qual diminui a capacidade de penetração da água na superfície do suporte. Os resultados da aplicação destes dois métodos no suporte de alabastro são aqui apresentados [Tabela 3 e 4], complementados com provetes de controlo usando vidro como suporte [Tabela 5 e 6].

Tabela 3. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola.








	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Alabastro (A)	incolor	6,5	6,8	5,4	6,5	-
Alabastro + Cola (AG)		5,7	6,0	6,0	6,2	6,6
AG + Branco Chumbo	branco	6,5	6,5	5,7	6,7	6,5
AG + Minium		6,9	6,7	6,5	6,7	6,6
AG + Ocre		6,9	7,3	6,2	7,3	7,3
AG + Malaquita		6,3	6,4	6,4	6,7	6,7
AG + Verdigris		5,5	5,7	5,8	5,8	5,7
AG + Cinábrio		4,6	4,6	5,8	5,1	6,1
AG + Negro carbono		7,3	7,6	7,7	7,8	7,2

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Tabela 4. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça.








	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Alabastro (A)	incolor	6,5	6,8	5,4	6,5	-
Alabastro + Óleo (AO)		4,8	4,3	4,3	4,6	4,6
AO + Branco Chumbo	branco	4,8	5,0	5,0	4,8	4,6
AO + Minium		6,8	5,6	6,6	6,9	6,7
AO + Ocre		4,8	4,4	4,5	4,8	4,4
AO + Malaquita		5,2	4,8	4,9	4,8	5,0
AO + Verdigris		6,1	6,2	5,4	6,0	5,9
AO + Cinábrio		4,1	4,3	4,3	4,4	4,4
AO + Negro carbono		6,1	5,0	4,7	5,7	5,5

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Tabela 5. Valores de pH da superfície dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola.








	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Vidro (V)	incolor	7,6	6,8	7,0		-
Vidro + Cola (VG)		6,5	6,5	5,9	6,3	6,8
VG + Branco Chumbo	branco	6,4	5,8	6,1	6,6	6,6
VG + Minium		5,8	6,2	6,0	6,6	6,5
VG + Ocre		6,5	6,2	6,7	7,4	7,4
VG + Malaquita		6,3	6,0	5,9	6,2	6,6
VG + Verdigris		5,5	6,0	6,2	5,5	5,9
VG + Cinábrio		4,1	3,9	4,0	4,8	7,8
VG + Negro carbono		7,0	7,1	6,5	7,9	8,0

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Tabela 6. Valores de pH da superfície de provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça.

	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Vidro (V)	incolor	7,6	6,8	7,0		-
Vidro + Óleo (VO)		5,3	4,6	4,4	4,5	4,9
VO + Branco Chumbo	branco	4,9	4,8	5,7	4,5	4,6
VO + Minium		4,9	5,0	5,5	6,6	6,8
VO + Ocre		6,2	6,0	6,3	4,4	4,7
VO + Malaquita		5,0	5,8	4,8	4,8	5,4
VO + Verdigris		6,8	7,6	6,6	5,2	5,9
VO + Cinábrio		4,2	6,0	3,9	4,0	4,3
VO + Negro carbono		5,7	4,8	5,0	5,3	5,2

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Duma forma geral, verifica-se que os valores medidos com o método 2 são mais elevados que para o método 1. No entanto, após o teste de envelhecimento (III) os valores de pH tendem a aproximar-se uns dos outros [Ver gráficos 1 - 4 da página seguinte]. No método 1 observa-se que há maior alteração nos valores de pH após o envelhecimento com radiação ultravioleta (III) em comparação com os valores após o envelhecimento térmico e mecânico. Regista-se uma variação pouco significativa dos valores de pH na superfície dos provetes após o teste de envelhecimento ($\pm 0,5$), sendo essas variações ainda menores para medições com o método 2.

Os resultados entre os suportes de vidros e alabastro são bastante parecidos, tanto no método 1 como no método 2. Verifica-se que os valores de pH das superfícies dos provetes com o aglutinante de óleo são mais baixos ($\text{pH} \pm 5$) que as dos provetes com aglutinante de cola ($\text{pH} = \pm 6$).

Pode-se ainda observar que o pH das superfícies que contém óleo acidificam após o envelhecimento, enquanto que nas superfícies que contêm cola, os valores de pH não variaram, provavelmente devido á acção tampão pela presença de aminoácidos na sua composição.

Também se observa que os provetes que contêm cinábrio são os que apresentam um pH mais ácido ($\text{pH}=4$) relativamente aos restantes, com maior evidência antes do teste de envelhecimento. Os provetes que contêm negro carbonado têm tendência a apresentar uma gama de valores de pH mais elevada ($\text{pH} = 7-8$), variando em alguns casos com o pigmento minium.

Gráfico 1. Resultados de pH das superfícies dos provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 1.

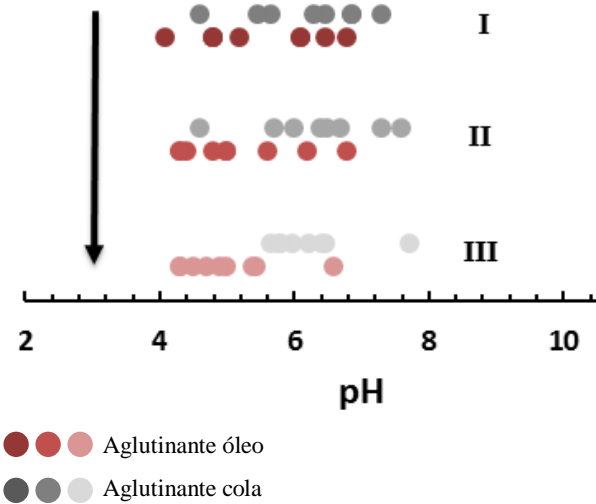


Gráfico 2. Resultados de pH das superfícies dos provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 2.

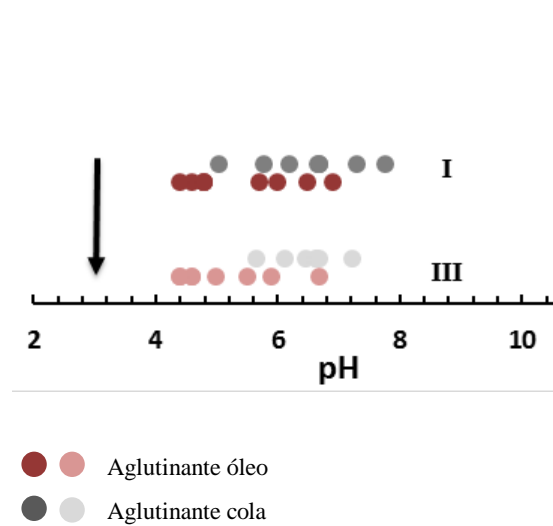


Gráfico 3. Resultados de pH das superfícies dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 1.

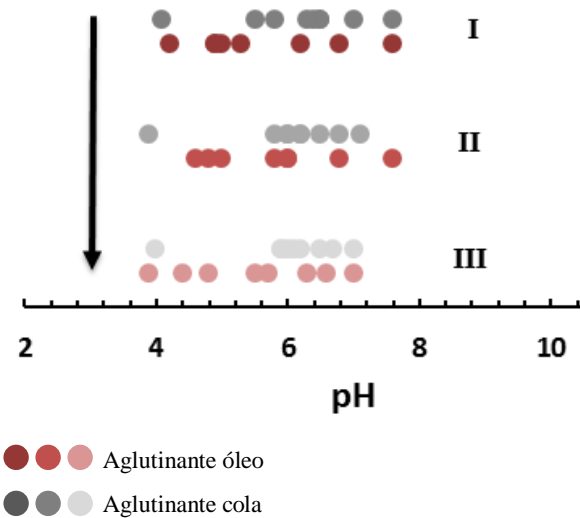
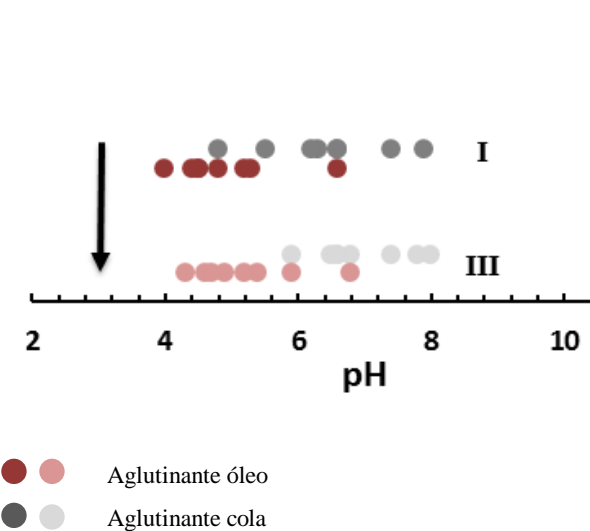


Gráfico 4. Resultados de pH das superfícies dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 2.



Relativamente aos resultados obtidos em outros tipos de suporte, nomeadamente suportes orgânicos, verificamos que as superfícies dos provetes de pinho são as que apresentam maior acidez (5,5). Quando aplicando o método 1, observa-se uma diminuição dos valores de pH após o envelhecimento, enquanto que com o método 2 os valores mantêm-se praticamente inalterados e ligeiramente mais baixos que o método 1. Verifica-se também que as superfícies que contêm óleo são ligeiramente mais ácidas que as de cola. As que contêm cinábrio são as que apresentam maior um pH mais ácido ($\approx 4,5$), enquanto que as contêm negro carbono têm são menos ácidas (± 6). Quando aplicando o método 1 em provetes com aglutinante óleo, denota-se que o pH das superfícies após o envelhecimento térmico (II) sobem ligeiramente e depois voltam a baixar após o envelhecimento com radiação ultravioleta (III). [Resultados em apêndice I, página 96]

Os valores de pH das superfícies dos provetes de suporte de linho com preparação em gesso são bastante parecidos aos de suporte em alabastro. As pequenas diferenças que se encontram indicam que as superfícies com aglutinante de cola são ligeiramente mais ácidas que as de suporte em alabastro, enquanto que as contêm óleo são ligeiramente mais básicas. No caso do método 1 realizado em provetes com aglutinante de cola, o pH das superfícies após o envelhecimento térmico (II) mantêm-se, baixando depois após o envelhecimento com radiação ultravioleta (III). Com o método 2 não se verificam alterações de pH relevantes. [Resultados em apêndice I, páginas 93 - 95]







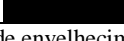
Pode-se concluir que as superfícies com suporte de linho com preparação de carbonato são as que apresentam um maior índice de basicidade (7 - 8). Para os suportes com aglutinante de cola, foram medidos valores mais baixos com o método 2 do que com o método 1. Após o envelhecimento, os valores mantêm-se inalterados para ambos os métodos. Nesta tipologia de provetes, verifica-se a particularidade de se medirem valores mais básicos nos suportes com pigmento cinábrio e mais ácidos nos suportes com pigmento verdigris.

Relativamente a outros tipos suportes pétreos, em geral são registados valores de pH mais elevados para estes materiais do que para o alabastro.

Condutividade

Para conhecer a condutividade das superfícies dos provetes recorreu-se aos métodos experimentais descritos anteriormente, método 1 e método 2. Tal como para o pH, os resultados destes dois métodos são aqui apresentados com especial enfoque no suporte alabastro, complementados com provetes de referência usando como suporte o vidro.

Tabela 7. Valores de condutividade da superfície dos provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola. (μS)







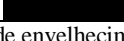
	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Alabastro (A)	incolor	739	1031	1050	1370	-
Alabastro + Cola (AG)		733	1179	906	1620	1680
AG + Branco Chumbo	branco	121	72,2	36	1300	1090
AG + Minium		97,3	235	24,4	4800	1400
AG + Ocre		33,6	45,2	37,9	1370	840
AG + Malaquita		44,7	25,2	23,4	1230	1060
AG + Verdigris		660	543	146	2700	1490
AG + Cinábrio		100	70,8	63	480	310
AG + Negro carbono		84,3	65,2	52,7	1690	1840

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Tabela 8. Valores de condutividade da superfície de provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça. (μS)








	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Alabastro (A)	incolor	739	1031	1050	1370	-
Alabastro + Óleo (AO)		393	137,1	233	500	620
AO + Branco Chumbo	branco	68,8	52,6	129,5	410	450
AO + Minium		84,4	24,4	17,5	350	300
AO + Ocre		46,6	151,2	45,2	650	350
AO + Malaquita		68,2	79,9	45,8	400	440
AO + Verdigris		213	158	489	520	250
AO + Cinábrio		56,9	102	68,3	600	570
AO + Negro carbono		48,5	75,4	72,2	63	260

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm).

Tabela 9. Valores de condutividade da superfície dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola. (µS)








	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Vidro (V)	incolor	0,8	1,4	0,9	-	-
Vidro + Cola (VG)			91,6	9,16	1020	270
VG + Branco Chumbo	branco	8,5	18	19,2	500	310
VG + Minium		6,4	12,3	8,6	184	330
VG + Ocre		12,6	113	46,6	710	820
VG + Malaquita		4,5	9,8	7,6	200	250
VG + Verdigris		1106	167,4	474	3000	1420
VG + Cinábrio		17,6	15,4	16,7	350	390
VG + Negro carbono		20,0	90,6	44,7	1100	550

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Tabela 10. Valores de pH da superfície de provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça. (µS)

	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Vidro (V)	incolor	0,8	1,4	0,9	-	-
Vidro + Óleo (VO)		9,4	17,3	14,6	530	540
VO + Branco Chumbo	branco	129	12,80	14	350	300
VO + Minium		4,4	13,5	5,2	54	74
VO + Ocre		13,1	27,7	24,7	133	160
VO + Malaquita		21,3	9,8	12,8	280	570
VO + Verdigris		117,3	114,6	131,2	840	410
VO + Cinábrio		13,6	16,5	19,5	480	420
VO + Negro carbono		6,49	22,2	11,5	230	320

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Apesar dos resultados obtidos a partir do método 1 e do método 2 aparentarem ser completamente distintos, observa-se que os valores apenas variam em termos de ordem de grandeza. Pode-se então concluir que o segundo método tem uma maior sensibilidade à condutividade.

De um modo geral as superfícies dos provetes que contêm óleo têm valores de condutividade mais baixos do que os que contêm cola. Por sua vez, os provetes com suporte em alabastro têm tendência a terem maior condutividade que os de vidro. No entanto, existem diferenças particulares na interação entre os materiais de superfície e suporte. Embora a quantidade de óleo utilizada na preparação dos provetes tenha sido maior do que a da cola e o facto de a água utilizada para a dissolução da cola evaporar ao secar, restando assim menor quantidade de aglutinante, tem-se em conta que o óleo deverá ceder menos iões devido à sua menor afinidade com água. O que explica estes terem valores mais baixos do que os provetes com aglutinante de cola.

Após o envelhecimento dos provetes, denotam-se variações nos valores de condutividade entre si no caso dos provetes com óleo. Nos provetes que contêm cola, a condutividade tem maior tendência a diminuir. No caso das provetes com aglutinante de óleo, os valores de condutividade das superfícies após envelhecimento tendem a aproximar-se, tanto para a provetas com suporte de vidro como as de suporte de alabastro [ver gráficos 5 – 8 da página seguinte]. Quanto aos pigmentos aglutinados com cola, o verdigris é aquele que demonstra uma condutividade mais alta, ao passo que quando aglutinados com óleo, a malaquita apresenta uma maior condutividade.

No caso do método 1 realizado aos provetes com aglutinante de cola, os valores demonstram que as condutividades das superfícies após o envelhecimento térmico (II) sobem ligeiramente e depois baixam após o envelhecimento com radiação ultravioleta (III) [ver gráfico 5 e 7].

Gráfico 5. Resultados de condutividade das superfícies dos provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 1.

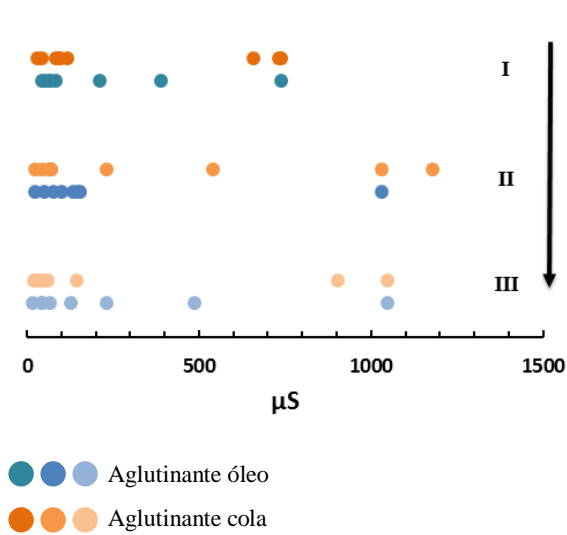


Gráfico 6. Resultados de condutividade das superfícies dos provetes de suporte de alabastro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 2.

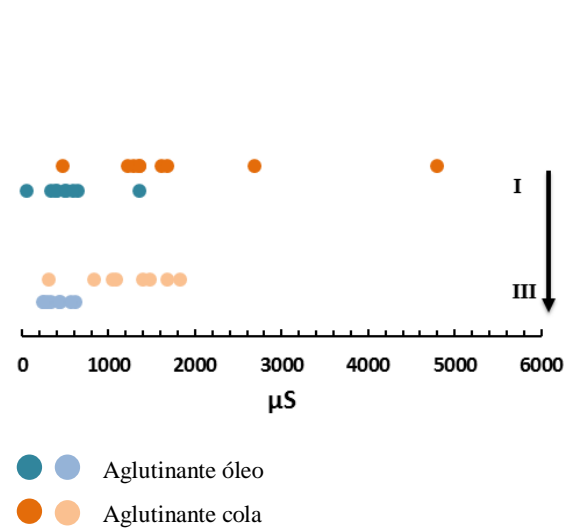


Gráfico 7. Resultados de condutividade das superfícies dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 1.

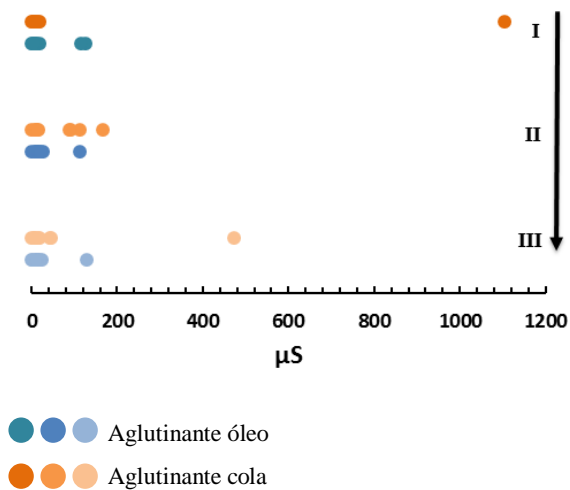
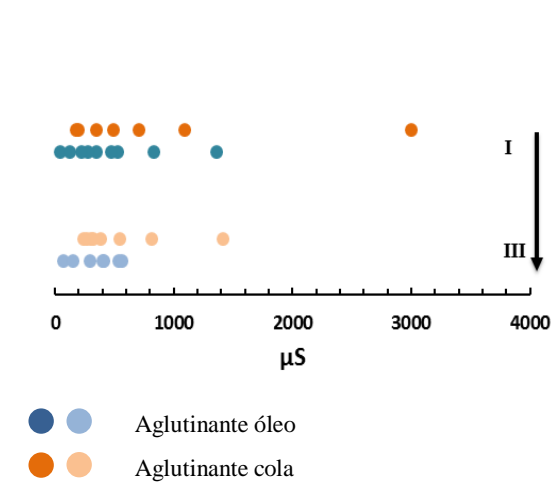


Gráfico 8. Resultados de condutividade das superfícies dos provetes de suporte de vidro com distintos pigmentos aglutinados em cola e óleo obtidos a partir do método 2.



Quando comparando com os valores obtidos em outros tipos de suporte, nomeadamente pinho e linho com preparação de gesso, os provetes de alabastro apresentam condutividades mais baixas em que os valores vão crescendo respectivamente. Em relação a outros suportes de pedra, o alabastro tem uma condutividade mais elevada. Em geral, as superfícies que contem óleo são as menos condutoras, com uma diminuição da condutividade após o envelhecimento.

Sensibilidade à água e ângulo de contacto

A sensibilidade à água e o ângulo de contacto são características que permitem dar uma indicação sobre o comportamento das policromias sobre alabastro quando em contacto com soluções aquosas. Os resultados destes testes são apresentados nas secções seguintes, tendo em vista a proposta dum procedimento de limpeza da superfície de alabastro policromado baseado em métodos aquosos.

4.4.1.1. Sensibilidade à água

Considerando as superfícies dos provetes de alabastro policromados com pigmentos aglutinados em cola animal, verifica-se que estas, de modo geral, podem ser consideradas muito sensíveis à água (5 rodadas), em alguns casos consideradas sensíveis (10-15 rodadas), antes e depois de submetidos aos testes de envelhecimento acelerado. Observa-se também que esta sensibilidade aumenta ainda mais após o envelhecimento térmico, com oscilações de temperatura e humidade relativa (II), voltando depois a diminuir ligeiramente após o envelhecimento com radiação ultravioleta (III). [Ver apêndice I, página 100]

Em relação às superfícies dos provetes de alabastro policromado com pigmentos aglutinados em óleo de linhaça, verifica-se que estas são consideradas não sensíveis à água, uma vez que não há transferência de policromia para o cotonete até 30 rodadas, antes e depois do envelhecimento. [Ver apêndice I, página 100]]. Após observação dos cotonetes de algodão sob luz ultravioleta, pode-se concluir que em alguns casos houve transferência de aglutinante, identificado através das manchas que florescem [Ver apêndice I, página 101 e 102].

4.4.1.2. Ângulo de contacto

Considerando as provetes de superfícies de alabastro policromados com pigmentos aglutinados em cola animal, verifica-se que o ângulo de contacto da gota com a superfície antes do teste de envelhecimento acelerado é de aproximadamente 90° , sendo em cerca de metade dos casos menor que 90° , e nos restantes maior. Após o teste de envelhecimento, os resultados variam de provete para provete, dependendo do tipo de pigmento. No caso da superfície que contém branco de chumbo, o ângulo de contacto aumenta para maior que 90° [Ver figuras 79 e 80], provavelmente devido ao efeito reticulante dos iões de chumbo (Aguado, et al., 2013). No caso das superfícies que contêm pigmentos ocre [Ver figuras 81 e 82], cinábrio e negro carbono, o ângulo de contacto diminui para menos de 90° , particularmente no último [Ver apêndice II, página 116]. Relativamente aos pigmentos minium, malaquita e verdigris os ângulos de contacto não se alteram significativamente [Ver apêndice II, páginas 111, 113 e 114].

Para as superfícies dos provetes de alabastro policromados com pigmentos aglutinados em óleo de linhaça, de modo geral, o ângulo de contacto da gota com a superfície diminui após serem sujeitos ao teste de envelhecimento acelerado [Ver figuras 83 – 86]. Tal poderá estar relacionado com a formação de microfissuras no suporte durante o envelhecimento, tornando-o mais poroso e conseqüentemente levando à penetração do aglutinante.



Fig. 79. Ângulo de contacto entre gota e superfície de branco de chumbo aglutinado em cola sobre alabastro antes de envelhecimento. (Christopher Marques)

Fig. 80. Ângulo de contacto entre gota e superfície de branco de chumbo aglutinado em cola sobre alabastro depois de envelhecimento. (Christopher Marques)

Fig. 81. Ângulo de contacto entre gota e superfície de ocre aglutinado em cola sobre alabastro antes de envelhecimento. (Christopher Marques)

Fig. 82. Ângulo de contacto entre gota e superfície de ocre aglutinado em cola sobre alabastro depois de envelhecimento. (Christopher Marques)



Fig. 83. Ângulo de contacto entre gota e superfície de minium aglutinado em óleo sobre alabastro antes de envelhecimento. (Christopher Marques)

Fig. 84. Ângulo de contacto entre gota e superfície de minium aglutinado em óleo sobre alabastro depois de envelhecimento. (Christopher Marques)

Fig. 85. Ângulo de contacto entre gota e superfície de malaquita aglutinado em óleo sobre alabastro antes de envelhecimento. (Christopher Marques)

Fig. 86. Ângulo de contacto entre gota e superfície de malaquita aglutinado em óleo sobre alabastro depois de envelhecimento. (Christopher Marques)

Microscopia óptica

Observando as estratigrafias realizadas verificamos que, no caso dos provetes de alabastro com aglutinante de óleo, os grãos de pigmento depositam-se e compactam-se na interface do suporte enquanto o óleo forma um filme por cima [ver figura 87]. Este fenómeno já tinha sido verificado aquando as recolhas de amostras para obter os resultados das suas condutividades. Já no caso do aglutinante de cola este envolve as partículas do pigmento [ver figura 89].

Tanto com óleo como com cola, os pigmentos à base de chumbo formam uma camada homogénea, em que não se distingue tão bem as partículas como nos restantes e forma-se um pequeno filme na interface com o ar [ver figuras 91 e 95]

Nas estratigrafias correspondentes aos provetes envelhecidos, as partículas dos pigmentos aglutinados em cola aparentam migrar para o suporte [ver figuras 92 e 94]. Nos provetes com aglutinante de óleo envelhecidos verifica-se o óleo amarelecido e em alguns casos o óleo aparenta migrar para o suporte [ver figuras 88 e 96]

De modo geral não se observam mais alterações significativas.

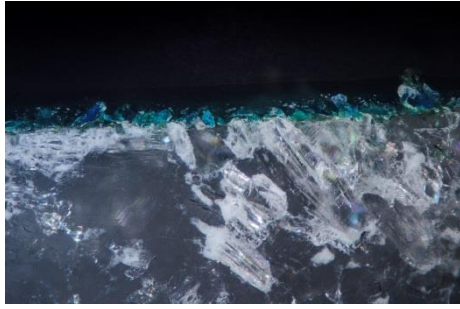


Fig. 87. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com verdigris e óleo, antes do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)

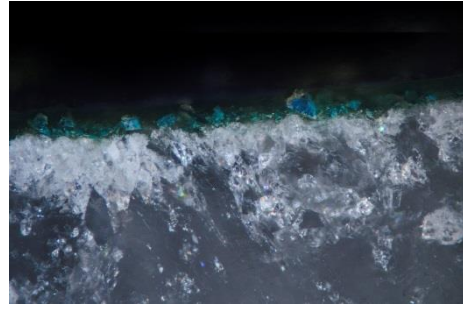


Fig. 88. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com verdigris e óleo, depois do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)



Fig. 89. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com malaquita e cola, antes do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)



Fig. 90. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com malaquita e cola, depois do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)



Fig. 91. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com minium e cola, antes do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)



Fig. 92. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com minium e cola, depois do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)

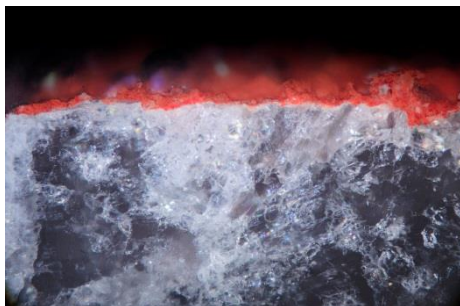


Fig. 93. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com cinábrio e cola, antes do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)

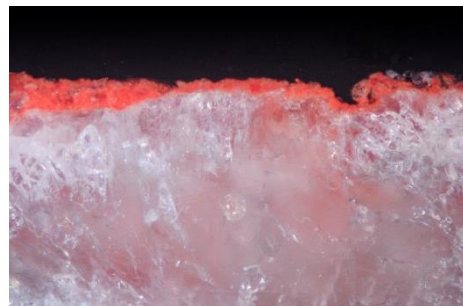


Fig. 94. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com cinábrio e cola, depois do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)

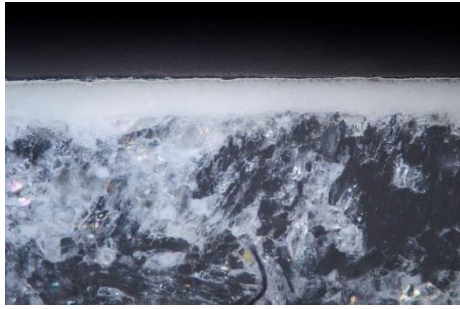


Fig. 95. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com branco de chumbo e óleo, antes do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)

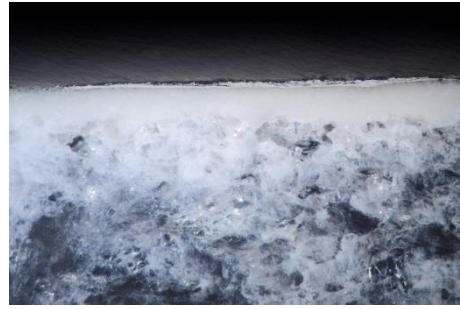


Fig. 96. Estratigrafia do provete de alabastro policromado com branco de chumbo e óleo, depois do envelhecimento, 200x. (Christopher Marques)

Microscopia electrónica de varrimento

Realizou-se a análise de microscopia electrónica de varrimento aos provetes de alabastro elaborados com o pigmento verdigris, aglutinado em cola e óleo, antes e depois do envelhecimento.

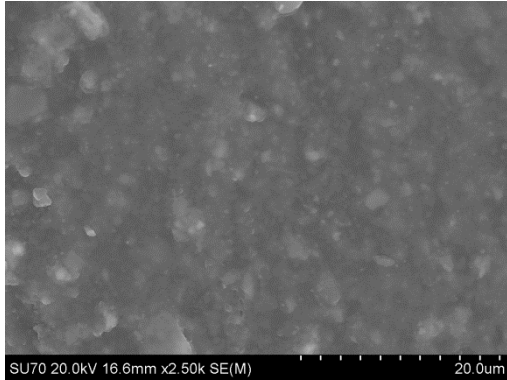


Fig. 97. Observação a partir de SEM da superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça sobre alabastro não envelhecida.

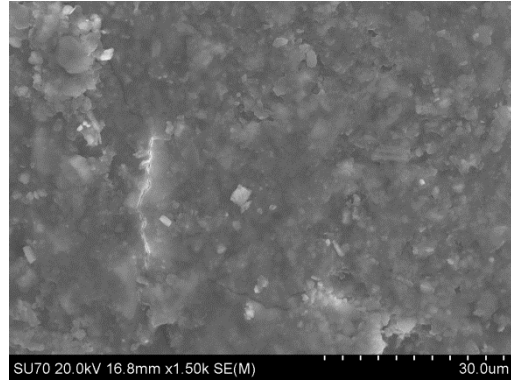


Fig. 98. Observação a partir de SEM da superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça sobre alabastro não envelhecida.

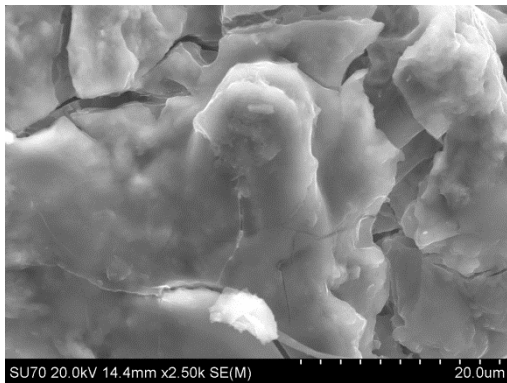


Fig. 99. Observação a partir de SEM da superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça sobre alabastro envelhecida.



Fig. 100. Observação a partir de SEM da superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça sobre alabastro envelhecida.

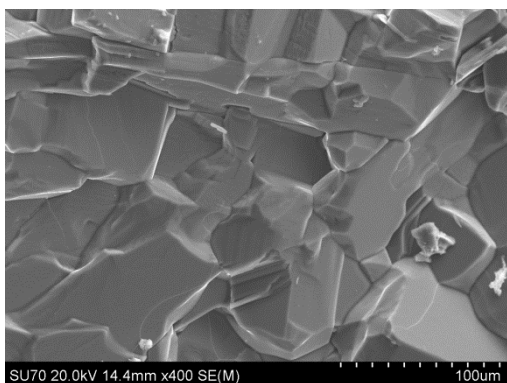


Fig. 101. Observação a partir de SEM da superfície de alabastro.

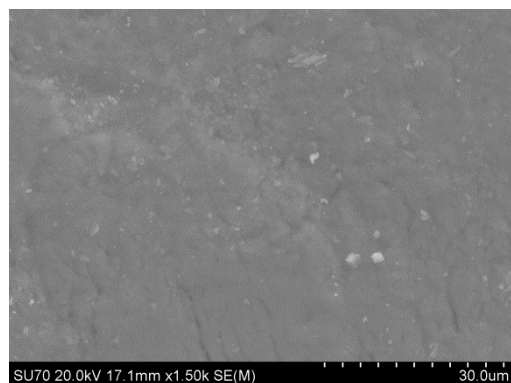


Fig. 102. Observação a partir de SEM da superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça envelhecida sobre vidro.

Comparando as figuras 97 e 98 com as figuras 99 e 100, superfície de verdigris aglutinado em óleo de linhaça sobre alabastro antes e depois do envelhecimento respectivamente, verifica-se uma alteração significativa da textura da superfície. No primeiro caso observa-se partículas dispersas numa textura lisa e no segundo, uma textura craquelada.

Comparando estes dois casos com a figura 102, superfície de verdigris aglutinado em óleo envelhecido sobre vidro, constata-se que este se assemelha mais à camada de policromia sobre alabastro antes de envelhecida. Já a superfície cristalina do suporte alabastro [figura 101] apresenta uma textura distinta dos casos vistos anteriormente.

4.5. **Intervenção** no caso de estudo – **Relevo São Jerónimo Penitente**

Esta intervenção teve como principal foco o método de limpeza mais adequado a empregar no relevo de alabastro policromado, *São Jerónimo Penitente*.

O principal objectivo foi restabelecer o seu equilíbrio físico-químico através da limpeza dos materiais depositados e da eliminação dos materiais adicionados posteriormente à sua criação, que igualmente prejudicam a integridade da obra. Deste modo pretendeu-se também tentar devolver o seu valor estético inicial.

Primeiramente iremos descrever a intervenção realizada na moldura, de seguida o tratamento de limpeza realizado no relevo e as respectivas reflexões.

Em primeiro lugar procedeu-se à desmontagem do lado esquerdo da parte posterior da moldura com o intuito de recolher amostras sujeitas a testes analíticos, anteriormente apresentados, no capítulo 4.1, página 21

Para levantar a tábua removeram-se os pregos metálicos que a ligava ao resto da moldura. Para tal aqueceram-se os pregos com uma ponta metálica eléctrica, de modo a dilatarem e contraírem ao arrefecer, criando uma folga entre a madeira. Através da pressão exercida entre as interfaces recorrendo a cunhas e martelos, conseguiu-se a remoção dos pregos e da tábua. [ver figuras 103 – 106]



Fig. 103. Dilatação de pregos com ponta metálica eléctrica. (A.P.)



Fig. 104. Levantamento da tábua exercendo pressão recorrendo a cunhas e martelos. (A.P.)



Fig. 105. Separação das tabuas posteriores da moldura. (A.P.)



Fig. 106. Levantamento da tábua posterior da moldura. (A.P.)

No tratamento dos pregos metálicos removeu-se os óxidos de ferro por abrasão mecânica com ponteiros abrasivos. Após a remoção geral recorreu-se a uma caneta de fibra de vidro para remover pontuais resíduos de óxidos de ferro ainda existentes. Deixou-se a pátina negra, designada por magnetite, que é uma camada de óxido de ferro estável, de modo a proteger e retardar a oxidação dos pregos. [Ver figuras 107 e 108]



Fig. 107. Remoção de os óxidos de ferro por abrasão mecânica com ponteiros abrasivos. (A.P.)

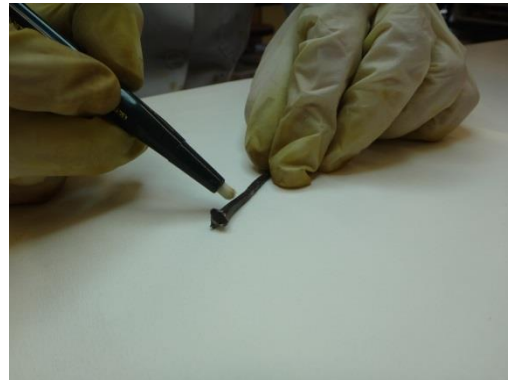


Fig. 108. Remoção pontual de os óxidos de ferro caneta de fibra de vidro. (A.P.)

De modo a reforçar e a homogeneizar esta pátina, os pregos foram imersos numa solução de taninos dissolvidos em álcool a 5%, durante seis horas e após a sua remoção foram deixados a secar durante 24 horas. Por fim, foram pincelados com uma solução de paraloid B-72 em acetona a 5%.

De seguida procedeu-se à limpeza de poeiras da tábua removida e da superfície do alabastro na face posterior do relevo. Iniciou-se por passar uma trincha com aspiração, em simultâneo, repetindo o mesmo processo no dia seguinte. Após este procedimento limpou-se com uma borracha *Akapad*, aspirando os seus resíduos, passou-

se um pano de microfibra para remover algumas poeiras ainda existentes e por fim com uma esponja de maquiagem (Daudin, et al., 2011). [ver figuras 109 – 114]



Fig. 109. Limpeza com trincha com aspiração, em simultâneo. (A.P.)



Fig. 110. Limpeza com borracha *Akapad*. (A.P.)



Fig. 111. Limpeza com pano de microfibra. (A.P.)



Fig. 112. Limpeza com esponja de maquiagem. (A.P.)



Fig. 113. Limpeza com trincha com aspiração, em simultâneo. (A.P.)



Fig. 114. Face posterior do relevo de alabastro após a limpeza a seco. (A.P.)

Antes de iniciar a limpeza superficial do relevo policromado esperou-se até que chegasse a primavera para ter umas condições ambientais ideais para o procedimento. A sala onde se encontrava o relevo não tem sistema de controlo climático e necessitava-se de um ambiente mais seco para o efeito. Chegado o momento, em que as condições ambientais eram as pretendidas, caracterizou-se a superfície e as partículas depositadas, e realizou-se alguns testes de propriedades físico-químicas, como a determinação do pH e do ângulo de contacto

Deste modo, para a realização deste procedimento de limpeza superficial do relevo policromado, teve-se as seguintes consideração:

- Abaixo de 65% de humidade relativa a limpeza a seco torna-se mais eficaz pois as partículas de sujidade aderem à superfície por forças electroestáticas, enquanto, acima desta percentagem, a água condensa entre as partículas e a superfície actuando como um adesivo líquido. Nestas condições, as partículas aderem por forças de capilaridade que não se rompem com uma limpeza a seco, ao contrário das forças electroestáticas.

Quando se iniciou o processo de limpeza, a peça encontrava-se num ambiente consideravelmente estável com uma humidade relativa entre os 40% e os 50%.

- A camada de sujidade é de carácter misto e encontra-se muito aderente à superfície em quase toda a extensão da peça. Nas zonas de reentrâncias observámos uma grande quantidade de sujidade em pó de partículas muito finas, menos aderentes como também sujidade formando crostas. Também estão presentes camadas de sujidade negras de carácter lipófilo devido aos fumos das velas, comuns nas igrejas

Em algumas zonas de lacunas de policromia, as interfaces estão muito frágeis e qualquer acção mecânica destaca troços de policromia. Este é o caso da zona do capelo vermelho e algumas zonas de carnação, mãos e pernas.

- Medição de propriedades nas várias zonas da superfície do relevo.

Tabela 11. Valores de pH de distintas zonas da superfície do relevo, antes da limpeza superficial, obtidos a partir do método 1.

Identificação da zona testada	Método 1 pH Antes da limpeza superficial
1 Alabastro (perna)	6,1
2 Carnação clara	4,8
3 Carnação escura	5,1
4 Fundo 1	5,3
5 Repinte Vermelho	5,3
6 Chapéu	5,1
7 Alabastro (Casa)	5,6
8 Fundo 2	5,2
9 Dourado sobre alabastro	5,5
11 Dourado sobre madeira	5,7
12 Alabastro (pedra)	6,1

pH da água H₂O: 6,6; T°: 14° C; HR: 49%

A partir do teste de pH, verificou-se que o alabastro tem um pH de 6 e as superfícies policromadas têm um valor médio de pH de 5,5.

Através do teste da gota observamos que o ângulo de contacto entre esta e a superfície é menor que 90°. A água difunde-se rapidamente pela superfície, mais notório no suporte de alabastro, mas sem penetrar.

Após o estudo da superfície iniciou-se então o processo de limpeza.

- Primeiramente efectuou-se a limpeza a seco ou *dry cleaning*, com pincéis macios e aspiração em simultâneo, de modo a remover as poeiras quebrando as forças electrostáticas que aderem a sujidade à superfície. Terminado este procedimento, esperou-se até ao dia seguinte para o repetir e assim sucessivamente durante quatro dias.

- De seguida limpou-se com um pano de microfibra e por fim com uma esponja de maquilhagem. A utilização do pano e de esponjas, trata-se também de uma limpeza a seco mas aqui já implica uma limpeza por acção mecânica sendo que, há uma mínima coesão da superfície, como é o caso na maioria da sua extensão. Neste caso optou-se por não utilizar a borracha *Akapad*, como se realizou na parte posterior da moldura, visto tratar-se de um relevo com muitas reentrâncias, poderia não ser possível remover na totalidade todos os resíduos deixados pela borracha. [Ver figuras 115 e 116]



Fig. 115. Limpeza com pano de microfibra. (A.P.)



Fig. 116. Limpeza com esponja de maquilhagem. (A.P.)

Estes procedimentos terminaram quando não foi possível remover mais sujidade. Esta sujidade em forma de pó estava aderente por forças electrostáticas e agora encontramos camadas de depósitos de sujidade aderentes por forças capilares.

Após esta primeira limpeza e observando melhor o relevo, apercebe-se de que por cima das camadas de policromia existe uma substância filmógena acastanhada desconhecida com grande possibilidade de existirem camadas de sujidade entre cada estrato

O primeiro objectivo após a limpeza superficial a seco é limpar a camada de sujidade que está aderente por forças de capilaridade e depois ponderar a eliminação selectiva desta substância filmógena que é lesiva para a peça. Esta substância para além de esconder valores estéticos e materiais, retém muito a sujidade. Esta camada poderá ter sido aplicada para proteger e disfarçar algumas lacunas de policromia. É importante ponderar a sua eliminação pois ao remover esta camada por completo podemos vir a ter um problema estético, na medida em que poderá alterar por completo visualmente.

Após a remoção da sujidade de poeiras, normalmente ocorre uma alteração de questão estética nomeadamente na cor e textura como também química, em que a superfície adquire maior estabilidade química. Nesta etapa efectuaram-se novos testes de propriedades nas zonas testadas anteriormente. Aqui recorreu-se aos métodos 1 e 2 para medir valores de pH descritos anteriormente nos procedimentos experimentais e ao método 2 para medir valores de condutividade.

Tabela 12. Valores de pH de distintas zonas da superfície do relevo, antes da limpeza superficial e a após a limpeza a seco, obtidos a partir do método 1, e valores de pH e condutividade após a limpeza a seco obtidos a partir do método 2 .

		Método 1 Antes da limpeza superficial	Método 1 Após limpeza a seco	Método 2 Após limpeza a seco	
		pH da água: 6,6 T°: 14° C HR: 49 %	pH da água: 6,8 T°: 24° C HR: 42,6 %	pH da água: 6,9 T°: 22,6° C HR: 40,8 %	
ID		pH	pH	pH	Condutividade
1	Alabastro (perna)	6,1	5,9	8,1	150 µS
2	Carnação clara	4,8	5,9	-	-
3	Carnação escura	5,1	5,5	5,9	760 µS
4	Fundo (verde) 1	5,3	4,9	5,8	800 µS
5	Repinte Vermelho	5,3	5,5	6,5	-
6	Chapéu	5,1	4,8	7,4	940 µS
7	Alabastro (Casa)	5,6	5,5	6,3	-
8	Fundo (verde) 2	5,2	5,0	-	-
9	Dourado sobre alabastro	5,5	6,3	-	-
10	Dourado sobre madeira	5,7	5,2	5,1	280 µS
11	Alabastro (pedra)	6,1	6,0	-	190 µS
12	Sujidade	5,9	6,3	-	-
	Zona limpa	-	-	7,6	190 µS

Após a limpeza superficial os valores de pH das superfícies medidas a partir do método 1, não se alteraram significativamente. Já comparando os valores obtidos entre o método 1 e 2 verifica-se que os valores de pH do alabastro são um pouco mais baixos (7,5 - 8), bem como das policromias sendo estes ainda valores ácidos (5,5 - 6).

Em relação ao método da gota o ângulo de contacto aumentou significativamente após a limpeza superficial.

Para determinar a polaridade das várias zonas da superfície do relevo procedeu-se ao teste de solventes elaborado por Cremonesi apresentado na tabela da seguinte página.

Originalmente o teste de solventes foi elaborado por Feller e mais tarde foi reformulado por Wolbers que excluiu o tolueno da tabela devido ao seu grau elevado de toxicidade. Agora Cremonesi faz uma nova reformulação a partir da mistura de solventes menos tóxicos, o isoctano (I), a acetona (A) e o etanol (E).

Tabela 13. Teste de solventes para determinar o parâmetro de polaridade/solubilidade de uma superfície.

Mistura	% Volume			Parâmetro de polaridade/solubilidade
	Isoctano	Acetona	Etanol	fd
I	100	0	-	100
IA1	90	10	-	95
IA2	80	20	-	89
IA3	70	30	-	84
IA4	60	40	-	79
IA5	50	50	-	74
IA6	40	60	-	68
IA7	30	70	-	63
IA8	20	80	-	58
IA9	10	90	-	52
A	0	100	-	47
IE1	90	-	10	94
IE2	80	-	20	87
IE3	70	-	30	81
IE4	60	-	40	74
IE5	50	-	50	68
IE6	40	-	60	62
IE7	30	-	70	55
IE8	20	-	80	49
IE9	10	-	90	42
E	0	-	100	36
AE	0	50	50	42

Os resultados deste teste de solubilidades não foram positivos na medida em que não removeu a sujidade aderente. Com a mistura de acetona e etanol a 50% removeu-se alguma sujidade mas com pouca eficácia. Visto tratar-se de depósitos aderentes por forças de capilaridade, os solventes não tem capacidade de romper estas forças e tratando-se de depósitos de carácter misto um valor de solubilidade (fd) não é suficiente para remover todos os tipos de partículas

A partir dos novos valores de propriedades da superfície obtidos e com o objectivo de romper forças de capilaridade que aderem os depósitos de sujidade à mesma, recorreu-se a métodos aquosos para limpar estes depósitos, conservando a

superfície. Preparou-se uma solução tamponada a pH 7 com *Bis-tris* para limpar a maior parte do relevo e uma solução tamponada a pH 5,5 com ácido acético para limpar as zonas com fundo verde (Cremonesi, 2014). [Ver figuras 117 e 118]



Fig. 117. Relevo antes da limpeza por métodos aquosos. (A.P.)



Fig. 118. Relevo após a limpeza por métodos aquosos. (A.P.)

Em algumas zonas de reentrância encontrou-se concreções de partículas grosseiras depositadas fortemente aderidas [Ver figuras 119 e 120]. Para remover estas concreções humedeceu-se as zonas com a solução tamponada a pH 7 com *Bis-tris* [Ver figuras 121 e 122], que se desagregavam facilmente, eliminando os resíduos com um pincel aspiração em simultâneo.



Fig. 119. Concreções de partículas grosseiras fortemente aderidas. (A.P.)



Fig. 120. Concreções de partículas grosseiras fortemente aderidas. (A.P.)



Fig. 121. Remoção das concreções com solução tamponada a pH 7 com Bis-tris. (A.P.)



Fig. 122. Após remoção das concreções. (A.P.)

Para a limpeza da moldura utilizou-se a solução tamponada a pH 5,5 com ácido acético



Fig. 123. Lado esquerdo da moldura (vista do observador) após a limpeza com solução tamponada a pH 5,5 com ácido acético. (A.P.)

Quando se realizava a limpeza superficial com método aquoso, tanto no relevo como na moldura, foi possível caracterizar melhor a camada de substância filmógena desconhecida que ai se encontrava:

- Constatou-se que era uma camada que se encontra em toda a extensão da peça, no relevo policromado e na moldura em madeira dourada, dando um aspecto muito brilhante à superfície.

- Ao passar um cotonete húmido a substância solubilizou-se parcialmente, dando uma sensação pegajosa ao toque do cotonete. O que não se solubilizava, continuando aderido à superfície, adquiria um aspecto baço.

- Na madeira dourada da moldura encontrou-se maior quantidade desta substância nas zonas com lacunas e de levantamento de material e, nestas mesmas zonas, uma grande acumulação de excrementos de mosca.

Partindo destas premissas põe-se a possibilidade desta substância filmógena, que se encontra em toda a extensão da peça, tratar-se de cera de abelha.

A cera de abelha era um material muito frequente nas igrejas e muito era frequente a sua aplicação nas peças de madeira para formar uma camada protectora e dar um aspecto brilhante. Para além disso, a cera utilizada, anterior à actual industrializada, continha uma pequena percentagem de mel que não desaparecia no seu processo de purificação (Mills, et al., 2011) o que explica a hidrossolubilidade parcial da substância e a acumulação de excrementos de mosca.

Quando se decide eliminar uma substância deve tentar-se minimizar o dano que podemos causar ao material original durante o procedimento. Deve avaliar-se vantagens e desvantagens dos produtos de limpeza a utilizar escolhendo o mais inócua possível com o material original.

Realizou-se uma prova com álcool benzílico para eliminar esta substância filmógena obtendo um resultado positivo. É um solvente com uma polaridade (fd) de 48 mas que tem também grupos aromáticos (anéis benzénicos) e portanto não resultaria com outros solventes ou misturas que se encontra na tabela 13 da página 81. Devido à presença destes grupos aromáticos, o álcool benzílico quebra e remove uma parte dos compostos do óleo resultando o efeito de lixiviação. De modo a actuarmos mais selectivamente em superfície, sem prejudicarmos os estratos inferiores, ponderou-se espessá-lo diminuindo assim a sua penetração e aumentando a tensão superficial recorrendo a um *solvent surfactant gel* (Wolbers, 2000). Mas devido à presença de iões de cálcio existentes no suporte de alabastro este gel poderia desmontar-se (Cremonesi, 2014) anulando assim o efeito pretendido através do aumento de viscosidade do solvente.

Por fim, recorreu-se a um polímero silicónico, *velvesil plus gel*, que ao ser misturado com o álcool benzílico, tem a função de " mascarar " o solvente e este terá uma acção mais selectiva e muito superficial (Wolbers, et al., 2014). Preparou-se álcool benzílico a 10% em *velvesil plus gel* e aplicou-se na superfície com um pincel [Ver figura 124]. Deixou-se actuar durante uns minutos, de seguida removeu-se o gel a seco e por fim removeu-se os resíduos com um dissolvente silicónico ciclometicone [Ver figuras 125, 126 e 127]. Este procedimento tem uma acção mais lenta do que recorrendo

ao solvente em estado líquido mas consegue-se uma acção mais controlada e não lesiva para os restantes materiais a conservar.



Fig. 124. Aplicação de álcool benzílico a 10 % em *velvesil plus gel*. (A.P.)



Fig. 125. Remoção da substancia filmógena acastanhada. (A.P.)



Fig. 126. Remoção da substancia filmógena acastanhada. (A.P.)



Fig. 127. Após remoção da substancia filmógena e dos resíduos com ciclometicone. (A.P.)

Considerações

Embora não tenha sido possível prosseguir com a intervenção, os primeiros resultados obtidos com a utilização deste último método foram bastante satisfatórios. A camada castanha foi eliminada e voltou a ver-se a cor original da policromia [Ver figura 127].

No caso do contacto do cilindro de agarosa num dos fundos verdes do relevo constatou-se um branqueamento da superfície [Ver figuras 128 e 129]. Este método 2 demonstrou-se um método relativamente fiável para medir valores de pH e condutividade mas, pela razão anteriormente descrita, não é aconselhável para a o seu recurso para medir obras de arte originais. Em contacto com alguns tipos de materiais torna-se um método invasivo, observado a curto prazo. Com os restantes materiais apenas será possível concluir estas observações a médio ou curto prazo.



Fig. 128. Cilindro de gel rígido de agarosa como veículo para medir valores de pH e condutividade de superfícies. (A.P.)



Fig. 129. Marca do gel rígido de agarosa após uns minutos de contacto com a superfície. (A.P.)

5. Considerações finais

As propriedades físico-químicas das superfícies de pedras policromadas são uma temática pouco estudada. Devido à particularidade da composição do alabastro, o seu estudo torna-se ainda mais singular. São ainda desconhecidos os produtos de reacção que ocorrem durante os mecanismos de envelhecimento das policromias sobre este suporte e os resultados deste trabalho são uma premissa para o seu entendimento.

A primeira dificuldade sentida foi o facto de não existirem muitos estudos acerca deste tema, houve então necessidade de recorrer a diferentes abordagens. Deste modo adquiriu-se um conjunto de dados sobre distintas propriedades de diversos materiais que oferecem os primeiros cruzamentos de informações. Pretendia-se que estas informações ditassem posteriormente o desenho de um protocolo de limpeza adaptado a esta tipologia mas para tal será necessário prosseguir com o estudo deste tema.

Outro aspecto sentido foi a necessidade de melhorar e otimizar os métodos utilizados para a obtenção de dados, de modo a estes serem mais rigorosos.

A possibilidade de estudar este tema a partir de um caso de estudo vinculado ao trabalho laboratorial e de pesquisa foi bastante positivo embora tenha havido algumas lacunas na sua caracterização na medida dos recursos analíticos.

Sugere-se a continuação deste estudo através da preparação de novos provetes em outros suportes inorgânicos e o aprofundamento do estudo analítico dos subprodutos que podem ser encontrados nestas superfícies, prevendo assim as suas reacções.

6. Bibliografia

AAVV. 2004. La Capilla de Los Arcángeles de la Seo de Zaragoza - Restauración. [ed.] Instituto del Patrimonio Histórico Español. Zaragoza : Ministerio da Cultura, Diputación General de Aragón, Departamento de Cultura y Turismo, Zaragoza, 2004, pp. 131-133.

— **2001.** La Capilla de San Bernardo de la Seo de Zaragoza - Restauración. Zaragoza : Ministerio da Cultura, Diputación General de Aragón, Departamento de Cultura y Turismo, 2001.

— **2002.** La couleur et la pierre - Polychromie des portails gothiques . *Actes du Colloque Amiens (12 - 14 Octobre 2000)*. Agence Régionale du Patrimoine de Picardie : s.n., 2002.

AAVV.a. 2013. CAMEO: Conservation & Art Materials Encyclopedia Online. [Online] 2013. [Citação: 14 de Janeiro de 2014.] <http://cameo.mfa.org/wiki/Glue>.

AAVV.b. 2013. CAMEO: Conservation & Art Materials Encyclopedia Online. [Online] 2013. [Citação: 14 de Janeiro de 2014.] http://cameo.mfa.org/wiki/Linseed_oil.

AAVV.c. 2013. CAMEO: Conservation & Art Materials Encyclopedia Online. [Online] 2013. [Citação: 15 de Janeiro de 2014.] http://cameo.mfa.org/wiki/Lead_white.

AAVV.d. 2013. CAMEO: Conservation & Art Materials Encyclopedia Online. [Online] 2013. [Citação: 15 de Janeiro de 2014.] <http://cameo.mfa.org/wiki/Minium>.

AAVV.e. 2013. CAMEO: Conservation & Art Materials Encyclopedia Online. [Online] 2013. [Citação: 15 de 1 de 2014.] <http://cameo.mfa.org/wiki/Cinnabar>.

AAVV.f. 2013. CAMEO: Conservation & Art Materials Encyclopedia Online. [Online] 2013. [Citação: 15 de Janeiro de 2014.] <http://cameo.mfa.org/wiki/Malachite>.

AAVV.g. 2013. CAMEO: Conservation & Art Materials Encyclopedia Online. [Online] 2013. [Citação: 15 de Janeiro de 2014.] <http://cameo.mfa.org/wiki/Verdigris>.

AAVV.h. 2013. CAMEO: Conservation & Art Materials Encyclopedia Online. [Online] 2013. [Citação: 15 de Janeiro de 2014.] http://cameo.mfa.org/wiki/Carbon_black.

Aguado, E., et al. 2013. Materials, techniques and degradation products of 15th Century Burgundian polychrome-stone sculpture in Aragon and Navarra (Spain). 2013.

Artal, M. 2006. La talla en alabastro, in Retablos: tecnicas, materiales y procedimientos. Madrid : Grupo Español del IIC, 2006.

Artigau, M. e Playà, E. 2011. *El alabastro de Sarral como soporte escultórico. Descripción e introducción geológica.* Barcelona : s.n., 2011.

Azorín, M. 2009. *Estudio y aplicación de geles en la limpieza del alabastro.* València : s.n., 2009. p. 10.

Brinkmann, V. 2010a. *Los colores de la escultura arcaica y clasica inicial, in El color de los Dioses.* Madrid : Museo Aqueológico, 2010a. pp. 55-77.

Brinkmann, V. 2010b. La investigación sobre la policromía de la escultura en la Antigüedad, Introduccion a la exposición. *El color de los Dioses - El colorido de la estatuaria antigua.* Madrid : Museo Arqueológico Regiona, 2010b, p. 21.

— **2010a.** Los colores de la escultura arcaica y clásica inicial. *El color de los Dioses - El colorido de la estatuaria antigua.* Madrid : Museo Arqueológico Regional, 2010a, pp. p. 55 - 77.

Cantos, O. e Mainar, J. 2005. CANTOS, O.; MAINAR, J.: El alabastro, un mineral singular: Reflexiones sobre su uso en las artes plásticas y la construcción. Zaragoza : Delimitación Comarcal de las Artes de Zaragoza, 2005, pp. 257-267.

Cantos, O., Fernández, M. e Jiménez, C. 1996. El Retablo Mayor de la Catedral de Huesca - Restauración . Zaragoza : Ministerio da Cultura, Diputación General de Aragón, Departamento de Cultura y Turismo, 1996.

Cennini, C. 2000. *El libro del Arte.* Madrid : Ediciones Akal, S. A., 2000.

Church, A. 1915. *The chemistry of paints and painting.* London : s.n., 1915. p. 32.

Cremonesi, P. 2011. *"Horror... un barniz amarillento!". Nuevas aportaciones Prácticas y teóricas para la Conservación y Restauración de obras de arte.* Huesca : VIII Jornadas Técnicas de Conservación y Restauración, 2011.

— **2009.** Asuntos sobre la conservación/restauración de pinturas de caballete. 2009.

— **2012.** Curso El uso de enzimas en el tratamiento de obras de arte, notas tomadas da parte práctica, ESCRBCA. 2012.

— **2014.** *Materiales y métodos de limpieza.* Huesca : s.n., 2014. pp. 10 - 44.

— **2005.** Reflexiones sobre la limpieza de las superficies policromadas, Unicum, ESCRBCA, Laboratorio Regional di Restauo. 2005.

Daudin, M. e Keulen, H. 2011. *Materiales para limpieza en seco de obras de arte.* Universidade Politécnica de València : s.n., 2011.

Galán, M. 2010. La exposicion en el Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid. *El colorido de la estatuaria antigua*. Madrid : Museo Arqueológico Regional, 2010, p. p. 33.

Hawthorne, J. e Smith, C. 1979. *Theophilus: On Divers Arts. The Foremost Medieval Treatise on Painting, Glassmaking and Metalwork*. New York : Dover Publications, inc, 1979. pp. 14 - 33.

López-Gabasa, A. 2005. El alabastro en la Ribera Baja del Ebro. [autor do livro] P Bes e J. Blasco. *Comarca Ribera Baja del Ebro, Colección territorio*. s.l. : Diputación General de Aragón, 2005, pp. 339-342.

Lorenzon, M. 2012. Laser cleaning of polychrome alabaster. New York : Columbia University, 2012.

Marrifield, M. 1999. Medieval and Renaissance treatises on the arts of painting. New York : Dovers Publications, inc., 1999.

Martín-Romo, R. 2006. Técnicas pre-industriales de la talla en piedra. *Retablos: tecnicas, materiales y procedimientos*. Madrid : Grupo Español del IIC, 2006.

Mills, J. e White, R. 2011. *The organic chemistry of museum objects*. New York : Routledge, 2011. p. 49.

Rivas López, J. 2008. *Policromias sobre piedra en el contexto de la Europa Medieval: Aspectos históricos y tecnológicos*. Madrid : s.n., 2008. pp. 549-603.

Rodriguez, O. 2010. *Técnicas y acabados de superficie sobre la escultura en piedra. Investigación práctica con tratamientos químicos y mecánicos*. Universidad de Murcia : s.n., 2010.

Sansonetti, A., et al. 2011. A cleaning method based on the use of agar gels: new tests and perspectives, ?,?,? 2011.

Silvester, G., Burnstock, A. e al, et. 2014. A cause of water-sensitivity in modern oil paint films. *Studies in Conservation*. 2014, Vol. 59, pp. 38 - 51.

Stavroudis, C. e Doherty, T. 2012. *Desarrollando sistemas de limpieza para pinturas sensibles al agua mediante ajuste del pH y de la conductividad*. Madrid : Conservación de Arte Contemporáneo, 13ª Jornada, Museu Nacional de Arte Reina Sofia, 2012. p. 43 e 44.

Tumosa, C.S. e Mecklenburg, M. F. 2005. The influence of lead ions on the drying of oilvbbn . *Reviews in Conservation*, 6. 2005.

Wolbers, R. 2000. Cleaning Painted Surfaces. Aqueous methods. 2000.







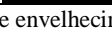
Wolbers, R. e Cremonesi, P. 2014. *Dialogo 4 - Métodos acuosos: pros y contras. Posibilidades y límites de la limpieza superficial.* Universitat Politècnica de València : s.n., 2014.

Yuan, Y. e Lee, T. R. 2013. Contact Angle and Wetting Properties. [autor do livro] G. Bracco e B. Holst. *Surface Science Techniques*,. s.l. : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, pp. 3 - 34.

7. Apêndices

7.1. Apêndice I - Propriedades físico-químicas

Tabela 14. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de pinho com distintos pigmentos aglutinados em cola animal.







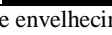
	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Pinho (P)	incolor	5,3	5,1	4,9	6,2	
Pinho + Cola (AG)		5,2	5,1	4,8	5,5	5,4
PG + Branco Chumbo	branco	5,5	5,6	5,0	6,1	6,1
PG + Minium		5,9	6,3	6,1	5,9	6,5
PG + Ocre		6,0	5,7	6,0	6,8	6,9
PG + Malaquita		5,0	4,7	4,6	5,9	5,9
PG + Verdigris		5,8	5,7	6,0	5,7	5,8
PG + Cinábrio		4,6	4,7	4,7	5,2	4,9
PG + Negro carbono		6,6	6,4	6,2	7,0	6,7

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Tabela 15. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de pinho com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça.







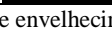
	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Pinho (P)	incolor	5,3	5,1	4,9	6,2	
Pinho + Óleo (AO)		4,7	5,2	5,1	5,2	5,0
PO + Branco Chumbo	branco	5,5	6,4	5,1	4,5	4,6
PO + Minium		6,0	6,6	5,5	6,1	6,4
PO + Ocre		6,0	5,7	5,5	6,0	5,8
PO + Malaquita		4,6	5,5	4,9	5,2	5,3
PO + Verdigris		6,1	6,0	6,0	5,9	6,3
PO + Cinábrio		5,0	6,5	5,4	4,7	5,0
PO + Negro carbono		6,0	5,9	5,2	5,6	5,7

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Tabela 16. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de linho com preparação de gesso com distintos pigmentos aglutinados em cola animal.







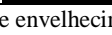
	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Linho + gesso (Lg)	incolor	6,5	6,4	5,7		
Linho + gesso + Cola (LgG)		6,2	6,9	6,5	7,4	6,7
LgG + Branco Chumbo	branco	5,4	5,3	5,4	6,4	6,5
LgG + Minium		6,1	5,7	5,7	6,5	6,6
LgG + Ocre		6,1	6,0	6,3	7,2	7,2
LgG + Malaquita		6,0	6,1	5,9	6,4	6,8
LgG + Verdigris		5,5	5,4	5,4	5,4	5,9
LgG + Cinábrio		5,1	5,2	5,5	6,1	5,8
LgG + Negro carbono		7,0	6,8	6,4	7,6	7,3

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Tabela 17. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de linho com preparação de gesso com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça.








	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Linho + gesso (Lg)	incolor	6,5	6,4	5,7		
Linho + gesso + Óleo (LgO)		4,7	4,9	5,3	5,4	5,8
LgO + Branco Chumbo	branco	5,3	5,9	6,0	4,9	5,4
LgO + Minium		6,4	6,9	6,1	5,5	5,8
LgO + Ocre		6,3	6,4	5,8	5,9	5,6
LgO + Malaquita		5,6	6,5	5,4	5,7	5,6
LgO + Verdigris		5,9	6,4	5,8	6,0	6,1
LgO + Cinábrio		5,7	6,4	5,4	4,5	4,4
LgO + Negro carbono		6,0	6,7	6,3	5,9	5,6

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Tabela 18. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de linho com preparação de carbonato com distintos pigmentos aglutinados em cola animal.







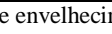
	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Linho + carbonato (Lc)	incolor	8,2	8,3	7,4		
Linho + carbonato + Cola (LcG)		6,7	7,5	7,6	8,4	8,3
LcG + Branco Chumbo	branco	6,1	5,6	6,7	6,6	6,8
LcG + Minium		6,8	6,2	6,0	6,7	6,4
LcG + Ocre		6,9	6,3	6,7	7,5	7,3
LcG + Malaquita		6,5	6,6	6,4	7,0	7,1
LcG + Verdigris		5,5	5,5	5,3	5,7	5,5
LcG + Cinábrio		7,0	6,3	6,5	7,6	7,6
LcG + Negro carbono		6,8	7,2	6,6	7,8	7,5

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Tabela 19. Valores de pH da superfície de provetes de suportes de linho com preparação de carbonato com distintos pigmentos aglutinados em óleo de linhaça.












































































	Cor	Método 1			Método 2	
		I	II	III	I	III
Linho + carbonato (Lc)	incolor	8,2	8,3	7,4		
Linho + carbonato + Óleo (LcO)		6,7	6,6	6,3	6,7	6,5
LcO + Branco Chumbo	branco	5,4	6,1	6,0	5,5	6,6
LcO + Minium		6,3	6,4	6,2	5,5	5,5
LcO + Ocre		5,9	6,4	5,5		
LcO + Malaquita		6,2	7,0	5,9	6,7	6,4
LcO + Verdigris		5,8	5,6	6,0	5,6	5,8
LcO + Cinábrio		4,5	6,9	4,8	4,7	6,2
LcO + Negro carbono		5,8	7,1	6,4	7,3	7,0

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Valores de pH da superfície dos provetes obtidos a partir método 1

		Suportes + cola (G) + pigmento					Suportes + óleo (O) + pigmento		
		I	II	III			I	II	III
A- alabastro	-	6,5	6,8	5,4	A	-	6,5	6,8	5,4
AG		5,7	6,0	6,0	AO		4,8	4,3	4,3
AGPb		6,5	6,5	5,7	AOPb		4,8	5,0	4,9
AGPbM		6,9	6,7	6,5	AOPbM		6,8	5,6	6,6
AGFe		6,9	7,3	6,2	AOFe		4,8	4,4	4,5
AGCu		6,3	6,4	6,4	AOCu		5,2	4,8	4,9
AGCuV		5,5	5,7	5,8	AOCuV		6,1	6,2	5,4
AGHg		4,6	4,6	5,8	AOHg		4,1	4,3	4,3
AGC		7,3	7,6	7,7	AOC		6,1	4,9	4,7
V - vidro	-	7,6	6,8	7,0	V	-	7,6	6,8	7,0
VG		6,5	6,5	5,9	VO		5,3	4,6	4,4
VGPb		6,4	5,8	6,1	VOPb		4,9	4,8	5,7
VGPbM		5,8	6,2	6,0	VOPbM		6,2	6,0	6,3
VGFe		6,5	6,2	6,7	VOFe		4,9	5,0	5,5
VGCu		6,3	6,0	5,9	VOCu		5,0	5,8	4,8
VGCuV		5,5	6,0	6,2	VOCuV		6,8	7,6	6,6
VGHg		4,1	3,9	4,0	VOHg		4,2	6,0	3,9
VGC		7,0	7,1	6,5	VOC		5,7	4,8	5,0
P - pinho	-	5,3	5,1	4,9	P	-	5,3	5,1	4,9
PG		5,2	5,1	4,8	PO		4,7	5,2	5,1
PGPb		5,5	5,6	5,0	POPb		5,5	6,4	5,1
PGPbM		5,9	6,3	6,1	POPbM		6,0	6,5	5,5
PGFe		6,0	5,7	6,0	POFe		6,0	5,7	5,5
PGCu		5,0	4,7	4,6	POCu		4,6	5,5	4,9
PGCuV		5,8	5,7	6,0	POCuV		6,1	6,0	6,0
PGHg		4,6	4,7	4,7	POHg		5,0	6,5	5,4
PGC		6,6	6,4	6,2	POC		6,0	5,9	5,2
Lg - linho+gesso	-	6,5	6,4	5,7	Lg	-	6,5	6,4	5,7
LgG		6,2	6,9	6,5	LgO		4,7	4,9	5,3
LgGPb		5,4	5,3	5,4	LgOPb		5,3	5,9	6,0
LgGPbM		6,1	5,7	5,7	LgOPbM		6,4	6,9	6,1
LgGFe		6,1	6,0	6,3	LgOFe		6,3	6,4	5,8
LgGCu		6,0	6,1	5,9	LgOCu		5,6	6,5	5,4
LgGCuV		5,5	5,4	5,4	LgOCuV		5,9	6,4	5,8
LgGHg		5,1	5,2	5,5	LgOHg		5,7	6,4	5,4
LgGC		7,0	6,8	6,4	LgOC		6,0	6,7	6,3
Lc - linho+carbonato	-	8,2	8,3	7,4	Lc	-	8,2	8,3	7,4
LcG		6,7	7,5	7,6	LcO		6,7	6,6	6,3
LcGPb		6,1	5,6	5,8	LcOPb		5,4	6,1	6,0
LcGPbM		6,8	6,2	6,0	LcOPbM		6,3	6,4	6,2
LcGFe		6,9	6,3	6,7	LcOFe		5,8	6,4	5,5
LcGCu		6,5	6,6	6,4	LcOCu		6,2	7,0	5,9
LcGCuV		5,5	5,5	5,3	LcOCuV		5,8	5,6	5,9
LcGHg		7,0	6,3	6,5	LcOHg		4,5	6,9	4,8
LcGC		6,8	7,2	6,6	LcOC		5,8	7,1	6,4







































































I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Pb – Branco de chumbo; **PbM** – Míniun; **Fe** – Ocre; **Cu** – Malaquita; **CuV** – Verdigirs; **Hg** – Cinábrio; **C** – Negro
 Medições obtidas com medidor de pH de contacto marca *Crison*, modelo Basic 20; pH da água destilada entre 6,5 e 7,8, com condições ambientais da sala entre 14° C e 19,2° C de temperatura e entre 49 % e 54,3 % de humidade relativa.

Valores de pH da superfície dos provetes obtidos a partir método 2

		Suportes + cola (G) + pigmento			Suportes + óleo (O) + pigmento		
		I	III		I	III	
A- alabastro	-	6,5		A	-	6,5	6,8
AG		5,7	6,0	AO		4,8	4,3
AGPb		6,5	6,5	AOPb		4,8	5,0
AGPbM		6,9	6,7	AOPbM		6,8	5,6
AGFe		6,9	7,3	AOFe		4,8	4,4
AGCu		6,3	6,4	AOCu		5,2	4,8
AGCuV		5,5	5,7	AOCuV		6,1	6,2
AGHg		4,6	4,6	AOHg		4,1	4,3
AGC		7,3	7,6	AOC		6,1	4,9
V - vidro	-	7,6		V	-	7,6	6,8
VG		6,5	6,5	VO		5,3	4,6
VGPb		6,4	5,8	VOPb		4,9	4,8
VGPbM		5,8	6,2	VOPbM		6,2	6,0
VGFe		6,5	6,2	VOFe		4,9	5,0
VCu		6,3	6,0	VOCu		5,0	5,8
VCuV		5,5	6,0	VOCuV		6,8	7,6
VGHg		4,1	3,9	VOHg		4,2	6,0
VGC		7,0	7,1	VOC		5,7	4,8
P - pinho	-	6,2		P	-	6,2	
PG		5,5	5,4	PO		5,2	5,0
PGPb		6,1	6,1	POPb		4,5	4,6
PGPbM		5,9	6,5	POPbM		6,1	6,4
PGFe		6,8	6,9	POFe		6,0	5,8
PGCu		5,9	5,9	POCu		5,2	5,3
PGCuV		5,7	5,8	POCuV		5,9	6,3
PGHg		5,2	4,9	POHg		4,7	5,0
PGC		7,0	6,7	POC		5,6	5,7
Lg - linho+gesso	-			Lg	-		
LgG		7,4	6,7	LgO		5,4	5,8
LgGPb		6,4	6,5	LgOPb		4,9	5,4
LgGPbM		6,5	6,6	LgOPbM		5,5	5,8
LgGFe		7,2	7,2	LgOFe		5,9	5,6
LgGCu		6,4	6,8	LgOCu		5,7	5,6
LgGCuV		5,4	5,9	LgOCuV		6,0	6,1
LgGHg		6,1	5,8	LgOHg		4,5	4,4
LgGC		7,6	7,3	LgOC		5,9	5,6
Lc - linho+carbonato	-	8,2	8,3	Lc	-	8,2	8,3
LcG		6,7	7,5	LcO		6,7	6,6
LcGPb		5,5	5,6	LcOPb		5,4	6,1
LcGPbM		5,5	6,2	LcOPbM		6,3	6,4
LcGFe			6,3	LcOFe		5,8	6,4
LcGCu		6,7	6,6	LcOCu		6,2	7,0
LcGCuV		5,6	5,5	LcOCuV		5,8	5,6
LcGHg		4,7	6,3	LcOHg		4,5	6,9
LcGC		7,3	7,2	LcOC		5,8	7,1

















































































I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Pb – Branco de chumbo; **PbM** – Míniun; **Fe** – Ocre; **Cu** – Malaquita; **CuV** – Verdigirs; **Hg** – Cinábrio; **C** – Negro
Medições obtidas com medidor de pH portátil *Laquatwin*, marca *Horiba*; pH da água destilada 7,1, com condições ambientais da sala de 20° C de temperatura e entre 48 % de humidade relativa.

Valores de condutividade da superfície dos provetes obtidos a partir método 1

		Suportes + cola (G) + pigmento				Suportes + óleo (O) + pigmento			
		I	II	III		I	II	III	
A- alabastro	-	739	1031	1050	A	-	739	1031	1050
AG		733	1179	906	AO		393	137,1	233
AGPb		121	72,2	36	AOPb		68,8	52,6	129,5
AGPbM		97,3	235	24,4	AOPbM		84,4	24,4	17,5
AGFe		33,6	45,2	37,9	AOFe		46,6	151,2	45,2
AGCu		44,7	25,2	23,4	AOCu		68,2	79,9	45,8
AGCuV		660	543	146	AOCuV		213	158	489
AGHg		100	70,8	63	AOHg		56,9	102	68,3
AGC		84,3	65,2	52,7	AOC		48,5	75,4	72,2
V - vidro	-	0,8	1,4	0,9	V	-	0,8	1,4	0,9
VG			91,6	9,16	VO		9,4	17,3	14,6
VGPb		8,5	18	19,2	VOPb		129	12,80	14
VGPbM		6,4	12,3	8,6	VOPbM		4,4	13,5	5,2
VGFe		12,6	113	46,6	VOFe		13,1	27,7	24,7
VGCu		4,5	9,8	7,6	VOCu		21,3	9,8	12,8
VGCuV		1106	167,4	474	VOCuV		117,3	114,6	131,2
VGHg		17,6	15,4	16,7	VOHg		13,6	16,5	19,5
VGC		20,0	90,6	44,7	VOC		6,49	22,2	11,5
P - pinho	-	25,9	21,0	65,4	P	-	25,9	21,0	65,4
PG		42,6	40,9	34,4	PO		37,5	55,6	33,5
PGPb		16,0	13,1	20,7	POPb		12,7	8,0	22,4
PGPbM		11,2	19,9	26,9	POPbM		23,4	25,5	39,4
PGFe		22,3	81,9	147	POFe		34,9	35,3	50
PGCu		7,63	9,2	16,4	POCu		20,9	11,9	16,9
PGCuV		405	519	578	POCuV		259	188,3	310
PGHg		11,0	9,1	22,4	POHg		13,9	19,0	35
PGC		14,8	59,5	180	POC		17,1	27,9	52,5
Lg - linho+gesso	-	1584	975	1415	Lg	-	1584	975	1415
LgG		1204	1095	1195	LgO		29,3	16,2	71,1
LgGPb		146	81,7	45,1	LgOPb		11,6	93,1	46,3
LgGPbM		20,4	77,5	109,8	LgOPbM		25,8	958	1403
LgGFe		125	105,8	140,5	LgOFe		34,6	125,3	96,3
LgGCu		168	571	187	LgOCu		32,4	637	307,5
LgGCuV		932	788	628	LgOCuV		473	126,4	581
LgGHg		524	127	80,2	LgOHg		447,9	163,3	330
LgGC		371	177,3	111,0	LgOC		29,2	26,13	75,5
Lc - linho+carbonato	-	51,3	24,5	67,0	Lc	-	51,3	24,5	67,0
LcG		27,8	31,0	67,2	LcO		393	137,1	233
LcGPb		7,95	19,8	27,5	LcOPb		6,41	26,7	23,5
LcGPbM		14,1	34,0	42,8	LcOPbM		17,2	25,6	117
LcGFe		22,9	41,7	81,84	LcOFe		28,7	39,5	59,2
LcGCu		28,4	22,8	32,0	LcOCu		11,76	39,5	50,2
LcGCuV		817	461	567	LcOCuV		213	158,6	489
LcGHg		19,2	34,4	31,4	LcOHg		23,4	26,0	44
LcGC		46,5	34,5	88,6	LcOC		20,7	20,4	65,7

















































































I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Pb – Branco de chumbo; **PbM** – Míniun; **Fe** – Ocre; **Cu** – Malaquita; **CuV** – Verdigirs; **Hg** – Cinábrio; **C** – Negro
Medições obtidas com condutímetro de contacto portátil com sonda de titânio, marca *Crison*, modelo CM35; condutividade da água destilada entre 0,25 e 0,91, com condições ambientais da sala entre 19° C e 23° C de temperatura e entre 49 % e 54,3 % de humidade relativa.

Valores de condutividade da superfície dos provetes obtidos a partir método 1

	Suportes + cola (G) + pigmento		Suportes + óleo (O) + pigmento				
	I	III	I	III			
A- alabastro	-	1370	-	1370			
AG		1620	1680	A	-	1370	-
AGPb		1300	1090	AO		500	620
AGPbM		4800	1400	AOPb		410	450
AGFe		1370	840	AOPbM		350	300
AGCu		1230	1060	AOfFe		650	350
AGCuV		2700	1490	AOCu		400	440
AGHg		480	310	AOCuV		520	250
AGC		1690	1840	AOHg		600	570
				AOC		63	260
V - vidro	-	-	-	V	-	-	-
VG		1020	270	VO		530	540
VGPb		500	310	VOPb		350	300
VGPbM		184	330	VOPbM		54	74
VGFe		710	820	VOFe		133	160
VGCu		200	250	VOCu		280	570
VGCuV		3000	1420	VOCuV		840	410
VGHg		350	390	VOHg		480	420
VGC		1100	550	VOC		230	320
P - pinho	-	300	-	P	-	300	-
PG		380	530	PO		470	540
PGPb		720	460	POPb		520	450
PGPbM		980	890	POPbM		520	450
PGFe		3200	3100	POFe		500	670
PGCu		700	260	POCu		161	188
PGCuV		2400	2100	POCuV		1350	300
PGHg		380	450	POHg		470	430
PGC		2000	3400	POC		410	610
Lg - linho+gesso	-	-	-	Lg	-	-	-
LgG		1130	1490	LgO		1870	2000
LgGPb		1340	890	LgOPb		480	390
LgGPbM		2000	770	LgOPbM		750	330
LgGFe		3300	2100	LgOFe		750	1320
LgGCu		2500	1090	LgOCu		860	1000
LgGCuV		3400	3700	LgOCuV		1380	730
LgGHg		1420	1210	LgOHg		1910	1330
LgGC		3800	2000	LgOC		3000	2500
Lc - linho+carbonato	-	-	-	Lc	-	-	-
LcG		1810	440	LcO		675	450
LcGPb		1090	730	LcOPb		280	200
LcGPbM		1307	1450	LcOPbM		1270	750
LcGFe		1060	1006	LcOFe		460	490
LcGCu		990	2600	LcOCu		970	1030
LcGCuV		3200	2900	LcOCuV		2200	2300
LcGHg		790	530	LcOHg		600	520
LcGC		540	1200	LcOC		1100	650

I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

Pb – Branco de chumbo; **PbM** – Míniun; **Fe** – Ocre; **Cu** – Malaquita; **CuV** – Verdigris; **Hg** – Cinábrio; **C** – Negro
 Medições obtidas com condutímetro de contacto portátil *Twin Cond*, marca *Horiba*, marca *Crison*, modelo *CM35*; condutividade da água destilada de 0,20

Resultados do teste de sensibilidade à água

	Suportes + cola (G) + pigmento			Suportes + óleo (O) + pigmento		
	I	II	III	I	II	III
A- alabastro	-			A	-	
AG				AO		20
AGPb		5	10	AOPb		+30
AGPbM		5	5	AOPbM		+30
AGFe		5	5	AOFe		+30
AGCu		10	5	AOCu		+30
AGCuV		10	5	AOCuV		+30
AGHg		15	5	AOHg		+30
AGC		10	5	AOC		+30
V - vidro	-			V	-	
VG		5	5	VO		+30
VGPb		5	5	VOPb		+30
VGPbM		5	5	VOPbM		+30
VGFe		5	5	VOFe		20
VGCu		10	5	VOCu		+30
VGCuV		5	5	VOCuV		+30
VGHg		5	5	VOHg		+30
VGC		5	5	VOC		+30
P - pinho	-			P	-	
PG		20	10	PO		25
PGPb		10	5	POPb		20
PGPbM		10	5	POPbM		15
PGFe		10	5	POFe		10
PGCu		15	5	POCu		30
PGCuV		5	5	POCuV		30
PGHg		5	5	POHg		+30
PGC		5	5	POC		20
Lg - linho+gesso	-			Lg	-	
LgG		5	5	LgO		30
LgGPb		10	5	LgOPb		+30
LgGPbM		5	5	LgOPbM		+30
LgGFe		5	5	LgOFe		20
LgGCu		10	10	LgOCu		15
LgGCuV		5	5	LgOCuV		30
LgGHg		5	5	LgOHg		25
LgGC		5	5	LgOC		5
Lc - linho+carbonato	-			Lc	-	
LcG		5	5	LcO		30
LcGPb		10	10	LcOPb		+30
LcGPbM		15	5	LcOPbM		+30
LcGFe		10	10	LcOFe		30
LcGCu		15	15	LcOCu		5
LcGCuV		5	5	LcOCuV		5
LcGHg		5	10	LcOHg		10
LcGC		5	5	LcOC		5

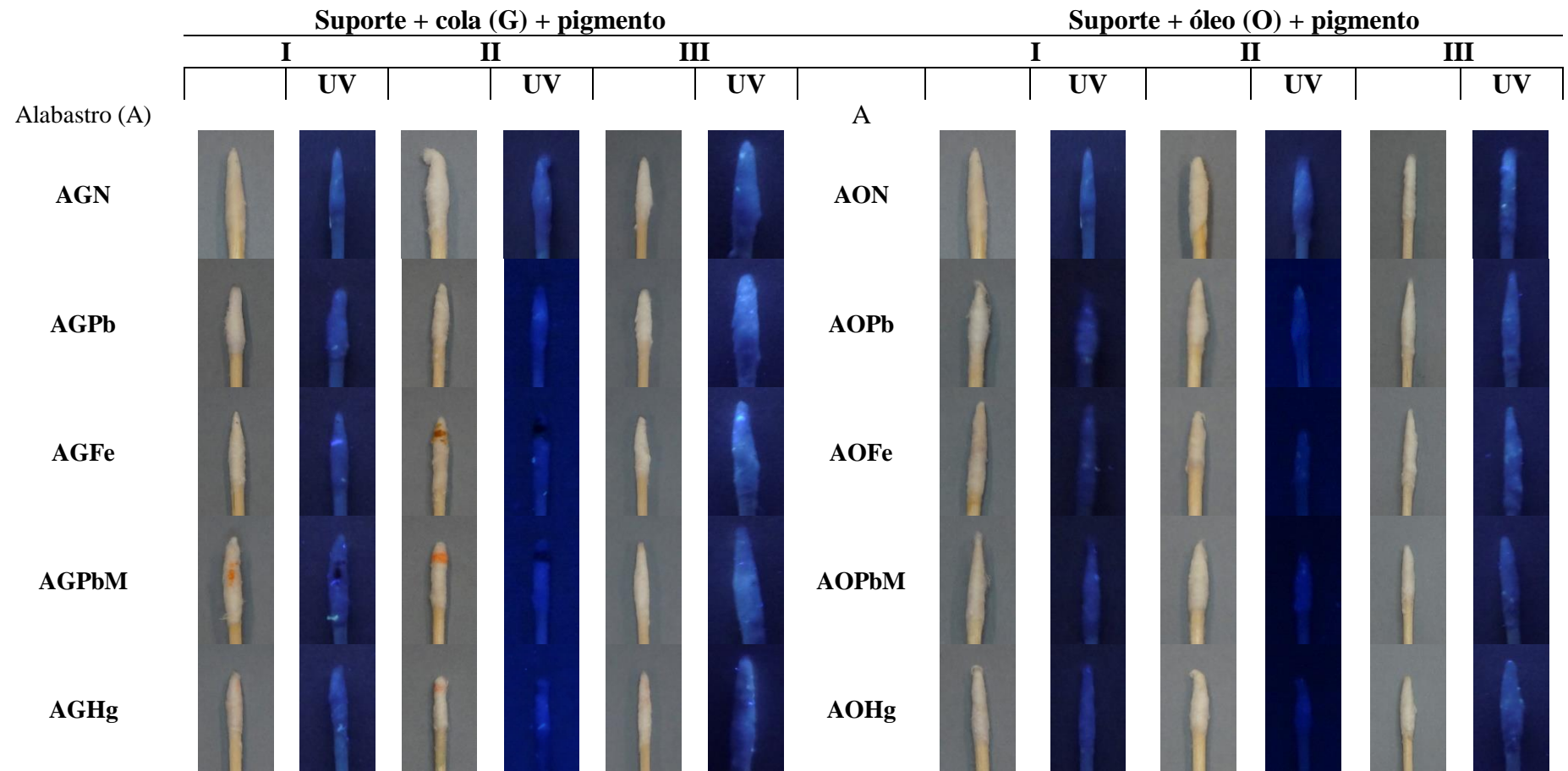
I – Valor medido antes do teste de envelhecimento

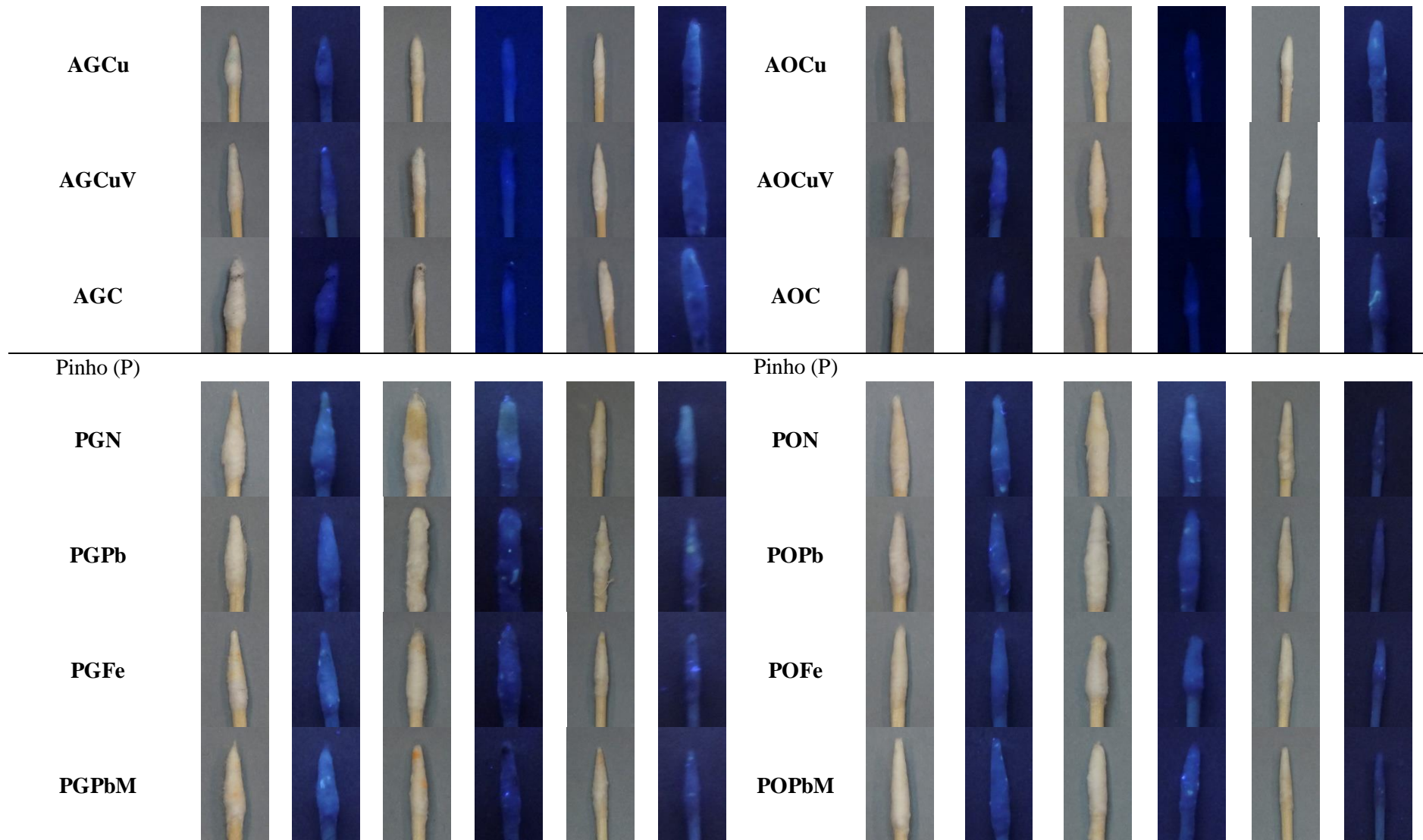
II – Valor medido após o provete ser submetido a envelhecimento com oscilações de temperatura e humidade relativa

III – Valor medido após o provete ser submetido a **II** seguido de envelhecimento fotoquímico com radiação ultravioleta (360 nm)

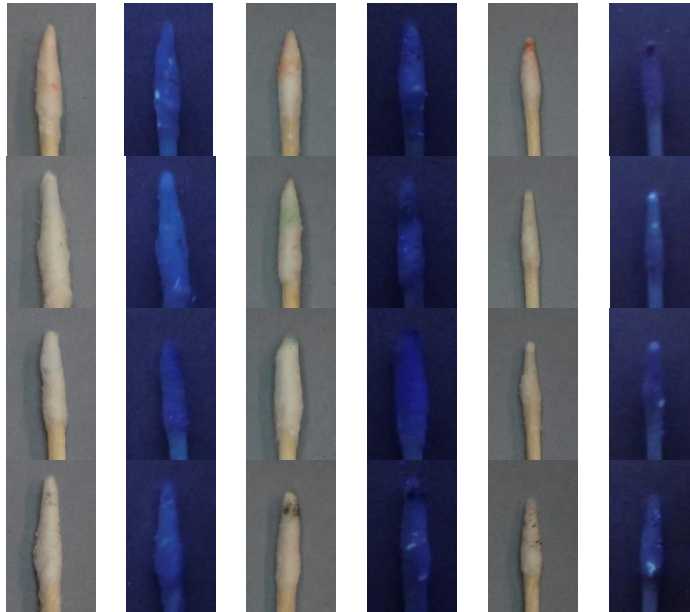
Pb – Branco de chumbo; **PbM** – Míniun; **Fe** – Ocre; **Cu** – Malaquita; **CuV** – Verdigirs; **Hg** – Cinábrio; **C** – Negro da água destilada entre 6,5 e 7,8, com condições ambientais da sala entre 14° C e 19,2° C de temperatura e entre 49 % e 54,3 % de humidade relativa

Registro fotográfico dos resultados do teste de sensibilidade à água





PGHg



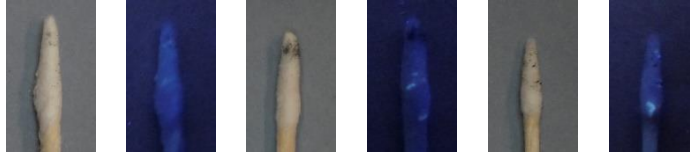
PGCu



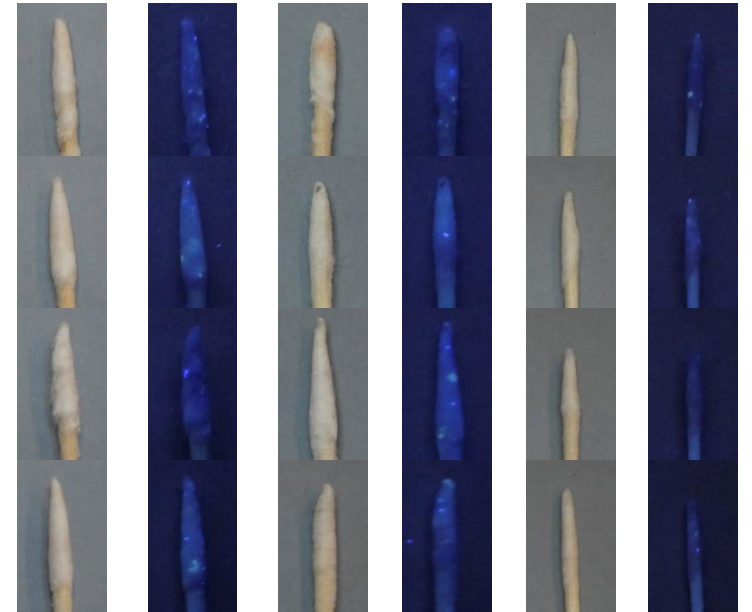
PGCuV



PGC



POHg



POCu



POCuV

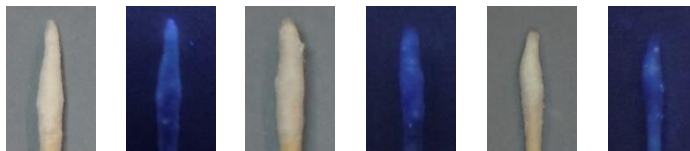


POC

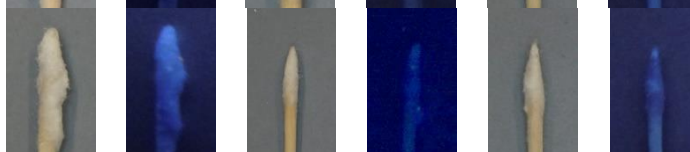


Linho+gesso
(Lg)

LgG



LgGPb



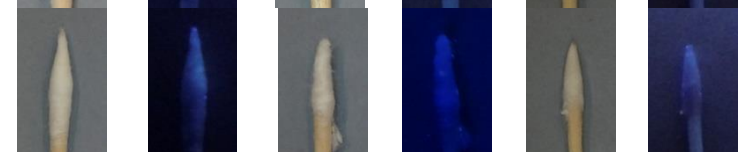
LgGFe



LgO

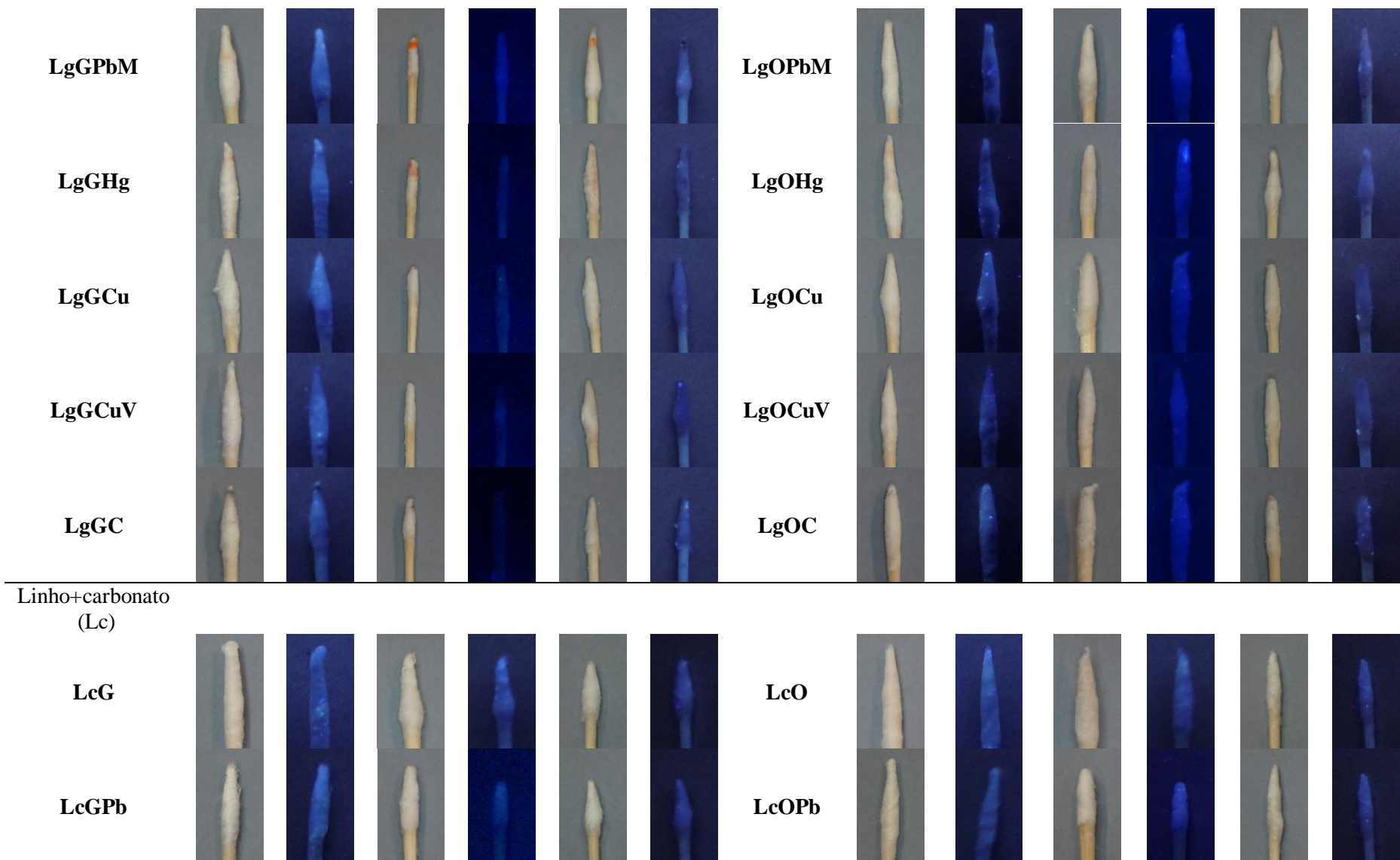


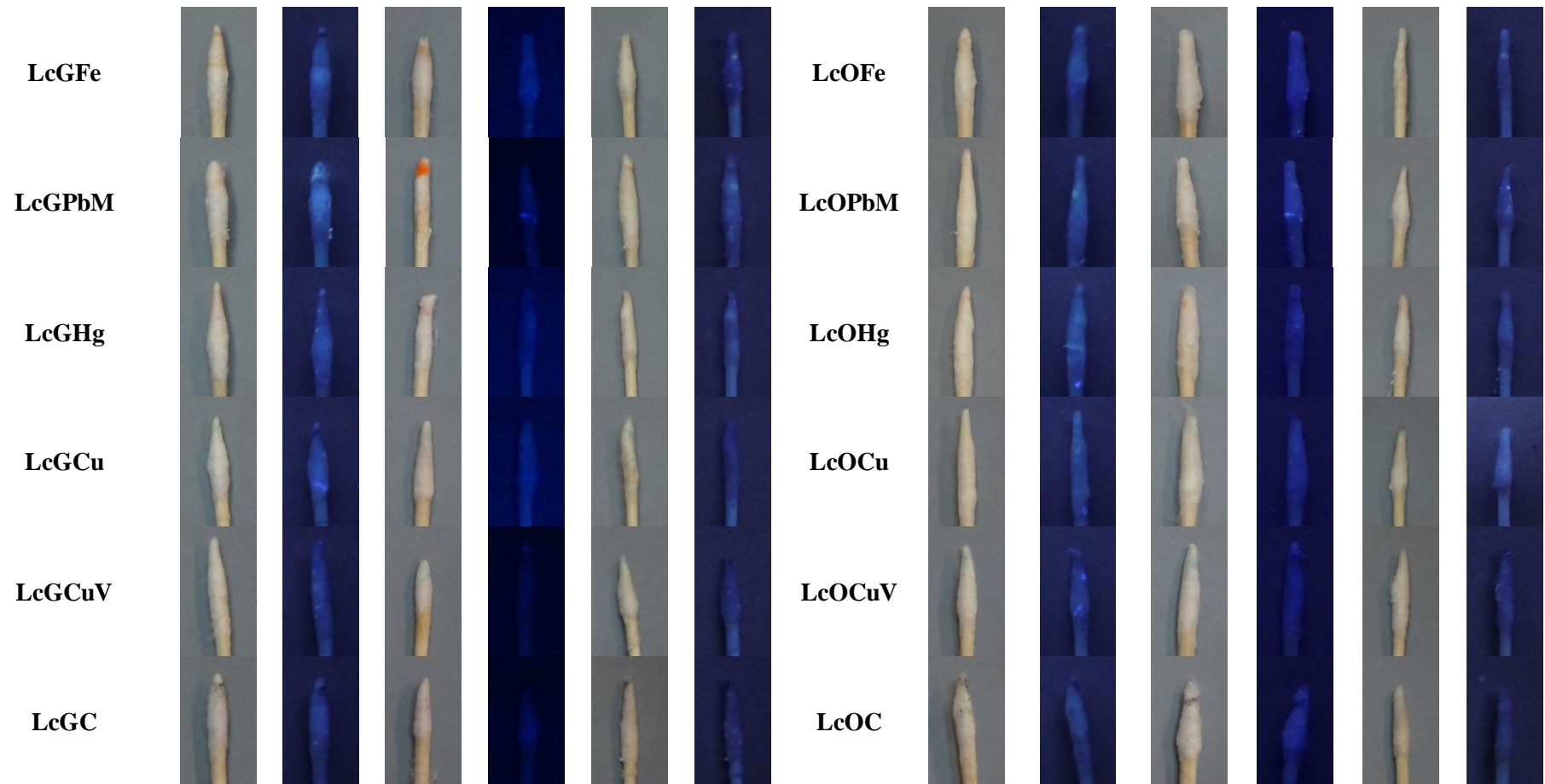
LgOPb




LgOFe











7.2. Apêndice II - Fichas técnicas dos provetes







Alabastro (A)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	A I Antes de teste de envelhecimento	6,5	6,5	739 μS	1370 μS
	A III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	5,4	/	1050 μS	/


Ângulo de contacto	
A I	A III
	

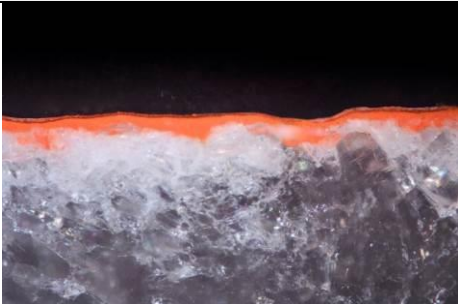
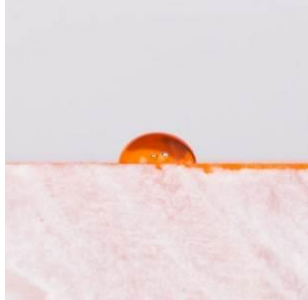
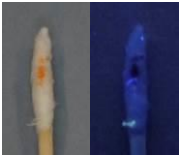

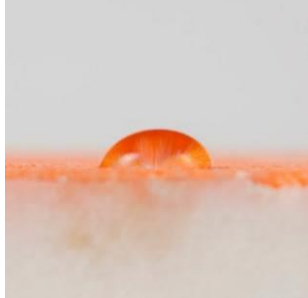

Alabastro + Cola (AG)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AG I Antes de teste de envelhecimento	5,7	6,5	733 μS	1620 μS
	AG III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	6,0	6,5	906 μS	1680 μS


Ângulo de contacto	
AG I	AG III
	

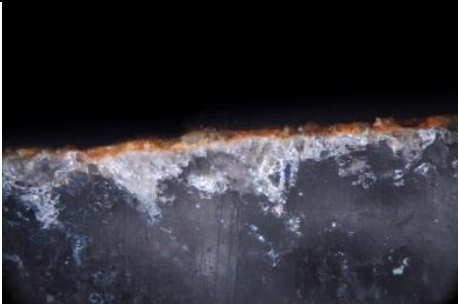

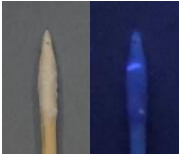
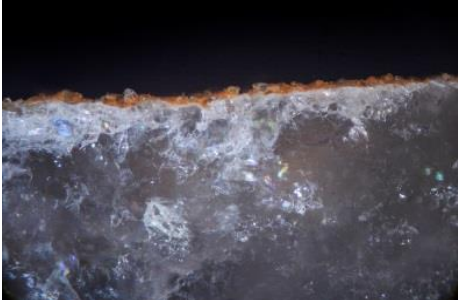


Alabastro + Cola + Branco de chumbo (AGPb)			pH		Condutividade	
	Método		1	2	1	2
	AGPb I Antes de teste de envelhecimento		6,47	6,66	121 μS	1300 μS
	AGPb III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV		5,65	6,47	36 μS	1090 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AGPb I			Muito sensível (5 rodadas) 
AGPb III			Muito sensível (5 rodadas) 





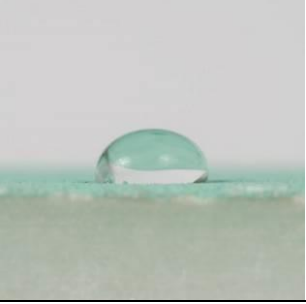

Alabastro + Cola + Minium (AGPbM)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AGPbM I Antes de teste de envelhecimento	6,85	6,68	97,3 μS	4800 μS
	AGPbM III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	6,47	6,64	24,4 μS	1400 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AGPbM I			Muito sensível (5 rodadas) 
AGPbM III			Sensível (15 rodadas) 







Alabastro + Cola + Ocre (AGFe)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AGFe I Antes de teste de envelhecimento	6,85	7,30	33,6 μS	1370 μS
	AGFe III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	6,23	7,31	37,9 μS	840 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AGFe I			Muito sensível (5 rodadas) 
AGFe III			Muito sensível (5 rodadas) 

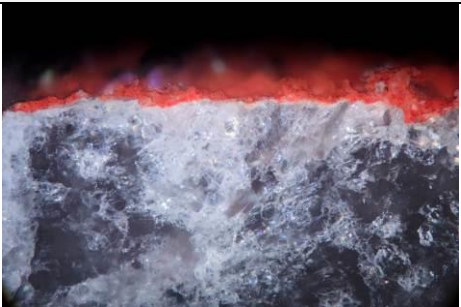
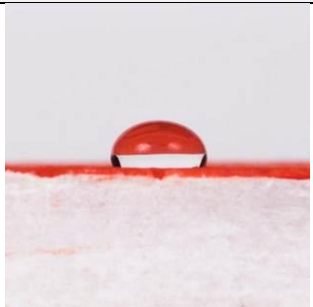


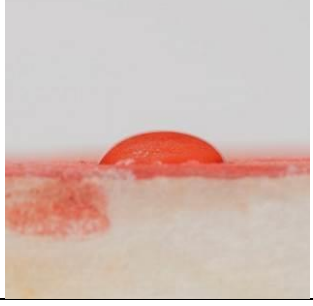

Alabastro + Cola + Malaquita (AGCu)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AGCu I Antes de teste de envelhecimento	6,30	6,69	44,7 μS	1230 μS
	AGCu III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	6,43	6,70	23,4 μS	1060 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AGCu I			Sensível (10 rodadas) 
AGCu III			Sensível (15 rodadas) 





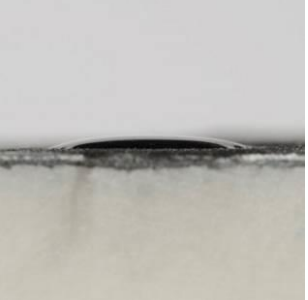

Alabastro + Cola + Verdigris (AGCuV)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AGCuV I Antes de teste de envelhecimento	5,46	5,77	660 μS	2700 μS
	AGCuV III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,80	5,67	146 μS	1490 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AGCuV I			Sensível (10 rodadas) 
AGCuV III			Muito sensível (5 rodadas) 

Alabastro + Cola + Cinábrio (AGHg)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AGHg I Antes de teste de envelhecimento	4,60	5,05	100 μS	480 μS
	AGHg III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	5,77	6,12	63 μS	310 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AGHg I			Sensível (15 rodadas) 
AGHg III			Muito sensível (5 rodadas) 


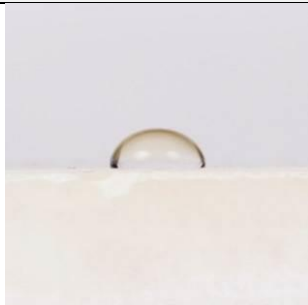


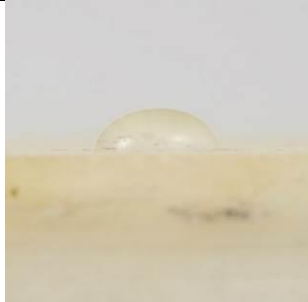

Alabastro + Cola + Negro (AGC)			pH		Condutividade	
	Método		1	2	1	2
	AGC I Antes de teste de envelhecimento		7,31	7,76	84,3 μS	1690 μS
	AGC III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV		7,72	7,23	71,7 μS	1840 μS

	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AGC I			Sensível (10 rodadas) 
AGC III			Muito sensível (5 rodadas) 

Alabastro + Óleo (AO)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AO I Antes de teste de envelhecimento	4,8	4,8	393 μS	500 μS
	AO III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	4,3	4,3	233 μS	620 μS


Ângulo de contacto	
AO I	AO III
	


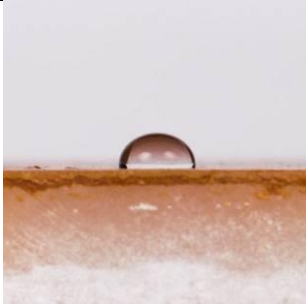




Alabastro + Óleo + Branco de chumbo (AOPb)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AOPb I Antes de teste de envelhecimento	4,84	4,81	68,8 μS	410 μS
	AOPb III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	4,89	4,61	129,5 μS	450 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AOPb I			Não sensível (+30 rodadas) 
AOPb III			Não sensível (+30 rodadas) 


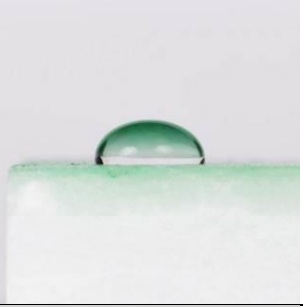

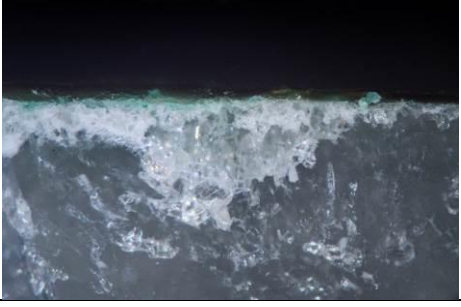


Alabastro + Óleo + Minium (AOPbM)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AOPbM I Antes de teste de envelhecimento	6,84	6,85	84,4 μS	350 μS
	AOPbM III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,57	6,70	17,5 μS	300 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AOPbM I			<p>Não sensível (+30 rodadas)</p>
AOPbM III			<p>Não sensível (+30 rodadas)</p>


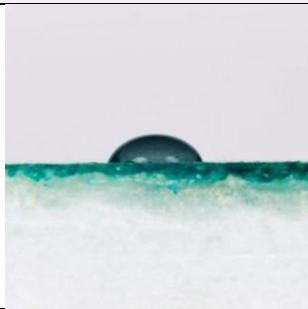




Alabastro + Óleo + Ocre (AOFe)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AOFe I Antes de teste de envelhecimento	4,84	4,75	46,6 μS	650 μS
	AOFe III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	4,51	4,34	45,2 μS	360 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AOFe I			Muito pouco sensível (25 rodadas) 
AOFe III			Não sensível (+30 rodadas) Muito pouco sensível (25 rodadas) 


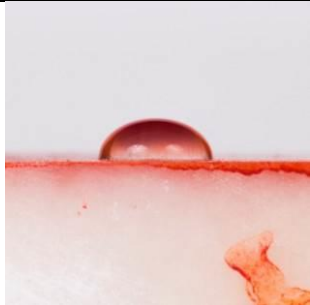

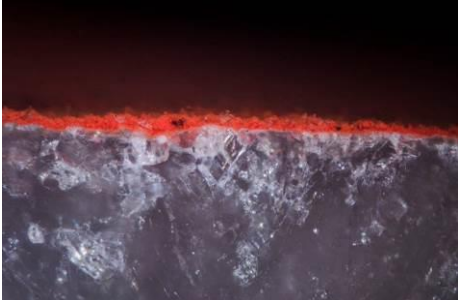
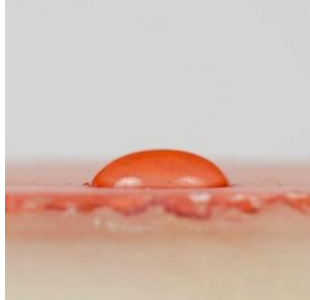

Alabastro + Óleo + Malaquita (AOCu)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AOCu I Antes de teste de envelhecimento	5,19	4,84	68,2 μS	400 μS
	AOCu III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	4,88	4,96	45,8 μS	440 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AOCu I			<p>Não sensível (+30 rodadas)</p> 
AOCu III			<p>Não sensível (+30 rodadas)</p> 



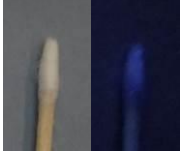

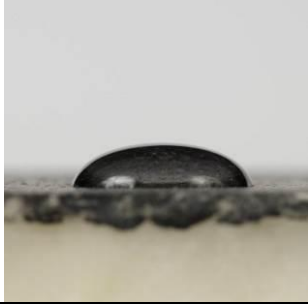

Alabastro + Óleo + Verdigris (AOCuV)			pH		Condutividade	
	Método		1	2	1	2
	AOCuV I Antes de teste de envelhecimento		6,12	6,01	213 μS	520 μS
	AOCuV III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV		5,39	5,91	489 μS	250 μS

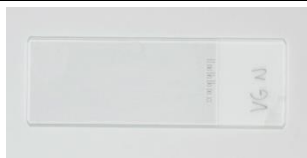

	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AOCuV I			Não sensível (+30 rodadas) 
AOCuV III			Não sensível (+30 rodadas) 

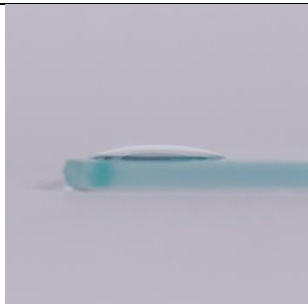
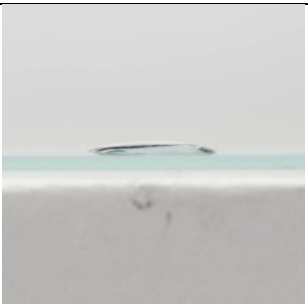
Alabastro + Óleo + Cinábrio (AOHg)			pH		Condutividade	
	Método		1	2	1	2
	AOHg I Antes de teste de envelhecimento		4,14	4,39	56,9 μS	600 μS
	AOHg III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV		4,34	4,37	68,3 μS	570 μS



	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AOHg I			Não sensível (+30 rodadas) 
AOHg III			Não sensível (+30 rodadas) 

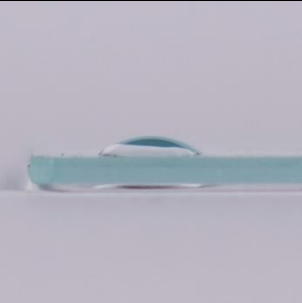
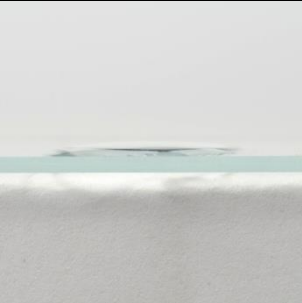
Alabastro + Óleo + Negro (AOC)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	AOC I Antes de teste de envelhecimento	6,12	5,68	48,5 μS	63 μS
	AOC III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	4,74	5,53	72,2 μS	263 μS



	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
AOC I			Não sensível (+30 rodadas) 
AOC III			Não sensível (+30 rodadas) 

Vidro (V)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	V I Antes de teste de envelhecimento	7,6	7,6	0,8 μS	/
	V III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	/	6,8	0,9 μS	/



Ângulo de contacto	
V I	V III
	

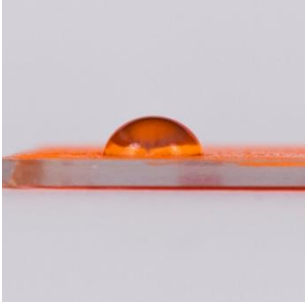
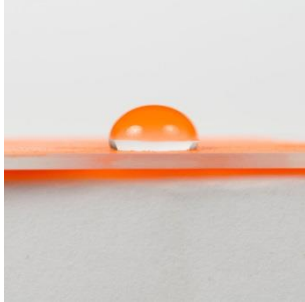
Vidro (VG)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VG I Antes de teste de envelhecimento	6,5	6,5	/	1020 μS
	VG III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,9	6,5	9,16 μS	270 μS



Ângulo de contacto	
VG I	VG III
	

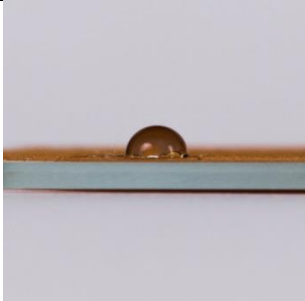

Vidro + Cola + Branco de Chumbo (VGPb)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VGPb I Antes de teste de envelhecimento	6,4	6,6	8,5 μS	500 μS
	VGPb III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,1	6,6	19,2 μS	310 μS


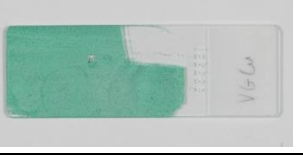
Ângulo de contacto	
VGPb I	VGPb III
	

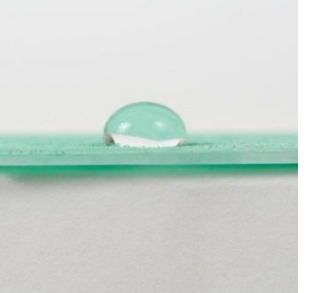
Vidro + Cola + Minium (VGPbM)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VGPbM I Antes de teste de envelhecimento	5,8	6,6	6,4 μS	184 μS
	VGPbM III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	6,0	6,5	8,6 μS	330 μS

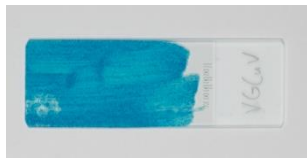
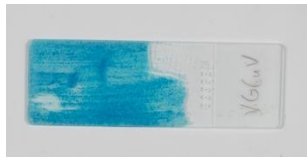
Ângulo de contacto	
VGPbM I	VGPbM III
	


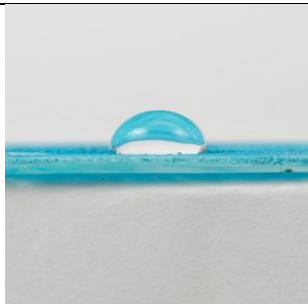
Vidro + Cola + Ocre (VGFe)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VGFe I Antes de teste de envelhecimento	6,5	7,4	12,6 μS	710 μS
	VGFe III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,7	7,4	46,6 μS	820 μS



Ângulo de contacto	
VGFe I	VGFe III
	

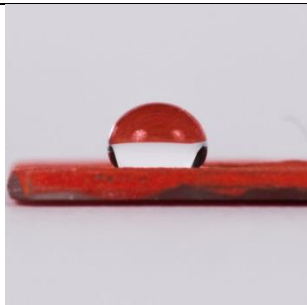
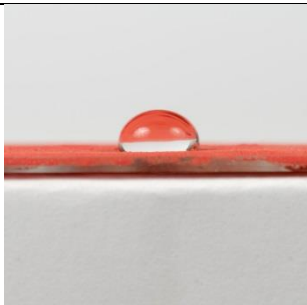
Vidro + Cola + Malaquita (VGCu)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VGCu I Antes de teste de envelhecimento	6,3	6,3	4,5 μS	200 μS
	VGCu III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	5,9	6,0	7,6 μS	250 μS



Ângulo de contacto	
VGCu I	VGCu III
	

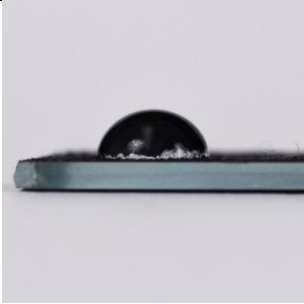

Vidro + Cola + Verdigris (VGCuV)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VGCuV I Antes de teste de envelhecimento	5,5	5,5	1106 μS	3000 μS
	VGCuV III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,2	6,0	474 μS	1420 μS



Ângulo de contacto	
VGCuV I	VGCuV III
	

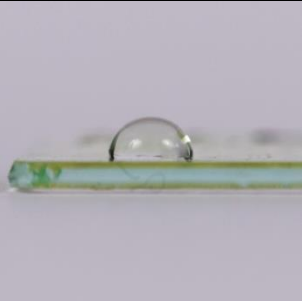
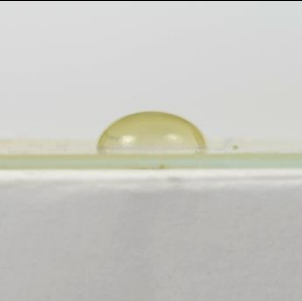
Vidro + Cola + Cinábrio (VGHg)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VGHg I Antes de teste de envelhecimento	4,1	4,8	17,6 μS	350 μS
	VGHg III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	4,0	7,8	16,7 μS	390 μS



Ângulo de contacto	
VGHg I	VGHg III
	

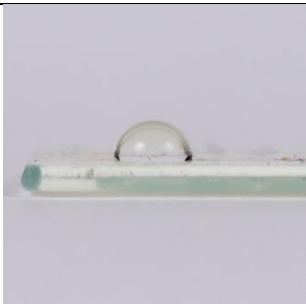
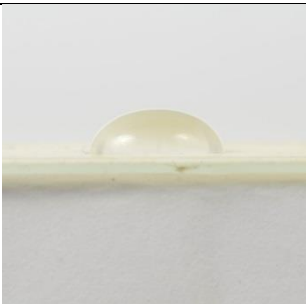
Vidro + Cola + Negro (VGC)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VGC I Antes de teste de envelhecimento	7,0	7,0	20,0 μS	1100 μS
	VGC III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	6,5	7,1	44,7 μS	550 μS

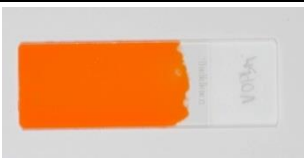

Ângulo de contacto	
VGC I	VGC III
	

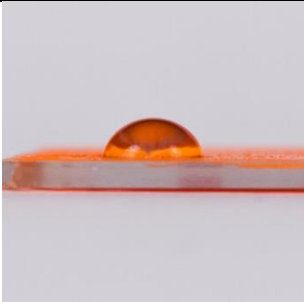
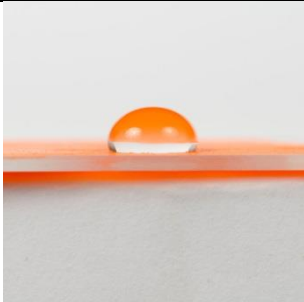
Vidro (VO)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VO I Antes de teste de envelhecimento	5,3	5,3	9,4 μS	530 μS
	VO III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	4,4	4,6	4,6 μS	540 μS



Ângulo de contacto	
VO I	VO III
	

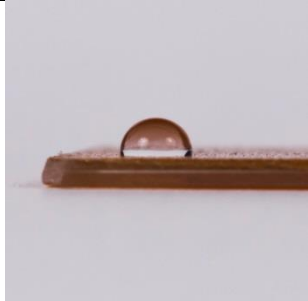

Vidro + Óleo + Branco chumbo (VOPb)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VOPb I Antes de teste de envelhecimento	5,7	4,9	129 μS	350 μS
	VOPb III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,0	4,8	14 μS	300 μS


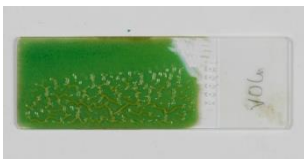
Ângulo de contacto	
VOPb I	VOPb III
	

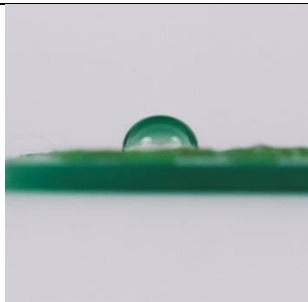
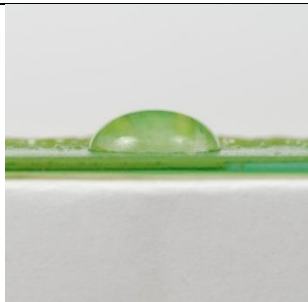
Vidro + Óleo + Minium (VOPbM)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VOPbM I Antes de teste de envelhecimento	6,2	6,2	4,4 μS	54 μS
	VOPbM III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	6,3	6,0	5,2 μS	74 μS


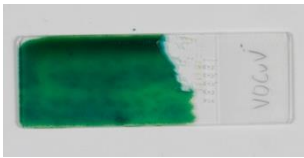
Ângulo de contacto	
VOPbM I	VOPbM III
	

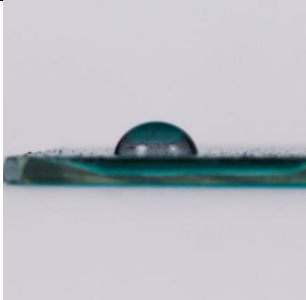
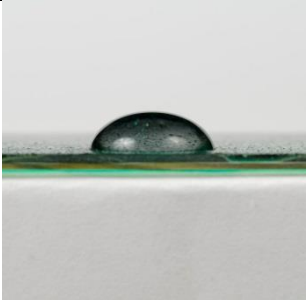
Vidro + Óleo + Ocre (VOFe)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VOFe I Antes de teste de envelhecimento	4,9	4,9	13,1 μS	133 μS
	VGFe III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,5	5,0	24,7 μS	160 μS


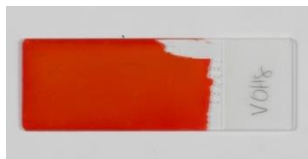
Ângulo de contacto	
VOFe I	VOFe III
	

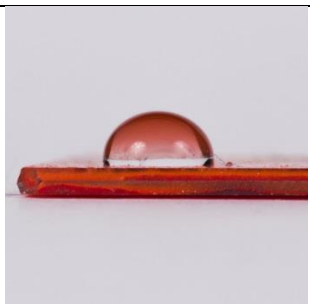
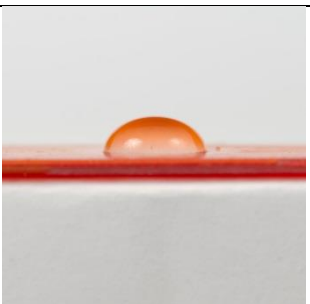
Vidro + Óleo + Malaquita (VOCu)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VOCu I Antes de teste de envelhecimento	5,0	5,2	21,3 μS	280 μS
	VOCu III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	4,8	4,8	12,8 μS	570 μS



Ângulo de contacto	
VOCu I	VGPb III
	

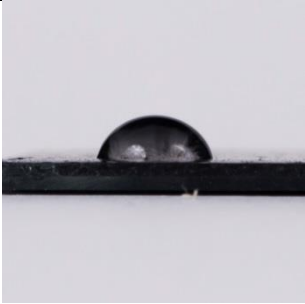
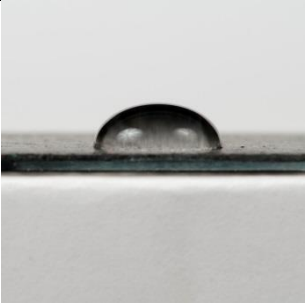
Vidro + Óleo + Verdigris (VOCuV)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VOCuV I Antes de teste de envelhecimento	6,8	6,8	117,3 μS	840 μS
	VOCuV III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	6,6	7,6	131,2 μS	410 μS


Ângulo de contacto	
VOCuV I	VOCuV III
	

Vidro + Óleo + Cinábrio (VOHg)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VOHg I Antes de teste de envelhecimento	4,2	4,2	13,6 μS	480 μS
	VOHg III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	3,9	6,0	19,5 μS	420 μS


Ângulo de contacto	
VOHg I	VOHg III
	

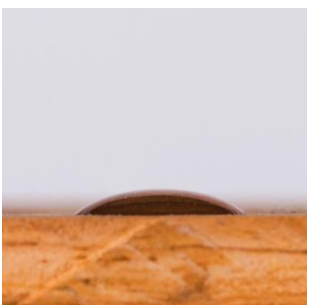

Vidro + Óleo + Negro (VOC)		pH		Condutividade	
Método		1	2	1	2
	VOC I Antes de teste de envelhecimento	5,7	5,7	6,49 μS	230 μS
	VOC III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	5,0	4,8	11,5 μS	320 μS


Ângulo de contacto	
VOC I	VOC III
	

Pinho (P)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	P I Antes de teste de envelhecimento	5,3	6,2	25,9 μS	300 μS
	P III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	4,9	/	65,4 μS	/


Ângulo de contacto	
P I	P III
	


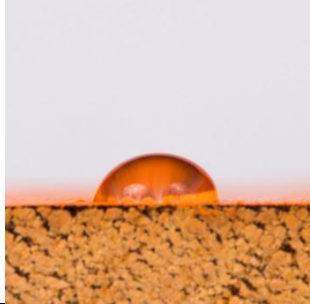
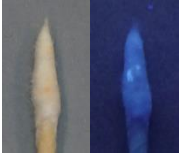



Pinho + Cola (PG)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	PG I Antes de teste de envelhecimento	5,2	5,5	42,6 μS	380 μS
	PG III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,4	6,1	34,4 μS	530 μS


Ângulo de contacto	
PG I	PG I II
	







Pinho + Cola + Branco chumbo (PGPb)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	PGPb I Antes de teste de envelhecimento	5,5	6,1	16 µS	720 µS
	PGPb III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,0	6,1	20,7 µS	460 µS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
PGPb I			<p>Sensível (10 rodadas)</p> 
PGPb III			<p>Sensível (10 rodadas)</p> 

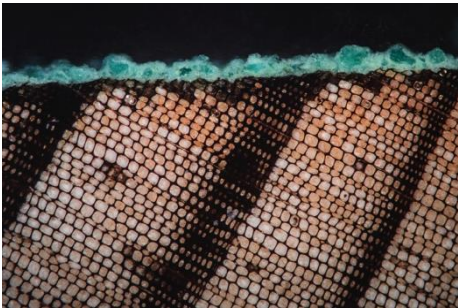


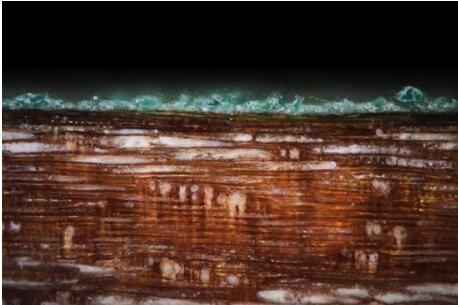


Pinho + Cola + Minium (PGPbM)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	PGPbM I Antes de teste de envelhecimento	5,9	5,85	11,2 μS	980 μS
	PGPbM III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,1	6,50	26,9 μS	890 μS

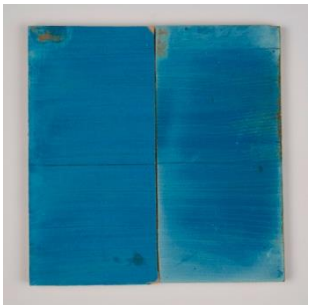
	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
PGPbM I			<p>Sensível (10 rodadas)</p> 
PGPbM III			<p>Sensível (10 rodadas)</p> 

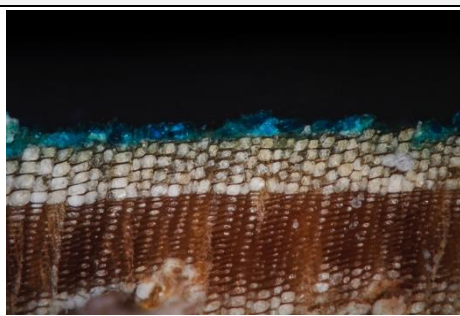
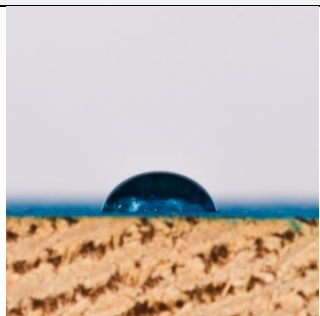


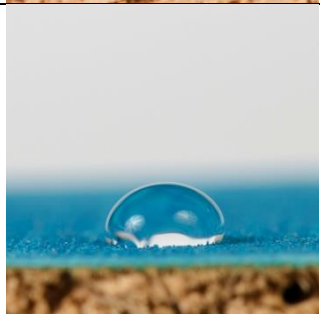
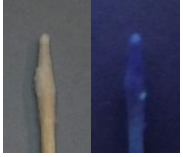
Pinho + Cola + Ocre (PGFe)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	PGFe I Antes de teste de envelhecimento	6,0	6,76	22,3 μS	3200 μS
	PGFe III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	6,0	6,93	147 μS	3100 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
PGFe I			<p>Sensível (10 rodadas)</p> 
PGFe III			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 




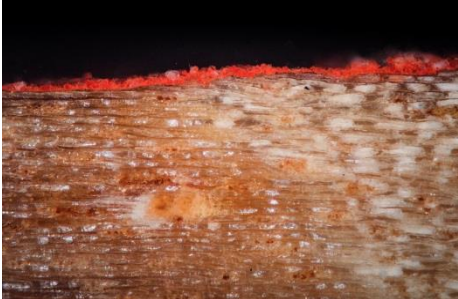


Pinho + Cola + Malaquita (PGCu)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	PGCu I Antes de teste de envelhecimento	5,0	5,9	7,63 μS	700 μS
	PGCu III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	4,6	5,9	16,4 μS	260 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
PGCu I			<p>Sensível (15 rodadas)</p> 
PGCu III			<p>Sensível (15 rodadas)</p> 




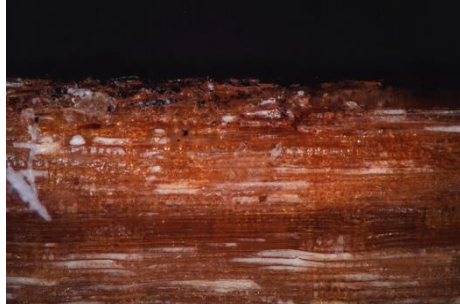

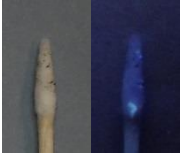
Pinho + Cola + Verdigris (PGCuV)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	PGCuV I Antes de teste de envelhecimento	5,8	5,7	405 μS	2400 μS
PGCuV III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,0	5,8	578 μS	2100 μS	


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
PGCuV I			Sensível (5 rodadas) 
PGCuV III			Sensível (5 rodadas) 


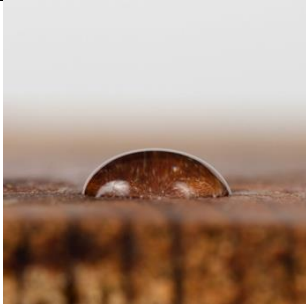
Pinho + Cola + Cinábrio (PGHg)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	PGHg I Antes de teste de envelhecimento	4,6	5,20	11 µS	380 µS
	PGHg III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	4,7	4,89	22,4 µS	450 µS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
PGHg I			Muito sensível (5 rodadas) 
PGHg III			Muito sensível (5 rodadas) 

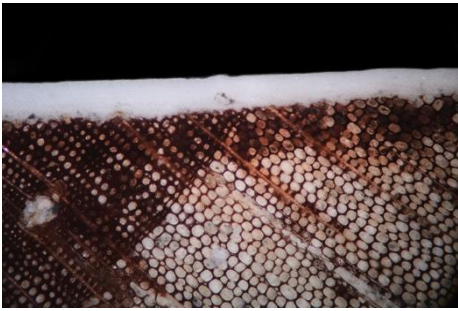


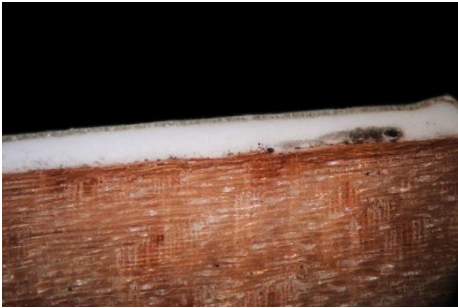


Pinho + Cola + Negro (PGC)		pH		Condutividade		
	Método		1	2	1	2
	PGC I Antes de teste de envelhecimento		6,6	7,0	14,8 µS	2000 µS
	PGC III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV		6,2	6,7	180 µS	3400 µS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
PGC I			<p>Sensível (5 rodadas)</p> 
PGC III			<p>Sensível (5 rodadas)</p> 

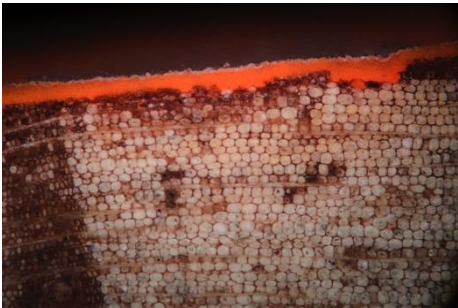


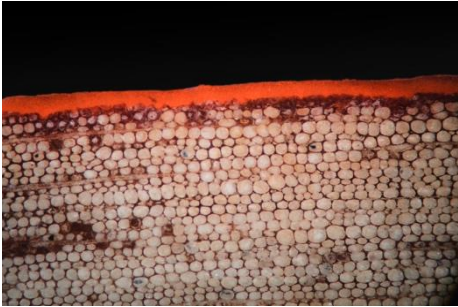


Pinho + Óleo (PO)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	PO I Antes de teste de envelhecimento	4,7	5,2	37,5 μS	470 μS
	PO III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,1	5,5	33,5 μS	540 μS


Ângulo de contacto	
PO I	PO III
	

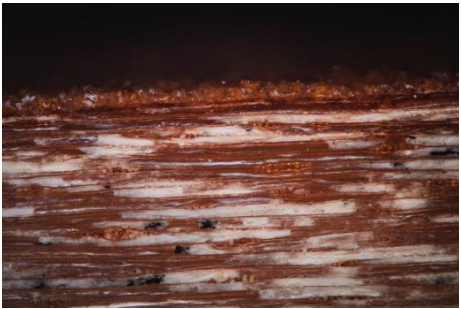


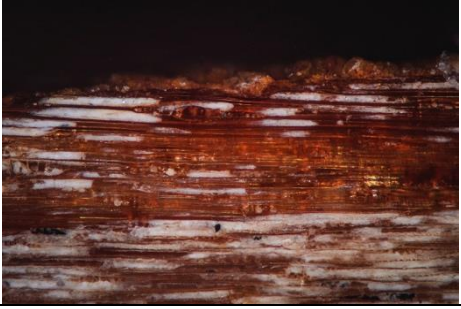
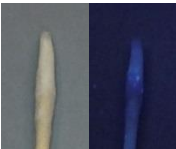
Pinho + Óleo + Branco de Chumbo (POPb)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	POPb I Antes de teste de envelhecimento	5,5	4,5	12,7 μS	520 μS
	POPb III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,1	4,6	22,4 μS	450 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
POPb I			<p>Sensível (25 rodadas)</p> 
POPb III			<p>Sensível (30 rodadas)</p> 

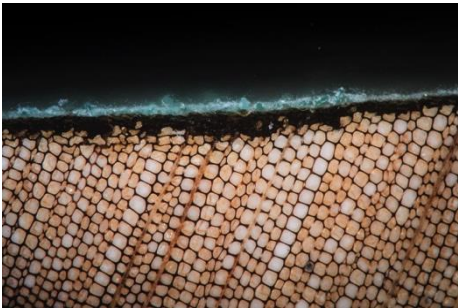


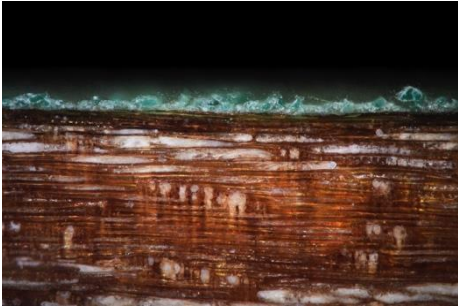

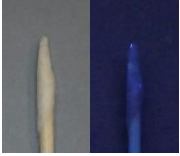
Pinho + Óleo + Minium (POPbM)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	POPbM I Antes de teste de envelhecimento	6,0	6,1	23,4 µS	520 µS
	POPbM III Após teste de envelhecimento T+ HR) + UV	5,5	6,4	39,4 µS	450 µS

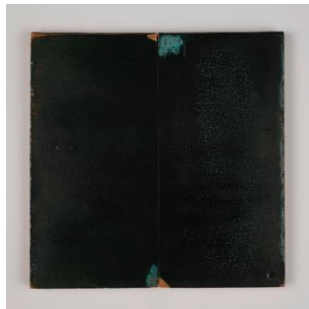
	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
POPbM I			<p>Sensível (30 rodadas)</p> 
POPbM III			<p>Sensível (30 rodadas)</p> 

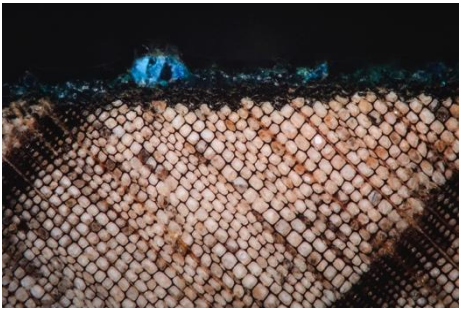


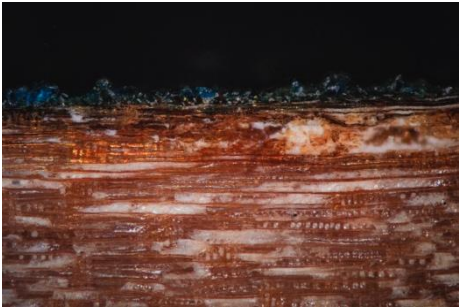

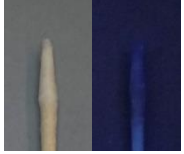
Pinho + Óleo + Ocre (POFe)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	POFe I Antes de teste de envelhecimento	6,0	6,0	34,9 μS	500 μS
	POFe III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,5	5,8	50 μS	670 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
POFe I			<p>Sensível (30 rodadas)</p> 
POFe III		X	<p>Sensível (30 rodadas)</p> 

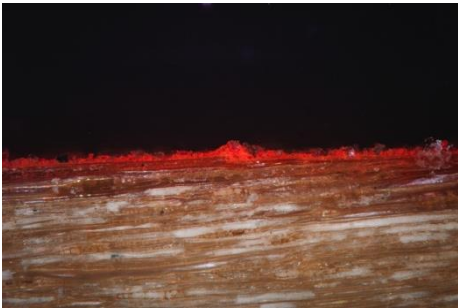


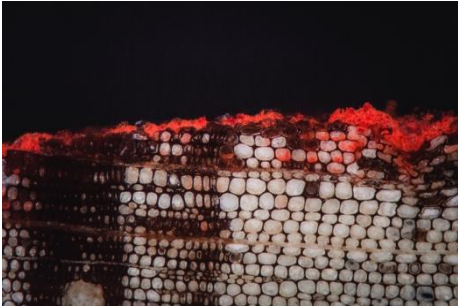


Pinho + Óleo + Malaquita (POCu)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	POCu I Antes de teste de envelhecimento	4,6	5,2	20,9 μS	161 μS
	POCu III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	4,9	5,3	16,9 μS	188 μS

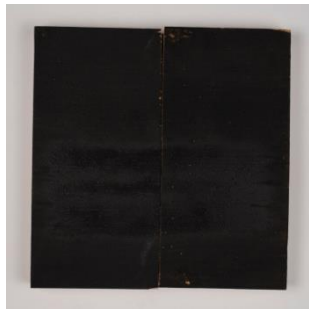
	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
POCu I			Sensível (30 rodadas) 
POCu III			Sensível (30 rodadas) 

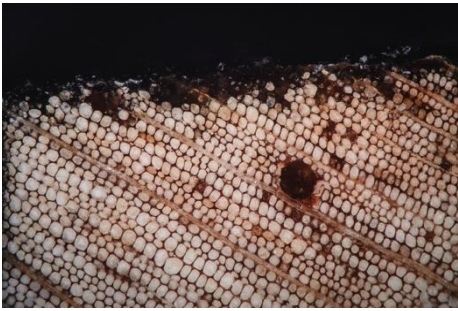

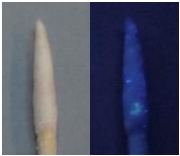
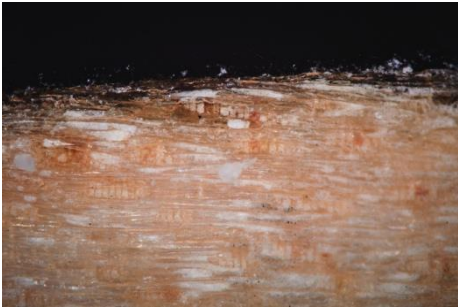

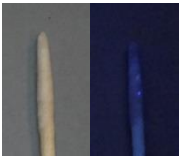
Pinho + Óleo + Verdigris (POCuV)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	POCuV I Antes de teste de envelhecimento	6,1	5,9	259 μS	1350 μS
	POCuV III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,0	6,3	310 μS	300 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
POCuV I			<p>Sensível (30 rodadas)</p> 
POCuV III			<p>Sensível (30 rodadas)</p> 

Pinho + Óleo + Cinábrio (POHg)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	POHg I Antes de teste de envelhecimento	5,0	4,7	13,9 μS	470 μS
	POHg III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,4	5,0	35 μS	430 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
POHg I			Sensível (30 rodadas) 
POHg III			Sensível (30 rodadas) 



Pinho + Óleo + Negro (POC)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	POC I Antes de teste de envelhecimento	6,0	5,6	17,2 µS	410 µS
	POC III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,2	5,7	52,5 µS	610 µS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
POC I			<p>Sensível (20 rodadas)</p> 
POC III			<p>Sensível (30 rodadas)</p> 


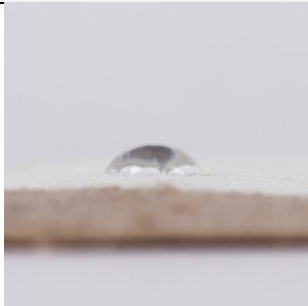




Linho + Gesso (Lg)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	Lg I Antes de teste de envelhecimento	6,5	/	1584 μS	/
	Lg III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,7	/	1415 μS	/


Ângulo de contacto	
Lg I	Lg III
	

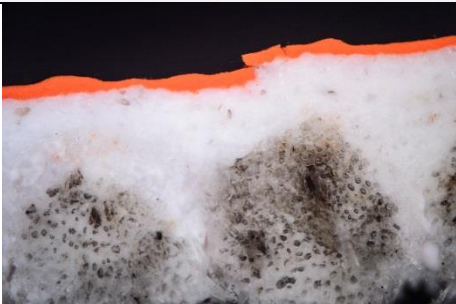



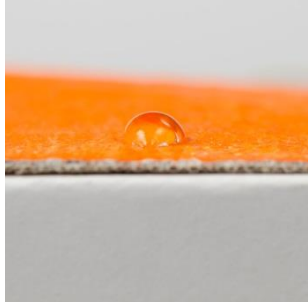
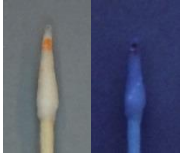
Linho + Gesso + Cola (LgG)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgG I Antes de teste de envelhecimento	6,2	7,4	1204 μS	1130 μS
	LgG III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,5	6,7	1195 μS	1490 μS


Ângulo de contacto	
LgG I	LgG III
	

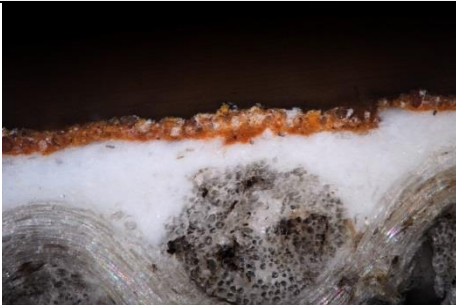

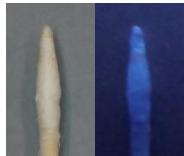
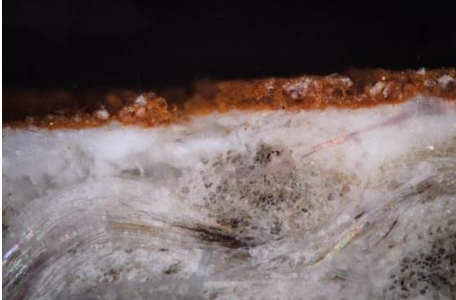
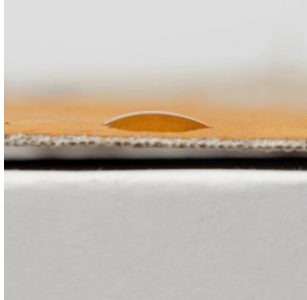

Linho + Gesso + Cola + Branco chumbo (LgGPb)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgGPb I Antes de teste de envelhecimento	5,4	6,40	146 μS	1340 μS
	LgGPb III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,4	6,54	45,1 μS	890 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgGPb I			<p>Sensível (10 rodadas)</p> 
LgGPb III			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 


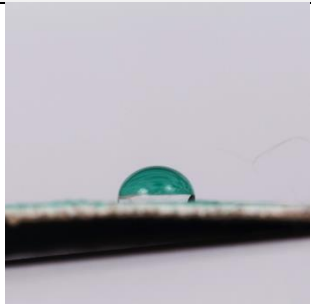




Linho + Gesso + Cola + Minium (LgGPbM)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgGPbM I Antes de teste de envelhecimento	6,1	6,50	20,4 μS	2000 μS
	LgGPbM III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,7	6,55	109,8 μS	770 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgGPbM I			Muito sensível (5 rodadas) 
LgGPbM III			Muito sensível (5 rodadas) 

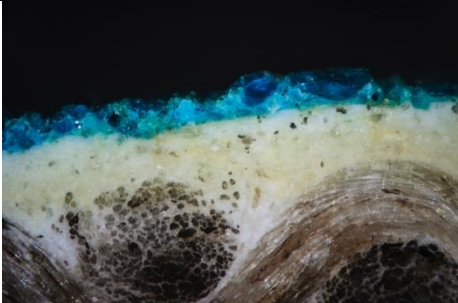


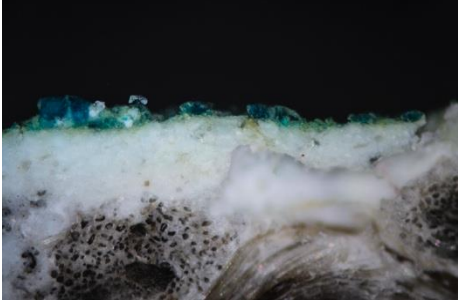
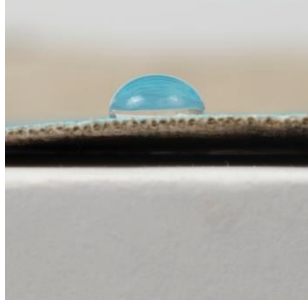

Linho + Gesso + Cola + Ocre (LgGFe)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgGFe I Antes de teste de envelhecimento	6,1	7,18	125 μS	3300 μS
	LgGFe III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,3	7,20	140, 5 μS	2100 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgGFe I			Muito sensível (5 rodadas) 
LgGF III			Muito sensível (5 rodadas) 

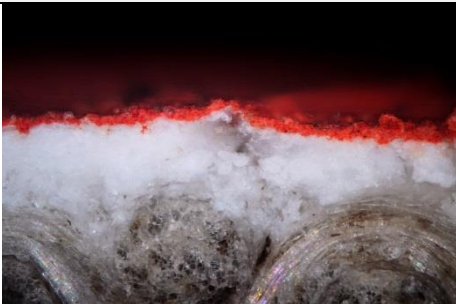
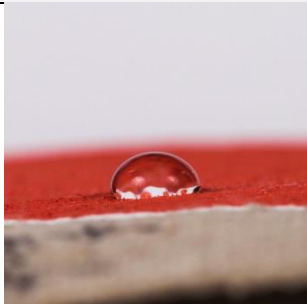
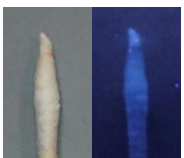



Linho + Gesso + Cola + Malaquita (LgGCu)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgGCu I Antes de teste de envelhecimento	6,0	6,7	168 μS	2500 μS
	LgGCu III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,9	6,6	187 μS	1090 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgGCu I			Muito sensível (10 rodadas) 
LgGCu III			Muito sensível (10 rodadas) 


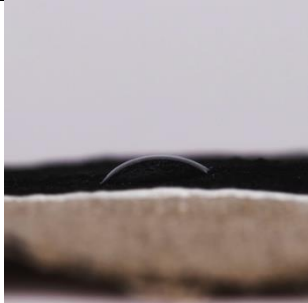


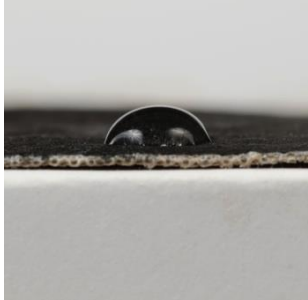

Linho + Gesso + Cola + Verdigris (LgGCuV)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgGCuV I Antes de teste de envelhecimento	5,5	5,4	932 μS	3400 μS
	LgGCuV III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,4	5,9	628 μS	3700 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgGCuV I			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 
LgGCuV III			<p>Muito sensível (10 rodadas)</p> 

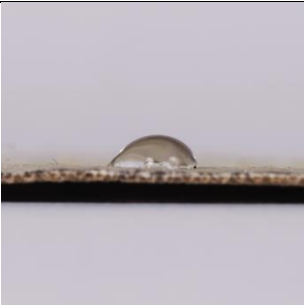

Linho + Gesso + Cola + Cinábrio (LgGHg)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgGHg I Antes de teste de envelhecimento	5,1	6,08	524 μS	1420 μS
	LgGHg III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,5	5,82	80,2 μS	1210 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgGHg I			Muito sensível (5 rodadas) 
LgGHg III			Muito sensível (5 rodadas) 

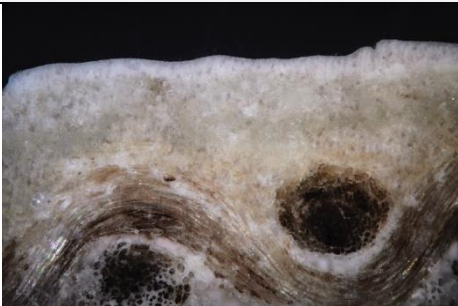





Linho + Gesso + Cola + Negro (LgGC)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgGC I Antes de teste de envelhecimento	7,0	7,3	371 μS	3800 μS
	LgGC III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,4	7,2	111 μS	2000 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgGC I			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 
LgGC III			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 

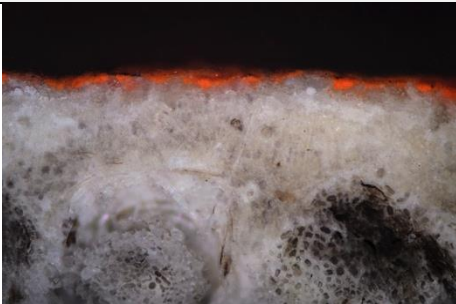



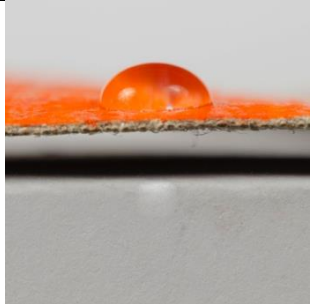

Linho + Gesso + Óleo (LgO)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgO I Antes de teste de envelhecimento	4,7	5,4	29,3 μS	1870 μS
	LgO III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,3	5,8	71,1 μS	2000 μS


Ângulo de contacto	
LgO I	LgO III
	


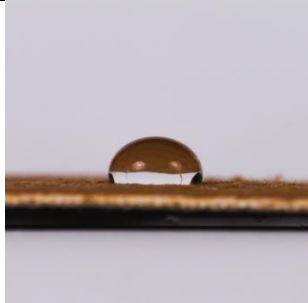


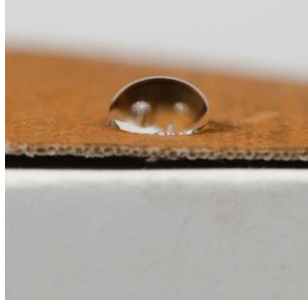

Linho + Gesso + Óleo + Branco de Chumbo (LgOPb)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgOPb I Antes de teste de envelhecimento	5,3	4,9	11,6 μS	480 μS
	LgOPb III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6	5,4	46,3 μS	390 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgOPb I			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 
LgOPb III			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 

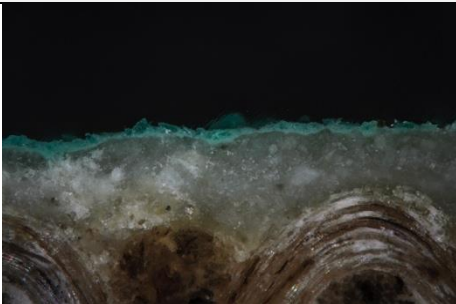
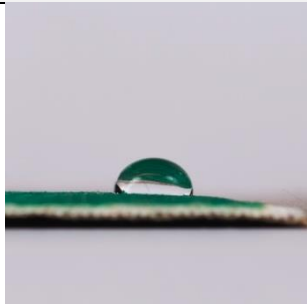




Linho + Gesso + Óleo + Minium (LgOPbM)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgOPbM I Antes de teste de envelhecimento	6,4	5,5	25,8 μS	750 μS
	LgOPbM III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,1	5,8	1403 μS	330 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgOPbM I			Muito sensível (5 rodadas) 
LgOPbM III			Muito sensível (5 rodadas) 

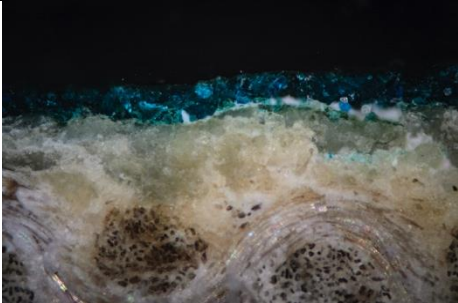
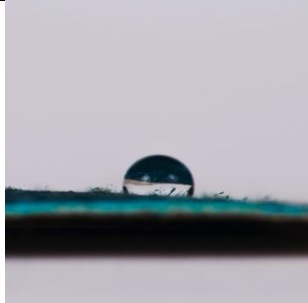

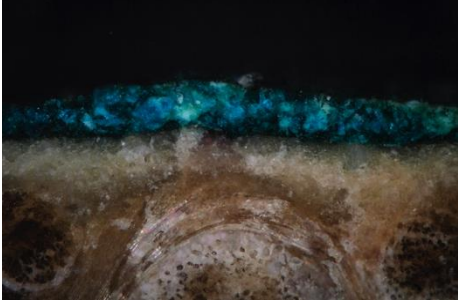
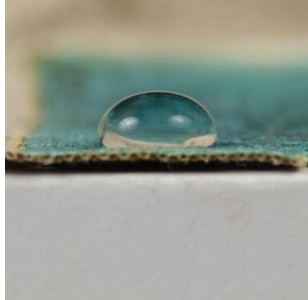

Linho + Gesso + Óleo + Ocre (LgOFe)		pH		Condutividade	
		1	2	1	2
	LgOFe I Antes de teste de envelhecimento	6,3	5,9	34,6 μS	750 μS
	LgOFe III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,8	5,6	96,3 μS	1320 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgOFe I			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 
LgOFe III			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 

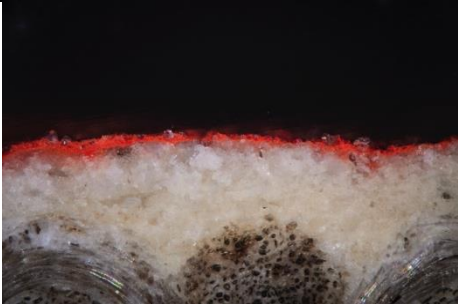


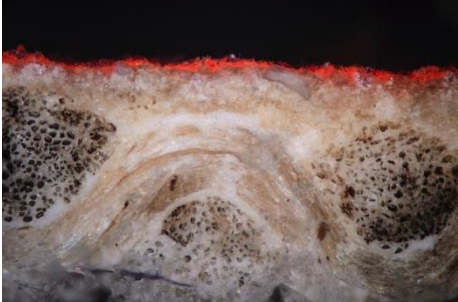


Linho + Gesso + Óleo + Malaquita (LgOCu)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgOCu I Antes de teste de envelhecimento	5,6	5,7	32,4 μS	860 μS
	LgOCu III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,4	5,6	307,5 μS	1000 μS

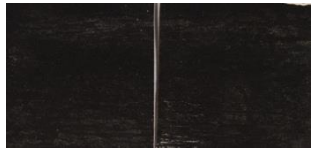
	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgOCu I			Muito sensível (5 rodadas) 
LgOCu III			Muito sensível (5 rodadas) 


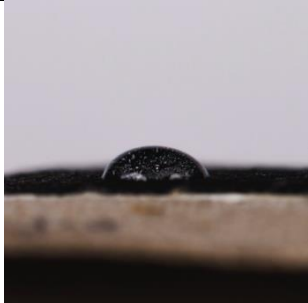


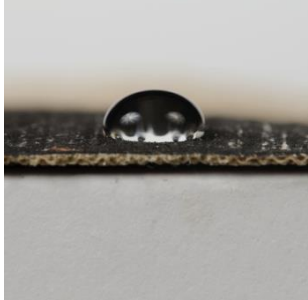

Linho + Gesso + Óleo + Verdigris (LgOCuV)		pH		Condutividade	
		1	2	1	2
	Método				
	LgOCuV I Antes de teste de envelhecimento		5,9	6,0	473 μS
LgOCuV III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV		5,8	6,1	581 μS	730 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgGCuV I			Muito sensível (5 rodadas) 
LgGCuV III			Muito sensível (5 rodadas) 



Linho + Gesso + Óleo + Cinábrio (LgOHg)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LgOHg I Antes de teste de envelhecimento	5,7	4,5	447,9 μS	1910 μS
	LgOHg III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,4	4,4	330 μS	1330 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgOHg I			Muito sensível (5 rodadas) 
LgOHg III			Muito sensível (5 rodadas) 



Linho + Gesso + Óleo + Negro (LgOC)		pH		Condutividade	
		1	2	1	2
	Método				
	LgOC I Antes de teste de envelhecimento	6,0	5,9	29,2 μS	3000 μS
	LgOC III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,3	5,6	75,5 μS	2500 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LgOC I			Muito sensível (5 rodadas) 
LgOC III			Muito sensível (5 rodadas) 

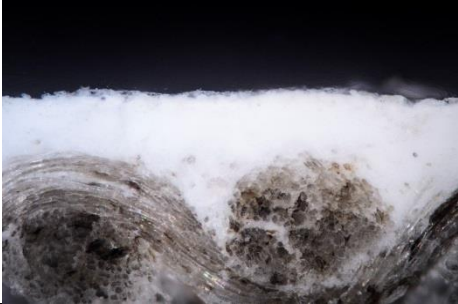

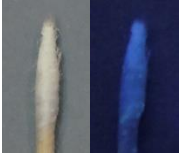


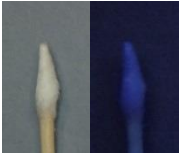
Linho + Carbonato (Lc)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	Lc I Antes de teste de envelhecimento	8,2	8,2	51,3 μS	/
	Lc III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	7,4	8,3	67,0 μS	/


Ângulo de contacto	
Lc I	Lc III
	







Linho + Carbonato + Cola (LcG)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcG I Antes de teste de envelhecimento	6,7	6,7	7,95 μS	1090 μS
	LcG III Após teste de envelhecimento (T+HR) + UV	6,5	7,5	27,5 μS	730 μS

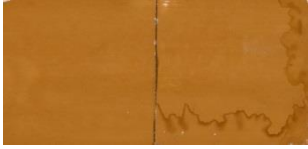
Ângulo de contacto	
LcG I	LcG III
	







Linho + Carbonato + Cola + Branco chumbo (LcGPb)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcGPb I Antes de teste de envelhecimento	6,11	6,60	7,95 μS	1090 μS
	LcGPb III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,79	6,84	27,5 μS	730 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcGPb I			Muito sensível (5 rodadas) 
LcGPb III			Muito sensível (5 rodadas) 

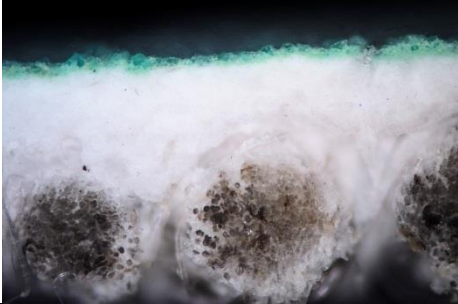
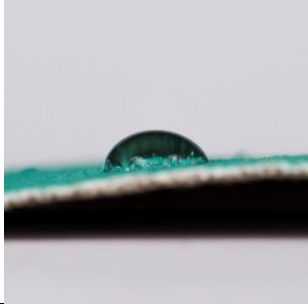

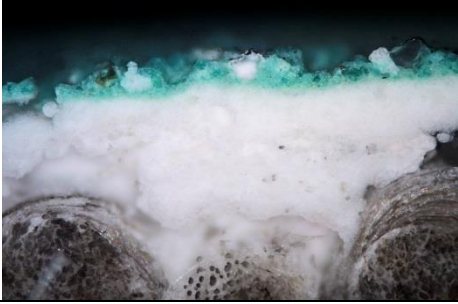
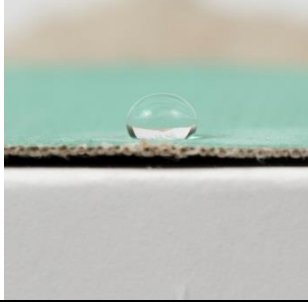

Linho + Carbonato + Cola + Minium (LcGPbM)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcGPbM I Antes de teste de envelhecimento	6,78	6,68	14,1 μS	1307 μS
	LcGPbM III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,01	6,42	42,8 μS	1450 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcGPbM I			Sensível (15 rodadas) 
LcGPbM III			Muito sensível (5 rodadas) 

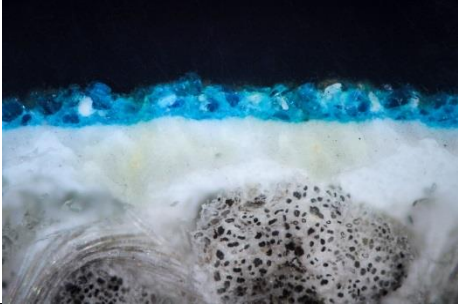
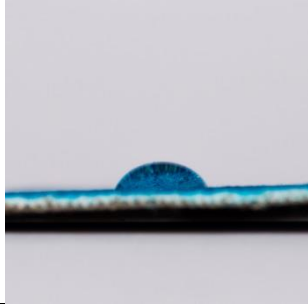

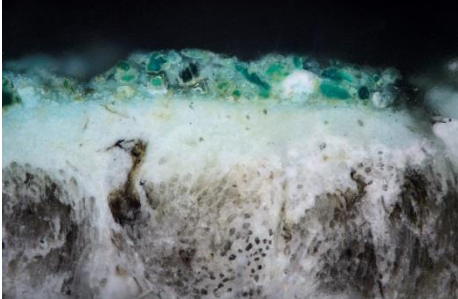
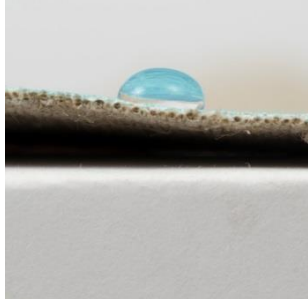

Linho + Carbonato + Cola + Ocre (LcGFe)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcGFe I Antes de teste de envelhecimento	6,86	7,49	22,9 μS	1060 μS
	LcGFe III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,65	7,33	81,8 4 μS	1006 μS

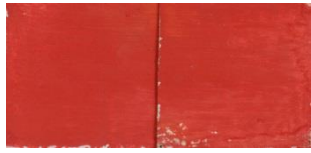
	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcGFe I			Sensível (10 rodadas) 
LcGFe III			Muito sensível (5 rodadas) 

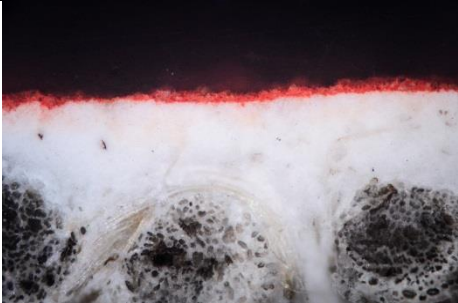


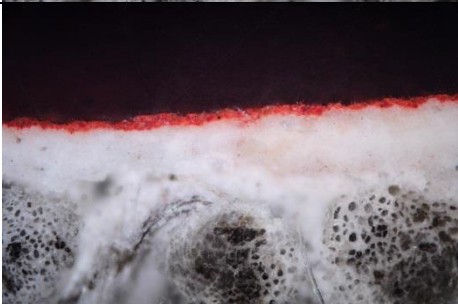
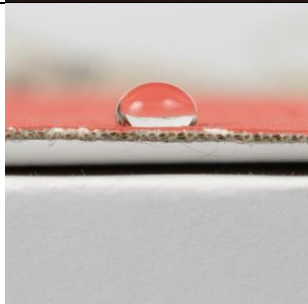

Linho + Carbonato + Cola + Malaquita (LcGCu)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcGCu I Antes de teste de envelhecimento	6,52	7,56	28,4 μS	790 μS
	LcGCu III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,40	7,56	32,0 μS	640 μS

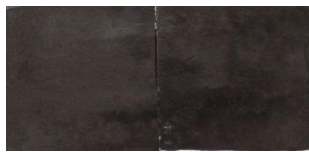
	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcGCu I			<p>Sensível (15 rodadas)</p> 
LcGCu III			<p>Sensível (10 rodadas)</p> 


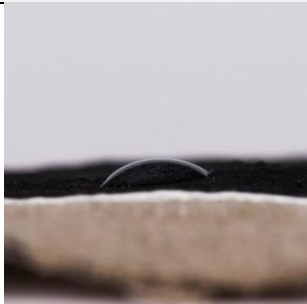
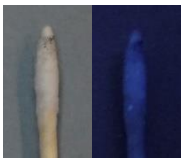



Linho + Carbonato + Cola + Verdigris (LcGCuV)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcGCuV I Antes de teste de envelhecimento	5,48	5,65	817 μS	3200 μS
	LcGCuV III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,33	5,52	567 μS	2900 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcGCuV I			Muito sensível (5 rodadas) 
LcGCuV III			Muito sensível (5 rodadas) 

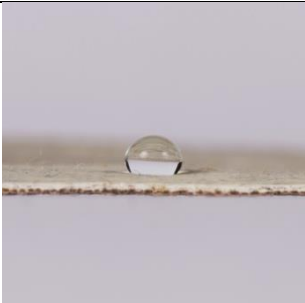
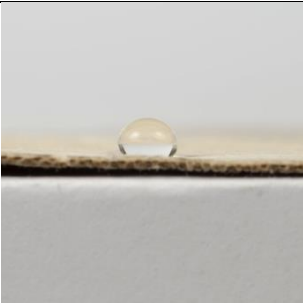
Linho + Carbonato + Cola + Cinábrio (LcGHg)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcGHg I Antes de teste de envelhecimento	7,03	7,56	19,2 μS	790 μS
	LcGHg III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,52	7,56	31,4 μS	640 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcGHg I			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 
LcGHg III			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 

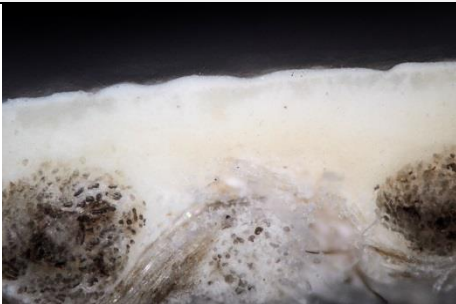

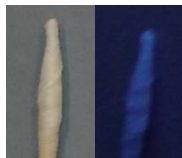
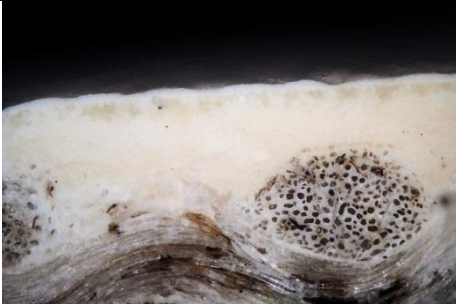

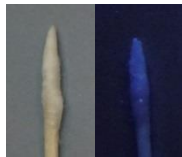
Linho + Carbonato + Cola + Negro (LcGC)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcGC I Antes de teste de envelhecimento	6,84	7,80	46,5 μS	540 μS
	LcGC III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,57	7,50	88,6 μS	1200 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcGC I			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 
LcGC III			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 





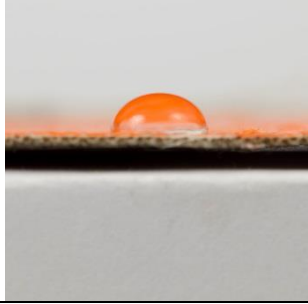

Linho + Carbonato + Cola (LcO)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcO I Antes de teste de envelhecimento	6,7	6,7	393 μS	675 μS
	LcO III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,3	6,6	233 μS	450 μS


Ângulo de contacto	
LcO I	LcO III
	

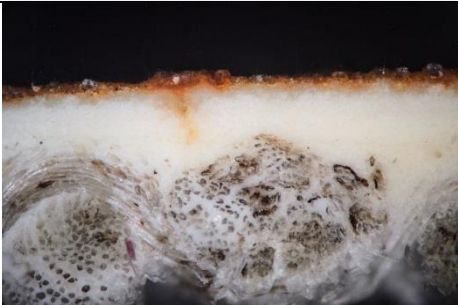





Linho + Carbonato + Óleo + Branco de chumbo (LcOPb		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcOPb I Antes de teste de envelhecimento	5,47	5,52	6,41 μS	280 μS
	LcOPb III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,01	6,61	23,5 μS	200 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcOPb I			Não sensível (+ 30 rodadas) 
LcOPb III			Pouco sensível (20 rodadas) 

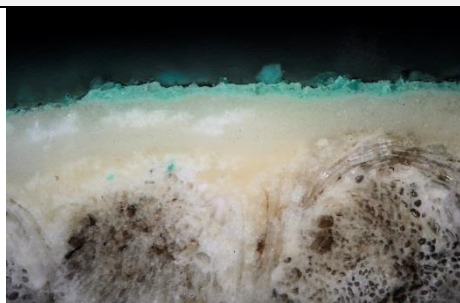
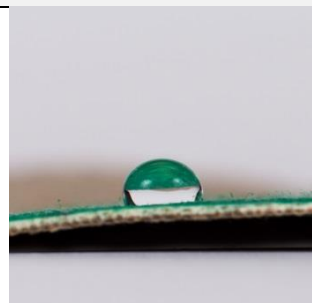


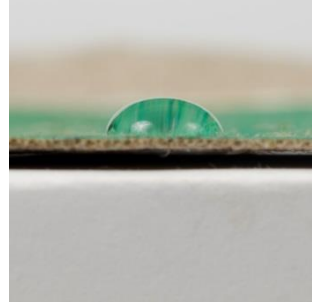
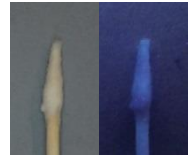
Linho + Carbonato + Óleo + Minium (LcOPbM)		pH		Condutividade	
		1	2	1	2
	Método				
	LcOPbM I Antes de teste de envelhecimento	6,29	5,52	17,2 μS	1270 μS
	LcOPbM III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,16	5,51	117 μS	750 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcOPbM I			<p>Não sensível (+30 rodadas)</p> 
LcOPbM III			<p>Não sensível (+30 rodadas)</p> 

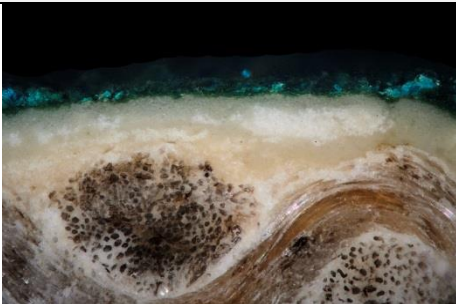
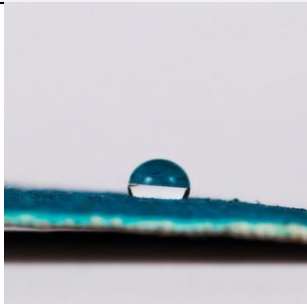

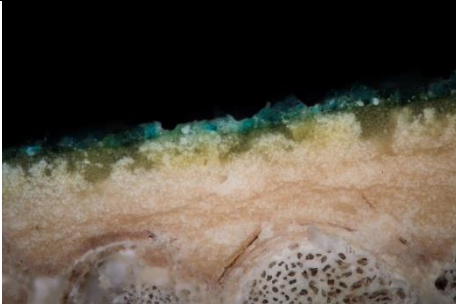


Linho + Carbonato + Óleo + Ocre (LcOFe)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcOFe I Antes de teste de envelhecimento	5,83	6,60	28,7 μS	460 μS
	LcOFe III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,53	6,28	59,2 μS	490 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcOFe I			Muito pouco sensível (30 rodadas) 
LcOFe III			Muito pouco sensível (30 rodadas) 

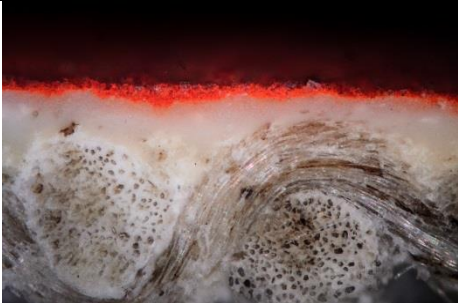


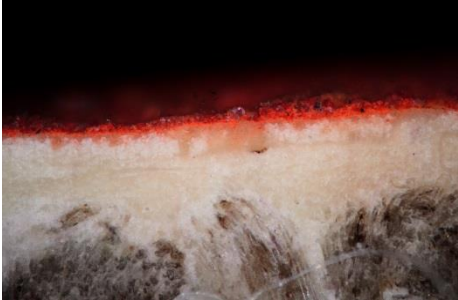
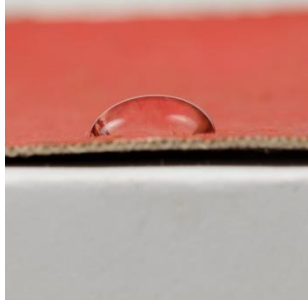

Linho + Carbonato + Óleo + Malaquita (LcOCu)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcOCu I Antes de teste de envelhecimento	6,23	6,71	11,7 6 μS	970 μS
	LcOCu III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	5,88	6,36	50,2 μS	1030 μS


	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcOCu I			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 
LcOCu III			<p>sensível (10 rodadas)</p> 



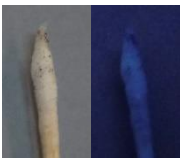


Linho + Carbonato + Óleo + Verdigris (LcOCuV)		pH		Condutividade		
	Método	1	2	1	2	
	LcOCuV I Antes de teste de envelhecimento		5,77	5,63	213 μS	2200 μS
	LcOCuV III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV		5,92	5,78	489 μS	2300 μS

	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcOCuV I			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 
LcOCuV III			<p>Muito sensível (5 rodadas)</p> 

Linho + Carbonato + Óleo + Cinábrio (LcOHg)		pH		Condutividade		
		1	2	1	2	
	Método LcOHg I Antes de teste de envelhecimento		4,54	4,72	23,4 μS	600 μS
	LcOHg III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV		4,80	6,24	44 μS	520 μS

	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcOHg I			Sensível (10 rodadas) 
LcOHg III			Muito pouco sensível (25 rodadas) 

Linho + Carbonato + Óleo + Negro (LcOC)		pH		Condutividade	
	Método	1	2	1	2
	LcOC I Antes de teste de envelhecimento	5,77	6,60	20,7 μS	460 μS
	LcOC III Após teste de envelhecimento (T+ HR) + UV	6,39	6,28	65,7 μS	490 μS

	Estratigrafia	Ângulo de contacto	Sensibilidade à água
LcOC I			Muito sensível (5 rodadas) 
LcOC III			Muito sensível (5 rodadas) 