



Sara Filipa Alves Pereira Gil

Licenciada em Engenharia de Materiais

**Criação de uma base de dados destinada à
formulação automática de cores para uma tinta
de fachadas, aquosa e de formulação genérica,
com uma gama nova de pastas corantes de
base aquosa**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia de Materiais

Orientador: M^a Teresa Cidade, Professora Doutora, FCT-UNL

Co-orientador: Jorge Almeida, Diretor de Laboratório, Hempel

Júri:

Presidente: Professor Doutor João Paulo Miranda Ribeiro Borges

Arguente: Engenheira Maria Leonor Valente Pamplona Corte-Real



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março 2013

Criação de uma base de dados destinada à formulação automática de cores para uma tinta de fachadas, aquosa e de formulação genérica, com uma gama nova de pastas corantes de base aquosa

© Sara Filipa Alves Pereira Gil

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa tem o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

As primeiras palavras expressam o meu extremo agrado no desenvolvimento de todas as fases deste trabalho que me permitiu explorar uma área que considero tão fascinante.

A realização desta dissertação marca o fim de uma importante etapa da minha vida, como tal gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram, de uma forma ou de outra, para a sua concretização e pela presença em toda esta jornada académica da minha vida. A minha gratidão estende-se:

Ao meu orientador, Engenheiro Jorge Almeida, pela oportunidade que me concedeu em realizar este estágio na Hempel, mas principalmente pela excelência da formação e apoio, a partilha do saber e as valiosas contribuições para o desenvolvimento do trabalho, bem como por toda a generosidade demonstrada;

À minha orientadora, Professora Maria Teresa Cidade, pelo acompanhamento e correção na escrita desta dissertação, por todo o apoio e simpatia reconhecidos, bem como por ter possibilitado que a tese fosse desenvolvida conjuntamente com o estágio;

Muito especialmente, quero agradecer ao Engenheiro Diogo Santos pela ajuda inestimável, pela disponibilidade, paciência, partilha de conhecimentos e principalmente pela amizade criada. *“Avança com confiança!”*;

Agradeço honrosamente a toda a equipa de Laboratório da Hempel pelo enorme apoio na parte experimental e por me terem proporcionado, sempre com grande simpatia e amizade, toda a disponibilidade, paciência e momentos de alegria;

Quero agradecer profundamente aos meus pais, por todos os valores que me transmitiram, pelo amor, recíproco e incondicional, demonstrado ao longo da minha vida e principalmente por terem acreditado sempre em mim;

Aos meus grandes amigos, Hugo Godinho, João Rafael, Salomé Moço, Ana Raquel Vitorino, Hugo Fernandes, Luís Santos, Leonel Nabais, Gonçalo Sousa e João Pires, por todo o companheirismo e amizade que alegraram todos os meus dias ao longo destes seis anos de vida académica;

À minha querida amiga, Andreia Alexandrino, por todo o carinho e amizade que tornaram esta “caminhada” tão mais fácil e feliz. A ti, desejo o dobro do que peço para mim;

Ao Bruno Catela, manifesto um enorme e profundo agradecimento pela enorme paciência e por tudo aquilo com que me brinda todos os dias;

Ao meu mano, um obrigada especial por ser quem é para mim, um verdadeiro orgulho! Isto é que são manos.

Resumo

O acabamento das fachadas dos edifícios é frequentemente feito por aplicação de um revestimento de pintura e as exigências quanto a estes acabamentos devem modelar-se, não apenas por critérios economicistas mas, principalmente, por atributos de qualidade. Uma garantia que vai desde o aspeto visual, dentro de níveis aceitáveis, a propriedades do revestimento por pintura adequadas às condições de exposição, até às características próprias do suporte.

Atualmente, sobretudo no segmento de “Faça Você Mesmo”, as tintas são produzidas a partir de tintas base às quais são adicionadas pastas corantes, segundo combinações previamente estudadas. A adição destes corantes é feita em máquinas doseadoras instaladas em lojas ou armazéns, sendo as tintas entregues ao cliente prontas a usar e de acordo com a cor por ele selecionada entre muitos milhares de catálogos.

A criação das tintas base e, nalguns casos dos corantes, é feita nos laboratórios de I&D dos fabricantes de tintas, bem como as fórmulas que permitem obter as cores pretendidas. A preparação de bases de dados contendo fórmulas em formato compatível com o funcionamento das máquinas doseadoras *MultiTint®* e com *software* de comando das mesmas é também realizado naqueles laboratórios.

No âmbito deste trabalho, foram criadas duas tintas base – transparente e pastel – para fachadas, aquosas e de formulação genérica. Este objetivo foi complementado com a calibração de uma máquina doseadora carregada com as pastas corantes da série *Colortrend®807 Façade System* e feita a respetiva execução de cores e testes necessários à validação do trabalho efetuado. A recriação do catálogo *Colortrend® Façade Color Collection* foi necessária para a criação da base de dados através de factorização das bases de fórmula genérica.

Este trabalho implicou uma incursão nos temas relacionados com cor, ajuste das fórmulas das tintas base, controlo das tintas base preparadas, compatibilidade e molhagem dos corantes em estudo, resistência a alcalinidade do suporte, ensaios acelerados de simulação de chuva, ensaios de envelhecimento natural, avaliando a resistência exterior num período de 6 meses e criação de uma base de dados destinada à formulação automática de novas cores, através de um sistema de factorização de bases.

A primeira fórmula da tinta genérica foi projetada com base numa fórmula de excelência Hempel, específica para tintas de fachadas exteriores, a *Hempacryl Liso 599E0*: classificação como grupo c) segundo a Diretiva 2004/42/CE. Os resultados demonstraram a necessidade de ajuste à fórmula e ao longo de vários fabricos chegou-se à fórmula final. A base transparente foi criada a partir de ajustes à fórmula de base pastel da fórmula genérica.

Para a base pastel, obtiveram-se as seguintes constantes físicas: acabamento fosco, SVR de 43,12%, R_T de 7,19 m²/L (60µm secos), COV's na ordem dos 18,54 g/L, razão PVC/CPVC de 0,94 e PE de 1,56 Kg/L. Por sua vez, para a base transparente, alcançaram-se as seguintes constantes físicas: fosco, SVR de 40,04%, R_T de 6,67 m²/L (60µm secos), COV's na ordem dos 14,83 g/L, razão PVC/CPVC de 0,48 e PE de 1,24 Kg/L.

As caracterizações das análises de espectroscopia realizadas às diversas cores, reproduzidas na MTT, a partir da factorização das bases da fórmula genérica, revelaram que visualmente a maioria das cores seriam aprovadas.

Foram executados painéis de fibrocimento, previamente protegidos com primário e selante adequados, para ambas as tintas base produzidas e preparadas com a quantidade máxima de cada pasta corante da série *Colortrend®807 Façade System*. Estes foram colocados no exterior para ensaios de envelhecimento natural e resistência exterior dos corantes.

Palavras-chave: Pintura de fachadas; Resistência exterior dos corantes; Doseamento *MultiTint®*; Testes de controlo.

Abstract

The finish of the façades of buildings is often done by applying a coat of paint and the demands on those finishes should model themselves not only by economic criteria but mainly for quality attributes, a guarantee that the visual aspect remains within acceptable levels and the coating properties of paint are suitable for exposure conditions and characteristics of the support.

Currently, especially in the segment of “Do It Yourself”, the paints are made from base paintings which are colored pastes added, according to combinations previously studied. The addition of these colorants is made in dispensing machines installed in shops or warehouses and then delivered to the customer, ready to use and according to the color selected by him among many thousands of catalogues.

The creation of base paints and, in some cases, the dyes is developed in laboratories of R&D (Research and Development) of paint manufacturers as well as formulas which allow obtaining desired colors. The preparation of databases containing formulas in a format compatible with the operation of dosing machines MultiTint® and the same command software is also performed in those laboratories.

Within this study, two base paints – white and transparent – for façades, aqueous and with a generic formulation were prepared. This goal was complemented with the calibration of a dosing machine loaded with colored pastes of Colortrend®807 Façade System and the implementation of respective colors needed to validate the work done. The recreation of the catalogue Colortrend® Façade Color Collection was needed for creation of data base by factorizing these two created base paints.

This work led to a raid on topics related to color, adjust the formulas of based paints, the control of prepared base, compatibility and wetting of the dyes studied, resistance to alkalinity of the support, accelerated tests simulating rain and QUV resistance, tests of exterior resistance in a period of 6 months and creating a database for the formulation of new automatic color system via a factorization base.

The first generic formula was designed based on a formula of excellence Hempel, specific for exterior paints, the Hempacryl *Liso* 599E0: classified as group c) according to Directive 2004/42/EC. The results demonstrated the necessity of adjustment for the formula and throughout several manufactures arrives at the final formula. The transparent base was created from adjustments to the basic formula pastel.

For the pastel base, we obtained the following physical constants: matte finish, SVR 43,12%, R_T of 7,19 m²/L (60µm dry), VOC's in the range of 18,54 g/L, ratio PVC/CPVC 0,94, PE 1,56 kg/L. The transparent base reached the following physical constants: matte finish, SVR of 40,04%, R_T of 6,67 m²/L (60µm dry), VOC's in the range of 14,83 g/L, ratio PVC/CPVC 0,48, PE of 1,24kg/L.

The characterization of spectroscopy analyzes performed on different colors reproduced in the MTT, from the factorization of the generic formula bases, visually revealed that most colors were approved.

Fiber cement panels have been performed, previously protected with suitable primary and sealant, for both base paints produced and they were prepared with the maximum amount of each dye of the serie “Colortrend Façade®807 System”. These were placed outside for testing the natural aging resistance of the dyes.

Keywords: Painting façades; Exterior resistance of dyes; MultiTint® dosing; Control tests

Lista de Acrónimos

- c – Saturação da Cor
- CIE – Commission Internationale de l'Éclairage
- COV – Compostos Orgânicos Voláteis
- CPVC – Concentração Volumétrica Crítica de Pigmento
- EBS – Emulsified Binder Systems
- h – Tonalidade da Cor
- I&D – Investigação e Desenvolvimento
- IR – Índice de Refração
- L – Luminosidade da Cor
- MTT – sistema tintométrico MultiTint
- NOK – Relação Não Escolhida
- OK – Relação Escolhida
- PAL – Permeabilidade à Água Líquida
- PE – Peso Específico
- POS – Postos de Venda
- PVA – Permeabilidade ao Vapor de Água
- PVC – Concentração Volumétrica de Pigmento
- QUV – Câmara de ensaios Ultra Violeta
- RC – Razão de Contraste
- R_T – Rendimento Teórico
- SEM – Scanning Electron Microscope
- SVR – Sólidos por volume
- SWR – Sólidos por massa
- T_g – Temperatura de transição vítrea
- TMFF – Temperatura Mínima de Formação de Filme
- UV – Ultra Violeta
- VS – Volume de Sólidos
- WI – Índice de Brancura
- ΔE – Diferença de Cor

Índice de Matérias

Capítulo 1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento Teórico e Objetivos	1
1.2. A Empresa	1
Capítulo 2. Revisão da Literatura	3
2.1. Classificação das tintas	5
2.1.1. Classificação quanto à natureza da base aquosa e formação de filme	5
2.1.2. Propriedades	7
2.1.3. Tintas de Fachadas	7
2.2. Descrição do Processo Produtivo	12
2.2.1. Processo de produção, enchimento e rotulagem	13
2.3. Caracterização de uma tinta.....	15
2.3.1. Tintas Bases	15
2.3.2. Matérias-primas	15
2.3.3. Cálculos teóricos	15
2.3.4. Ensaio de caracterização de uma tinta.....	19
2.4. Pigmentos	20
2.4.1. Propriedades dos pigmentos	21
2.5. Cor	25
2.5.1. Colorimetria.....	26
2.5.2. Sistema Tintométrico Multi-Tint®	30
Capítulo 3. Materiais, Métodos e Técnicas Experimentais	33
3.1. Seleção das matérias-primas	33
3.2. Formulação e Procedimento do Fabrico das bases 10 e 50	35
3.3. Ensaio de Caracterização da Tinta.....	36
3.3.1. Controlo em Tinta Líquida	36
3.3.2. Controlo em Tinta Aplicada	38
3.3.3. Controlo da interação Tinta Base/Corante	42
Capítulo 4. Resultados e Discussão	47
4.1. Cálculos teóricos	50
4.2. Controlo em tinta líquida.....	51
4.3. Controlo em tinta aplicada	51
4.4. Controlo da interação tinta base/corante.....	59
Capítulo 5. Conclusões	67
Referências Bibliográficas	69
Anexos.....	73

Índice de Figuras

Figura 1.1 - Instalações da HEMPEL em Palmela (Portugal).....	2
Figura 2.1 - Componentes básicos de uma tinta.....	4
Figura 2.2 - Descrição do processo de coalescência de tintas aquosas.....	6
Figura 2.3 - Percentagem de anomalias por elemento em que ocorrem.....	9
Figura 2.4 - Destacamentos de tinta numa fachada.....	10
Figura 2.5 - Empolamentos presentes numa fachada.....	10
Figura 2.6 - Fissurações presentes numa parede.....	10
Figura 2.7 - Anomalia do tipo bicos de alfinete (ampliação x100).....	11
Figura 2.8 - Fungos e algas numa fachada.....	11
Figura 2.9 - Processo de produção, enchimento e rotulagem.....	13
Figura 2.10 - Ciclo radial representativo dos desafios que o formulador confronta face às exigências do cliente.....	14
Figura 2.11 - Fotografia obtida por SEM, representativa de tintas abaixo e acima do CPVC, respetivamente.....	17
Figura 2.12 - Variação do custo da tinta em função de PVC/CPVC.....	19
Figura 2.13 - Ensaio à tinta líquida: medição do grau de moagem; viscosidade medida através do viscosímetro <i>Stomer</i> ; determinação do peso específico por diluição; medidor de pH <i>SevenEasy Mettler Toledo</i> ; medidor do tempo de secagem, <i>B.K. Drying Recorder</i>	19
Figura 2.14 - Divisão categórica dos pigmentos.....	20
Figura 2.15 - Poder de cobertura ao substrato.....	22
Figura 2.16 - Interação da luz com um filme pigmentado. A – luz refletida; B – difusão; C – parte de luz incidente; D – espalhamento ou absorção; E – luz absorvida pelo substrato; F – luz refletida pelo substrato; G – luz reemergida do filme; H – reflexão interna.....	22
Figura 2.17 - Catálogo <i>Façade Color Collection</i> da <i>Colortrend®</i> , lançado a partir da gama de corantes <i>Colortrend®807</i>	26
Figura 2.18 - Diagrama aditivo de mistura de cores.....	27
Figura 2.19 - Círculo de mistura subtrativa de cores.....	27
Figura 2.20 - Escala das coordenadas de atribuição à cor: tom, saturação e luminosidade – CIEL*c*h*.....	29
Figura 2.21 - Espectro da distribuição do iluminante padrão D ₆₅	30
Figura 3.1 - Esquema de montagem do ensaio da resistência à alcalinidade. 1 - Película de tinta seca; 2 - Provete de ficrobimento; 3 - Água; 4- suporte para garantir a cobertura total inferior; 5 – Vidro para cobrir o recipiente.....	42
Figura 4.1 - Representação da diminuição da relação da fração volumétrica de pigmentos com o seu valor crítico, em função das reformulações efetuadas nas diferentes experiências. A linha a vermelho representa o valor máximo da razão PVC/CPVC.....	48
Figura 4.2 - Representação dos valores de compostos orgânicos voláteis [g/L] em função das alterações das fórmulas de composição da tinta. A linha a vermelho representa o valor de COV's máximo (40gr/Lt) para uma tinta exterior de base aquosa, segundo a Diretiva 2004/42/CE.....	49
Figura 4.3 - Representação da relação de contraste em função das alterações nas diferentes experiências 4, 6, 7, 8 e 10. A linha a vermelho representa a RC [%] máxima para uma base transparente.....	49
Figura 4.4 - Evolução dos estudos da base transparente até obter a razão de contraste desejada (RC≤10). A RC desejada foi alcançada com a diminuição da percentagem de cargas em prol do aumento da percentagem de emulsão.....	50

Figura 4.5 - Medição da RC na base 10 (96%) e 50 (8,20%), respetivamente.....	51
Figura 4.6 - Medição da brancura (84,24%) da base 10	52
Figura 4.7 - Esquema de montagem do ensaio de simulação de chuva.....	55
Figura 4.8 - Resultados do ensaio de simulação de chuva com tempos de cura diferentes, 4h;24h;4dias;7dias.....	56
Figura 4.9 - Teste de resistência aos álcalis. a) 48h, sem primário; b) 72h, sem primário	57
Figura 4.10 - Pormenor da Figura 4.9 a), representativa dos empolamentos, perdas de cor e manchas nas placas de fibrocimento sem primário.	57
Figura 4.11 - Pormenor da Figura 4.9 b), representativo do ataque de alcalinidade sob a forma de eflorescências.....	58
Figura 4.12 - Teste de Resistência aos álcalis. c) 48h, com primário; d) 72h, com primário.....	58
Figura 4.13 - Exemplo do ensaio sem molhagem da tinta base 10 com o corante FE, antes da introdução do aditivo molhante.....	59
Figura 4.14 - Representação do teste de molhagem aprovado da tinta base 10 e 50, respetivamente, com o corante IOE da gama <i>Colortrend®807</i> . Tintas base com 0,8% de aditivo molhante 2.....	60
Figura 4.15 - Representação do ensaio de compatibilidade aprovado da tinta base 10 e 50, respetivamente, com o corante IGE da gama <i>Colortrend®807</i>	61
Figura 4.16 - Pormenor do teste de <i>rub-out</i> (flutuação de cor) realizados no ensaio de compatibilidade, base 50 e 10, respetivamente.	61
Figura 4.17 - Painéis representativos da quantidade máxima de cada corante nas duas bases de formulação genérica, expostos no exterior da HEMPEL – Palmela, sujeitos ao envelhecimento natural causado pelos diferentes climas sofridos entre os meses Novembro e Março. Do Painel 1 – Painel 11, correspondentes à base transparente; Do Painel 12 – Painel 22, correspondentes à base pastel.	63

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Desempenho dos ligantes acrílicos e respetivos benefícios.....	7
Tabela 2.2 - Classificação de Tintas Exteriores de Substrato Mineral e respectivos COV máximos.	18
Tabela 2.3 - Comparação entre pigmentos e corantes	20
Tabela 2.4 - Índices de refração (RI) do meio e dos pigmentos de TiO ₂	23
Tabela 2.5 - Propriedades dos pigmentos inorgânicos.	25
Tabela 2.6 - Escala do espectro do visível com os respetivos valores de comprimento de onda, expressos em nm.	26
Tabela 2.7 - Expressões para as coordenadas cartesianas e polares, respetivamente, para calcular a cor no espaço colorimétrico CIELAB e CIELCH	28
Tabela 2.8 - Tolerância na indústria de tintas	30
Tabela 2.9 - Elementos do sistema MTT e respetiva função.	31
Tabela 3.1 - Agentes aditivos utilizados no estudo da tinta base e respetivas descrições das suas funções.....	34
Tabela 3.2 - Solventes utilizados na formulação das tintas base e as suas características mais relevantes.....	34
Tabela 3.3 - Medição do Grau de Moagem.....	36
Tabela 3.4 - Controlo da Viscosidade.....	36
Tabela 3.5 - Medição do peso específico por diluição (PE)	37
Tabela 3.6 - Medição do pH	37
Tabela 3.7 - Avaliação do tempo de secagem	38
Tabela 3.8 - Técnica de Razão de Contraste.....	38
Tabela 3.9 - Teste de medição de Brancura na tinta de base 10	39
Tabela 3.10 - Medição de Força Corante	39
Tabela 3.11 - Determinação do Brilho Especular	40
Tabela 3.12 - Classes com os respetivos ângulos de incidência e requisitos, segundo a Norma NP EN ISO 2813:2001.....	40
Tabela 3.13 - Controlo de Fissuração	40
Tabela 3.14 - Avaliação da reação da tinta à chuva	41
Tabela 3.15 - Resistência aos Álcalis dos Ligantes Hidráulicos	42
Tabela 3.16 - Técnica de Molhagem	43
Tabela 3.17 - Ensaio de Compatibilidade	43
Tabela 3.18 - Técnica de Factorização de Bases	44
Tabela 3.19 - Calibração Automática de Doseadores F&M	45
Tabela 3.20 - Controlo do comportamento à exposição às intempéries – envelhecimento natural	45
Tabela 3.21 - Quantidade máxima de corante que se pode adicionar num sistema de enchimento, base 10 e base 50.	46
Tabela 4.1 - Número de fabricos da base 10 e respetivos fatores de rejeição. η - viscosidade, PE – peso específico, RC – razão de contraste	47
Tabela 4.2 - Número de fabrico da base 50 e respetivos fatores de rejeição. η - viscosidade, RC – razão de contraste	49

Tabela 4.3 - Características obtidas através de cálculos teóricos efetuados com o <i>software Paintcalc 9.8.5^a</i>	50
Tabela 4.4 - Resultados do controlo de tinta líquida às tintas aprovadas de base 10 e 50.....	51
Tabela 4.5 - Reajustes das percentagens de matérias-primas ao longo dos fabricos, para controlo de fissuração..	52
Tabela 4.6 - Ensaio de controlo de fissuração em tintas com uma aplicação de espessura de húmidos de 300µm, a frio [-2°C] em placas de fibrocimento. Ensaio realizado durante o fabrico 8.	53
Tabela 4.7 - Ensaio de controlo de fissuração em tintas com uma aplicação de espessura de húmidos de 500µm, a frio [-2°C], à temperatura ambiente [20°C] e a quente [45°C] em placas de fibrocimento. Ensaio realizado durante os fabricos 7, 8, 10 e 11.....	54
Tabela 4.8 - Ensaio de controlo de fissuração em tintas com uma aplicação de espessura de húmidos superiores a 750µm, a quente [45°C] em contraplacados de madeira. Ensaio realizado durante o fabrico 11.....	55
Tabela 4.9 - Avaliação qualitativa dos ensaios de simulação de chuva com tempos de cura diferentes, base transparente produzida da fórmula da tinta genérica. Os valores das manchas são classificados como: 0 – Severo; 1 – Ligeiro; 2 – Sem manchas.....	56
Tabela 4.10 - Avaliação da resistência à alcalinidade da tinta de fórmula genérica produzida na base transparente, com e sem tratamento prévio com um primário adequado, num período de 48 e 72h.	56
Tabela 4.11 - Resumo de resultados do controlo de tinta aplicada às tintas aprovadas de base 10 e 50.....	59
Tabela 4.12 - Testes expeditos realizados com diferentes agentes molhantes. Os resultados que não apresentaram molhagem estão designados por “NOK” e o escolhido por “OK”.	60
Tabela 4.13 - Medições colorimétricas, com recurso ao espectrofotómetro com iluminante D ₆₅ , entre as cores reproduzidas a partir das factorizações das bases 10 e 50 e as cores presentes no catálogo <i>Façade Color Collection (standard)</i> . Os resultados aprovados visualmente, com recurso a uma câmara de luz, designam-se por OK e os reprovados por NOK.....	62
Tabela 4.14 - Resultados dos painéis 00050. Os valores tomados foram os correspondentes à posição central da placa A4 e o brilho foi medido a 85°.....	64
Tabela 4.15 - Resultados dos painéis 00010. Os valores tomados foram os correspondentes à posição central da placa A4 e o brilho foi medido a 85°.....	65

Capítulo 1. Introdução

1.1. Enquadramento Teórico e Objetivos

Segundo a Norma Portuguesa, NP 41-1982, as tintas são:

“ [...] composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida que, quando aplicada em camada fina sobre uma superfície apropriada, no estado em que é fornecida ou após diluição ou dispersão em produtos voláteis, ou fusão, é convertível, ao fim de certo tempo, numa película sólida, contínua, corada e opaca.”

E mais recentemente, pela Norma Portuguesa NP EN 971-1:1997:

“ [...] um produto de pintura pigmentado, líquido, em pasta ou em pó, que quando aplicado num substrato, forma uma película opaca dotada de propriedades protetoras, decorativas ou propriedades específicas.”

De um modo geral, as tintas têm a função combinatória de decorar, dar acabamento e proteger a parte mais visível e exposta de um edifício. Contudo, a sua função primordial é a proteção, agindo no sentido de prolongar a durabilidade dos elementos estruturais e de vedação evitando a ação direta de agentes agressivos. As funções decorativas contribuem para uma boa aparência e estética influenciando o padrão do edifício. São consideradas como um meio fácil e barato de valorização de imóveis através do apelo de cores e textura de acabamento.

A formulação variada e computadorizada, disponibilizada pela maioria dos fabricantes de tintas, contribuiu para o avanço tecnológico o que possibilitou o lançamento de produtos cada vez mais inovadores onde é possível encontrar funções técnicas especiais como resistência ao crescimento de fungos, redução da absorção de água, melhoramento de aspetos de higiene, resistência à abrasão, entre outros.

Selecionar um sistema de pintura adequado exige conhecer uma série de fatores, tais como o tipo de substrato, a aparência desejada, as limitações de aplicação (toxicidade, inflamabilidade, odor, tempo de secagem), o modo de aplicação (por pincel, rolo, pistola, etc) e também o custo. Portanto, devem ser conhecidos os aspetos gerais de uma edificação de modo a obter uma tinta com as características físico-químicas mais adequadas.

A par com o desenvolvimento de uma tinta base para fachada exterior, foi testada também uma gama de pastas corantes – *Colortrend@807* –, através de testes de compatibilidade, molhagem e resistência exterior, que contribuiu para funções de foro decorativo no âmbito da formulação de um novo catálogo, com maior resistência exterior, que possibilitou ainda uma maior panóplia de cores.

Desta forma, o presente estudo oferece uma revisão bibliográfica desta grande temática aliando uma análise crítica das tintas de exterior criadas e das pastas corantes testadas.

1.2. A Empresa

Associada portuguesa do maior GRUPO independente no mercado mundial de tintas, a HEMPEL, foi fundada em Copenhaga, na Dinamarca, em 1915 por Jørgen Christian Hempel [1].

Atualmente, compreende 21 fábricas, 3 Laboratórios Centrais e 5 Regionais de Investigação e Desenvolvimento, 47 escritórios de vendas e mais de 150 pontos de *stock* e agentes, provida de mais de 3500 empregados em todo o mundo. A HEMPEL adota a filosofia “Qualidade e Serviço” desde o início instituída na companhia pelo fundador, o que tornou possível um crescimento e desenvolvimento permanentes [1].

Possui uma equipa qualificada, com técnicos experientes e habilitados e colaboradores com formação superior que, associado à eficaz capacidade de utilização do laboratório de investigação, estão preparados para oferecer ao mercado das tintas um apoio dotado de alta qualidade.

Capítulo 1. Introdução

Depois de longos anos a investir fortemente no mercado marítimo, a companhia expandiu e dedicou-se igualmente ao desenvolvimento, fabrico e comercialização de revestimentos por pinturas de elevada qualidade, de proteção e decoração, para os segmentos de mercados dos contentores, de plataformas de prospeção petrolífera, de embarcações de recreio e da indústria, seguindo-se, anos mais tarde, o mercado da construção civil.

A HEMPEL estabeleceu-se em Portugal em 1970 e está situada em Palmela, onde funciona a totalidade dos seus serviços: comerciais, administrativos, técnicos e fabris [1].



Figura 1.1 - Instalações da HEMPEL em Palmela (Portugal) [2].

Em 1987, a HEMPEL adquiriu e aglutinou três empresas, constituindo TINTAS HEMPEL (PORTUGAL), LDA, atualmente designada por HEMPEL (Portugal), Lda [1].

O objetivo da HEMPEL é, até 2015, estar entre as 10 maiores empresas do setor – *One Hempel – One Ambition*. Um objetivo ambicioso mas realista e alcançável, dada a larga experiência do Grupo HEMPEL [1].

Capítulo 2. Revisão da Literatura

O Homem emprega as tintas e cores há mais de vinte mil anos. Já na pré-história, os pigmentos eram aproveitados como meio de comunicação de modo a facilitar a representação iconográfica do cotidiano primitivo, supondo-se que essas tintas grosseiras eram constituídas por terras ou argilas suspensas em água. No entanto, como essa mistura se decompõe com facilidade, devido à humidade, o Homem começou a empregar outros produtos naturais, como as gorduras de animais, resinas, cera de abelhas, etc.

Também os egípcios, em datas passadas, desenvolveram a arte de pintar e desvendaram os antecessores dos vernizes atuais, com recurso a resinas naturais, como integrante dos formadores da película [3].

É também patente que, na Era Glacial, já se faziam pinturas nas cavernas e que essas obras resistem há milénios [4].

Desde que os primeiros corantes foram produzidos, no séc. XIX, rapidamente se completou o leque geral de cores e as primeiras indústrias e fábricas de tintas e vernizes foram estabelecidas. Com a evolução humana e tecnológica foram atribuídas novas funcionalidades e tarefas às tintas, foram descobertos novos pigmentos e novas composições de veículos e aditivos, o que originou o surgimento de novas bases de revestimentos orgânicos [3].

Embora muitas vezes passem despercebidas, as tintas são produtos fundamentais em qualquer item que se produza, sejam veículos automotivos, bicicletas, capacetes, móveis, brinquedos, eletrodomésticos, vestuário, equipamentos, artesanatos e na construção civil, apoderando-se assim de um bilião de litros de tintas produzidos anualmente.

Atualmente, as tintas são produzidas a partir de tintas base às quais, posteriormente, são adicionadas pastas corantes e ressaltam as suas propriedades de cobertura superficial que é indispensável para as suas multifuncionalidades como proteção, higiene, iluminação, segurança e ornamentação [5].

Durante muito tempo, os edifícios eram pintados apenas por razões estéticas. Nos dias de hoje, essa não é a única razão, tendo-se percebido que é essencial proteger as fachadas contra os diversos fatores que provocam e aceleram a sua degradação.

Outros fatores relevantes são: a aplicação em ambiente externo ou interno, a vida útil desejável, as propriedades físico-químicas (resistência química a ácidos, bases, detergentes, resistência ao calor, frio, radiação solar, entre outros). Portanto, devem ser conhecidos os aspetos gerais de uma edificação e as características e propriedades das tintas/texturas para que seja realizada uma seleção adequada ao uso [6].

Para essas funções de proteção, bloqueando ou retardando o desgaste, encontramos no mercado uma enorme gama de produtos, que oferecem ao consumidor uma infinidade de cores, tipos de acabamentos e texturas, além de alta durabilidade. Conforme a superfície do substrato a ser pintado, as tintas desempenham funções específicas [5].

Cabe ao presente estudo, o desenvolvimento e otimização de propriedades físicas, químicas, mecânicas e de estética decorativa, baseada numa nova gama de pastas corantes, de uma tinta aquosa para fachadas de construção civil.

Na indústria de tintas para revestimentos é utilizado um grande número de matérias-primas e produzida uma elevada gama de produtos em função da sua grande variedade, das respetivas superfícies e formas de aplicação e da própria especificidade de desempenho [7].

De modo geral, a tinta pode ser considerada como um produto de pintura, pigmentado, dotado de uma mistura homogénea estável constituída de uma parte sólida - que forma a película opaca aderente à superfície a ser pintada, munida de propriedades protetoras, decorativas ou propriedades específicas - e de um componente volátil - água ou solventes orgânicos. Subsiste ainda uma terceira parte denominada por aditivos que, embora representando uma pequena percentagem da composição ($\leq 5\%$), é responsável pela obtenção de propriedades físicas, químicas e mecânicas extremamente importantes para o revestimento (Figura 2.1) [8,6].

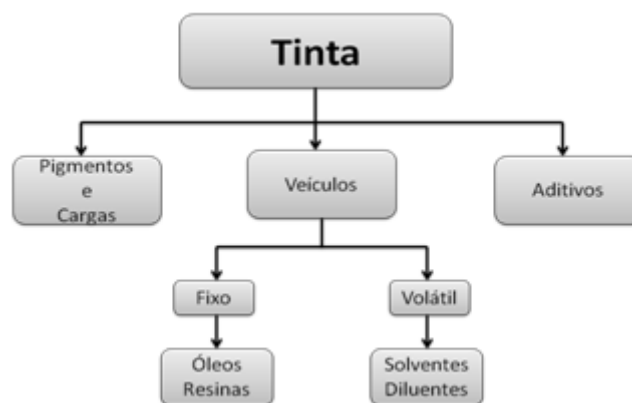


Figura 2.1 - Componentes básicos de uma tinta [adaptado de 8]

Estes componentes não funcionam independentemente, pois interagem quer fisicamente, quer quimicamente [9]. Interessaria abordar, para cada um destes, de que forma influenciam o comportamento do revestimento [5,10].

- Pigmentos – conferem à tinta cor e opacidade. Encontram-se finamente divididos sob forma de partículas sólidas e praticamente insolúveis no veículo e são utilizadas para conferir propriedades óticas, decorativas e/ou protetoras. Podem ser orgânicos ou inorgânicos e têm um índice de refração superior a 1,55. Estes dois tipos de classes serão aprofundados posteriormente;
- Cargas – substâncias inorgânicas que possuem índices de refração inferiores a 1,55, sob a forma de partículas mais ou menos finas, na forma de pó ou de produtos granulares, de fraco poder de cobertura, insolúveis no veículo, utilizadas na formulação de tintas com o fim de lhes conferir determinadas propriedades físicas, como, por exemplo, controlar a reologia da tinta, reduzir o brilho, aumentar o poder de cobertura dos pigmentos brancos, melhorar algumas propriedades mecânicas ou reforçar as características de barreira à difusão de água e ácidos agressivos. Outra grande vantagem da sua utilização é reduzir o custo das tintas;
- Resina – produtos orgânicos complexos, constituem a parte não volátil da tinta, correspondente ao veículo fixo, e asseguram a adesão dos pigmentos e cargas ao substrato e a coesão do filme, ou seja, são as responsáveis pela formação da película sólida. A grande maioria das propriedades da tinta está diretamente relacionada com o veículo fixo (resistência química, mecânica e às condições climáticas, brilho, pegajosidade superficial, etc);
- Solvente – parte volátil da tinta que evapora durante a aplicação. Serve para liquidificar a resina, facilitando a produção e a aplicação da tinta, mantendo todos os componentes numa mistura homogênea. A escolha do solvente influencia a propriedades de aplicação e o tempo de secagem. As tintas para fachadas são normalmente tintas aquosas, mais ecológicas, contendo o ligante disperso na fase aquosa;
- Aditivos – substância normalmente adicionada em pequena percentagem à tinta. Consoante a sua ação na tinta, são classificados como fungicidas, espessantes, anti-pele, plastificantes, anti-espuma, etc.

A proteção obtida através da tinta é feita com base num filme fino entre o substrato e o meio ambiente. O tempo de vida do filme depende de fatores relevantes como é o caso do tipo de substrato, do meio ambiente envolvido, da preparação da superfície, das condições de aplicação, da qualidade e finura da tinta [7,8].

Assim, as tintas podem ser classificadas de várias formas dependendo do critério considerado e a sua durabilidade depende de todas estas características [11].

No âmbito deste trabalho, serão estudadas tintas de base aquosa para fachadas de edifícios de construção civil, com uma gama nova de pastas corantes de base aquosa de grande resistência em exterior. Os principais parâmetros que impedem o desempenho irrepreensível das tintas para fachadas são o seu comportamento perante a água e raios UV. Para analisar este problema, existem métodos de ensaio que permitem avaliar as tintas segundo esse comportamento. Assim, dos principais requisitos para uma tinta de fachadas destacam-se a proteção duradoura do substrato, a fraca toxicidade, boa resistência às intempéries, estabilidade de cor, entre outros.

2.1. Classificação das tintas

As tintas são classificadas consoante a natureza química do solvente, processo de cura, natureza do substrato, campos e método de aplicação.

Quanto à natureza química do solvente, classificam-se conforme sejam tintas de base aquosa, tintas de base solvente ou tintas sem solventes.

Em relação ao processo de cura, podem ser de cura por secagem física (o filme é formado devido à evaporação do solvente, como no caso das dispersões aquosas de polímeros que formam filme por evaporação da água) ou cura por reação química (há uma primeira fase de secagem física, onde se dá a libertação de solvente, mas a verdadeira cura e formação de filme ocorre à medida que se vai dando a reação química entre os seus componentes e o oxigénio do ar. É o caso das tintas alquídicas, em que a reação se dá entre os seus componentes e a humidade do ar, e o caso de algumas tintas à base de poliuretanos) [5,12].

A natureza do substrato a que as tintas se destinam está relacionada com o tipo de base onde o filme vai ser aplicado. Varia consoante o substrato seja mineral, de metais ferrosos, metais não ferrosos, madeira, plásticos ou outros.

Quanto aos campos e método de aplicação podem ser, ramo de construção civil, repintura automóvel, metalomecânica, mobiliário ou indústria naval, etc, aplicados através de processos manuais (trincha, rolo, pistola) ou processos automáticos (pistola electrostática, imersão, centrifugação, etc) [12].

No presente trabalho, e como já foi mencionado, as tintas estudadas foram de base aquosa.

2.1.1. Classificação quanto à natureza da base aquosa e formação de filme

Foi nos anos 40 que começaram a ser utilizadas tintas de base aquosa. O ligante na emulsão é um material sólido e semelhante a um plástico disperso como minúsculas partículas na água. São tintas de látex – também conhecidas como as primeiras tintas de emulsão – e foram baseadas em dispersões aquosas poliméricas (vinílicas, vinil acrílicas, acrílicas, estireno-acrílicas, etc...), sendo a parte volátil composta, em média, por 98% de água e 2% de solventes orgânicos [13,14].

A formação da película ou filme é um fenómeno importantíssimo na tecnologia das emulsões usadas em tintas, pois é a partir desse filme que dependem muitas das propriedades dos revestimentos. Esta acontece através da coalescência que, sendo um fenómeno físico, não envolve alteração de natureza química. Nas emulsões, as partículas poliméricas estão dispersas no meio aquoso, o que significa uma fase descontínua [10].

Nestas tintas, a formação da película inicia-se pela evaporação da água do filme aplicado – secagem física. Imediatamente, as pequenas partículas da dispersão polimérica (pigmento + ligante) suspensas na água, aproximam-se umas das outras e a ação capilar pressiona as partículas com força suficiente para que estas se fundam, formando um filme mais ou menos poroso e insolúvel em água. Este processo chamado coalescência, representado na Figura 2.2, é afetado pela temperatura da superfície onde o filme é aplicado [12,13,15].

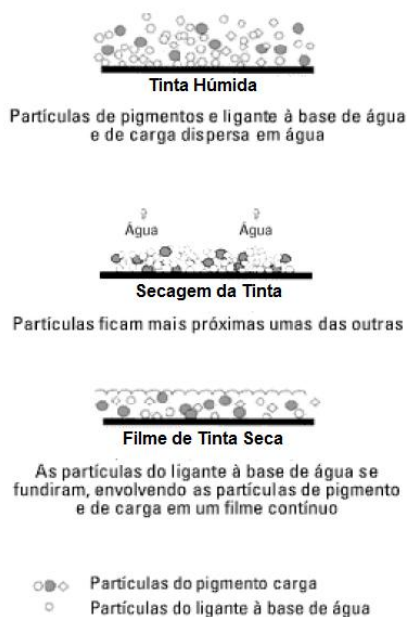


Figura 2.2 - Descrição do processo de coalescência de tintas aquosas [13]

Na realidade, as tintas de emulsão apresentam um mecanismo de secagem física mas contudo, para cada dispersão, a formação do filme depende de uma temperatura mínima de formação e, por ser insolúvel, a película não é reversível.

A TMFF é a temperatura à qual ocorre a coalescência das partículas, sendo esta característica de cada polímero. Está diretamente relacionada com a T_g , sendo normalmente mais baixa do que esta devido à presença de plastificantes. Assim, as condições de secagem têm que garantir uma temperatura igual ou superior à temperatura mínima de formação de filme, senão a coalescência não ocorre [5,10].

Desta forma, a temperaturas (ambientes e de secagem) inferiores à T_g , o polímero é frágil e duro, uma vez que o seu módulo de elasticidade é muito elevado e, por isso, o polímero tem uma extensibilidade muito baixa, apresentando mais tendência para a fissuração. À medida que a temperatura sobe, o módulo de elasticidade decresce de forma extremamente acentuada e o filme torna-se macio e elástico, acompanhando melhor as deformações do suporte [5]

A evaporação mais rápida da água da superfície da película provoca a formação de uma pele superficial que dificulta a saída da água da parte mais interna. É a adição de solventes miscíveis com água mas com menor velocidade de evaporação que ajuda a manter a superfície “aberta” à saída da água proveniente da parte mais interna da película [10].

O facto de o ligante estar em suspensão em água, permite que no processo de evaporação sejam criadas e conservadas aberturas microscópicas de ar que cedem a possibilidade de respiração e, por consequência, a passagem de vapores de humidade. Entende-se agora a razão pela qual se considera especial o caso das tintas de dispersão aquosa, uma vez que há maior tolerância à humidade vinda de dentro da construção e por isso maior permeabilidade.

Contudo, é necessário ter em conta que este mecanismo de formação de filme tem certas limitações, nomeadamente com as temperaturas do ambiente de secagem já que as taxas de evaporação dos componentes voláteis nas tintas precisam ser compatíveis com a taxa de evaporação da água. Para tal, os fabricantes recomendam que a temperatura mínima para aplicação seja em torno dos 5°C para tintas de látex. Por sua vez, temperaturas elevadas, vento, baixa humidade, exposição à luz solar direta e pintura sobre superfícies muito porosas faz com que a tinta seque rápido demais. Tais fatores afetam a formação do filme e a durabilidade da pintura, pois a secagem muito rápida pode reduzir a mobilidade das partículas antes que o filme se forme adequadamente. A alta alcalinidade dos betões também se trata de um parâmetro com alta sensibilidade [13].

2.1.2. Propriedades

As propriedades mais importantes das tintas são a sua opacidade ou poder obliterante, onde o poder de cobertura é definido como a área coberta por unidade de massa de tinta; o acabamento, que é a avaliação visual oferecida pela tinta; o brilho; a uniformidade; a limpeza; e a cor. A aderência, a aplicabilidade e a consistência também são importantes [16].

Apesar da maioria dos sistemas de base aquosa serem mais permeáveis à água do que os sistemas de base solvente, a proteção por eles conferida em condições reais de exposição é muitas vezes bastante elevada. Oferecem ainda melhores propriedades de secagem, desenvolvem mais rapidamente as suas propriedades de resistência e contêm menor teor de compostos orgânicos voláteis [15]. Na Tabela 2.1 estão representadas as vantagens das tintas de base aquosa em relação às de base solvente.

Outras características importantes dos sistemas de base aquosa, são por exemplo a resistência iônica, a mobilidade da água, a proteção por barreira da interface superfície/revestimento e a capacidade de aderência, o que permite uma pintura de elevada qualidade e durabilidade [17,18].

Tabela 2.1 - Desempenho dos ligantes acrílicos e respetivos benefícios [13,18]

Propriedades	Benefícios
Maior adesão	Resistência à formação de bolhas Resistência a fissuras e descascamentos
Maior resistência à água	Resistência à formação de bolhas Resistência a mofo (bolor) e algas Resistência à acumulação de poeiras
Resistência alcalina	Menos provável de queimar se aplicado sobre alvenaria fresca
Melhor retenção de cores	Resistência a UV Menos calcinação e tendência ao envelhecimento

2.1.3. Tintas de Fachadas

As tintas aquosas e os seus complementos, utilizados na construção civil representam 80% de todas as tintas consumidas por este segmento de mercado.

Naturalmente, na construção civil, os substratos mais comuns vaticinados a serem pintados são de natureza mineral e gozam de características como alcalinidade, porosidade, presença de materiais pulverulentos à superfície e a necessidade de respiração [19].

Os materiais de construção, tais como o betão, o tijolo ou as argamassas, são geralmente denominados materiais de construção porosos [19]. Este tipo de materiais é caracterizado pelo facto de conterem pequenos vazios, também chamados poros, que em condições correntes são ocupados por um fluido (ar, água ou vapor de água). Os poros podem estar interligados, formando uma rede contínua de vazios que corresponde à chamada porosidade aberta, ou podem apresentar-se isoladamente dispersos pelo material poroso, não fazendo parte do grupo de vazios ligados entre si e correspondendo à porosidade fechada. O transporte de fluidos ocorre através da rede interna de vazios interligados

É importante notar que, na aplicação de tinta em fachadas, muitas vezes não são tidas em conta as considerações e implicações que estes suportes carecem, nomeadamente por falta de conhecimento das características dos materiais a pintar, dos produtos de pintura e do próprio esquema de aplicação, que, associadas a condições ambientais adversas durante a pintura, se traduzem na prática pelo aparecimento de anomalias ou efeitos estéticos indesejáveis no revestimento [19].

Há vários tipos de tintas para fachadas que são produzidas a partir de tecnologias diferentes. As tintas mais utilizadas para aplicações em fachadas no exterior são tintas lisas, tintas texturadas (ou areadas), tintas flexíveis (ou elastoméricas), tintas à base de *Hydro Pliolite* (um ligante produzido a partir de tecnologia EBS, constituído por copolímeros acrílicos), tintas de silicone e tintas de silicato. Para este estudo, serão fabricadas tintas lisas tradicionais.

Uma importante função dos revestimentos de fachadas, além do aspeto decorativo, é a proteção contra a humidade. Esta constitui o maior perigo para as pinturas e quanto mais tarde estas se executarem melhor, desta forma previne-se pintar superfícies com elevado teor de humidade. O problema reside no facto de mesmo quando as superfícies aparentam estar completamente secas contêm ainda grandes quantidades de água. A quantidade de água presente num edifício varia consoante o tipo de construção, os materiais usados, as condições do tempo, entre outros. Parte desta água é fixada pelos materiais de construção no seu próprio endurecimento [5].

O revestimento a aplicar deve ter elasticidade suficiente para acompanhar e resistir às alterações volúmicas, devidas à temperatura e humidade a que o substrato está sujeito. Deve conter ainda resistência à adesão de sujidade para manter um aspeto limpo durante anos.

Uma tinta flexível é uma tinta à base de ligantes não voláteis que mantem as propriedades mecânicas e elásticas em condições de temperatura entre 10°C e 40°C. Estas evitam o problema das fissurações, contudo aumentam a aderência de sujidade. A seu tempo, a redução efetiva da aderência da sujidade requer níveis muito elevados de reticulação polimérica o que causará uma enorme alteração das propriedades mecânicas do filme, havendo redução da elasticidade. Por isso, e como apenas interessa reduzir a pegajosidade do filme à superfície, pode restringir-se a reticulação à camada superficial utilizando foto-iniciadores das cadeias do polímero [20].

Além das características mecânicas do filme, estas tintas permitem aplicar espessuras muito superiores às que normalmente se conseguem aplicar com as tintas tradicionais. Por esta razão, são tintas que oferecem maior proteção aos substratos [20].

Na produção de tintas flexíveis utilizam-se polímeros acrílicos puros e também polímeros estireno-acrílicos. Enquanto os primeiros permitem obter filmes com menor adesão de sujidade, os outros permitem produzir filmes com maior resistência à água porque são mais hidrófobos [20].

➤ Tintas lisas tradicionais

Grande parte das tintas lisas tradicionais é produzida a partir de emulsões de polímeros e copolímeros puramente acrílico, estireno-acrílicos e também de copolímeros de ésteres vinílicos [20]. No presente estudo, as tintas produzidas são emulsões de estireno-acrílico.

O grande revés destas tintas é o preço dos polímeros, no entanto é justificado pelas suas propriedades dado que permitem produzir tintas de elevada resistência aos agentes atmosféricos, à alcalinidade e à água.

O pH das tintas lisas encontra-se normalmente entre 8 e 9 para garantir a estabilidade dos ligantes, já que nestas condições de pH se verifica uma certa desprotonação das moléculas que favorece a ligação entre os monómeros [20].

Quanto à razão de absorção de água, os copolímeros estireno-acrílicos apresentam melhores resultados porque, como são menos hidrofílicos do que os monómeros acrilato e metacrilato, absorvem menos quantidade de água. Os ligantes acrílicos são mais hidrófobos do que os ligantes vinílicos, absorvendo assim menores quantidades de água [20].

A permeabilidade ao vapor de água revela-se superior em revestimentos 100% acrílicos do que em revestimentos estireno-acrílicos. No entanto, à medida que aumentam os ciclos de humidade, os revestimentos 100% acrílicos demonstram uma diminuição da sua permeabilidade a estes vapores, enquanto que nos revestimentos estireno-acrílicos esta se mantém constante [20].

Em termos de resistência à exposição aos agentes atmosféricos, os revestimentos acrílicos têm melhores resultados do que os estireno-acrílicos e estes têm resultados melhores do que os revestimentos baseados em acetato de vinilo [5,20].

Devido ao seu baixo preço e às suas características, que garantem boas resistências à exposição no exterior, à alcalinidade e à água, as dispersões estireno-acrílicas são comumente utilizadas nas tintas para

fachadas. Contudo, as dispersões 100% acrílicas continuam a ser antepostas para utilizações mais exigentes. Por seu lado, as dispersões vinílicas são as menos utilizadas em tintas para fachadas [5,20].

➤ Tipos de defeitos na película

Os defeitos da película são basicamente de dois tipos: os relacionados à aplicação e aspetos estéticos e os defeitos de ordem geral, que dependem de muitos fatores e podem surgir em qualquer fase, durante ou logo após a aplicação ou no período de secagem. Se a anomalia surgir a longo prazo, deve-se ao natural envelhecimento da película [19].

Esses revestimentos de paredes, pela sua grande exposição às ações externas e pelo seu papel de proteção das alvenarias, são dos elementos mais sujeitos à degradação (Figura 2.3). Os processos de degradação, natural e precoce, a que estão sujeitos os revestimentos, traduzem-se no aparecimento de diversas anomalias que, devidamente identificadas e tipificadas, permitem quantificar a degradação.

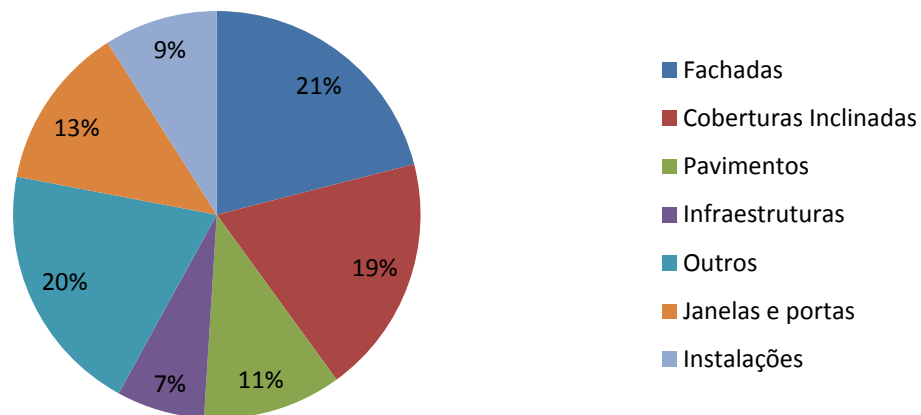


Figura 2.3 - Percentagem de anomalias por elemento em que ocorrem [adaptado de 21]

As fachadas são assim os elementos mais afetados por manifestações patológicas, representando 21% do total das anomalias detetadas.

Neste trabalho, considera-se uma anomalia como uma manifestação patológica do mecanismo de degradação que lhe está associada, sendo assim um processo evolutivo ao longo do tempo. Entende-se por mecanismo de degradação a sequência de alterações a que o revestimento está sujeito, que originam uma alteração prejudicial nas suas características físicas, químicas ou mecânicas [22]. As anomalias mais frequentes nos revestimentos aplicados em fachadas são [5,23]:

- Alteração de cor – derivado da falta de solidez dos pigmentos à luz, à fraca resistência à tinta, ao ataque alcalino e à absorção de água. A ação de agentes de exposição (radiação solar, temperatura, atmosferas poluídas ou quimicamente agressivas, bases de aplicação quimicamente agressivas) sobre o ligante e/ou os pigmentos do revestimento por pintura provocam esta anomalia;
- Destacamentos e falta de aderência – devido à má preparação de substratos pulverulentos e humidade sob a película. Pode ainda ter origem em eflorescências ou empolamentos, resultando muitas vezes de uma combinação de anomalias e de agentes de degradação, por vezes complexa. Em revestimentos fissurados por variações dimensionais entre o suporte e a película, existe maior tendência para o destacamento, pois estes favorecem a entrada de água [24];



Figura 2.4 - Destacamentos de tinta numa fachada [5]

- Empolamentos – consistem na formação de nódulos sob a película pelo aprisionamento de um fluido causado pelo excesso de água no substrato e pela impermeabilidade da película ao vapor de água. Porém, as mais importantes são as condições ambientais inadequadas para aplicação (humidade relativa do ar superior a 85% e temperatura de chapa inferior a 10°C). As membranas elásticas ou, de uma forma geral, os revestimentos com baixa permeabilidade ao vapor de água e elevada impermeabilidade à água têm maior tendência para empolamento, pois criam uma barreira à saída da humidade, provocando a permanência prolongada desta [25].



Figura 2.5 - Empolamentos presentes numa fachada [26]

- Fissuração – pode aparecer devido à má formulação do produto de pintura, ao facto do revestimento ser duro e quebradiço aplicado sobre um suporte com variações dimensionais, a aplicação de espessura ser elevada numa só demão de tinta, uma vez que a espessura de película seca deve situar-se numa faixa de -10% a +30% que a espessura nominal especificada. Muitas vezes desenvolvem-se fissuras nas paredes que são inofensivas para a construção, mas que permitem a entrada de água. É um defeito característico de formulações mal balanceadas, ou falta de plastificante na tinta;



Figura 2.6 - Fissurações presentes numa parede [26]

- Gizamento – consiste na degradação da resina pela ação de raios ultravioleta do sol, resultando no aparecimento de um pó fino, pouco aderente à superfície da película, proveniente da desagregação de um ou vários constituintes – degradação do ligante [25]. Com esta degradação tem-se libertação dos pigmentos e a conseqüente perda de brilho e, em alguns casos, até da cor. A resistência a raios ultravioleta é uma característica fundamental das resinas. Há aquelas que são altamente resistentes aos raios ultravioletas, como, por exemplo, os poliuretanos alifáticos, e aquelas de resistência razoável, como as acrílicas e os estirenoacrilatos, e há, ainda, aquelas que possuem uma fraca resistência, como a epóxi e as alquídicas [25]. Este defeito pode também manifestar-se, ou ser agravado, pela degradação de pigmentos, em especial os orgânicos;

- Escorrimento – neste defeito a tinta apresenta-se escorrida, o que pode ser ocasionado por acumulação excessiva de tinta na superfície, por defeitos de formulação (viscosidade e consistências baixas da tinta), superfície muito fria, ou ainda aproximação excessiva da pistola, no caso de aplicação com este equipamento;
- Retenção de sujidade – sobretudo em tintas texturadas e em áreas pouco expostas à chuva e ambientes muito poluídos. Pode dever-se ao facto do produto de pintura apresentar elevada concentração volumétrica de pigmento, ou ainda pelo amolecimento do revestimento, por exemplo durante o verão, dado que ligante é suscetível à ação da temperatura [25];
- Bicos de alfinete e crateras – Apesar de serem anomalias não modeláveis, visto que surgem na fase de secagem e formação do filme, e pouco comuns em revestimentos exteriores, interessa a sua breve descrição visto que afetam o aspeto estético do revestimento e, no caso dos bicos de alfinete, favorecem a entrada de água e de agentes contaminantes. Os bicos de alfinete consistem em pequenos orifícios, na superfície de uma película de tinta, com a dimensão de uma picada de alfinete; as crateras caracterizam-se por pequenas depressões de forma circular na película [24,25];



Figura 2.7 - Anomalia do tipo bicos de alfinete (ampliação x100) [adaptado de 24]

- Eflorescências – consiste na cristalização de sais existentes nos materiais de construção, conduzidos pela humidade até à superfície quando o substrato seca. Pode formar uma camada facilmente removível ou resultar num filme duro e de difícil remoção. Visualmente, esta anomalia manifesta-se através do aparecimento de manchas de extensão e configuração variáveis e geralmente de cor esbranquiçada, que afloram a superfície, alterando o aspeto visual do revestimento. Quando este fenómeno ocorre sob a superfície (entre o reboco e o revestimento) é designado por criptoflorescência, favorecendo o destacamento da película [16,27]. As eflorescências resultam da migração de água, contida nos elementos da construção, transportando consigo sais dissolvidos (cloretos, sulfatos, nitratos ou outros) com origem nestes elementos, no solo ou no ambiente. À medida que a água atravessa a construção, do interior para o exterior, e consoante as condições ambientais, dá-se a sua evaporação e a cristalização dos sais que transporta [28];
- Crescimento de fungos e algas – causado devido à ausência de aditivos fungicidas e/ou algicidas na formulação. As manchas resultantes de colonização biológica (Figura 2.8) podem ser originadas por algas, fungos, musgos, líquenes ou vegetação parasitária, isto é, microrganismos de origem animal ou vegetal. Estes microrganismos formam uma camada de cor preta, verde ou encarnada que afeta não só a qualidade visual das fachadas, mas também deteriora gradualmente os revestimentos e o próprio suporte. Os microrganismos de origem animal, como os fungos, crescem em ambientes sombrios e com pouco arejamento, em presença de material orgânico. Os de origem vegetal, como as algas, desenvolvem-se em ambientes quentes e com exposição solar, em presença de dióxido de carbono [25].



Figura 2.8 - Fungos e algas numa fachada [5]

- Sem resistência à alcalinidade – devido às aplicações sobre cimento fresco, as tintas têm de apresentar resistência e estabilidade à alcalinidade. Se a tinta tiver uma resistência insuficiente à alcalinidade pode comprometer seriamente o tempo de vida da cobertura, provocando gizamento, fissuração e perda de adesão ao substrato.

Quanto ao aspeto decorativo, pretende-se que o revestimento por pintura cubra facilmente o substrato e garanta o aspeto visual pretendido, devendo para isso ser resistente à ação solar e ser resistente ao crescimento de fungos e algas. É importante que tenha boa aplicabilidade tanto na aplicação à trincha como a rolo sem escorrer e sem salpicar [5].

➤ Identificação, origens e correção de defeitos

O primeiro passo na solução de qualquer problema é identificá-lo corretamente e, em seguida, determinar sua causa. A possibilidade de haver mais de uma causa que contribua para um único defeito não deve ser descartada. As propostas corretivas para os defeitos apresentados podem não ser específicas de um determinado defeito, devido a particularidade da manufatura ou restrições relacionadas ao desempenho do produto. A combinação de várias soluções (duas ou mais alternativas) normalmente é mais eficaz, pois os efeitos são mais facilmente eliminados dessa maneira. Caso a falha persista após a aplicação da solução indicada, deve-se retornar à fase de identificação (diagnóstico) [25].

Os principais fatores que afetam a degradação das fachadas são a água e o sol. A água pode penetrar nas paredes por múltiplas formas: através do revestimento por difusão da água da chuva e da água presente na atmosfera; através das atividades no interior do edifício, como rutura nas canalizações; ou ainda por capilaridade, devido à alta porosidade dos materiais de construção e das diferenças de pressão existentes [19]. Desta forma, a água é um fator condicionante para o aparecimento de praticamente todas as anomalias descritas; para além de diminuir a aderência (empolamentos e destacamentos) e provocar manchas de humidade, a presença de água favorece o desenvolvimento de microrganismos (manchas de origem biológica) e transporta contaminantes atmosféricos ou sais solúveis (retenção de sujidade e eflorescências, respetivamente).

Uma solução é apostar numa boa impermeabilização da cobertura exterior e interior, mas ainda assim nem sempre é possível eliminar todas as entradas de água nas paredes. Este problema abarca edifícios antigos e novos, uma vez que estes últimos contêm uma grande quantidade de água, utilizada na sua construção. Para tal, é necessário assegurar um equilíbrio higroscópico, de modo a eliminar as águas de construção e outras que eventualmente se infiltrem, entre o interior e o exterior das paredes [19].

A impermeabilização deve impedir a entrada de água através da superfície de modo que tenha uma baixa permeabilidade à água líquida e, ao mesmo tempo, que possua uma permeabilidade ao vapor de água que permita a saída deste. Deverá, além disso, possuir aderência suficiente ao substrato de modo a suportar eventuais pressões hidrostáticas do filme durante a evaporação do solvente (água).

Por seu lado a ação continuada da radiação solar contém radiações de vários níveis de energia, sendo a radiação ultravioleta a mais energética e a mais destrutiva para as moléculas de pigmento, podendo provocar cisões nas ligações poliméricas. Ao incidir nas fachadas, tem uma implicação direta nomeadamente na cor, uma vez que com sucessivas incidências ao longo do tempo há perda de brilho, por exemplo.

De todos os agentes de degradação, a radiação solar é o fator que desempenha uma ação preponderante no veículo fixo, degradando o ligante e iniciando processos de degradação físicos e químicos no revestimento. A radiação ultravioleta atua também sobre os pigmentos, dependendo da capacidade e absorção destes, provocando a sua degradação fotoquímica e dando origem a descolorações. É por esta razão que, em paredes exteriores, se deve usar pigmentos estáveis à luz.

Em suma, uma tinta para fachadas de construção civil deverá satisfazer as seguintes condições: possuir a mínima absorção de água líquida e uma elevada permeabilidade ao vapor de água, boa aderência ao substrato, elevada resistência à alcalinidade, elevada resistência aos fungos e algas e à adesão de sujidade, elevada resistência aos raios UV e facilidade de aplicação sem produção de salpicos [20,23].

2.2. Descrição do Processo Produtivo

A indústria de tintas é caracterizada pelo processo de fabricação e produção em lotes, o que facilita o ajuste da cor e o acerto final das propriedades da tinta. Nas etapas sequenciadas de fabricação predominam as

operações físicas como a mistura, dispersão, acabamento, filtração e vazamento, sendo que as conversões químicas, quando ocorrem, acontecem na produção dos componentes (matérias-primas) da tinta e na secagem do filme, após aplicação [29].

2.2.1. Processo de produção, enchimento e rotulagem

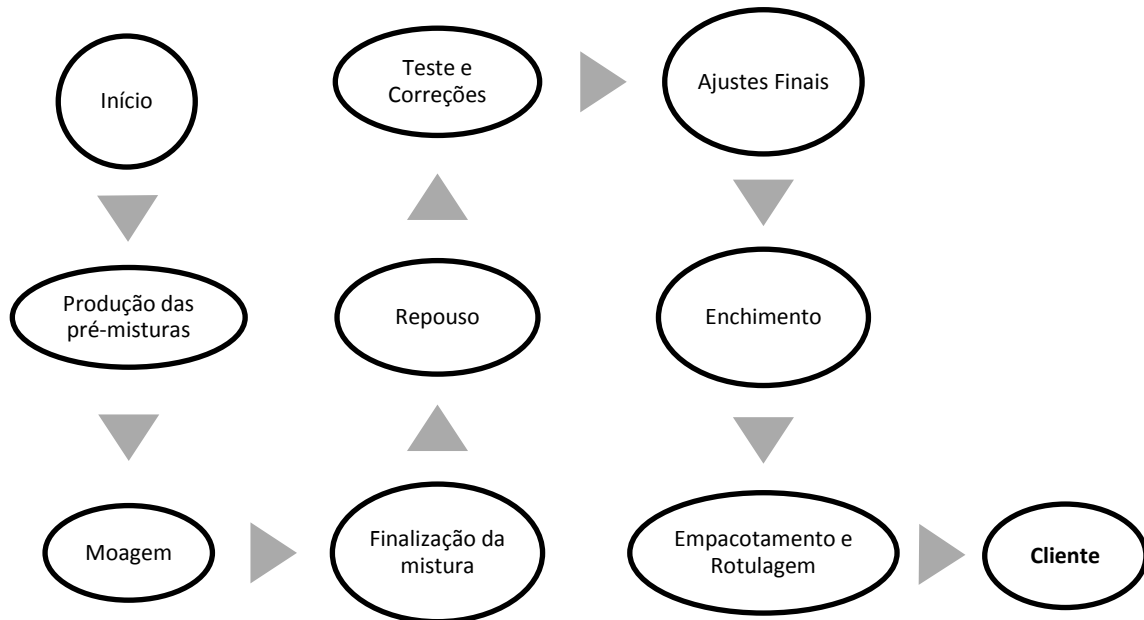


Figura 2.9 - Processo de produção, enchimento e rotulagem [adaptado de 15]

O processo de produção pode ser dividido em etapas individuais nas quais a dispersão dos pigmentos e cargas na fase líquida é um procedimento decisivo. As etapas individuais são a produção das pré-misturas, processo de dispersão (moagem), finalização da mistura, fase de repouso, testes e correções ou ajustes finais (obtenção do produto acabado), enchimento, empacotamento e rotulagem. A estas últimas fases pertencem funções onde o produto final é embalado em recipientes apropriados, devidamente etiquetados de acordo com a legislação em vigor e armazenado em condições controladas até à sua expedição (Figura 2.9).

➤ Formulação das tintas

Não existe uma tinta perfeita. Existe sim uma estabilidade entre as propriedades, e se essas propriedades não estiverem em equilíbrio isso acarretará defeitos nas tintas, que podem ser minimizados se forem compreendidos e analisados no início. Para tal, é muito importante estabelecer a formulação certa e adequada para a tinta, ou seja, uma tinta de qualidade tem que ser produzida de acordo com fórmulas detalhadas e cuidadosamente estudadas.

Uma fórmula descreve, matematicamente e segundo normas específicas, quais as matérias-primas, em que quantidades devem ser adicionadas e a ordem pela qual devem ser acrescentadas. Para além disso, uma fórmula inclui os testes e ensaios a realizar para controlar a qualidade da tinta [15].

Esta formulação deve ser rigidamente observada e obedecida de acordo com as seguintes etapas [10,12]:

- 1) Avaliação e controlo de qualidade da matéria-prima;
- 2) Pesagem das matérias-primas, obedecendo à formulação;
- 3) Mistura de água e aditivos em equipamentos de dispersão de alta precisão para facilitar a obtenção de uma mistura homogénea, segundo a fórmula;

- 4) Adição dos pós (pigmento e/ou cargas) à mistura e dispersão a alta velocidade, durante alguns minutos até atingir a finura desejada. Controlar a temperatura, uma vez que esta não deve exceder os 50°C, nas tintas de base aquosa;
- 5) Durante a dispersão da mistura, os aglomerados de partículas de pigmentos são separadas dos seus agregados no veículo líquido, auxiliados pela adição de dispersantes;
- 6) Incorporação dos agentes coalescentes e das resinas, esperando o tempo devido para que a preparação se envolva homogeneamente;
- 7) Fase de acabamento, onde se completa a formulação, através da adição de água, resinas e demais matérias-primas da respetiva formulação;

No final desta etapa considera-se finalizado o fabrico da tinta base. Pode ainda ser necessário proceder à filtração em rede fina da tinta base, de modo a anular a existência de bolhas de ar indesejáveis e/ou agregados de sólidos.

Numa fase posterior, é realizado o controlo de qualidade onde os produtos são submetidos a rigorosas análises e testes de viscosidade, brilho, cobertura e opacidade, peso específico, pH e secagem. Após aprovação, seguem para a fase de enchimento e rotulagem das embalagens.

A adição de pigmentos corantes como etapa para acerto da cor da tinta, conforme os padrões predefinidos, é uma etapa que, se for realizada por afinação automática de cor (MTT), pode ser realizada nos próprios estabelecimentos de vendas.

Deduz-se facilmente que um dos grandes desafios do formulador (Figura 2.10) é atender às necessidades dos clientes, que representam um fator fundamental quando o produto é testado e aprovado por uma multidão de clientes. No desenvolvimento do produto, o trabalho é facilitado recorrendo a um ciclo radial com as exigências do cliente, nomeadamente:



Figura 2.10 - Ciclo radial representativo dos desafios que o formulador enfrenta face às exigências do cliente [adaptado de 15]

Após o controlo, a tinta pode necessitar de ajustes e na fase em que qualquer ajuste é decidido, o formulador deverá rever toda a fórmula para que a tinta não perca o seu equilíbrio, evitando problemas futuros.

2.3. Caracterização de uma tinta

2.3.1. Tintas Bases

As tintas base são, como o próprio nome indica, a base, a primeira fase de arranjo de uma tinta e que se aplicam em sistemas de tintagem. Ou seja, é a partir do fabrico da tinta base que se inicia a produção de qualquer tinta [30].

As bases são classificadas de acordo com o seu teor em dióxido de titânio e, na Hempel, são denominadas de base 10, base 30 e base 50, podendo também existir bases coradas, ex: amarela 05590 e encarnada 07160. No âmbito deste trabalho apenas as bases 10 e 50 serão realizadas. A primeira contém a percentagem de dióxido de titânio mais elevada em relação às outras bases que, no presente estudo corresponde a cerca de 14% caracterizando-se pelo seu tom “pastel”. Já a base 50 tem como característica fundamental a transparência, pelo que não possui na sua constituição qualquer percentagem de pigmento de titânio.

A seleção da base é de extrema importância e depende do tipo de aplicação e substrato, nomeadamente para a escolha do sistema de cor a aplicar [30].

Se a calibração da tinta base não for apropriada, o que pode ocorrer devido ao défice ou à elevada adição de pigmento branco, a obtenção das cores pode revelar-se mais clara ou mais escura que o expectável.

2.3.2. Matérias-primas

Cada produto adota um regulamento específico e próprio de fabricação dependendo da aplicação à qual se destina. Cada processo mencionado subdivide-se em inúmeras etapas de formulação que vão desde a configuração física dos equipamentos a procedimentos operacionais adotados [31].

É imposto, com o desenvolvimento tecnológico, que as matérias-primas se conjetem e definam uma interação com todos os componentes de formulação. Desta forma, torna-se imperativo compreender o desempenho das matérias-primas em cada uso industrial específico, proporcionando, assim, produtos característicos para cada aplicação segundo as necessidades do mercado das tintas [31]. Além disso, a necessidade de redução de custos impele que os fabricantes reavaliem e renovem constantemente os processos produtivos.

Assim, considera-se que as matérias-primas que constituem uma tinta são os elementos integrantes da base e acarretam funções cruciais para o seu aperfeiçoamento. A tinta detém como constituintes resinas, solventes, pigmentos, cargas e aditivos, onde dentro de cada um destes grupos existem múltiplas opções de escolha, com funções específicas e adicionadas em quantidades relativas.

Uma tinta com requisitos solicitados para fachadas exteriores, que são por norma tintas aquosas visto serem mais ecológicas, contém o ligante disperso em fase aquosa. Daí que o componente que possui maiores percentagens na composição seja a água [11].

A escolha criteriosa das matérias-primas utilizadas será descrita no capítulo 3.1.

Durante e após o processo de fabrico de uma tinta é necessário determinar alguns parâmetros de modo a proceder à sua caracterização e avaliar se esta se encontra dentro dos valores exigidos. Alguns desses parâmetros podem ser calculados teoricamente outros através da realização de ensaios físicos e químicos. Desses ensaios, uns são feitos à tinta líquida e outros à tinta aplicada.

2.3.3. Cálculos teóricos

➤ Teor em veículo

Representa a percentagem da parte líquida da tinta;

➤ **Teor em pigmento**

Representa a percentagem dos pigmentos e cargas da tinta;

➤ **Teor em voláteis**

Corresponde, em percentagem, à quantidade de material que evapora na formação da película, segundo a norma NP-1901 (1983);

➤ **% SVR**

Caracteriza a relação do volume dos sólidos de uma tinta pelo seu volume total. É necessário ter em consideração este parâmetro, visto que a tinta é vendida em volume e que, após a evaporação, apenas os sólidos permanecem na película de revestimento;

➤ **% SWR**

Corresponde à quantidade, em percentagem, de material não volátil existente numa tinta, que constitui o filme seco após secagem;

➤ **% PVC**

Segundo a norma NP EN 971-1:1997, a concentração volumétrica de pigmento é “[...] razão expressa em percentagem, entre o volume de matérias pulverulentas (pigmentos, cargas, etc.) num produto de pintura e o volume total de matéria não volátil.”

O PVC da tinta é dado pela eq. 1.1 [NP EN 971-1:1997]:

$$PVC = \frac{V_p}{V_p + V_r} * 100 \quad \text{eq. 2.1}$$

Onde:

- PVC = concentração de pigmento em volume [%];
- V_p = volume do pigmento e cargas [cm^3];
- V_r = volume da resina [cm^3].

Assim, quanto maior for o PVC, menor será a quantidade de ligante da tinta. A capacidade de um ligante para manter unidas todas as partículas de pigmento e cargas de modo a formar um filme com as características desejadas é também designada de poder ligante [20].

A relação entre o veículo e os pigmentos e cargas é um parâmetro essencial na diferenciação das tintas. Uma vez que as tintas são aplicadas em camadas tridimensionais, esta relação é traduzida em termos de volume e tem grande influência no comportamento da tinta à exposição exterior onde a radiação UV e a humidade a degradam, destruindo o ligante à superfície do revestimento, expondo as partículas de pigmentos e cargas [5].

➤ **% CPVC**

O PVC crítico ou CPVC é a concentração máxima/crítica em volume de pigmento/cargas que o veículo pode agregar, preenchendo todos os interstícios, ou seja, sem haver a descontinuidade do filme. Acima deste valor (Figura 2.11), o revestimento desenvolve poros e a resina apenas assegura a ligação entre alguns pigmentos e cargas. O CPVC é determinado pela natureza química e pelo tamanho das partículas do ligante, por um lado, e, por outro, pelos pigmentos e cargas usados na formulação genérica [20,32].

Para determinar o CPVC, recorre-se à eq. 2.2 [NP EN 971-1:1997]:

$$CPVC = \frac{V_p}{V_p + V_{va}} * 100 \quad \text{eq. 2.2}$$

Onde:

- CPVC = concentração crítica de pigmento em volume [%];
- V_p = volume do pigmento e cargas [cm³];
- V_{va} = volume de veículo absorvido [cm³].

Muitas propriedades variam drasticamente quando o CPVC é excedido: aumenta a porosidade do filme aumentando a PAL e a PVA, aumenta o poder de cobertura mas o filme torna-se mais quebradiço e aumenta consideravelmente o gizamento [5,20].

No caso de tintas formuladas abaixo do CPVC, verifica-se um aumento no brilho, na resistência à água, na resistência e estabilidade aos agentes de degradação climáticos e na dureza e flexibilidade, verificando-se também um aumento na pegajosidade do filme aumentando assim a adesão de sujidade [5,20]. O cálculo do CPVC está diretamente associado à precisão na determinação da absorção de óleo. Normalmente os fornecedores de pigmentos fornecem a absorção de óleo, facilitando assim o trabalho do formulador de tintas [32].

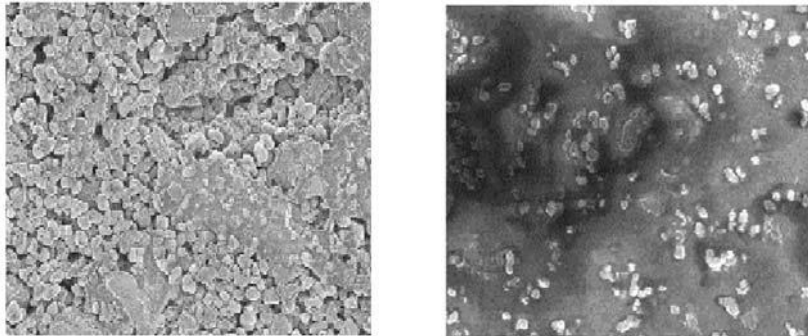


Figura 2.11 - Fotografia obtida por SEM, representativa de tintas abaixo e acima do CPVC, respetivamente [14]

➤ Volume de sólidos

Também designado por volume de secos, vem expresso tal que, segundo a norma ISO 3233 / ASTM D 2697:

$$VS [\%] = \frac{\text{espessura de filme seco } [\mu\text{m}]}{\text{espessura de filme húmido } [\mu\text{m}]} * 100 \quad \text{eq. 2.3}$$

➤ Rendimento Teórico

Segundo a norma NP EN 971-1:1997 o rendimento significa: “Quantidade de produto de pintura por unidade de área que é necessário para originar, sob determinadas condições de aplicação, uma película seca com uma dada espessura” expresso em m²/L. É então definido como:

$$R_T = \frac{\text{Volume de Sólidos } [\%] * 10}{\text{espessura de filme seco } [\mu\text{m}]} \quad \text{eq. 2.4}$$

Para determinar o rendimento teórico é necessário utilizar uma dada espessura do filme seco, que vem recomendada nas Informações Técnicas de uma tinta.

Na prática, o rendimento dependerá do método de aplicação, das condições de aplicação, do aplicador, etc, e deverá variar entre 1,2 e 1,4 do rendimento teórico [33];

➤ **COV**

Como já se constatou, existe uma enorme variedade e quantidade de matérias-primas e produtos auxiliares empregados no setor de tintas. Várias dessas matérias-primas possuem propriedades tóxicas, irritantes e corrosivas o que torna essencial o conhecimento dos seus potenciais efeitos sobre a saúde humana e sobre o meio ambiente, assim como sobre a forma de proceder em caso de derramamentos acidentais, contaminações e intoxicações [10].

Esta consciencialização da necessidade de protecção do meio ambiente e da melhoria da qualidade do ar, nomeadamente da redução dos gases causadores de efeito de estufa, levaram a que as emissões atmosféricas fizessem parte fundamental de controlo nesta indústria.

Os compostos orgânicos voláteis (COV) são produtos químicos orgânicos que têm um ponto de ebulição inicial igual ou inferior a 250°C a uma pressão atmosférica normal e que se evaporam para a atmosfera, produzindo um certo grau de contaminação segundo a Diretiva 2004/42/CE.

Tendo como base a norma NP EN 971-1:1997 os COV são definidos como “qualquer produto orgânico líquido e/ou sólido que se evapore espontaneamente, nas condições de temperatura e pressão atmosférica, com as quais está em contato”.

A emissão de COV é resultado de diversos processos como, combustão incompleta, emissões durante todas as etapas do processo de fabricação, especialmente quando realizados em equipamentos abertos, fuga das matérias-primas dos silos, limpeza de equipamentos, vazamentos de silos e válvulas de tubulações, durante as fases de aplicação e secagem das tintas e revestimentos [10].

Os processos de pesagem de matérias-primas sólidas e os processos de dispersão, são dos grandes responsáveis dessas emissões. Para minimizar a quantidade de partículas sólidas em suspensão, é recorrente tomar-se medidas como enclausuramento da etapa do processo e instalação de sistema de extração [10].

Estes compostos provocam a formação de ozono ao nível do solo, o que pode danificar zonas vegetais, colheitas agrícolas e árvores, e pode ainda causar irritação das vias respiratórias, dos olhos e da pele dos seres vivos, de acordo com Diretiva 2004/42/CE.

Com o objetivo de limitar as emissões de COV foi criada uma diretiva específica. A diretiva que rege as limitações das emissões destes compostos abrange revestimentos por pintura aplicados nos edifícios para fins decorativos, funcionais ou de proteção, tintas para veículos automóveis, ou partes dos mesmos, na reparação, conservação ou decoração do veículo fora das instalações de fabrico.

Para o presente estudo, como a finalidade desta tinta é para fachadas exteriores, a classificação encontra-se na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Classificação de Tintas Exteriores de Substrato Mineral e respectivos COV máximos [adaptado de de Diretiva 2004/42/CE].

Tipo de Produto		COV Máximo [g/L]	
		Ano 2007	Ano 2010
Tintas Exteriores de Substrato Mineral	Aquosas	75	40
	Com solvente	450	430

Desde 2010 que se entrou na fase mais restritiva da limitação de emissões aceites, onde as empresas que não se encontrassem em conformidade com o exigido no Decreto-lei nº181/2006, não poderiam continuar a fabricar produtos que não estivessem de acordo com o referido Decreto-lei.

O uso de equipamentos cobertos durante o processo minimiza a emissão de compostos orgânicos voláteis, sendo recomendável inclusive para reduzir perdas de matéria-prima [10].

É um erro afirmar que apenas são afetadas as tintas à base de solvente, uma vez que as tintas de base aquosa também contêm COV na sua formulação (coalescentes e/ou co-solventes). De acordo com o tipo de produto, existe um limite máximo de COV que se traduz nas diferentes classificações das tintas.

➤ **Custo**

O custo de uma tinta é muito influenciado pelo PVC. Existem casos, conforme ilustrado na Figura 2.12, em que quanto maior o PVC, menor é o custo da tinta. Nesses casos, os veículos são mais caros que os pigmentos.

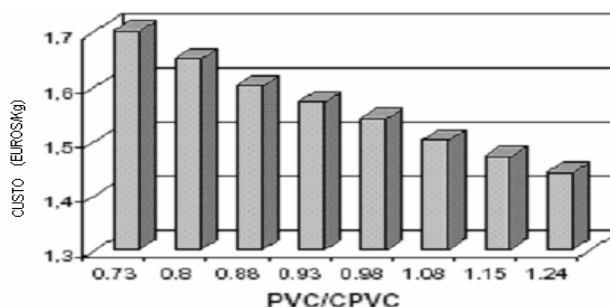


Figura 2.12 - Variação do custo da tinta em função de PVC/CPVC [34]

O que encarece muito a tinta base são os aditivos, muito embora usados em pequenas quantidades, pois o seu preço por Kg é dos mais elevados entre todos os constituintes da tinta. Naturalmente, os pigmentos utilizados também contribuem para o encarecimento da tinta, ao contrário das cargas e, no caso de tintas aquosas, da água [5].

2.3.4. Ensaios de caracterização de uma tinta

➤ **Controlo em Tinta Líquida**

Existem parâmetros cruciais a controlar durante e após o processo de fabrico da tinta, são eles o grau de moagem, viscosidade, pH, peso específico e tempo de secagem, de modo a que a tinta seja aprovada (Figura 2.13). Para tal, é necessário que a tinta se encontre a uma temperatura normalizada, no presente estudo essa temperatura foi de 25°C, sendo possível recorrer a banhos aquecidos ou arrefecidos consoante a necessidade.

A ciência que estuda o escoamento e a deformação da matéria quando esta é sujeita a uma força ou um campo de forças é denominada de reologia [35]. Esta ciência é de grande importância para o estudo das tintas, visto que a principal característica deste material é a fluidez. Para facilitar a sua aplicação, as tintas apresentam uma viscosidade baixa [10].

Nas tintas, a viscosidade depende da taxa de corte logo estes fluidos são não-newtonianos [35]. No entanto a viscosidade varia em função do tempo quando o fluido é deformado a uma velocidade constante, a este comportamento chama-se tixotropia.

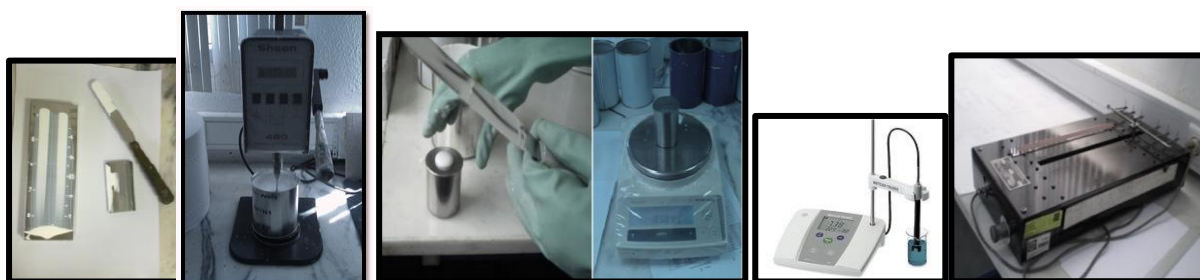


Figura 2.13 - Ensaios à tinta líquida: medição do grau de moagem; viscosidade medida através do viscosímetro *Stomer*; determinação do peso específico por diluição; medidor de pH *SevenEasy Mettler Toledo*; medidor do tempo de secagem, *B.K. Drying Recorder*

➤ **Controlo em Tinta Aplicada**

Existem ainda ensaios que se realizam após aplicação num substrato. Nem todos estes ensaios são realizados com a tinta completamente seca, ou seja, alguns são executados quando a tinta ainda está húmida, como por exemplo ensaios de *rub-out* ou para determinar a espessura de filme húmido.

Os ensaios à película seca podem determinar características físicas e comportamentais, nomeadamente espessura, brilho, molhagem, compatibilidade, força corante, razão de contraste, brancura, fissuração, resistência aos álcalis, reações às intempéries, etc.

2.4. Pigmentos

Como já foi introduzido, os pigmentos são substâncias insolúveis no meio em que são utilizados (orgânico ou aquoso) e têm como finalidades principais conferir cor e cobertura às tintas. Os corantes são substâncias geralmente solúveis em água e são utilizados para conferir cor a um determinado produto ou superfície. Estes fixam-se na superfície que vão colorir através de mecanismos de adsorção, ou ligações iónicas e covalentes enquanto os pigmentos são dispersos no meio (tinta) formando uma dispersão relativamente estável.

Os corantes são muito utilizados na indústria têxtil e os pigmentos são fundamentais em tintas para revestimento [36]. As suas diferenças fundamentais estão apresentadas na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Comparação entre pigmentos e corantes [36]

Pigmentos	Corantes
Insolúveis no meio em que são aplicados	Solúveis no meio em que são aplicados
Geralmente mais sólidos	
Mais estáveis ao calor	
Podem ser opacos	

Uma tinta com boa capacidade de proteção tem na sua composição grande quantidade de pigmentos bem dispersos para que a penetração de ar ou sais seja a mais baixa possível [37]. Um dos pigmentos geralmente presente em todas as tintas é dióxido de titânio (TiO_2), com grande poder de cobertura, conferindo-lhes brancura, luminosidade e opacidade.

Dentre as classificações existentes a mais utilizada é aquela que divide os pigmentos em dois grupos gerais, pigmentos orgânicos e inorgânicos (Figura 2.14). Estes dois grupos por sua vez subdividem-se em naturais (encontrados na natureza) e sintéticos (produzidos através de processos termoquímicos).



Figura 2.14 - Divisão categórica dos pigmentos

Os pigmentos inorgânicos têm normalmente boa estabilidade à luz e química, boa opacidade, boa solubilidade, não são tóxicos e são económicos. Chamam-se inorgânicos aos óxidos de ferro (amarelos, vermelhos e castanhos), aos pigmentos brancos (dióxido de titânio, óxidos de zinco, óxidos de antimónio), aos pigmentos coloridos (óxidos de crómio, óxidos de cádmio, negros de grafite, laranjas de molibdénio, azul de Prússia e amarelos de bismuto de vanádio, titanatos de níquel). Estes pigmentos são normalmente sais metálicos precipitados de uma solução e são também indicados para uso em tintas de Silicone e Silicatos, ao contrário da maior parte dos pigmentos orgânicos [10,15,37].

Podem ser produzidos com um elevado grau de pureza química e uniformidade e apresentam maior estabilidade térmica e química que os orgânicos, o que permite a coloração de materiais obtidos a elevada temperatura [38].

Por sua vez, os pigmentos orgânicos são, como o nome indica, substâncias orgânicas corantes insolúveis no meio em que são utilizadas. Apresentam-se na forma de pequenos cristais das mais variadas formas, sendo a mais comum a acicular. São produtos sintéticos baseados em cadeias e/ou anéis de carbono e podem conter elementos metálicos na molécula. São exemplos destes pigmentos a ftalocianina azul e verde, quinacridona violeta e vermelha, perilenos vermelhos, toluidina vermelha, aril amídicos amarelos, etc [10,15,37].

Qualquer pigmento de revestimento de superfície pode ser solicitado a realizar algumas das seguintes tarefas [11]:

- Fornecer cor;
- Obliterar cores antigas;
- Melhorar a resistência, a adesão e a durabilidade da película;
- Reduzir o brilho;
- Modificar o fluxo e as propriedades de aplicação.

Para escolher um pigmento adequado a estas características é necessário conhecer as suas propriedades.

2.4.1. Propriedades dos pigmentos

Os pigmentos devem possuir determinadas propriedades de modo a conferirem as características necessárias ao filme. Propriedades como: dispersibilidade, poder de cobertura, força corante, influência do tamanho da partícula e resistência dos pigmentos: ao calor, à luz, às intempéries, à migração, a solventes, química, são cruciais para o eficaz desempenho final e execução perfeita da tinta [39].

➤ Dispersibilidade

A dispersibilidade traduz o grau de incorporação do pigmento no meio. Tem um impacto importante nos custos e é influenciada essencialmente pelo tamanho de partícula, pois quanto mais pequena a partícula mais difícil é de dispersar [36,39]. Ou seja, é importante que haja uma distribuição granulométrica apropriada [38].

Quanto mais dispersas se encontrarem as partículas na tinta, menor será a opacidade do filme [36,39].

O princípio da dispersão de pigmentos consiste na:

- Quebra de aglomerados e agregados;
- Desumidificação e desgasificação (retirar água e ar e substituir pelo meio de incorporação);
- Distribuição no substrato;
- Estabilização da dispersão.

As condições para uma dispersão estável devem compreender as seguintes capacidades:

- Minimizar o depósito/sedimentação;
- Reduzir as interações entre partículas de pigmento;
- Viscosidade constante e sem reação química ou física do pigmento com o meio. O pigmento pode adsorver os pesos moleculares mais baixos, causando gelificação.

➤ Poder de Cobertura

O poder de cobertura é a capacidade de cobertura total e obliterante do substrato e depende da possibilidade que o filme possui para absorver e difundir a luz. Naturalmente, quer a espessura do filme quer a concentração do pigmento, representam características fundamentais a ter em conta. A cor é igualmente importante. Um filme é considerado opaco porque as partículas pigmentadas espalham e/ou absorvem a luz incidente, evitando que ela alcance o substrato [10,11,39].

É das propriedades óticas mais importantes de um pigmento, a qual também depende diretamente das dimensões e formas das partículas e da diferença entre os índices de refração do pigmento e da matriz. Os pigmentos conseguem promover uma boa cobertura se possuírem um bom mecanismo de absorção e dispersão da luz, conforme mostra a Figura 2.15, onde a fraca cobertura advém de um fraco mecanismo de absorção da luz.

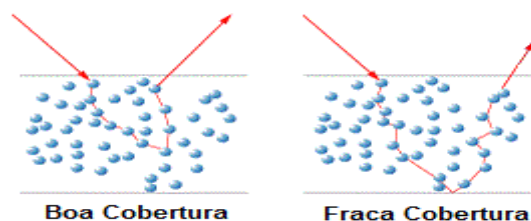


Figura 2.15 - Poder de cobertura ao substrato [adaptado de 10]

Grande parte da luz que penetra um filme (Figura 2.16) é refletida e refratada várias vezes, antes de escapar da superfície do filme como luz refletida ou de ser absorvida pelo substrato [10].

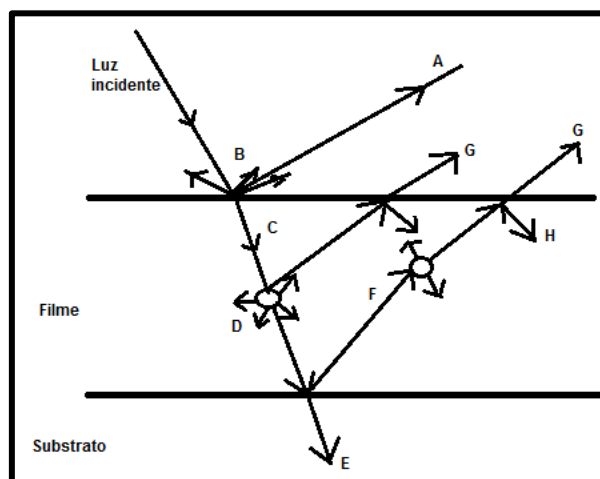


Figura 2.16 - Interação da luz com um filme pigmentado. A – luz refletida; B – difusão; C – parte de luz incidente; D – espalhamento ou absorção; E – luz absorvida pelo substrato; F – luz refletida pelo substrato; G – luz reemergida do filme; H – reflexão interna [adaptado de 10]

A combinação de todos os efeitos da Figura 2.16 conduz ao fenômeno da opacidade. Assim, as tintas brancas opacificam basicamente por espalhamento de luz, enquanto que nas tintas coloridas há um aumento da dependência do efeito de absorção com o aumento da concentração de pigmentos coloridos. Logo, as cores escuras, como é o caso dos pretos, azuis escuros e as cores mais saturadas, absorvem a maioria da radiação incidente, ao contrário das cores mais claras, como o amarelo por exemplo. Contudo, o carbono-preto e a maioria dos pigmentos orgânicos azuis são ligeiramente transparentes porque eles não difundem a luz incidida [10,11,39].

Por seu lado, o dióxido de titânio não absorve praticamente luz nenhuma e a sua capacidade de difundir aumenta até uma concentração suficientemente elevada que cobre todo o substrato.

Um fator chave na opacidade do pigmento é o seu IR (Tabela 2.4), que mede a capacidade do substrato desviar a luz. Quanto maior o índice, maior será o ângulo de deflexão, diminuindo assim a possibilidade da luz atingir o substrato [11]. O efeito de opacidade é proporcional à diferença entre o IR do pigmento e do meio onde é disperso. Esta é a razão pela qual o dióxido de titânio é uma forte aposta como pigmento branco, usado na maioria das tintas [10].

Tabela 2.4 - Índices de refração (IR) do meio e dos pigmentos de TiO₂ [10,11, 40]

Meio	IR
Ar	1,0
Água	1,33
Formadores de Filmes	1,4 – 1,6
Pigmentos	IR
Dióxido de Titânio:	
Anatase	2,55
Rutilo	2,76

Os pigmentos inorgânicos têm um alto índice de refração em relação aos pigmentos orgânicos que têm valores mais baixos. Por consequência, a maioria dos pigmentos inorgânicos são opacos e os orgânicos são transparentes [10].

A distribuição do tamanho das partículas dos pigmentos é outro fator que tem importância na opacidade. À medida que o tamanho da partícula aumenta, a capacidade da luz difundir aumenta até um valor máximo, onde é alcançado um valor máximo de opacidade, e posteriormente diminui.

A opacidade é medida com recurso a cartolinas compostas de duas partes, uma branca e outra preta, que têm como função identificar, através de uma simples inspeção visual ou com recurso ao espectrofotómetro, se o filme possui ou não a opacidade desejada.

Assim, quando a luz passa através de um meio translúcido ou é refletida pelo substrato sem alteração substancial, considera-se que a tinta possui transparência.

A transparência é uma característica que é obtida reduzindo o mais possível o tamanho da partícula do pigmento. Ao envolver as partículas na aplicação, assim que estas são formadas, previne-se o crescimento dos cristais [10].

O processo de dispersão pode influenciar a transparência na medida em que, neste processo, estão envolvidas quebras de aglomerados de partículas a fim de obter partículas individualizadas. Assim, uma boa dispersão vai maximizar a transparência de partículas pequenas.

➤ Resistência à temperatura

A fraca resistência à temperatura acusa-se por alteração da cor que pode ser causada por degradação térmica do pigmento, reação química com o meio, solubilidade no meio ou polimorfismo [36]. A altas temperaturas os pigmentos tornam-se mais solúveis.

Os pigmentos comprovam estabilidade a uma determinada temperatura, contudo podem revelar-se inadequados em aplicações que requeiram uma temperatura superior a essa em 10°C.

A estabilidade química também se torna crítica a temperaturas elevadas. Este é o caso típico dos sistemas de cobertura de pigmentos em pó [39].

Podem ainda ocorrer modificações na estrutura cristalina dos pigmentos quando estes são sujeitos a altas temperaturas. Pigmentos com elevada cristalinidade são normalmente mais resistentes ao calor que os pigmentos polimorfos, onde as diferentes modificações cristalinas podem responder de formas distintas ao calor. Tipicamente, os pigmentos inorgânicos têm uma melhor estabilidade térmica, por exemplo, segundo [10], o dióxido de titânio e o óxido de ferro são dois pigmentos inorgânicos com excelente resistência ao calor. Mas há exceção do óxido de ferro amarelo, que perde água do cristal quando é exposto a altas temperaturas [39].

Pode então dizer-se que a estabilidade ao calor é um sistema dependente e, portanto, deve ser considerado em qualquer teste. Todos os testes com o princípio de testar a cor em vários intervalos de temperatura e estudar a sua evolução devem ser feitos com base na temperatura mínima de execução [39].

➤ **Resistência à luz e às intempéries**

É das mais importantes propriedades em aplicações exteriores. Revela-se através de alterações da cor ou da qualidade da superfície causadas por partículas demasiado pequenas, concentração demasiado baixa ou aditivação inadequada.

A resistência à luz é avaliada em relação a todo o sistema de pigmentação e não apenas ao pigmento. A resina interpõe um grau de proteção ao pigmento, concedendo ao pigmento a tendência para uma melhor resistência à luz num polímero do que na própria tinta [36].

Os pigmentos terão sempre uma resistência à luz mais fraca no sistema de pintura, onde há menos resina para proteger o pigmento e onde há o dobro do efeito de luz a passar pela camada pigmentada, sendo refletida pelo substrato, voltando a passar por essa camada [36].

Outros pigmentos também influenciam a resistência à luz num sistema pigmentado:

- O dióxido de titânio promove a fotodegradação da maioria dos pigmentos orgânicos, uma vez que em quantidades elevadas empobrece os níveis de resistência à luz;
- O óxido de ferro pode aumentar a resistência à luz de pigmentos orgânicos, devido ao facto de absorver a radiação UV.

Alguns dos pigmentos inorgânicos não se alteram quando são expostos à luz, mas a maioria dos pigmentos, quer inorgânicos quer orgânicos, modificam-se de alguma forma, auferindo escurecimento ou esbatimento completo.

A capacidade de um pigmento resistir à luz é consideravelmente influenciada pela constituição química. Outras características, menos significantes para a influência da resistência à luz, são a concentração de pigmento, a modificação da cristalinidade e o tamanho e distribuição das partículas. Adicionalmente, os efeitos que surgem a partir do meio ambiente podem afetar drasticamente os resultados, como é o caso da presença de água e químicos na atmosfera ou no sistema de pintura [36].

O sistema de pintura só pode ser verdadeiramente testado à resistência à luz no final da formulação e aplicação e esses testes devem ser realizados em condições controladas.

Para aplicações no exterior, os pigmentos de cor devem ser selecionados consoante as suas características de resistência ao clima, do tipo de resina, da concentração necessária de pigmento, da presença de dióxido de titânio e da concentração e tipo da luz estabilizadora. A acrescentar a estas características, adiciona-se ainda a componente das condições atmosféricas locais, incluindo por exemplo o sal da água do mar, os gases provenientes de áreas industriais, ou a baixa humidade dos desertos [39].

A melhor forma para encontrar as melhores condições de resistência e estabilidade climatéricas é dispor de testes de exposição exterior em regiões com esses climas específicos. Mas como este tipo de testes nem sempre é possível, como alternativa são feitos testes de degradação acelerada que se baseiam em equipamentos que incluem lâmpadas de xénon e ciclos de secagem e molhagem, intercalados, como os de exposição WOM (Xénon, Atlas, Suntest) e QUV [39].

Refere-se que a cor não é apenas decorativa, já que influencia os comprimentos de onda absorvidos pelo revestimento [10]. Segundo investigadores nesta área, tintas cor-de-rosa ou avermelhadas absorvem a radiação de maior energia, sendo expectável uma degradação mais precoce da cor e, assim, um menor tempo de vida útil. Este aspeto é particularmente curioso no âmbito deste trabalho, pois é uma particularidade visível no contexto do levantamento de dados, após exposição exterior.

➤ **Força Corante**

A força corante indica a quantidade de efeito colorístico do pigmento num substrato e revela um importante reflexo nos custos. Esta mede-se através da quantidade de pigmento que é necessário adicionar a uma quantidade fixa de branco para atingir uma determinada profundidade de cor, de acordo com as Normas ISO estabelecidas. Assim, quanto menor for a quantidade de pigmento a adicionar, mais forte será o efeito colorístico do pigmento [39].

Assim como a cor, a força corante também é um parâmetro que deve ser considerado quando se escolhe um pigmento. É simplesmente definida como a facilidade com que o pigmento de cor mantém as suas características quando se mistura com outro pigmento.

A estrutura química é um dos fatores que também influencia a força corante da molécula de pigmento.

O tamanho da partícula também influencia a força corante do pigmento, traduzindo-se numa elevada força corante com partículas de pequenas dimensões. São as condições de manutenção e fabricação que mais influenciam esta característica. Assim, os produtores de pigmentos têm que considerar a produção de partículas de pequenas dimensões, criando uma dispersão eficiente e prevenindo o crescimento de cristais durante a síntese [36,39]. Devido à pequena granulometria do TiO_2 [10], considera-se que este tem um poder de força corante excelente, por exemplo.

Na Tabela 2.5, está apresentado um resumo referente às propriedades dos pigmentos inorgânicos.

Tabela 2.5 - Propriedades dos pigmentos inorgânicos [39]

Propriedades	Pigmentos Inorgânicos
Cor, Pureza	Sem brilho
Opacidade	Alta
Força Corante	Baixo a médio
Resistência à luz	Bom a Alto
Resistência ao Clima	Varia (depende da estrutura química)
Resistência ao Calor	Em geral > 500 °C; Raramente < 200 °C
Resistência a solventes	Alta
Resistência Química	Varia (depende da estrutura química)
Preço	Baixo a Médio

2.5. Cor

Existe um número infinito de cores que nos envolve e é através da visão que nos apercebemos delas. O seu real efeito exerce-se através de complexas reações psicológicas, que variam muito de indivíduo para indivíduo, e que são por sua vez influenciados por inúmeras condições de vida das pessoas como, por exemplo, a idade, o sexo ou o estado de espírito. Também as diferentes fontes de luz aplicada, o fundo de contraste, a área de aplicação e o ângulo de observação afetam a forma como a cor é percebida [41,42].

As cores não constituem características físicas dos objetos que as exibem, são antes resultado de uma interpretação a nível cerebral, uma vez que cada pessoa, de acordo com a sua sensibilidade de cor e experiências passadas, concebe diferentes tipos e tonalidades de cor. Portanto, a cor é uma questão de percepção e interpretação e esta é considerada a grande dificuldade que se prende com este assunto. A percepção das cores envolve a participação de três elementos fundamentais: a fonte de luz, o objeto e o observador. No caso dos revestimentos cerâmicos, que, por norma, não são transparentes, pode-se dizer que a fonte de luz emite uma radiação eletromagnética que incide sobre o objeto, interage com a superfície e o novo espectro, resultante dessa interação, é refletido e detetado pelo olho do observador e, a partir de então, impulsos nervosos são enviados ao cérebro que produz a sensação denominada cor. Contudo, havendo um método *standard* em que cada cor possa ser expressa e entendida por toda a população, a comunicação precisa da cor pode ser muito mais suave, simples e exata [41,42,43].

Cientificamente, pode então dizer-se que a cor é a maneira como o cérebro conhece as diferentes qualidades de radiação do espetro visível. A cor de um pigmento depende maioritariamente da estrutura química. Assim, é determinada a partir da absorção e reflexão dos vários comprimentos de onda na superfície do pigmento [39].

Os raios de luz visível que diferem ligeiramente, revelam efeitos diferentes o que, por sua vez, revela cores diferentes consoante o comprimento de onda (Tabela 2.6) [11,41].

Tabela 2.6 - Escala do espectro do visível com os respetivos valores de comprimento de onda, expressos em nm.

Violeta 400-435	Azul 435-480	Azul Esverdeado 480-490	Verde Azulado 490-500	Verde 500-560	Verde Amarelado 560-580	Amarelo 580-595	Laranja 595-605	Vermelho 605-700
--------------------	-----------------	----------------------------	--------------------------	------------------	----------------------------	--------------------	--------------------	---------------------

A cor desempenha um papel importante, uma vez que o potencial do uso da cor, aliado à qualidade, inovação e técnicas de aplicação, fazem da pintura um elemento chave para a decoração, podendo proporcionar às pessoas a sensação de bem-estar [41].

O acerto de cores das tintas é quase sempre um problema pois são conhecidas as dificuldades que existem na reprodução análoga dos respetivos catálogos. As cores devem ser sempre feitas a partir de um padrão ou de fórmulas existentes, de catálogos de cores dos próprios fabricantes de tintas, ou de catálogos universais – RAL, NCS, PANTONE – para evitar problemas com os clientes, perda de tempo e dinheiro. No presente estudo, o catálogo a ser produzido e recriado é o *Façade Color Collection* da *Colortrend®* (Figura 2.17), através da gama de corantes *Colortrend®807*.



Figura 2.17 - Catálogo *Façade Color Collection* da *Colortrend®*, lançado a partir da gama de corantes *Colortrend®807*.

A cor será adicionada à tinta base com recurso a uma técnica de adição automática de onze pigmentos de pastas corantes *Colortrend®807*, previamente doseada e formulada, de modo a obter a coloração desejada.

2.5.1. Colorimetria

A necessidade de se utilizarem métodos quantitativos para avaliar e expressar, univocamente, cores, levaram ao desenvolvimento de uma ciência conhecida como colorimetria [43].

Pode definir-se colorimetria como a ciência que estuda a determinação das características em todos os setores tecnológicos que trabalhem com cores [42].

Supondo que se tem uma tela branca num quarto escuro, se incidirmos qualquer feixe de luz sobre a mesma, como o material é branco à luz do dia, reflete todos os comprimentos de onda. Logo, um feixe amarelo será traduzido numa mancha amarela na tela e um feixe azul numa mancha azul. Mas, se ambos os feixes forem focados no mesmo ponto da tela, ver-se-á a cor branca. Conclui-se então que o amarelo e o azul são cores complementares uma da outra e a sua mistura, nas proporções corretas, registará uma cor branca [11]. Outras complementaridades podem ser vistas, desenhando linhas direitas através do ponto central do triângulo da Figura 2.18.

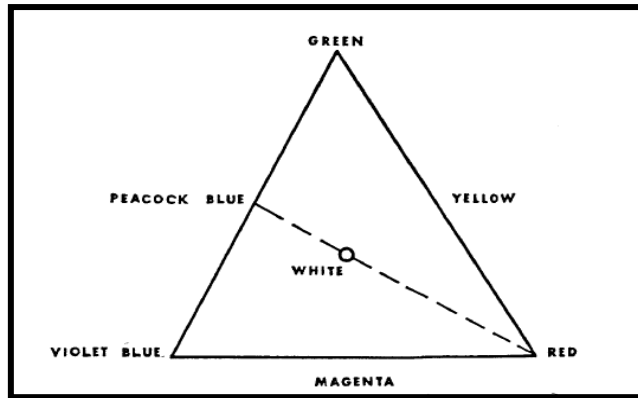


Figura 2.18 - Diagrama aditivo de mistura de cores [11]

Se misturarmos pigmento azul com pigmento amarelo, não se obtém cor branca, obtém-se sim a cor verde. Isto sucede porque ambos os pigmentos absorvem a luz. O pigmento azul absorve toda a gama laranja e a maioria do comprimento de onda do vermelho e do amarelo, da luz branca incidente. Por sua vez, o pigmento amarelo absorve a maioria do violeta e o restante comprimento de onda do vermelho e parte do azul. Assim, conclui-se que a única cor que não é absorvida por ambos os pigmentos é o verde, sendo então essa a cor resultante da mistura [11].

Misturando os pigmentos amarelo e azul, estes não se complementam, mas são cores complementares. É sim produzida uma cor acinzentada, não produzem branco porque não refletem energia da luz suficiente. No círculo da Figura 2.19, estão apresentados os pigmentos principais e as cores resultantes da mistura entre eles, e quanto mais próxima do centro estiver a mistura, mais escura será a cor resultante [11].

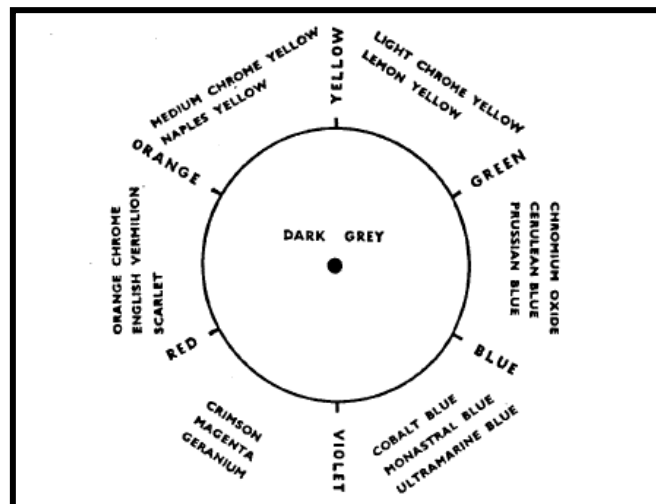


Figura 2.19 - Círculo de mistura subtrativa de cores [11]

É necessário estabelecer uma analogia entre a percepção subjetiva do ser humano e os modelos matemáticos usados no cálculo da diferença total de cor, empregando termos que forneçam informações fáceis de interpretar. Assim sendo, a “sujidade” (ou tom), a luminosidade e a saturação (ou pureza) são os três elementos que são atribuídos à cor.

➤ **Modelo matemático CIELAB e CIELCH**

O passo seguinte consiste em representar graficamente essas variáveis em diagramas cromáticos de tal modo que cada ponto no plano ou espaço corresponda a uma única cor [43]. Dessa forma a identificação das cores seria feita pelas coordenadas do ponto que corresponde a uma determinada cor. Criando escalas para estes três elementos, é possível medir a cor numericamente, o que é bastante conveniente. O aparelho

utilizado para este fim é o espectrofotômetro, que possui alta precisão, versatilidade e uma sensibilidade semelhante ao olho humano, mas aplica sempre as mesmas condições de fonte de luz e método de iluminação, independentemente do clima presente e hora do dia, por exemplo. É útil para análises mais complexas de cor porque consegue determinar o espectro de refletância para cada comprimento de onda [42].

O CIE permite essa especificação de percepções de cores em termos de um espaço tridimensional. O modelo mais amplamente utilizado emprega três coordenadas de cor, são elas: $L^*a^*b^*$ [10], onde, L^* representa o grau de luminosidade e varia entre 0 (preto) e 100 (branco); a^* representa as cores opostas vermelho/verde: $a^* < 0$ maior participação da cor verde, $a^* > 0$ maior participação da cor vermelha; b^* representa as cores opostas amarelo/azul: $b^* < 0$ maior participação da cor azul, $b^* > 0$ maior participação da cor amarela. a^* e b^* são denominadas coordenadas cromáticas [43].

Enquanto o CIELAB usa coordenadas cartesianas, outra maneira de especificar uma cor pode ser por meio de coordenadas polares, chamado CIELCH. Essa expressão da cor deriva do CIELAB. Desta feita, L^* continua a representar a luminosidade eixo branco-preto, c^* a saturação que é a distância da cor ao centro do espaço colorimétrico, e h^* a cor, ou ângulo em que a cor se encontra, partindo-se do zero [42].

A expressão CIELCH oferece uma vantagem em relação ao CIELAB uma vez que é mais simples para relacionar com os sistemas utilizados anteriormente baseados em amostras físicas, como por exemplo a escala de cor de *Munsell* [42].

Na Tabela 2.7 seguinte estão representadas as expressões para as coordenadas cartesianas e polares para calcular a cor no espaço colorimétrico. X_n, Y_n, Z_n , são valores de referência do branco nominal.

Tabela 2.7 - Expressões para as coordenadas cartesianas e polares, respectivamente, para calcular a cor no espaço colorimétrico CIELAB e CIELCH [42].

CIELAB	CIELCH
$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$	$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16$
$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}]$	$c^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$
$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}]$	$h^* = \arctan (b^*/a^*)$

A luminosidade define o grau claro/escuro e este é o atributo da percepção visual onde uma área parece emitir mais ou menos luz. Esta qualidade depende da porcentagem da luz refletida. A luminosidade é representada pelo símbolo L ou ΔL (*Lightness* – luminosidade da cor). A tonalidade é a atribuição que se dá à percepção visual onde uma cor é conhecida como azul, vermelho, verde, entre outras, está portanto associada ao comprimento de onda predominante do espectro do visível. Somente as cores que são obtidas por misturas de outras não possuem tonalidades básicas. Estas tonalidades são representadas pelo símbolo h ou ΔH (*Hue* – tonalidade da cor) Por último, a saturação é o que indica o grau de pureza da cor, quanto maior o grau de pureza, mais saturada é a cor. É a qualidade que caracteriza a quantidade da cor, indicando a proporção em que ela está misturada com o branco, preto ou cinza. Quando uma cor não está misturada com outra acromática, é considerada pura ou saturada, caso contrário é pálida ou acinzentada. A saturação é representada pelo símbolo c ou ΔC (*Chroma* – saturação da cor). Estes elementos estão representados na Figura 2.20 [42].

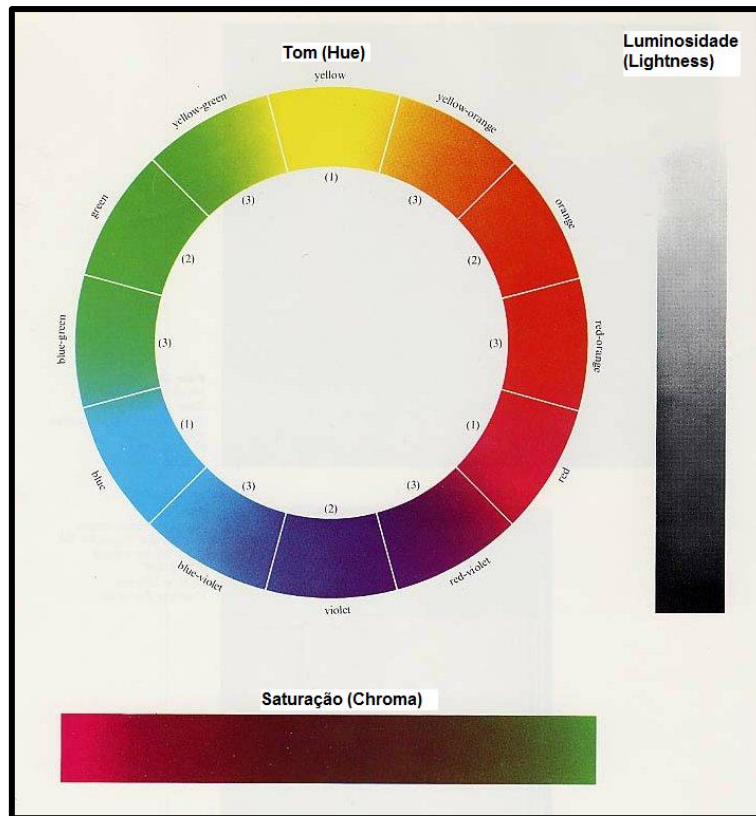


Figura 2.20 - Escala das coordenadas de atribuição à cor: tom, saturação e luminosidade – CIEL*c*h* [adaptado de 44]

Os brancos, cinzas e pretos não possuem tonalidade nem saturação [42].

As diferenças minuciosas de cor entre duas amostras podem ser facilmente identificadas por um observador treinado. No entanto, quando se necessita transcrever estas diferenças de cor de maneira compreensível e com certa exatidão surgem problemas de interpretação. A colorimetria diferencial é uma ferramenta que pode ajudar a resolver este problema, transformando as diferenças colorimétricas em números facilmente interpretáveis. Usualmente, é a atribuição da diferença de cor (ΔE) entre duas amostras que é mais referenciável [42].

Através de uma transformação não linear, é possível transportar, sem rutura, o elemento de linha (ds) representável da diferença entre duas cores, numa métrica euclidiana tridimensional do espaço de cores. Tal que: $(ds)^2 = (dU_1)^2 + (dU_2)^2 + (dU_3)^2$, onde o resultado dessa transformação é a equação do sistema CIELCH:

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta C^*)^2 + (\Delta H^*)^2]^{1/2} \quad \text{eq. 2.5}$$

O desdobramento do ΔE^* transforma-se num fator de luminosidade ΔL^* , num fator de saturação ΔC^* e num fator de tonalidade ΔH^* , onde ΔE é diferença total de cor; ΔL é diferença de luminosidade; ΔC é diferença de pureza; ΔH é diferença de tonalidade.

Nos sistemas CIELAB e CIELCH a comparação entre duas cores pode ser calculada matematicamente avaliando a tolerância instrumental, a qual indica se a variação de cor se encontra numa faixa aceitável para os observadores conforme se encontra na Tabela 2.8.

Tabela 2.8 - Tolerância na indústria de tintas [adaptado da Norma DIN 6174]

ΔE	Diferenças de cor
<0,2	Imperceptível
0,2 a 0,5	Muito pequena
0,5 a 1,5	Pequena
1,5 a 3,0	Distinguível
3,0 a 6,0	Facilmente percebida
6,0 a 12,0	Grande
>12,0	Muito grande

O objetivo da colorimetria diferencial é prover um modelo quantitativo de percepções das diferenças de cores que concordem bem com a percepção visual das diferenças de cor de uma média de observadores sob condições padronizadas [45].

Neste trabalho, a colorimetria diferencial será aplicada para avaliar o comportamento dos pigmentos da gama *Colortrend®807* aos fatores externos e comparar as cores formuladas na tinta base de formulação genérica com as cores representadas no catálogo *Façade Color Collection*. Contudo, como foi utilizada uma técnica de fatorização de bases, o valor do ΔE terá uma maior tolerância.

O CIE define ainda alguns iluminantes padrão. Entre os utilizados, o iluminante D_{65} (Figura 2.21) representa a repartição espectral da luz do dia, correspondendo a uma temperatura de cor de 6,504K e pode ser simulado por uma lâmpada de xénon.

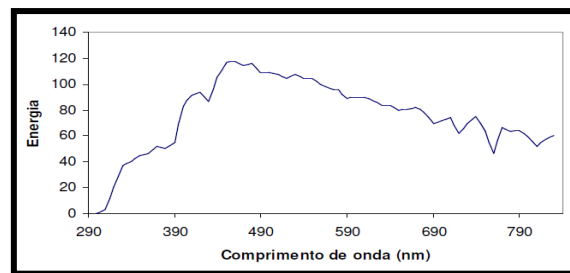


Figura 2.21 - Espectro da distribuição do iluminante padrão D_{65} [45]

2.5.2. Sistema Tintométrico Multi-Tint®

Na indústria de tintas, quer a nível industrial, quer a nível dos POS, a afinação de cores é muito importante e é feita cada vez mais com recurso a máquinas de afinação assistidas por programas informáticos, tornando o processo muito mais rápido e a cor resultante mais fiel e uniforme, independente do tempo, da escala e do sítio de preparação. Isto deve-se à calibração e tecnologia deste tipo de máquinas e também ao tipo de pigmentos usados. Este sistema denomina-se comumente por sistema tintométrico. Neste estudo, o equipamento utilizado será um sistema de tintagem automático de afinação rápida de cor *Multi-Tint®* e o *software* que suportará esta prática é o *LargoTint2000®*, que permite a adição correta e controlada das pastas corantes.

Uma máquina doseadora é utilizada para dispensar as pastas corantes em latas com tinta base. Ao usar equipamentos automáticos o trabalho é facilitado, uma vez que se mantêm controlados os níveis de pastas no tingimento das latas, permitindo um tratamento menos físico e contornados os erros por parte dos operadores [46].

O estudo da compatibilidade e molhagem de pastas corantes com tintas base é um trabalho inicial, importante e necessário. A compatibilidade de produtos define-se como a capacidade que um produto tem para se misturar com outro sem causar precipitação, coagulação e espessamento da mistura resultante [23]. Este estudo é a primeira etapa do procedimento que uma empresa de tintas tem de efetuar quando inicia um novo sistema de colorimetria.

Para colorir a maioria das tintas, nos dias de hoje, são utilizadas dispersões de pigmentos. Quando as especificações das dispersões de pigmentos como a cor, a força da cor, a reologia e a densidade possuem um controlo apertado, estas podem ser utilizadas nos sistemas tintométricos, e neste caso são geralmente referidas como pastas corantes (em vez de dispersões de pigmentos) [23].

Assim, quando um corante é completamente compatível com a base de tinta que é usada, a cor desenvolvida é homogénea (não existe diminuição da intensidade da cor), sem sinais de flutuação, *flooding* ou outro desenvolvimento de cor não homogéneo [42].

O desafio atual é conceber pastas corantes universais, com grande compatibilidade química, sem COV's, sem agentes tensoativos nocivos para os sistemas tintométricos das tintas decorativas.

O modelo do equipamento *Multi-Tint®* utilizado para este estudo contém um total de 16 cartuxos de aço inox: 4x10 litros e 12x6 litros, um sistema de limpeza dos bicos, bombas doseadoras em aço inox de 2oz e 5oz, sistema de agitação automática dentro dos cartuxos, plataforma giratória automática, sensores de localização de alta precisão, etc.

➤ **Vantagens do sistema MTT**

A grande vantagem que advém deste tipo de equipamento prende-se seguramente com o facto de ser possível obter reduções de custos no fabrico de uma dada tinta, uma vez que podem ser produzidas as bases de tintas nas fábricas e apenas nos pontos de venda são efetuadas milhares de cores na hora, acabando-se assim com os *stocks* de cores [23,46]. Existem ainda outras vantagens como:

- ❖ Produtos topo de gama
- ❖ Rapidez de entrega
- ❖ Simplicidade
- ❖ Elevada gama de produtos
- ❖ Elevada gama de cores
- ❖ Reprodutibilidade da cor
- ❖ Facilidade de criação de fórmulas próprias
- ❖ Controlo dos consumos
- ❖ Informação dos preços
- ❖ Emissão de etiquetas
- ❖ Redução de stocks
- ❖ Assistência técnica

➤ **Constituição do sistema MTT**

Na Tabela 2.9 encontra-se a descrição dos elementos e a respetiva função desempenhada.

Tabela 2.9 - Elementos do sistema MTT e respetiva função [46].

Elemento	Função
Máquina doseadora	Doseia e adiciona à base as quantidades de corantes prescritos na fórmula.
Agitador	Mistura a base e os corantes para se obter uma cor homogénea.
Computador	Comanda todas as operações a partir do menu apresentado no monitor.
Programa informático	Gere a base de dados com fórmulas de cores e instruções de trabalho e manutenção do sistema.
Impressora	Imprime rótulos que identificam o produto, a cor eo número de fabrico.
Pastas Corantes	Com 11 pastas corantes Colortrend®, a sua combinação com as bases conduz à cor desejada.
Bases	Produtos intermediários aos quais se juntam as pastas corantes para se obter o produto/cor pretendido.

Capítulo 3. Materiais, Métodos e Técnicas Experimentais

Cada produto adota um regulamento específico e próprio de fabricação dependendo da aplicação à qual se destina. Cada processo mencionado subdivide-se em inúmeras etapas de formulação que vão desde a configuração física dos equipamentos a procedimentos operacionais adotados [31].

Para a realização desta investigação foi necessário iniciar o estudo de fórmulas de tintas à base de água, com características específicas para aplicações em fachadas exteriores, por forma a criar uma nova fórmula, mais eficaz e com melhores propriedades e desempenho.

O setor das tintas abrange todas as etapas desde a preparação do substrato até ao acabamento final. Desta forma, uma tinta de qualidade tem que ser produzida de acordo com fórmulas detalhadas e cuidadosamente testadas, incluindo a escolha criteriosa das próprias matérias-primas. A eficácia, em termos de acabamento, proteção e durabilidade, de uma pintura de superfícies depende fundamentalmente do substrato, do meio ambiente, da preparação da superfície, da qualidade da tinta, do esquema de pintura, bem como da aplicação e da espessura total do filme [33].

Numa segunda fase do estudo, foram feitos testes de avaliação das pastas corantes *Colortrend® 807* com a tinta de fórmula genérica. Neste capítulo serão descritos os modos, métodos de fabrico e técnicas experimentais utilizadas. Descrever-se-ão também as condições experimentais em que o trabalho foi desenvolvido e os materiais e instrumentos utilizados na sua execução.

Antes de realizar qualquer um dos ensaios de caracterização da tinta, esta deve apresentar uma temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Caso a tinta não se encontre à temperatura indicada, existem banhos destinados a impor a temperatura desejada.

3.1. Seleção das matérias-primas

➤ Pigmentos e Cargas

Como se trata de uma tinta de fachadas, é imposto que a tinta base possua um bom poder de cobertura. Esta característica é alcançada com a adição de pigmento branco de dióxido de titânio que, devido à densidade elevada ($\rho=4,050\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, [39]), apresenta um bom poder de cobertura. São ainda acrescentadas percentagens de carga branca, agentes expansores de pigmento, com granulometria mais reduzida, $D=1-2\mu\text{m}$, garantindo assim a opacidade desejada. Uma vez que as cargas com partículas mais finas ocultam melhor o substrato, na seleção das mesmas esteve presente essa condição. O uso de cargas diminui, consideravelmente, o custo final das tintas, não só pelo seu baixo preço mas também porque proporciona a economia de TiO_2 .

Tendo em conta que posteriormente neste estudo a tinta base vai ser destinada à formulação automática de cores, é imprescindível que as cargas escolhidas possuam um valor elevado de brancura uma vez que assim apresentará uma maior flexibilidade na formulação de cores.

➤ Aditivos

Os aditivos adicionados à tinta não devem exceder 5% da sua composição final. Muito embora sejam acrescentados em pequenas percentagens, conferem propriedades indispensáveis à tinta. Estes agentes devem ser adicionados no início do fabrico, uma vez que necessitam de um tempo de moagem que lhes permita atuar adequadamente e de acordo com as suas funções.

Na Tabela 3.1 encontram-se descritos os aditivos utilizados neste estudo e as respetivas funções que desempenham na tinta base.

Tabela 3.1 - Agentes aditivos utilizados no estudo da tinta base e respectivas descrições das suas funções [12,13].

Aditivos	Descrição
Agente Dispersante	Garante a boa dispersibilidade dos produtos pulverulentos, evitando a formação de agregados de partículas.
Agente Espessante	Fornecem a viscosidade apropriada, para que a tinta possa ser aplicada adequadamente e influenciam a espessura do filme e a sua fluidez quando aplicado. Os modificadores de reologia ajudam as tintas à base de água a: • Respingar menos quando aplicadas por um rolo (escorridos); • Fluírem mais suavemente; • Ter uma vida útil maior. Os espessantes de gerações mais antigas, de origem natural, são mais sensíveis à deterioração e reduzem a viscosidade além de conferir mau odor à tinta.
Agente neutralizante de pH	Controlador do pH da tinta base.
Agente Molhante	Responsável pelo poder de molhagem dos pigmentos e cargas facilitando a sua dispersão, uma vez que diminui a tensão interfacial entre a fase sólida e a fase líquida.
Agente Microbicida	Confere propriedades antifúngicas que evitam a degradação do filme da tinta, indispensáveis a uma tinta de fachadas exteriores. Previne o aparecimento de bactérias e pode ser de preservação na embalagem e durante a fase de armazenamento, ou preservação do filme para impedir a infestação de microrganismos na película de tinta.
Agente Anti bolhas	Garante a uniformidade da película do filme de tinta, eliminando as bolhas de ar que se formam.
Quantidade Máxima Total = 5%	

➤ Solventes

Os solventes utilizados são agentes coalescentes que fornecem à tinta propriedades que facilitam a formação de um filme contínuo na secagem de tintas base aquosa unindo as partículas do látex, sendo responsáveis pelo aspeto líquido da tinta com uma determinada viscosidade, facilitando também a pintura. Logo, os solventes reforçam a tinta líquida para que esta não sofra danos quando se encontra a temperaturas muito baixas [13]. Os coalescentes não são retidos pela película. A sua presença é fundamental para uma boa formação de película [10]. Os selecionados foram um solvente éster álcool e um propileno glicol. Na Tabela 3.2 estão descritas as características mais relevantes desses solventes.

Tabela 3.2 - Solventes utilizados na formulação das tintas base e as suas características mais relevantes. [47]

Solvente	Ponto de Inflamação [°C]	Temperatura do Intervalo de Destilação [°C]	Principal Função
Éster álcool	120	240 – 250	Agente coalescente
Propileno glicol	103	187 – 189	Retenção de água

O coalescente baixa a temperatura de formação de filme o que é bastante favorável para problemas de fissuração. Por sua vez, o uso de glicol previne a ocorrência de costuras visíveis das paredes e faz a retenção da água, plastificando o ligante, o que também previne a fissuração.

A desvantagem da sua utilização prende-se com o facto de serem COVs.

➤ Resinas

Neste estudo foram escolhidas duas resinas com propriedades distintas mas que se complementam, uma favorece a formação duma emulsão e assegura a estabilidade da tinta, enquanto outra tem uma função plastificante, conferindo elasticidade, aumentando e mantendo a flexibilidade da película.

As resinas adotadas têm grande aplicação devido ao excelente aspeto do revestimento, às excelentes características de aplicabilidade e por gozarem de resistências químicas e resistências a solventes [48].

Os plastificantes são substâncias químicas que apresentam as mais diversificadas características, podendo ser derivados de óleos vegetais, resinas poliméricas ou ainda polímeros não secativos de baixo peso molecular. O grupo principal dessas substâncias é representado por ésteres alquílicos e acrílicos de ácidos dicarboxílicos, como os ácidos ftálico e sebáico.

Os plastificantes devem possuir baixa volatilidade. A permanência é a principal diferença entre dissolventes e plastificantes monoméricos. Na maioria dos casos, a velocidade a que o plastificante é eliminado dos revestimentos orgânicos está diretamente relacionada com a taxa de evaporação. Existem algumas generalizações aplicáveis aos solventes, bem como aos plastificantes [20].

O ligante selecionado tem como base uma resina estireno-acrílica. O estireno é acrescentado ao ligante para aumentar a resistência à água, reduzir o brilho e os custos. Contudo, o uso do estireno deve ser doseado, pois em quantidades elevadas favorece o aparecimento de rachaduras e o desbotamento da cor [13].

➤ Pastas Corantes da gama Colortrend®807

Para se reproduzir o catálogo *Façade Color Collection* da Colortrend®, é necessário recorrer à gama de corantes Colortrend®807. Abaixo, encontram-se listados os 11 corantes utilizados, a sua descrição está presente no Anexo A.

- | | |
|-------------------------------|-------|
| • Dióxido de Titânio Branco | [KXE] |
| • Azul Ultramar | [UBE] |
| • Azul de Cobalto | [CBE] |
| • Verde de Cobalto | [IGE] |
| • Óxido de Cromo Verde | [CGE] |
| • Óxido de Ferro Amarelo | [CNE] |
| • Amarelo de Bismuto Vanadato | [BVE] |
| • Óxido de Ferro Vermelho | [FE] |
| • Laranja Inorgânico | [IOE] |
| • Óxido Negro | [BOE] |
| • Natural Raw Umber | [LE] |

3.2. Formulação e Procedimento do Fabrico das bases 10 e 50

Inicialmente foi preparada uma fórmula de base 10, aquosa genérica. Esta sofreu vários reajustes das matérias-primas até se obter uma fórmula final onde as propriedades desejadas fossem todas cumpridas. A cada fabrico concluído foi necessário realizar o controlo das bases, baseado nas técnicas mencionadas no Capítulo 2.3.4.

A fórmula final da base 10 está apresentada e descrita no Anexo B.

Para a formulação da base 50 foi necessário retirar toda a percentagem de pigmento branco de TiO_2 que constava na fórmula da tinta de base 10. Foram realizadas várias experiências até se atingir a fórmula que, segundo as simulações e os ensaios característicos, demonstrava ser a indicada para uma tinta base transparente.

A fórmula final da base 50 está apresentada e descrita no Anexo C.

3.3. Ensaios de Caracterização da Tinta

3.3.1. Controlo em Tinta Líquida

Tabela 3.3 - Medição do Grau de Moagem

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de grau de dispersão (ou controlo de finura da moagem) do pigmento/cargas no veículo.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Espátula • Régua de finura calibrada (de 50µm ou 100µm), <i>Sheen 505</i> • Rasoura calibrada
Procedimento	De acordo com a indicação na fase da instrução de fabrico, realiza-se este controlo. Se necessário, pode adicionar-se solvente ou resina à tinta, antes da medição do grau de moagem, de modo a que a composição corresponda à viscosidade do produto acabado. Após homogeneizar a tinta com a espátula, faz-se a aplicação nas calhas da régua calibrada, num local de superfície plana e estável, coloca-se a rasoura verticalmente sobre a régua e puxa-se com a mesma essa pequena porção de tinta base. Seguidamente faz-se, na régua, a leitura visual e correspondência na escala de finura, mediante a dispersão do pigmento.
Resultados	O grau de moagem é interpretado de acordo com a escala da régua e expresso em micrómetros. Se o valor medido se encontrar abaixo do limite máximo de especificação, a tinta é aprovada. Caso contrário, deixa-se a tinta bater durante mais alguns minutos, por forma a promover a dispersão do pigmento e cargas, e realiza-se novamente este teste.
Observações	As condições de leitura e realização deste teste têm de cumprir certos requisitos, nomeadamente uma luminosidade apropriada e um ângulo de observação entre 20° e 30°. O tempo entre a aplicação e a medição não deve superar os 10 segundos. A necessidade de experiência e traquejo da técnica aconselha que esta seja feita por especialistas qualificados. Esta técnica tem como referência a norma ISO 1524-2000.

Tabela 3.4 - Controlo da Viscosidade

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de controlo e medição da viscosidade de tintas, em unidades <i>Krebs</i> (KU), usando um viscosímetro <i>Stormer</i> .
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Viscosímetro <i>Stormer</i>, <i>Sheen 480 – Krebs viscosimeter</i>
Procedimento	Após a finalização do fabrico, é recomendável deixar a tinta repousar durante uns minutos antes de iniciar a medição da viscosidade. Ultrapassado esse tempo, leva-se a tinta ao viscosímetro e mergulha-se, centralmente, as pás do agitador até à marca presente no eixo do agitador. Inicia-se o ensaio e acede-se à leitura direta no écran.
Resultados	Caso o valor medido não se encontre dentro das especificações terá de ser ajustada e corrigida a fórmula inicial. Se o valor for inferior ao limite mínimo, uma das soluções passa por adicionar mais espessante, pigmento ou carga à tinta. Se, por outro lado, o valor for superior ao valor do limite máximo de especificação, será necessário aumentar o teor de líquidos, por exemplo.
Observações	Este controlo não necessita de um grande traquejo por parte do operador. Para a realização deste ensaio teve-se como base a norma NP 234:1995

Tabela 3.5 - Medição do peso específico por diluição (PE)

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de medição do peso específico [g/cm ³] por diluição da tinta.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Água destilada • Espátula • Balança com sensibilidade de 0,01g • Picnómetro de 100cm³, <i>Neurtek</i> • Filtro, <i>Super Fine Nylon 125µm</i>
Procedimento	<p>Nas tintas à base de água, o peso específico é medido por diluição. O peso específico mede-se com recurso a um picnómetro. Começa-se por se pesar, aproximadamente, 150g de base, 50g de solvente (água) e anotam-se os valores medidos. Faz-se essa diluição. Tara-se o picnómetro com tampa. De seguida, passa-se a medição (tinta base + água) pelo filtro, para retirar o ar presente na tinta, para o interior do picnómetro enchendo-o totalmente e coloca-se a tampa pressionando-a firmemente. Limpa-se o excesso de material que saiu pelo orifício da tampa e pesa-se o sistema (picnómetro + tinta base + água), que corresponde ao PE Mistura. Anota-se o valor medido e, através da eq. 3.1, calcula-se o PE Base. Como, neste caso, o solvente é água o PE Solvente é conhecido e vale 0,998g/cm³.</p> $PE_{Base} = \frac{Base (g)}{\frac{Base (g) + Solvente (g)}{PE_{Mistura}} - \frac{PE_{Mistura}}{PE_{Solvente}}} \quad eq. 3.1$
Resultados	Caso o valor medido não se encontre dentro das especificações terá de ser ajustada a fórmula inicial e proceder-se a um novo fabrico. Se o PE se encontrar abaixo do limite inferior, pode significar que a base possui uma grande quantidade de água ou ar, e se, por sua vez, o PE for muito elevado, pode-se concluir que o volume de sólidos é muito elevado.
Observações	Esta medição exige alguma prática por parte do operador. O PE foi medido segundo a norma NP ISO 2811-1:2002, ASTM D 1475-98

Tabela 3.6 - Medição do pH

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de medição do pH da tinta.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Aparelho medidor de pH, <i>SevenEasy Mettler Toledo</i>
Procedimento	O pH da tinta é medido com recurso a um medidor de pH. Coloca-se a ponta do medidor em contacto direto com a tinta e espera-se até o valor estabilizar. Esse valor estabilizado representará o pH da tinta.
Resultados	O valor de pH medido tem de estar dentro dos limites dados na especificação da tinta (7-9). Contudo, caso isto não se confirme é possível, num novo fabrico, ajustar a quantidade de aditivo controlador de pH, aumentando ou diminuindo a sua quantidade, consoante se deseje um valor superior ou inferior de pH, respetivamente.
Observações	O pH é uma das características fundamentais numa tinta à base de água. Um pH baixo faz com que a viscosidade seja reduzida, e vice-versa. Esta medição não exige prática por parte do operador. A tinta tem de estar a uma temperatura de 25°C.

Tabela 3.7 - Avaliação do tempo de secagem

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de medição do tempo de secagem da tinta, ou seja o tempo que a película demora a passar do estado líquido para o sólido.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Espátula • Substrato de vidro (270x25mm) • Aplicador de tinta (140µm para tintas aquosas) • Medidor de tempo, <i>B.K. Drying Recorder</i>
Procedimento	Esta medição é feita num medidor de tempo. Primeiramente, assenta-se o substrato de vidro num suporte coloca-se uma pequena porção de tinta, de seguida desliza-se o aplicador de 140µm ao longo do vidro e coloca-se este sistema (vidro + tinta base) no medidor de tempo. Define-se o tempo de secagem para 1h (tempo máximo para tintas de água) e coloca-se o pino metálico em contacto com o sistema. Realizado o ensaio, procede-se à avaliação e leitura do tempo que a tinta demorou até secar, na escala da régua lateral de leitura do aparelho.
Resultados	O aparelho de secagem possui uma régua lateral graduada de leitura de tempo e essa leitura é feita a partir do momento em que a tinta é afetada pelo pino até ao instante em que a tinta deixa de ser riscada.
Observações	Esta medição não exige prática por parte do operador. A velocidade de arrastamento do pino metálico é controlada pelo aparelho. A realização deste ensaio teve como base a norma ASTM D 5895-03

3.3.2. Controlo em Tinta Aplicada

Tabela 3.8 - Técnica de Razão de Contraste

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de medição da razão de contraste do filme de uma amostra de tinta a uma determinada espessura de filme seco.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Espátula • Cartolina de controlo, branca e preta isenta de branqueadores óticos ou Leneta 2DX • Aplicador para filmes (150µm) • Computador de cor: Espectrofotómetro (geometria d/8), capaz de medições em comprimentos de onda de 400nm a 700nm, com componente espeçular incluída (SCI), UV incluído, abertura larga, <i>Datacolor Calibration Service Spectral Test™</i> • Computador com <i>software LargoMatch2000®</i>, configurado para a iluminante D₆₅, observador a 10°, equação CMC (1:1).
Procedimento	A aplicação da tinta base é feita numa cartolina de contraste. Esta aplicação pode ser feita a diferentes espessuras de húmidos, contudo para este caso a aplicação é feita a 150µm. Deixa-se a aplicação na posição horizontal a secar e depois de seca, a leitura é feita com recurso a um espectrofotómetro, primeiro lê-se a parte preta da cartolina de contraste, seguida da leitura da parte branca. Através do <i>software LargoMatch2000®</i> , é calculada diretamente a razão de contraste que é a razão entre os valores obtidos através das medições da tinta aplicada sobre a área branca (Y _b) e a área preta (Y _p) da cartolina, em percentagem, conforme a eq. 3.2.
	$\% RC = \frac{Y_p}{Y_b} * 100 \quad \text{eq. 3.2}$
Resultados	Para cada tinta, de acordo com o seu propósito, é estabelecido e exigido um valor mínimo para a relação de contraste. Esse valor está relacionado com o valor de opacidade que se quer obter na tinta. Caso o valor não seja alcançado conforme o desejado, a resolução desse problema passa por aumentar o teor de pigmento branco ou de carga expansora do pigmento. No presente estudo, para a tinta de base pastel exigia-se RC>95% e para a tinta de base transparente exigia-se RC<10%.
Observações	Esta aplicação requer algum traquejo por parte do técnico a aplicar. Já a leitura, não exige prática por parte do operador. Esta técnica é baseada, mas não idêntica à norma NP EN ISO 6504-3:2011

Tabela 3.9 - Teste de medição de Brancura na tinta de base 10

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de medição da brancura do filme de uma amostra de tinta de base 10.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta base 10 • Espátula • Cartolina de controlo, branca e preta isenta de branqueadores óticos ou Leneta 2DX • Aplicador para filmes (250µm) • Computador de cor: Espectrofotómetro (geometria d/8), capaz de medições em comprimentos de onda de 400nm a 700nm, com componente especular incluída (SCI), UV incluído, abertura larga, <i>Datacolor Calibration Service Spectral Test™</i> • Computador com <i>software LargoMatch2000®</i>, configurado para a iluminante D₆₅, observador a 10°, equação CMC (1:1).
Procedimento	<p>A aplicação da tinta base é feita numa cartolina de contraste. Esta aplicação pode ser feita a diferentes espessuras de húmidos, contudo para este caso a aplicação é feita a 250µm de espessura. Deixa-se a aplicação na posição horizontal a secar e depois de seca, a leitura é feita com recurso a um espectrofotómetro, primeiro lê-se a parte preta da cartolina de contraste, seguida da leitura da parte branca, através do <i>software LargoMatch2000®</i>. Este índice de brancura é especificado pela CIE para utilizar o iluminante D₆₅ em combinação com o observador padrão 2º ou 10º. É calculado diretamente o índice de brancura <i>WI</i>, conforme a eq. 3.3:</p> $WI = Y - 800(x_n - x) - 1700(y_n - y) \quad \text{eq. 3.3}$ <p>Onde, Y representa a luminosidade do objeto analisado; x_n e y_n são as coordenadas de cromaticidade do sistema CIE 1931 para o iluminante utilizado na avaliação da brancura; x e y são as coordenadas de cromaticidade da amostra avaliada.</p>
Resultados	<p>A brancura está relacionada com a reflexão de praticamente todos os comprimentos de onda da luz visível.</p> <p>Para tintas de base 10, esta deve apresentar valores superiores a 80%.</p>
Observações	<p>Esta aplicação requer algum traquejo por parte do técnico a aplicar. Já a leitura, não exige prática por parte do operador.</p> <p>Esta técnica é baseada na ISO 11475:1999</p>

Tabela 3.10 - Medição de Força Corante

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento fotométrico de medição da força corante da tinta comparada com um padrão, de modo a assegurar a uniformidade das cores produzidas.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Espátula • Cartolina de controlo, a preto e branco ou Leneta 2DX • Aplicador para filmes (250µm) • Corante • Balança com sensibilidade 0,01g • Agitador automático, <i>Fast&Fluid</i> • Computador de cor: Espectrofotómetro (geometria 8/d), capaz de medições em comprimentos de onda de 400nm a 700nm, com componente especular incluída (SCI), UV incluído, abertura larga, <i>Datacolor Calibration Service Spectral Test™</i> • Computador com <i>software LargoMatch2000®</i>, configurado para a iluminante D₆₅
Procedimento	<p>Para a força corante desta gama de corantes, foi fornecida uma dosagem específica de tinta base (base10 e base50) e de corantes (CBE e KXE), talhada para comparação e necessária ao controlo da força corante.</p> <p>Seguidamente, leva-se as amostras ao agitador automático durante 3 minutos.</p> <p>Após a agitação, aplica-se a 250µm, numa cartolina, uma pequena porção de tinta. Depois de seca à temperatura ambiente, e com recurso ao computador de cor e ao <i>LargoMatch2000®</i>, é possível medir e avaliar a força corante, comparando o padrão fornecido pela <i>Colortrend®</i> com a força corante preparada.</p>
Resultados	<p>A força corante mede-se através da quantidade de pigmento que é necessário adicionar a uma quantidade fixa de branco para atingir uma determina profundidade de cor. Esta medição é feita através do espectrofotómetro e do <i>LargoMatch2000®</i>.</p>
Observações	<p>Esta leitura não exige prática por parte do operador.</p> <p>Caso a força corante esteja muito desviada do padrão original é necessário recorrer a uma factorização da tinta base, de modo a prevenir futuros desvios de cor. (Ver Técnica de Factorização de Bases)</p>

Capítulo 3. Materiais, Métodos e Técnicas Experimentais

Tabela 3.11 - Determinação do Brilho Especular

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de controlo de modo a assegurar que o brilho do fabrico determinado à geometria de 60° corresponde às especificações da tinta.																		
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Espátula • Cartolina de controlo, branca e preta isenta de branqueadores óticos ou Leneta 2DX • Aplicador de filme, 150µm • Medidor de brilho com geometria de 60° e 85° 																		
Procedimento	<p>Quando a cartolina estiver seca mede-se o brilho com o auxílio do medidor de brilho. O medidor de brilho é calibrado no início de cada período de utilização para assegurar que a resposta do instrumento é contante.</p> <p>O fabrico é aprovado se o brilho estiver dentro dos parâmetros especificados na Tabela 3.12:</p> <p>Tabela 3.12 - Classes com os respetivos ângulos de incidência e requisitos, segundo a Norma NP EN ISO 2813:2001</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Classe</th> <th>Ângulo de incidência</th> <th>Requisito</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>G1</td> <td>Brilhante</td> <td>60°</td> <td>>60</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">G2</td> <td rowspan="2">Semi-brilho</td> <td>60°</td> <td>≤60</td> </tr> <tr> <td>85°</td> <td>>10</td> </tr> <tr> <td>G3</td> <td>Mate</td> <td>85°</td> <td>≤10</td> </tr> </tbody> </table> <p>Se a refletância medida a 60° for menor que 10, a medição deve ser repetida a 85°. O valor obtido a 85° determina a classe.</p>	Classe		Ângulo de incidência	Requisito	G1	Brilhante	60°	>60	G2	Semi-brilho	60°	≤60	85°	>10	G3	Mate	85°	≤10
Classe		Ângulo de incidência	Requisito																
G1	Brilhante	60°	>60																
G2	Semi-brilho	60°	≤60																
		85°	>10																
G3	Mate	85°	≤10																
Observações	<p>Normalmente utiliza-se a aplicação feita para o teste do poder de cobertura.</p> <p>O brilho não pode ser medido em substratos texturados ou com granulidade grosseira.</p> <p>Esta técnica segue a norma NP EN ISO 2813:2001</p>																		

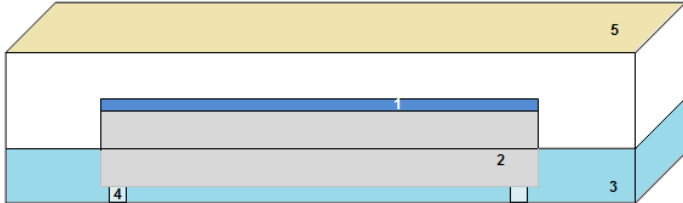
Tabela 3.13 - Controlo de Fissuração

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de controlo de fissuração em tintas de emulsão.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Espátula • Placa de contraplacado de madeira ou de fibrocimento • Aplicadores de tinta (300µm, 500µm, 1000µm) • Estufa (45°C - 50°C) • Frigorífico
Procedimento	<p>Homogeneiza-se a tinta com a espátula e aplica-se a tinta nas placas de madeira ou de fibrocimento, às espessuras de filme húmido de 150µm, 300µm, 500µm e 1000µm.</p> <p>Este ensaio pode ser realizado para controlar a fissuração a várias temperaturas de cura e/ou exposição, simulando temperaturas baixas, médias ou altas. Assim, uma placa será colocada no frigorífico (-2,0°C), outra será para controlo à temperatura ambiente e uma terceira será para controlo de fissuração para a temperatura da estufa (45°C - 50°C), durante umas horas.</p> <p>O comportamento à fissuração só deverá ser avaliado uma hora depois das placas serem retiradas e colocadas novamente à temperatura ambiente do laboratório.</p>
Resultados	O objetivo será verificar o comportamento da tinta base, em termos de fissuração, quando aplicado a baixas, médias e altas temperaturas. A aplicação à temperatura ambiente servirá meramente de controlo.
Observações	<p>Esta medição não exige prática por parte do operador.</p> <p>Não é uma técnica normalizada.</p>

Tabela 3.14 - Avaliação da reação da tinta à chuva

Âmbito	Esta técnica abrange a avaliação da capacidade que uma película de tinta tem em não ficar manchada, empolada, com perda de cor, etc., quando lhe é aplicada um percurso contínuo de água, uma forma de simular a chuva em condições próximas do real.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Primário • Rolo • Provetes de fibrocimento • Sistema simulador de chuva
Procedimento	<p>Após tratamento adequado da superfície, aplica-se a rolo uma demão de primário nos provetes de fibrocimento.</p> <p>Depois do primário secar, faz-se a aplicação da tinta no número de demãos suficiente até a placa apresentar uma película de tinta com boa cobertura e sem manchas.</p> <p>Seguidamente, as placas ficam sujeitas aos seguintes períodos de secagem à T_{amb}, antes de se iniciar o ensaio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 4h; • 24h; • 4 dias; • 7 dias. <p>Respeitando estes tempos de cura, submete-se as respetivas placas de fibrocimento ao ensaio de simulação, colocando-as sob o gotejamento de água a incidir sempre no mesmo ponto, criando um percurso contínuo de água através da placa, durante 30 minutos. Após estes 30min, fecham-se as torneiras de gotejamento e retiraram-se as placas do sistema simulador de chuva.</p> <p>Devem-se fazer as análises e avaliações necessárias do comportamento da tinta assim que o ensaio termina.</p>
Resultados	<p>As análises devem ser feitas em duas etapas, logo após se ter retirado os provetes do sistema de ensaio e uma avaliação final de comparação entre os quatro tempos de cura escolhidos.</p> <p>É importante descrever todas as observações quanto ao comportamento da tinta quando em contacto com chuva e avaliar a sua capacidade de não ficar manchada, empolada, com perdas de cor, etc.</p>
Observações	Esta técnica não está Normalizada, contudo é um ensaio bastante vantajoso para este tipo de tintas e, para além de ser rápido, é económico, simples e fácil de simular.

Tabela 3.15 - Resistência aos Álcalis dos Ligantes Hidráulicos

Âmbito	Este ensaio destina-se a apreciar a resistência de películas secas de tintas à ação dos álcalis de ligantes hidráulicos componentes de argamassas sobre as quais sejam aplicadas.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Primário • Rolo • Provetes de fibrocimento • Recipientes/Tinas com dimensões que permitam efetuar a imersão parcial dos provetes em água • Vidro para tapar a tina • Varetas de vidro
Procedimento	<p>O ensaio será realizado em provetes com e sem proteção de um primário, seguido de aplicação da tinta, a rolo, no número de demãos suficiente até os painéis de fibrocimento apresentarem um filme com boa cobertura.</p> <p>Seguidamente, assenta-se cada provete no fundo dos recipientes, sobre as varetas de vidro sem que toque nas paredes e com a face sobre a qual foi aplicada a película virada para cima.</p> <p>Introduz-se água potável nos recipientes, com o cuidado necessário para não molhar a superfície pintada; o nível da água deve ficar a cerca de metade da altura do provete. Cobre-se o recipiente com o vidro e deixa-se permanecer à T_{ambiente}, durante 48 e 72h.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
Resultados	<p>Terminado o período de imersão, retiraram-se os provetes dos recipientes e verifica-se se houve qualquer modificação visível das características da película (p.ex., alteração de cor, amolecimento, empolamentos).</p> <p>Depois de secas ao ar, observam-se novamente, dado que, por vezes, certos defeitos só podem ser apreciados após a secagem (p.ex., pulverulência, fissuração).</p> <p>O resultado do ensaio consiste na descrição do comportamento observado nos provetes. Sempre que possível, a apreciação deve ser feita indicando o valor – quantitativo ou qualitativo – do grau do defeito.</p> <p>A composição da tinta, bem como a composição da parede vão definir o grau de violência do ataque. Saponificação, é o termo usado para definir este ataque, onde há perda de adesão do filme e variação de cor.</p>
Observações	Esta técnica não está Normalizada, contudo é um ensaio que pertence à Documentação Normativa de Especificação LNEC.

3.3.3. Controlo da interação Tinta Base/Corante

Tabela 3.16 - Técnica de Molhagem

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento da capacidade de molhagem dos pigmentos da tinta.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Espátulas • Cartolina de controlo, a preto e branco ou Leneta 2DX • Aplicador para filmes (250µm) • Corantes da gama <i>Colortrend®807</i> • Balança com sensibilidade 0,01g • Agitador automático, <i>Fast&Fluid</i> • Computador de cor: Espectrofotómetro (geometria 8/d), capaz de medições em comprimentos de onda de 400nm a 700nm, com componente especular incluída (SCI), UV incluído, abertura larga, <i>Datacolor Calibration Service Spectral Test™</i> • Computador com <i>software LargoMatch2000®</i>, configurado para a iluminante D₆₅
Procedimento	<p>São feitas duas dosagens de uma determinada gramagem - quantidades confidenciais e internas HEMPEL - de tinta base e de pasta corante. Colocam-se essas pesagens, uma numa lata, agitando durante 3 minutos no agitador automático, e a outra noutro recipiente, para agitação manual até obter uma mistura homogénea, dando especial atenção ao fundo e as paredes do recipiente utilizado, raspando fortemente, para assegurar a uniformidade da mistura.</p> <p>Após a agitação, a aplicação é executada, colocando uma pequena porção de tinta correspondente a cada método de agitação, lado a lado, a 250µm de espessura de filme húmido.</p> <p>Nesta técnica também se realiza o teste de <i>rub-out</i>, que consiste em, após alguns minutos de secagem, se friccionar (<i>rub</i>) a tinta fazendo movimentos circulares, leves e precisos com o dedo em ambos os lados da aplicação, correspondentes aos métodos de agitação. Este teste serve para verificar a dispersibilidade do pigmento e para observar se há diferenças de cor entre a parte esbatida e a aplicação inicial.</p> <p>Deve-se deixar secar a tinta completamente antes de retirar qualquer conclusão.</p>
Resultados	<p>A molhagem é avaliada visualmente, onde o operador lê se existe diferença de cor entre os diferentes modos de agitação (automática <i>versus</i> manual) e entre os <i>rub-out</i> realizados nas diferentes zonas.</p> <p>A molhagem da emulsão é a correta apenas quando ambas as amostras têm o mesmo desenvolvimento dos corantes e aparentam ter a mesma cor.</p> <p>Caso a molhagem não seja confirmada, adiciona-se à fórmula uma certa percentagem de molhante ou até mesmo dispersante.</p> <p>Sabe-se que a molhagem de pigmentos em sistema de base aquosa é, em geral, moderada ou deficiente. Nestes casos, a base de afinação pode absorver tensioativos das pastas corantes e perturbar o pigmento destas pastas, favorecendo a reaglomeração de partículas e perda de intensidade de cor.</p>
Observações	<p>Esta leitura não exige prática por parte do operador.</p> <p>Apenas o teste de <i>rub-out</i> necessita de alguma experiência.</p> <p>O <i>rub-out</i> deve ser feito na altura certa. A tinta não deverá estar muito seca, nem muito fluida. Testar com a ponta do dedo e verificar se a tinta está muito fluida ou não. Caso se note a impressão digital, a tinta está pronta para se fazer o teste de <i>rub-out</i>.</p> <p>Quando os corantes são novos, esta técnica exige que o teste seja feito a todos os corantes, mas quando se trata de corantes conhecidos apenas é necessário utilizar o corante com maior área superficial, uma vez que absorve uma maior quantidade de agente molhante e de tensioativos. Usa-se então o corante onde a estabilidade de cor pode ser mais comprometida, ou seja, cuja molhagem não seja completa.</p>

Tabela 3.17 - Ensaios de Compatibilidade

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento do grau de compatibilidade das pastas corantes com a tinta base.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta • Espátulas • Cartolina de controlo, a preto e branco ou Leneta 2DX • Aplicador para filmes (150µm) • Corantes da gama <i>Colortrend@807</i> • Balança com sensibilidade 0,01g • Agitador automático, <i>Fast&Fluid</i> • Computador de cor: Espectrofotómetro (geometria 8/d), capaz de medições em comprimentos de onda de 400nm a 700nm, com componente especular incluída (SCI), UV incluído, abertura larga, <i>Datacolor Calibration Service Spectral Test™</i> • Computador com <i>software LargoMatch2000®</i>, configurado para a iluminante D₆₅
Procedimento	<p>Pesa-se uma quantidade adequada de pasta corante <i>Colortrend@ 807</i> (1% m/m da base) e de tinta base. (As quantidades específicas são confidenciais e internas da HEMPEL).</p> <p>Segue-se a mistura durante 2 minutos usando o agitador automático e se necessário utilizar uma espátula para que a amostra fique completamente homogénea. Após este tempo, retira-se uma pequena porção que é colocada à parte para uma posterior aplicação.</p> <p>A restante amostra é colocada no agitador automático, mais 8 minutos, de forma a perfazer um total de 10 minutos.</p> <p>Ao fim desses 10 minutos, é utilizado um aplicador de 150µm (salvo indicação contrária) com o qual se aplicam ambas as amostras (2min e 10min), lado a lado, numa cartolina.</p> <p>Nos primeiros minutos de secagem é efetuado o teste de <i>rub-out</i>, que consiste em esfregar (<i>rub</i>), fazendo movimentos circulares, leves e precisos com o dedo em ambos os lados da aplicação. Este teste serve para verificar a dispersibilidade do pigmento e para observar se há diferenças de cor entre a parte esbatida e a aplicação inicial.</p> <p>Deve deixar-se secar a tinta completamente antes de retirar qualquer conclusão.</p>
Resultados	<p>A compatibilidade é avaliada visualmente, onde o operador lê se existe diferença de cor entre os diferentes tempos de agitação (2min <i>versus</i> 10min) e entre os <i>rub-out</i> realizados nas diferentes zonas. Ambas devem apresentar a mesma cor.</p> <p>Qualquer diferença de cor significa que há problemas de compatibilidade entre a tinta base e a pasta corante.</p> <p>Este teste indica a estabilidade adequada da dispersão dos pigmentos e mostra a existência ou não de floculação (a força ou diferença de cor entre a parte de tinta que foi <i>rubbed</i> e a que não foi indica o grau de segregação e também pode ser um sinal de floculação). Um sistema instável resulta numa mudança de cor após um simples <i>rubbing</i> da aplicação da tinta molhada. Este efeito é atribuído ao facto dos aglomerados serem menos estáveis no estado molhado do que no seco, sendo assim destruídos por <i>rubbing</i>. Uma má dispersão dos pigmentos e das cargas também pode ser visível no teste.</p>
Observações	<p>Esta leitura não exige prática por parte do operador.</p> <p>Apenas o teste de <i>rub-out</i> necessita de alguma experiência.</p> <p>O <i>rub-out</i> deve ser feito na altura certa. A tinta não deverá estar muito seca, nem muito fluida. Testar com a ponta do dedo e verificar se a tinta está muito fluida ou não. Caso se note a impressão digital, a tinta está pronta para se fazer o teste de <i>rub-out</i>.</p> <p>É do conhecimento geral que os pigmentos e as cargas utilizados nas tintas de base aquosa têm fraca compatibilidade. Quando uma base aquosa é misturada com um corante, os pigmentos e as cargas da base podem absorver os agentes molhantes do corante e destabilizar o seu pigmento, resultando na floculação e na perda de intensidade de cor na mistura final.</p> <p>Esta técnica exige que o teste seja feito a todos os corantes.</p>

Tabela 3.18 - Técnica de Factorização de Bases

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de factorização das bases para o objetivo de formulação no Sistema MTT, de modo a assegurar a uniformidade das cores COLORTREND® 807, nas tintas base.
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Tinta base • Espátula • Cartolina de controlo, a preto e branco ou Leneta 2DX, isentas de branqueadores óticos • Aplicador para filmes (250µm) • Corante padrão azul e branco <i>standard</i> • Balança com sensibilidade 0,01g • Agitador automático, <i>Fast&Fluid</i> • Computador de cor: Espectrofotómetro (geometria 8/d), capaz de medições em comprimentos de onda de 400nm a 700nm, com componente especular incluída (SCI), UV incluído, abertura larga, <i>Datacolor Calibration Service Spectral Test™</i> • Computador com <i>software LargoMatch2000®</i>, configurado para a iluminante D65 • Folha Excel de Factorização – uso interno • Biblioteca de padrões – gravação de uso interno
Procedimento	<p>Preenchem-se todos os campos de informação da Folha de Excel da Factorização – Anexo D – relativos à informação da base testada, à determinação do peso específico e aos materiais para o teste.</p> <p>Baseados nos valores colocados pelo operador nas células da Folha de Excel, serão expressas cinco composições, diferentes, em peso, para realizar as amostras a serem preparadas em laboratório. As duas primeiras amostras simulam um fabrico onde a força corante está mais forte, a terceira amostra representa o rácio de mistura indicado para a respetiva tinta e as últimas amostras aparentam uma força corante mais fraca.</p> <p>Os valores pesados devem ser minuciosos e a quantidade real deve ser anotada. As preparações são levadas ao agitador automático durante 3 minutos. Após mistura, devem ser feitas as aplicações nas cartolinas, com cobertura completa (RC > 99,5%), e deixar secar à temperatura ambiente.</p> <p>Recorrendo ao computador de cor, mede-se a força corante de cada amostra fazendo a correlação entre o padrão gravado na biblioteca de padrões do <i>software LargoMatch2000®</i>.</p> <p>Os valores lidos são inseridos nas respetivas células da Folha Excel e é apresentado um gráfico referente à força corante e ao fator calculado. Desse gráfico é retirada a regressão linear e os respetivos valores de declive e da ordenada na origem.</p>
Resultados	<p>Com estes valores é calculado o fator da tinta base, através de uma fórmula de uso interno e confidencial, assim como o peso específico e o valor correto de força corante.</p> <p>Ao fator da tinta base, fazendo o inverso desse valor, é determinado o valor correto do fator para o corante.</p> <p>Às fórmulas representativas de cada cor do catálogo <i>Colortrend®807</i>, multiplica-se o fator do corante por cada quantidade de corante presente na respetiva fórmula de cor.</p>
Observações	Ver a folha de Excel nos Anexos D e E.

Tabela 3.19 - Calibração Automática de Doseadores F&M

Âmbito	Esta técnica abrange o procedimento de calibração de um doseador F&M numa máquina MULTI-TINT.
Aparelhagem e Material	<p>Máquina de doseamento automático de cores MULTI-TINT com doseadores F&M</p> <p>Computador com <i>software LargoTint Set-up®</i></p> <p>Balança com sensibilidade 0,01g</p> <p>Pastas corantes</p> <p>Espátula</p> <p>Embalagens para doseamento mínimo de 250ml de pasta corante (em número igual ao de pastas corantes)</p>
Procedimento	<p>Para calibrar um doseador utilizar o programa <i>LargoTint Set-up®</i>.</p> <p>Inicia-se a calibração automática dos doseadores no <i>software</i> com a janela de configuração “Doseador; Calibrar Doseador”.</p>
Observações	<p>É indispensável o uso de uma balança com sensibilidade no mínimo de duas casas decimais.</p> <p>Para efetuar a calibração são necessários os pesos específicos reais das pastas corantes existentes nos cartuxos. De preferência, não utilizar a opção “Medir PE”.</p> <p>Se os depósitos foram cheios com pastas corantes pela primeira vez, deve esperar-se 24h antes de calibrar os doseadores.</p> <p>A viscosidade das pastas corantes é afetada pela temperatura, pelo que é importante não concretizar a calibração em condições extremas de temperatura.</p> <p>É importante verificar e assegurar que existe pelo menos 1L de pasta corante em cada cartuxo.</p>

Tabela 3.20 - Controlo do comportamento à exposição às intempéries – envelhecimento natural

Âmbito	Este ensaio abrange a exposição total de painéis às intempéries, durante 6 meses (outubro-março). Surgem com o objetivo de avaliar o comportamento e resistência exterior dos corantes, nomeadamente nos parâmetros de perda de cor e/ou brilho, destacamentos, aparecimento de manchas, gizamento, eflorescências, retenção de poeiras. Isto porque estarão expostos a qualquer tipo condições climáticas como, chuva, sol, vento, calor, frio, etc.												
Aparelhagem e Material	<ul style="list-style-type: none"> • Painéis de fibrocimento A4 • Primário 26P02 • Selante para fazer uma moldura protetora 4637K • Tinta (base 50 e base 10) • Pastas corantes • Máquina de doseamento automático de cores MULTI-TINT com doseadores F&M • Computador com <i>software LargoMatch2000®</i> • Rolos para a aplicação 												
Procedimento	<p>Os provetes foram previamente limpos, garantindo a isenção de poeiras. De seguida, aplicou-se uma demão de primário 26P02 em todo o provete, frente, verso e laterais. Depois de secos, foi ainda aplicada uma demão de 4637K, formando uma moldura protetora e selante na frente e com aplicação total no verso e laterais de todos os painéis.</p> <p>Após o devido período de secagem do 4637K, procedeu-se à aplicação das tintas – base transparente 50) e base pastel (10) –, preparadas previamente com a <u>quantidade máxima de cada corante</u> (Tabela 3.21). Esta aplicação foi feita com o número de demãos suficientes até se obter cobertura total (aprox. 2 a 3).</p> <p>Tabela 3.21 - Quantidade máxima de corante que se pode adicionar num sistema de enchimento, base 10 e base 50.</p> <table border="1" data-bbox="563 857 1235 949"> <thead> <tr> <th colspan="2">Enchimento</th> <th colspan="2">$V_{Total} = 0,75L$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Base 10</td> <td>[100%]</td> <td>Máx Corante: 3%</td> <td>34,6 shots</td> </tr> <tr> <td>Base 50</td> <td>[93%]</td> <td>Máx Corante: 10%</td> <td>115,2 shots</td> </tr> </tbody> </table> <p>Passado o tempo de cura total num ambiente controlado em laboratório (25°C e humidade relativa < 50%), os painéis foram colocados num expositor exterior sujeitos às ações climáticas próprias dos meses de outubro a março.</p> <p>Durante esse período de 6 meses foram retirados resultados, mês a mês até Janeiro e de dois em dois meses até Março, referentes ao comportamento e resistência exterior dos corantes, conforme descrito no âmbito desta técnica.</p>	Enchimento		$V_{Total} = 0,75L$		Base 10	[100%]	Máx Corante: 3%	34,6 shots	Base 50	[93%]	Máx Corante: 10%	115,2 shots
Enchimento		$V_{Total} = 0,75L$											
Base 10	[100%]	Máx Corante: 3%	34,6 shots										
Base 50	[93%]	Máx Corante: 10%	115,2 shots										
Observações	Foram ainda realizados provetes de comparação (placas de fibrocimento pequenas – [15cm x 7,5cm]) que ficaram em condições controladas de armazenamento, no laboratório de cor. As fichas informativas dos produtos 26P02 e 4637K encontram-se no Anexo F e G, respetivamente.												

Capítulo 4. Resultados e Discussão

Neste capítulo o objeto de estudo serão as fórmulas desenvolvidas para a base 10 e para a base 50, analisando-as e aprovando as que apresentam melhores propriedades e que estejam de acordo com as especificações de classificação de uma tinta de fachadas exteriores.

Posteriormente apresentam-se e discutem-se os resultados do controlo da interação entre as tintas base e as pastas corantes *Colortrend@807*.

➤ Fabrico da Base 10

Para dar início ao fabrico de uma tinta de base 10, aquosa, com as características solicitadas para uma fachada exterior, foi necessário fazer uma pesquisa do mercado existente nesta área. Tendo por base uma formulação pré-existente duma tinta deste tipo – *Hempacryl Liso 599E0*: classificação como grupo c) segundo a Diretiva 2004/42/CE –, foi realizada a primeira tentativa de formulação da tinta genérica de base 10. Foi tida esta como modelo uma vez que faculta um revestimento fosco de alta espessura para pintura protetora e decorativa de elevada qualidade para acabamento de fachadas, muros e parâmetros exteriores de reboco e betão.

Na Tabela 4.1 identifica-se o fator de rejeição de cada fabrico, ficando apenas aprovado o décimo quinto fabrico, uma vez que este reunia todas as condições necessárias para prosseguir o estudo. No Anexo H encontram-se descritos os ajustes feitos em cada fabrico desta base.

Tabela 4.1 - Número de fabricos da base 10 e respetivos fatores de rejeição. η - viscosidade, PE – peso específico, RC – razão de contraste

Fabrico	Fator de Rejeição
1	η , pH, PE, RC
2	pH, PE, RC
3	PE, RC
4	PE, RC
5	η , PE, RC
6	RC
7	RC, Molhagem, Fissuração
8	pH, RC, Molhagem, Fissuração
9	η , RC, Molhagem
10	RC, Molhagem, Fissuração
11	RC
12	η , RC
13	η RC
14	pH
15	APROVADA

➤ Fabrico da Base 50

Após controlada a base 10, foram feitos os devidos reajustes para a formulação da base 50, nomeadamente retirar toda a quantidade de pigmento branco TiO_2 . Foram simulados vários ensaios até alcançar as características e especificações desejadas.

De tal forma que, na primeira experiência, os 14% de TiO_2 foram distribuídos total e proporcionalmente pelas cargas presentes na fórmula, correspondendo 24,9% ao carbonato de cálcio precipitado e 13,1% ao sulfato de bário precipitado e ao carbonato de cálcio. Esta experiência não foi além da simulação uma vez que a razão PVC/CPVC apresentava um valor superior a 1, como se confirma através da análise da Figura 4.1.

Foi então necessário proceder a uma reformulação, contudo as experiências 2 e 3 também foram alvo de insucesso, uma vez que logo na fase de simulação apresentaram um valor de PVC/CPVC muito próximo de 1.

Numa primeira prospeção seria acertado considerar diminuir a percentagem de cargas diretamente e adicionar em emulsão, porém essa condição iria afetar drasticamente o volume de sólidos e, conseqüentemente, a razão PVC/CPVC.

Analisando a Figura 4.2, conclui-se que em todas as simulações o teor de COV's foi bastante satisfatório, sendo sempre passível de aprovação.

Com os satisfatórios valores de PVC/CPVC da simulação da experiência 4, provenientes de uma boa repartição da percentagem entre as cargas e as emulsões, avançou-se para o fabrico desta nova fórmula. Contudo, com recurso à Figura 4.3, rejeita-se automaticamente esta hipótese visto que o valor de relação de contraste se encontra muito acima do valor de referência para uma base transparente ($RC \leq 10\%$).

Entre as experiências 5 e 6 não há grande variação da composição da tinta, razão pela qual não se reconheceu a necessidade de realizar os dois fabricos, admitindo apenas o fabrico da experiência 6. Todavia, as experiências 6, 7 e 8 são igualmente rejeitáveis tendo em conta o valor elevado de relação de contraste, como consta da análise do Figura 4.3.

A RC da experiência 9 já se apresentava bastante próxima do limite máximo, contudo apenas na experiência 10 foi alcançada a $RC \leq 10\%$.

Após a realização de várias experiências, foi alcançada uma fórmula ótima tendo em conta os principais parâmetros como a RC, os VOC e a razão PVC/CPVC. Essa meta foi atingida aquando da décima experiência, com 27% de carbonato de cálcio precipitado e 1% quer de sulfato de bário precipitado, quer de carbonato de cálcio. A percentagem de emulsões aumentou significativamente em relação à base 10, o que conferiu as propriedades desejadas para uma tinta de base transparente.

Todas as alterações e reajustes das matérias-primas da base transparente encontram-se pormenorizadamente descritas no Anexo I.

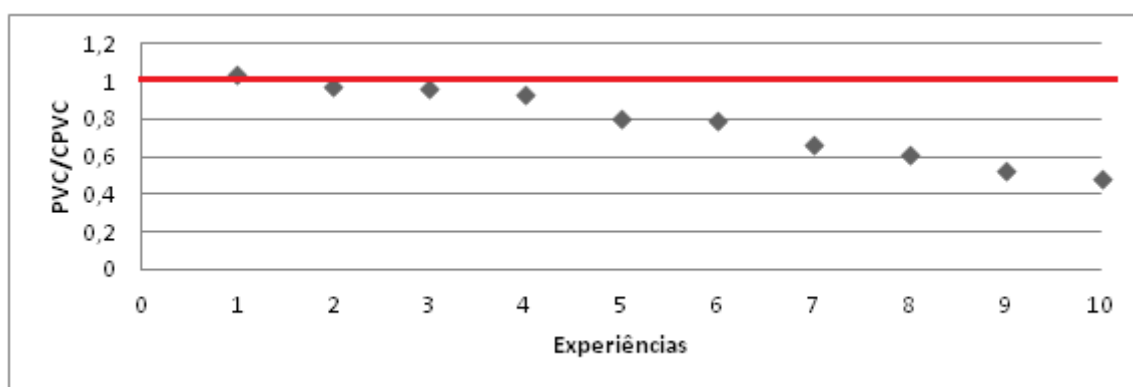


Figura 4.1 - Representação da diminuição da relação da fração volumétrica de pigmentos com o seu valor crítico, em função das reformulações efetuadas nas diferentes experiências. A linha a vermelho representa o valor máximo da razão PVC/CPVC.

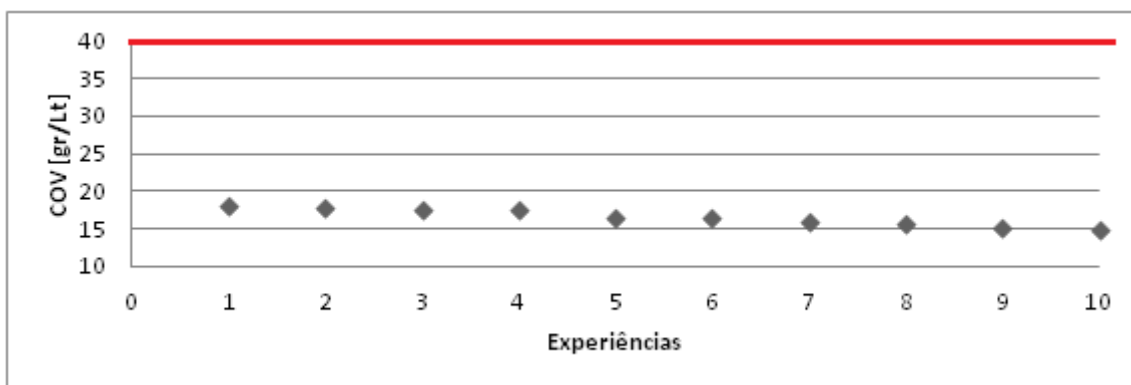


Figura 4.2 - Representação dos valores de compostos orgânicos voláteis [g/L] em função das alterações das fórmulas de composição da tinta. A linha a vermelho representa o valor de COV's máximo (40gr/Lt) para uma tinta exterior de base aquosa, segundo a Diretiva 2004/42/CE.

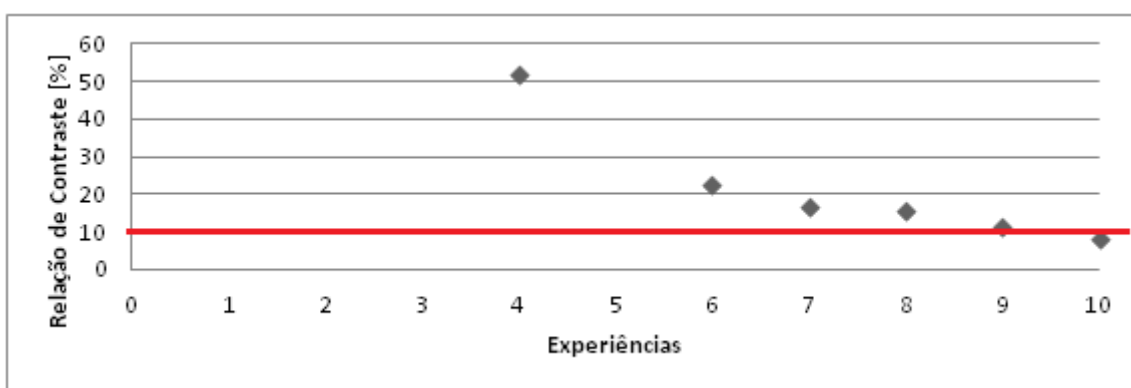


Figura 4.3 - Representação da relação de contraste em função das alterações nas diferentes experiências 4, 6, 7, 8 e 10. A linha a vermelho representa a RC [%] máxima para uma base transparente.

Depois de ultrapassados os problemas iniciais, realizou-se o fabrico e controlou-se a base com a fórmula da experiência 10. Contudo, foi necessário reajustar essa fórmula devido aos fatores de rejeição apresentados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Número de fabrico da base 50 e respetivos fatores de rejeição. η - viscosidade, RC – razão de contraste

Experiências e Fabrico	Fator de Rejeição
1	PVC/CPVC
2	PVC/CPVC
3	PVC/CPVC
4	η , RC
5	-
6	η , RC
7	η , RC
8	η , RC
9	RC
10	APROVADA

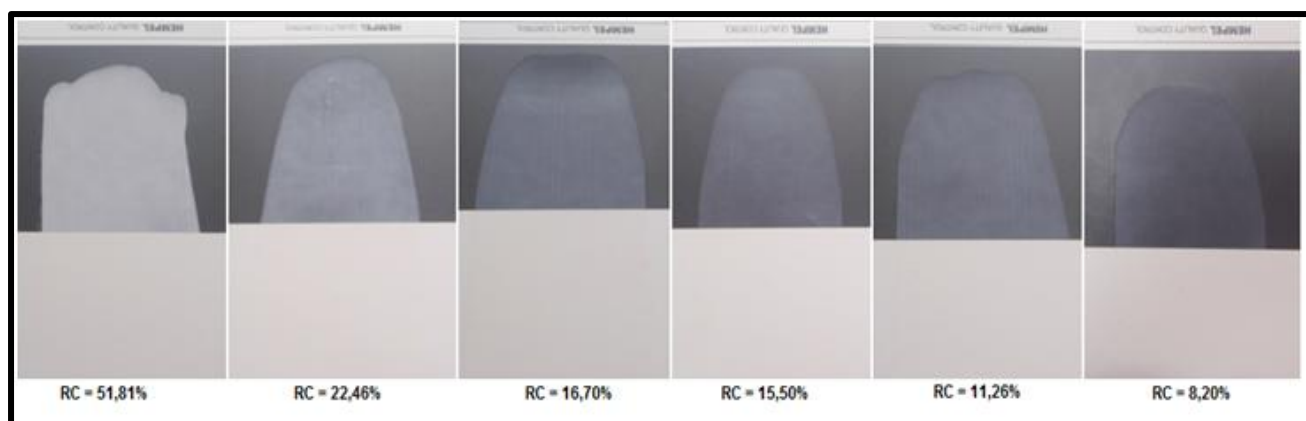


Figura 4.4 - Evolução dos estudos da base transparente até obter a razão de contraste desejada ($RC \leq 10$). A RC desejada foi alcançada com a diminuição da percentagem de cargas em prol do aumento da percentagem de emulsão.

A Figura 4.4 exhibe as diferenças de RC dos diferentes fabricos desde a primeira RC (51,81%) ao fabrico onde se obteve a melhor RC (8,20%), resultante dos ajustes entre as cargas e as emulsões.

4.1. Cálculos teóricos

Os cálculos teóricos foram realizados às fórmulas das tintas base aprovadas, a partir do *software Paintcalc 9.8.5a*. As características de cada tinta base estão apresentadas na Tabela 4.3, onde se notam as variações entre as tintas de base pastel e transparente. A grande diferença entre as duas bases reside na percentagem de pigmentos/cargas e ligantes, o que influencia os restantes parâmetros a calcular.

Os valores dos COV's encontram-se na ordem dos 18,54g/L para a base 10 e dos 14,83g/L para a base 50, o que é ótimo para uma tinta aquosa de exterior para fachadas.

Segundo [10], o valor PVC/CPVC das tintas base 10 e 50 estudadas, indica que as tintas são apropriadas para acabamentos arquiteturais exteriores e sintéticos imobiliários, respetivamente.

O R_T foi calculado fixando uma espessura de secos de 60 μ m. Comparando com a tinta *Hempacryl Liso 599E0*, o R_T da tinta de formulação genérica é superior.

Tabela 4.3 - Características obtidas através de cálculos teóricos efetuados com o *software Paintcalc 9.8.5a*

Características	Pastel	Transparente
Pigmentos e Cargas [%]	51,1	29
Água [%]	24,7	25,7
Ligantes [%]	19	40
% SVR	43,12	40,04
% SWR	63,69	52,18
% PVC	58	33,19
% CPVC	61,74	69,26
PVC/CPVC	0,94	0,48
R_T [m²/L] - 60μm	7,19	6,67
COV [g/L]	18,54	14,83
PVP [€/L]	≈ 12,05	

Tendo em conta que a fórmula da tinta genérica foi baseada na fórmula da tinta *Hempacryl Liso* 599E0, o PVP apresentado é um valor aproximado do custo dessa tinta. O custo final depende do tipo de base utilizada e da quantidade de pasta corante doseada.

4.2. Controlo em tinta líquida

A Tabela 4.4 apresenta os resultados obtidos a partir do controlo das tintas base, 10 e 50, aprovadas. Só foram aceites as tintas que apresentaram os valores dentro dos limites de aprovação, necessários para o prosseguimento do estudo e controlo em tinta aplicada. Note-se que todos os ensaios foram realizados às temperaturas exigidas e controladas no laboratório.

O grau de moagem foi medido conforme expresso na formulação da tinta, ou seja, após a dispersão durante trinta minutos dos pigmentos e cargas. A moagem do pigmento assegura a sua dispersão no veículo, destruindo todos os agregados sólidos, para permitir uma mistura suave e fina. Ambas as tintas base demonstraram possuir uma finura adequada – 40µm – para prosseguir o fabrico, não sendo necessário mais tempo de dispersão.

Os parâmetros de viscosidade, pH e tempo de secagem, também se encontraram dentro dos limites de especificação Hempel delineados para tintas aquosas de fachadas exteriores, em ambas as bases.

A medição do PE por diluição foi feita conforme descrito na técnica e os resultados finais encontram-se apresentados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Resultados do controlo de tinta líquida às tintas aprovadas de base 10 e 50

	Limites de Aprovação	Fórmula Genérica Base 10	Limites de Aprovação	Fórmula Genérica Base 50
Grau de Moagem [µm]	50 (máx)	40	50 (máx)	40
Controlo de Viscosidade [KU] (25°C)	100-110	110	100-110	103,0
Medição do PE por diluição [Kg/L] (25°C)	1,536-1,596	1,562	1,222-1,282	1,240
Medição do pH	7-9	8,90	7-9	8,75
Tempo de Secagem [min]	60 (máx)	15	60 (máx)	60

4.3. Controlo em tinta aplicada

Ultrapassadas as dificuldades, relativas ao controlo da base, executaram-se os ensaios de controlo em tinta aplicada.

➤ Medição de RC [%]

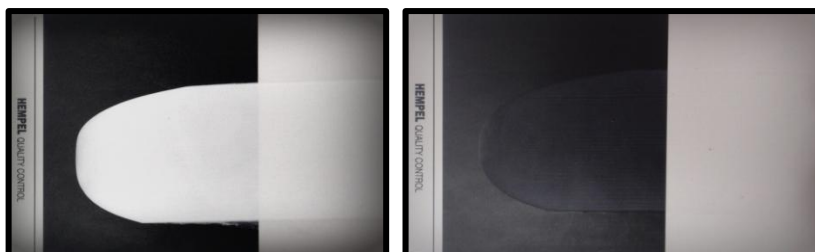


Figura 4.5 - Medição da RC na base 10 (96%) e 50 (8,20%), respetivamente.

A Figura 4.5 apresenta as nítidas diferenças entre a base 10 e 50. As relações de contraste medidas comprovam que as tintas base estão dentro das especificações de classificação de base pastel e transparente, segundo NP EN ISO 6504-3:2011.

➤ **Medição da Brancura [%] na base 10**

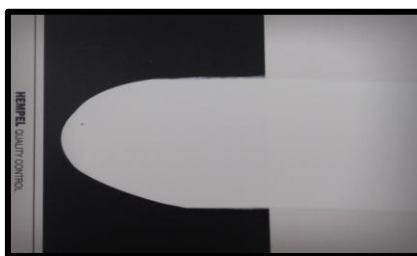


Figura 4.6 - Medição da brancura (84,24%) da base 10

A Figura 4.6 mostra a medição da brancura lida na tinta de base pastel, indicando um valor bastante aceitável perante a especificação. Este valor depende principalmente da quantidade de pigmento branco incorporado na tinta, contudo as cargas funcionam como expansores do pigmento o que se traduz numa maior percentagem de brancura, melhorando a capacidade de absorção de corante pelo pigmento branco.

➤ **Medição da FC**

A força corante é um fator extremamente importante para a reprodução exata de cores de qualquer catálogo, neste caso do catálogo *Colortrend®807 Façade System*. Com o grau de moagem atingido, as partículas encontram-se mais dispersas, o que significa que existe mais espaço livre para haver a absorção do corante pelo pigmento branco. Este facto leva a um maior poder de força corante.

A medida da FC, quer para a base 10 quer para a base 50, foi comparada com a respetiva FC da tinta utilizada para a produção das cores do catálogo da *Colortrend®*. Como os resultados ficaram muito desviados (-34,33% para a base 10 e -28,24% para a base 50), foi inevitável recorrer a ajustes. Ou seja, as FC das tintas base 10 e 50 da fórmula genérica apresentaram ambas, em comparação com a FC da *Colortrend®*, um valor mais fraco. Numa análise geral, isto implica que a tinta de formulação genérica necessitará de menos corante para conseguir obter a mesma cor. Dado que os valores se encontraram fora dos limites [-2,0;2,0], foi necessário recorrer a uma técnica de factorização das bases. Estes resultados encontram-se descritos no capítulo 4.4.

➤ **Determinação do brilho especular**

Os resultados obtidos pela medição do brilho especular apontam para uma tinta de classe G3: Mate, segundo NP EN ISO 2813:2001. A incorporação de pigmento na tinta reduz potencialmente o brilho e os reflexos da tinta, uma característica desejada uma vez que permite ocultar as desigualdades na construção (especialmente nas juntas de paredes e nas costuras da fachada) e pela uniformidade dos retoques.

Pode então afirmar-se que não existiram quaisquer deficiências no brilho, ou seja, concluiu-se que não houve floculação dos pigmentos e portanto uma perfeita homogeneização do filme [39].

➤ **Controlo da fissuração**

Com o desenvolver dos estudos da base 10 provou-se a necessidade de proceder a reformulações de algumas matérias-primas (Tabela 4.5), nomeadamente dos solventes e das resinas, para contornar os problemas de fissuração presentes.

Tabela 4.5 - Reajustes das percentagens de matérias-primas ao longo dos fabricos, para controlo de fissuração.

Matérias-primas	Fabrico 8	Fabrico 10	Fabrico 11
Texanol - agente coalescente	0,6	1	1
Glicol – retenção de água	-	1	1
Resina acrílica	17	17	14
Emulsão que plastifica o ligante	-	-	3

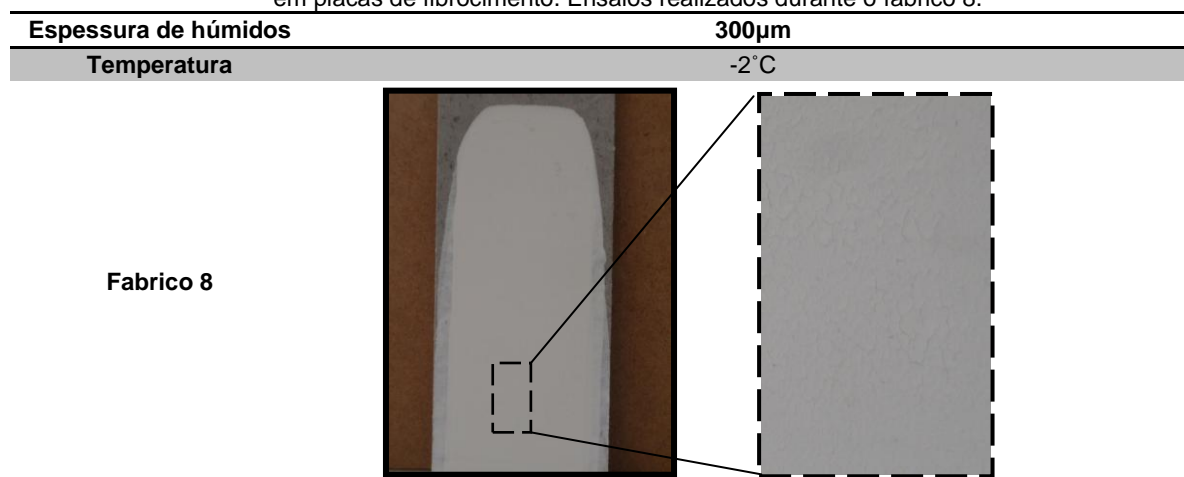
Nota: No estudo aprovado, as percentagens de resinas estão diferentes, contudo a relação está em proporção o que significa que não haverá influência.

Ultrapassados os problemas de relação de contraste, com a devida percentagem de TiO_2 e restantes ajustes, iniciou-se o controlo de fissuração. Este controlo é feito tendo em conta 3 temperaturas; fria, ambiente e quente, de modo a abranger os climas de condições extremas conforme descrito na Técnica de Controlo de Fissuração.

Para além do fator temperatura, existe também o fator espessura que se utiliza durante a aplicação. A aplicação a rolo, trincha ou pistola numa fachada tem de respeitar a especificação de espessura de aplicação do produto. Contudo, o controlo é feito sempre a espessuras de filme húmido superiores para garantir que a espessuras inferiores não haverá fissuração.



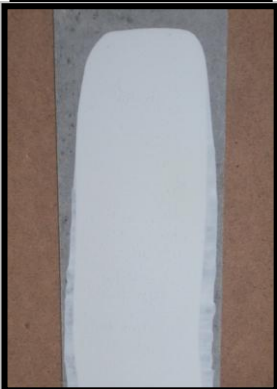
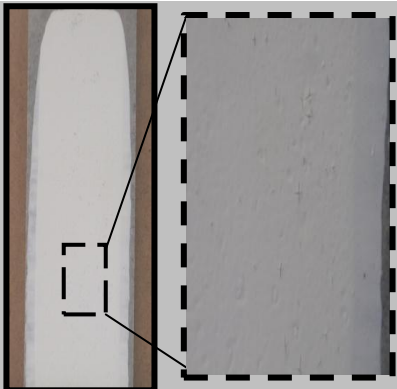


As tabelas seguintes apresentam os resultados visuais obtidos.

Tabela 4.6 - Ensaio de controlo de fissuração em tintas com uma aplicação de espessura de húmidos de $300\mu m$, a frio [$-2^\circ C$] em placas de fibrocimento. Ensaios realizados durante o fabrico 8.



Através da observação direta da Tabela 4.6 constata-se que, para uma espessura de $300\mu m$ de aplicação, a película cede, fissurando em algumas zonas do revestimento. Assim, como resposta a esta propagação foi necessário ajustar aumentando da percentagem de agente coalescente, visto que baixa a temperatura de formação de filme de modo a controlar a agregação de partículas, outra solução complementar passa por adicionar uma solução que plastifique o ligante e retenha a água, como foi o caso do glicol. Estas alterações podem ser confirmadas no Anexo H.

Tabela 4.7 - Ensaio de controlo de fissuração em tintas com uma aplicação de espessura de húmidos de 500µm, a frio [-2°C], à temperatura ambiente [20°C] e a quente [45°C] em placas de fibrocimento. Ensaios realizados durante os fabricos 7, 8, 10 e 11.



Espe ssura de húmidos	500µm		
Temperatura	-2°C	20°C	45°C
Fabrico 8			
Fabrico 10			
Fabrico 11			

A par com a espessura de húmidos de 300µm do Fabrico 8 foi feita também a aplicação a 500µm (Tabela 4.7) e, pelo que já seria de esperar, esta última também apresentou fissuras não só a frio como também à temperatura ambiente.

No Fabrico 10 os ajustes e alterações feitos não foram suficientes, uma vez que o filme fissurou. Este facto levou mais uma vez à rejeição do fabrico.

Para o prosseguimento deste estudo foi então necessária a introdução de uma outra resina que proporcionasse a plastificação do ligante. Poder-se-ia também aumentar novamente a quantidade de solventes, contudo isso iria influenciar direta e negativamente a percentagem de COVs presentes na tinta.

Tabela 4.8 - Ensaio de controlo de fissuração em tintas com uma aplicação de espessura de húmidos superiores a 750µm, a quente [45°C] em contraplacados de madeira. Ensaios realizados durante o fabrico 11.

Espessura de húmidos		≥ 750µm	
Temperatura		45°C	
Fabrico 11			

No Fabrico 11 chegou-se então a uma interação resinas/solventes desejada, ou seja não ocorreu fissura do filme em nenhuma parte do substrato (Tabela 4.8). Este ensaio, para além de ter sido realizado em placas de fibrocimento, como os anteriores, fez-se ainda num suporte de contraplacado de madeira, de acordo com a Técnica de Controlo de Fissuração, com uma aplicação de espessura de húmidos ≥ 750µm.

Como foi garantida a não fissuração a altas espessuras de húmidos, aprovou-se este último Fabrico, com os respetivos ajustes.

Não foi necessária a execução deste controlo na base transparente, visto haver uma relação carga/ligante/solvente inerte à fissuração.

➤ Avaliação da reação à chuva

Este teste avalia a capacidade que uma película de tinta tem em não ficar manchada quando se aplica um percurso contínuo de água, uma forma de simular a chuva. A montagem representativa encontra-se ilustrada na Figura 4.7.

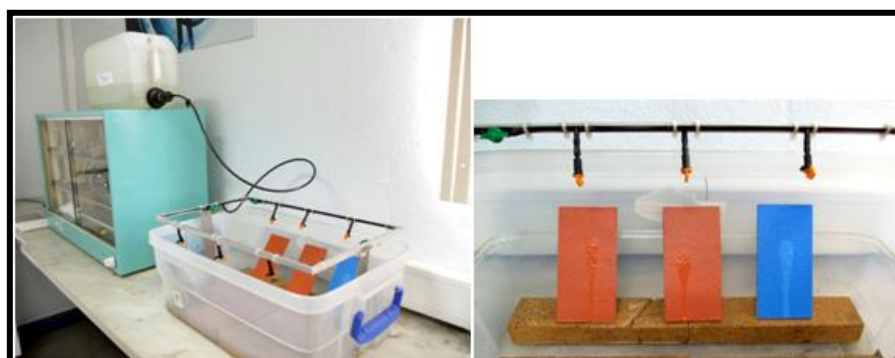


Figura 4.7 - Esquema de montagem do ensaio de simulação de chuva

A adição de corante à tinta foi feita meramente para haver maior evidência dos possíveis defeitos a caracterizar e a escolha da base transparente resultou da possibilidade de adição de maior quantidade de corante nesta base.

Tabela 4.9 - Avaliação qualitativa dos ensaios de simulação de chuva com tempos de cura diferentes, base transparente produzida da fórmula da tinta genérica. Os valores das manchas são classificados como: 0 – Severo; 1 – Ligeiro; 2 – Sem manchas.

	4h	24h	4dias	7dias
Base Transparente	0	0	1	2

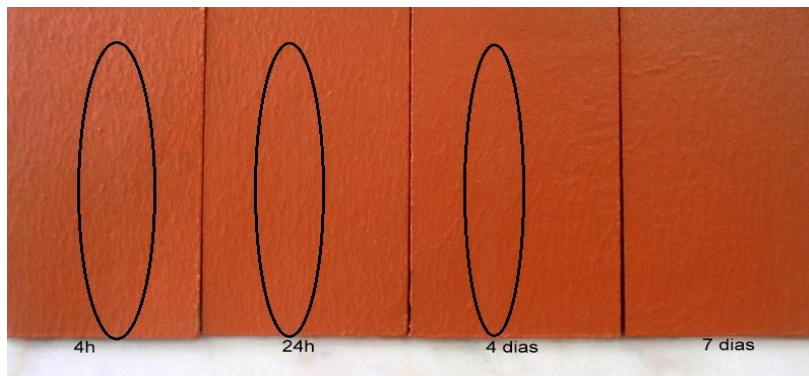


Figura 4.8 - Resultados do ensaio de simulação de chuva com tempos de cura diferentes, 4h;24h;4dias;7dias.

Analisando a Tabela 4.9 e a Figura 4.8, notou-se em todos os tempos os escorridos da tinta assim que o provete de fibrocimento foi retirado do ensaio. Esses escorridos correspondem ao gotejamento na placa de fibrocimento que fez com que o pigmento escorresse, apresentando uma linha mais esbranquiçada. Passados alguns minutos estes defeitos não são tão evidentes, contudo passadas horas é praticamente imperceptível, notando-se apenas em determinado ângulo de visão uma pequena diferença de cor entre a zona afetada e a não afetada pela gota.

Nos provetes onde se fez a secagem de 4h, 24h e 4 dias da última demão, observou-se ainda a existência de leves empolamentos da tinta, atenuados à medida que se aumentava o tempo de secagem. Deve-se concluir então que a tinta até aos 4 dias de secagem não se encontra totalmente curada, ou seja, não é possível considerar uma secagem total em profundidade.

No ensaio do provete com 7 dias de secagem após a última demão, notou-se que as marcas dos escorridos desapareciam passados alguns minutos, não deixando marcas do gotejamento.

Em nenhum dos tempos de cura foram detetados sinais de *snail trails*, exsudações ou eflorescências.

Como tal, e por ser um ensaio bastante agressivo e extremo, pode afirmar-se que a tinta tem um tempo mínimo de cura de 7 dias após aplicação. Este resultado é apenas especulativo uma vez que é impossível determinar com rigor o tempo de secagem de uma superfície visto este depender de vários fatores, como o tipo de material do substrato, a espessura, a água presente no final da construção, o guarnecimento a aplicar, a temperatura, a ventilação local e até mesmo a própria urgência da obra. Para além disso, quando a obra termina, os rebocos e os estuques estão saturados de água e assentes sobre bases porosas de grande volume.

➤ Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos

Este ensaio foi efetuado na base transparente produzida e os resultados estão apresentados na Tabela 4.10. O ensaio foi efetuado nesta base, uma vez que esta possibilita a adição de maior quantidade de corante permitindo avaliar melhor as possíveis diferenças em toda a área dos provetes.

A avaliação deste teste foi efetuada numa escala de 0 – 5 (Mau – Bom).

Tabela 4.10 - Avaliação da resistência à alcalinidade da tinta de fórmula genérica produzida na base transparente, com e sem tratamento prévio com um primário adequado, num período de 48 e 72h.

	48h	72h
Sem primário	2	0
Com primário	5	5

Nestes resultados evidenciou-se a necessidade de aplicação de primário no substrato. Os defeitos manifestados nas placas de fibrocimento sem primário estão ilustrados nas Figuras 4.9, 4.10 e 4.11, sob a forma de saponificações, com formação de manchas, amolecimento ou descascamento. A presença de sais pode provocar a formação de depósitos cristalinos, e a degradação pode dar origem a fenômenos de esfoliação.



Figura 4.9 - Teste de resistência aos álcalis. a) 48h, sem primário; b) 72h, sem primário

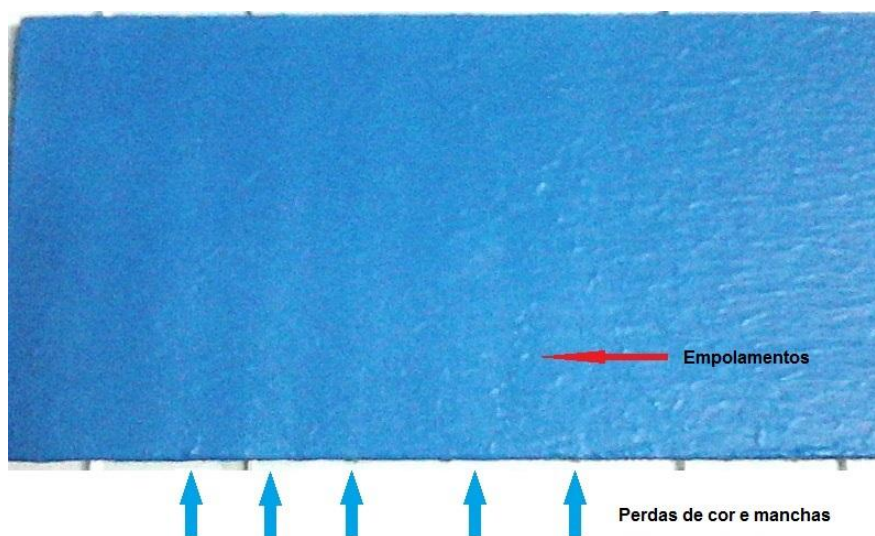


Figura 4.10 - Pormenor da Figura 4.9 a), representativa dos empolamentos, perdas de cor e manchas nas placas de fibrocimento sem primário.



Figura 4.11 - Pormenor da Figura 4.9 b), representativo do ataque de alcalinidade sob a forma de eflorescências

Estas eflorescências surgem de materiais do substrato que ascenderam à superfície da película de tinta, o que implica a necessidade de um primário. A natureza dos materiais, bem como a porosidade do substrato pode favorecer ou agravar o processo, podendo numa mesma construção surgirem ou não eflorescências.

A película formada pelo primário deverá ter uma espessura e continuidade suficientes para constituir assim uma barreira, não sendo demasiado lisa e brilhante para provocar problemas de adesão. A aplicação do primário traz algumas desvantagens, uma vez que encarece o trabalho e impede que a parede continue a secar por respiração após pintura [33].

Porém, deve ser-se bastante crítico na análise destes valores, visto este ser um teste muito mais severo do que o que realmente se passa no dia-a-dia. Quando uma superfície de cimento é pintada, deve primeiro aplicar-se um primário e só depois a tinta desejada, o que atenua muito estes resultados. Para além deste facto, deve ainda ter-se em conta que o cimento nunca estará tanto tempo submerso em água como se passa no ensaio. Mas este é um ensaio comparativo, e por isso pode afirmar-se que alguns dos sistemas têm melhor comportamento que outros.

Concluiu-se então que a solução passa por recorrer a primários anti-alcálicos, aplicados após secagem moderada das paredes [33], conforme se pode comprovar pela análise da Figura 4.12.



Figura 4.12 - Teste de Resistência aos álcalis. c) 48h, com primário; d) 72h, com primário

Na Tabela 4.11 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos em ambas as bases aprovadas.

Tabela 4.11 - Resumo de resultados do controlo de tinta aplicada às tintas aprovadas de base 10 e 50

	Limites de Aprovação	Fórmula Genérica Base 10	Limites de Aprovação	Fórmula Genérica Base 50
Medição de RC [%]	> 95	96	<10	8,20
Medição de Brancura [%]	>80	84,24	S.E.	S.E.
Medição da FC [%] (Após Factorização)	[-2,0;2,0]	-1,27	[-2,0;2,0]	-0,53
Determinação do Brilho Especular (85°)	<10	3,7	<10	3,1
Controlo de Fissuração	-	Não fissura a 750µm	-	S.E.
Avaliação da reação à chuva	S.E.	S.E.	-	Cura de 7h
Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos	-	-	-	Necessita primário

S.E. – Sem Efeito

4.4. Controlo da interação tinta base/corante

É importante conferir a existência de um grau de molhagem e compatibilidade de pigmentos e cargas em bases aquosas para o sistema de afinação automática, de modo a assegurar uma uniformidade das cores produzidas nas MTT.

Os pigmentos e cargas utilizados nas tintas de base aquosa têm fraca molhagem. Quando uma base aquosa é misturada com um corante, os pigmentos e as cargas da base podem absorver os agentes molhantes do corante e destabilizar o seu pigmento, resultando na floculação e na perda de intensidade de cor na mistura final.

Quer a cor utilizada, quer a luz (natural, artificial) a que se visualizam os resultados condicionam a aceitação ou não destes. Por este motivo os ensaios devem ser sempre analisados numa caixa de luz, com fonte D₆₅ correspondente a uma lâmpada fluorescente artificial.

➤ Técnica de Molhagem

Ao longo dos fabricos estudados, realizaram-se testes de molhagem a todas as pastas corantes da gama *Colortrend®807* para ambas as bases, pastel e transparente.



Figura 4.13 - Exemplo do ensaio sem molhagem da tinta base 10 com o corante FE, antes da introdução do aditivo molhante

Numa primeira experiência, a tinta base estava isenta de qualquer agente aditivo molhante e os resultados obtidos (Figura 4.13) confirmaram a necessidade de incorporar um aditivo desta natureza, uma vez que é notória a linha de separação central e a diferenciação de cor entre o lado esquerdo (proveniente de agitação automática) e o lado direito (proveniente de agitação manual).

Quando uma tinta base tem problemas de molhagem com os corantes, significa que a quantidade de agentes tensoativos na tinta base não são suficientes para “molhar” toda a superfície livre do pigmento branco TiO₂,

nem dos extensores de pigmento da tinta. Se as pastas corantes forem cuidadosamente adicionadas e misturadas, os agentes tensoativos das pastas migram para as partículas de TiO_2 da tinta. Isto pode causar aglomeração das partículas de pigmento estabilizadas no corante e, como resultado, um desenvolvimento de cor incompleto. Concluiu-se então que, neste caso, houve floculação das partículas da pasta corante.

Foram realizados ensaios expeditos com diferentes molhantes em diferentes percentagens (Tabela 4.12) até ter sido atingido o ponto ótimo dos agentes tensoativos, ou seja foi reduzida a tensão superficial sólido/líquido e permitida a dispersão e molhagem da pasta corante com a base. O aditivo molhante escolhido foi o Molhante 2, com 0,8%.

Tabela 4.12 - Testes expeditos realizados com diferentes agentes molhantes. Os resultados que não apresentaram molhagem estão designados por “NOK” e o escolhido por “OK”.

	0,2%	0,4%	0,8%	1,2%	1,5%
Molhante 1	NOK	NOK	NOK	-	-
Molhante 2	-	NOK	OK	NOK	NOK



Figura 4.14 - Representação do teste de molhagem aprovado da tinta base 10 e 50, respetivamente, com o corante IOE da gama *Colortrend@807*. Tintas base com 0,8% de aditivo molhante 2.

Ao contrário da Figura 4.13, a Figura 4.14 demonstra o efeito de molhagem aprovado – neste caso para o corante IOE em ambas as bases. Todas as pastas corantes da série *Colortrend@807* obtiveram resultados positivos após o ajuste feito com o molhante evidenciado na Tabela 4.12.

Esta análise foi obtida através da observação direta, numa caixa de luz para avaliação visual de cor sob condições padrão de luz, e notou-se que a resina foi adsorvida adequadamente, os pigmentos não flocularam, não houve falhas no desenvolvimento da cor e os testes de *rub-out* (testes de flutuação de cor) apresentaram bons resultados. Assim, afirmou-se que estes ensaios tiveram todos molhagem entre a tinta base e as pastas corantes.

➤ Ensaios de Compatibilidade

Este teste é o indicado para a verificação da estabilização das partículas dos pigmentos. Foi usado para verificar a compatibilidade das pastas corantes, a tendência das partículas dos pigmentos para flocular e o fenómeno de *flooding* (fenómeno causado devido às diferentes mobilidades das partículas da tinta base e da pasta corante, podendo provocar diferenças de concentração no revestimento, ou seja, não haverá uma distribuição homogénea da pasta corante na tinta base). Segundo a técnica, após agitação feita num período de dois e dez minutos, a tinta foi aplicada numa cartolina de controlo e realizou-se o teste *rub-out* (teste de flutuação de cor - pormenor na Figura 4.16).



Figura 4.15 - Representação do ensaio de compatibilidade aprovado da tinta base 10 e 50, respetivamente, com o corante IGE da gama Colortrend®807.



Figura 4.16 - Pormenor do teste de *rub-out* (flutuação de cor) realizados no ensaio de compatibilidade, base 50 e 10, respetivamente.

Um corante diz-se compatível com um produto quando a junção destes origina uma cor homogénea, isto é, quando ao fim dos diferentes tempos de agitação, descritos na técnica, se visualiza sempre a mesma cor.

Através das cartolinas da Figura 4.15, e do mesmo ensaio efetuado a todos os corantes da série Colortrend®807, observou-se que existe compatibilidade das onze pastas com ambas as bases produzidas, uma vez que não existe diferença de cor entre os tempos do ensaio (2' e 10'), eram inexistentes as flutuações de cor e não existiam grandes distinções de cor entre a zona que foi friccionada e a que não foi. Concluiu-se então que havia estabilidade de dispersão das pastas corantes nas bases, não sendo necessário qualquer ajuste na fórmula.

Caso houvesse má dispersão, o sistema era considerado instável, e esse efeito era devido ao facto dos aglomerados serem menos estáveis no estado molhado do que no estado seco, sendo por isso destruídos pela fricção no teste de *rub-out* (flutuação de cor). Este efeito é facilmente observável uma vez que resulta numa mudança de cor após um simples *rubbing* (esfregar) da aplicação da tinta molhada.

Apresenta-se a Figura 4.16 para demover quaisquer dúvidas de problemas de *flooding* ou *floating*, uma vez não existem mudanças uniformes de cor na película húmida, nem separação e distribuição irregular dos diferentes pigmentos em ambas as bases.

Apenas com uma agitação eficaz ou com um tempo de agitação apropriado é que a pasta corante e a tinta base melhoram o nível de mistura. Apesar das gotas de pasta corante estarem estabilizadas e finamente distribuídas, a sua distribuição não é homogénea no filme. Devido à evaporação dos solventes, durante a secagem do filme, existe fluxo e ocorrem movimentos das partículas, o que devido à diferença de mobilidade das partículas de pigmento da pasta corante e das partículas de TiO₂, pode ser a causa deste problema.

Se ocorrer *flooding* (inundações), significa que a disposição da pasta corante não é homogénea da superfície até ao substrato. Ao passo que se ocorrer um fenómeno de flutuação, a distribuição da pasta corante não é homogénea à superfície.

➤ **Factorização de bases**

Após garantida a molhagem e compatibilidade de todas as pastas corantes com as duas tintas de fórmula genérica produzidas, tentou fazer-se a adoção de todas as cores do catálogo *Façade Color Colection* da *Colortrend®* reproduzindo diretamente as fórmulas das mesmas. Contudo, devido ao elevado desvio entre a força corante representativa das tintas base desenvolvidas pela *Colortrend®* para o catálogo e a força corante de ambas as tintas de fórmula genérica produzidas, foi necessário recorrer a uma técnica de factorização das bases.

Como já foi comentado, o cálculo do fator da tinta base é cumprido através de uma fórmula de uso interno e confidencial HEMPEL. Contudo, apresentam-se nos Anexos D e E, as factorizações e os respetivos gráficos e regressões lineares necessários para calculá-lo.

Fez-se o inverso do fator da tinta base e determinou-se o valor correto do fator para o corante. Às fórmulas representativas de cada cor do catálogo *Colortrend®807*, multiplicou-se o fator do corante por cada quantidade de corante presente na respetiva fórmula de cor. Assim, foi possível reproduzir o catálogo por inteiro criando um sistema de base de dados – confidencial – com todas as fórmulas de cores factorizadas.

As medidas de coordenadas colorimétricas são a caracterização mais frequentemente utilizada. Para a descrição e especificação da cor, utilizou-se o sistema espectrofotómetro e leitura das coordenadas colorimétricas empregando o método CIELch.

Na Tabela 4.13 apresenta-se a reprodução das cores realizadas com recurso ao sistema tintométrico MTT, os respetivos valores colorimétricos e a apreciação global da cor.

Tabela 4.13 - Medições colorimétricas, com recurso ao espectrofotómetro com iluminante D₆₅, entre as cores reproduzidas a partir das factorizações das bases 10 e 50 e as cores presentes no catálogo *Façade Color Collection (standard)*. Os resultados aprovados visualmente, com recurso a uma câmara de luz, designam-se por OK e os reprovados por NOK.

Base – Fator	Cor	Corantes	ΔL	Δc	Δh	ΔE	Aprovação visual
10 – 0,7731	1	CBE	1.94	2.05	2.09 Azulado (Esverdeado)	3,51	NOK
	2	CBE	0.27	2.07	0.73 Azulado (Esverdeado)	2.21	NOK
	3	BVE + CGE	-0.21	-0.44	0.54 Azulado (Esverdeado)	0.73	OK
	4	BVE + IGE	0.98	0.23	0.83 Esverdeado (Azulado)	1.30	OK
	5	BVE + CNE	1.47	-0.74	0.57 Azulado (Esverdeado)	1.74	OK
	6	CNE	0.68	1.05	-0.27 Amarelado (Avermelhado)	1.28	OK
	7	CNE + FE	0.18	0.17	-0.28 Avermelhado (Amarelado)	0.38	OK
	8	FE	-0.24	0.14	0.29 Amarelado (Avermelhado)	0.40	OK
	9	LE	0.21	-0.23	-0.08 Azulado (Avermelhado)	0.32	OK
	10	BOE	-0.37	-1.11	0.33 Azulado (Esverdeado)	1.21	NOK
50 – 0,4145	11	CBE + KXE	-0.13	0.80	0.73 Azulado (Avermelhado)	1,10	OK
	12	CGE + KXE	-0.88	-0.33	0.95 Azulado (Esverdeado)	1,34	OK
	13	BVE + CNE + KXE	-0.15	-2.31	-1.10 Azulado (Avermelhado)	2,57	NOK
	14	CNE + KXE	-0.82	-1.18	-0.75 Azulado (Esverdeado)	1,63	OK
	15	CNE + FE + KXE	1.69	-0.46	-0.90 Azulado (Esverdeado)	1,96	OK
	16	LE + KXE	-0.05	-1.56	-0.51 Azulado (Esverdeado)	1,64	OK
	17	LE + BOE + KXE	-1.31	-2.45	-0.49 Azulado (Esverdeado)	2,82	NOK
	18	UBE + KXE	-0.68	2.22	1.28 Azulado (Avermelhado)	2,65	OK
	19	CBE + IGE + KXE	-0.06	1.63	0.79 Esverdeado (Azulado)	1,81	OK
	20	BVE + IGE + KXE	-0.11	0.57	1.32 Esverdeado (Azulado)	1,44	NOK

O requisito mais importante para a leitura da cor é que esta possua cobertura total, ou seja RC>99,5%. O ideal seria obter uma cor com ΔE≤0,5, uma vez que significaria uma diferença impercetível ao olho humano, contudo, em MTT factorizado o processo de aprovação é feito à base de aprovação visual das cores. Assim, a análise dos resultados focou-se mais na apreciação visual.

As cores 1, 2, 10, 13, 17 e 20 apresentaram resultados indesejados a nível visual – NOK –, no entanto essas cores não deverão ser abolidas simplesmente por não terem aval positivo, deverão sim ser feitos ensaios de correção em bancada, com vários testes expeditos até se encontrar a cor desejada. Ou seja, a cor é passível

de ser corrigida até se obter a cor representada no catálogo. É portanto necessária a correção da fórmula dessa cor, assumindo a linearidade entre a cor e as concentrações das pastas corantes, onde as quantidades a ajustar de cada pasta corante poderão ser calculadas através de um sistema de equações diferenciais, existente no sistema de *software LargoMatch2000®*.

Os valores de $\Delta L > 0$ afirmam que a cor medida é “mais clara” que a cor *standard* correspondente, foi o caso das cores 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 9, ao passo que valores de $\Delta L < 0$ esclarecem que a cor medida é “mais escura”, o caso das restantes cores. Note-se que todas as cores reproduzidas com a base transparente apresentaram $\Delta L < 0$ e um desvio de tom para o azulado/esverdeado.

Os valores de $\Delta c < 0$ indicam que as cores realizadas estão menos saturadas que as *standard*, como se pode ver pelas cores 3, 5 e 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16 e 17. O contrário verificou-se para as restantes cores analisadas.

➤ Controlo do comportamento à exposição às intempéries – envelhecimento natural

Este ensaio teve como objetivo observar a resistência das pinturas às condições ambientais naturais. Foi realizado sobre painéis A4 de fibrocimento, conforme descrito na técnica apresentada no capítulo 3 – Tabela 3.20 –, identificados com o código correspondente à base e respetivo corante e colocados num expositor exterior na HEMPEL – Palmela (Figura 4.17).

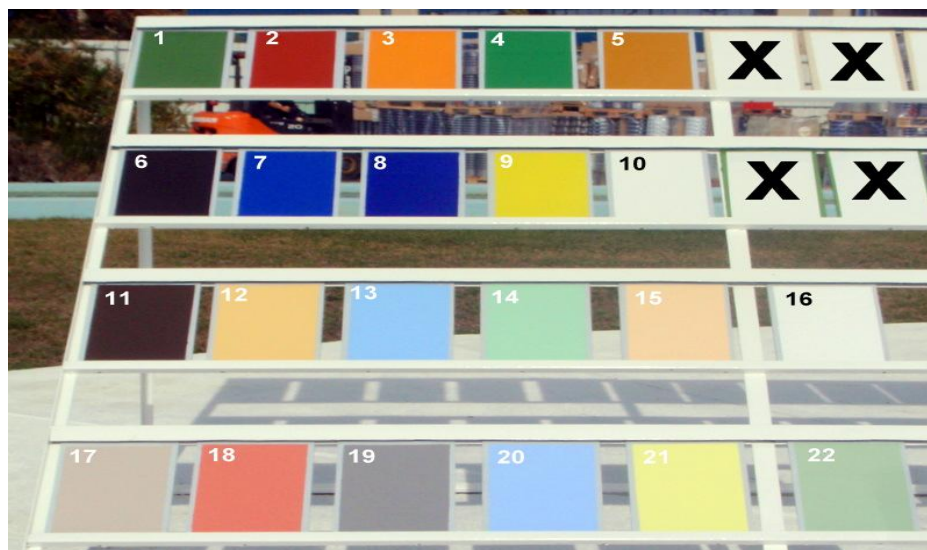


Figura 4.17 - Painéis representativos da quantidade máxima de cada corante nas duas bases de formulação genérica, expostos no exterior da HEMPEL – Palmela, sujeitos ao envelhecimento natural causado pelos diferentes climas sofridos entre os meses Novembro e Março. Do Painel 1 – Painel 11, correspondentes à base transparente; Do Painel 12 – Painel 22, correspondentes à base pastel.

Na Figura 4.17 encontram-se numerados os painéis representativos da quantidade máxima de cada corante nas duas bases, transparente e pastel. Do painel um até ao painel onze, representam a base transparente e do painel doze ao painel 22, a base pastel. Os painéis de controlo, para comparação visual, foram cuidadosamente guardados em condições controladas no laboratório de cor.

Note-se que os valores tomados foram os correspondentes à posição central da placa A4, medidos no espectrofotómetro, e o brilho foi medido a 85°, medidos no medidor de brilho. Todas as medições foram lidas em comparação com a primeira leitura – mês zero – correspondentes aos provetes padrão.

A primeira leitura dos índices de cor e brilho, de cada painel, foi medida no mês de outubro e as seguintes de mês a mês até março, conforme está demonstrado nas Tabelas 4.14 e 4.15. Analisou-se também todo o tipo de anomalias, como destacamentos, aparecimento de manchas, gizamento, eflorescências e retenção de poeiras.

Ao fim de um mês de exposição, os painéis mantiveram-se praticamente inalterados em termos de medição de ΔE e brilho. O corante BVE na base transparente apresentou a maior diferença ΔE e de brilho face aos outros corantes, contudo é um corante que apresenta um tom amarelo bastante vivo pelo que o seu poder de cobertura foi difícil de atingir com três demãos. Como foi utilizada uma alta concentração, segundo a literatura [10,39], pode ter estimulado a perda de brilho. A solidez à luz e intempéries desta pasta corante é excelente, o que predispõe uma adequação bastante favorável no uso para tintas de emulsão aquosa, mas o seu poder de tingimento é muito baixo [39]. As diferenças ΔE dos restantes corantes apresentam, segundo a Norma DIN 6174, diferenças de cor de muito pequenas a pequenas.

Não houve qualquer deteção de poeiras, manchas, empolamentos ou destacamentos nos painéis à exceção do CNE (painel 5) da base transparente que apresentou uma mancha esbranquiçada de pequenas dimensões no canto inferior do painel. Tal pode ter sido influenciado devido à falta de prática na aplicação e/ou ao mau isolamento do painel nessa zona.

No mês dois de obtenção de resultados, houve poucas alterações face ao mês anterior, o que revelou um bom comportamento das pastas corantes. Mais uma vez, o corante BVE da base transparente, ressaltou em relação aos restantes, uma vez que os seus resultados foram bastante inferiores em relação à medição do mês um.

Ao analisar os resultados do mês três, para além do BVE (painel 9), também o KXE (painel 10) apresentou um valor de diferença de cor denotado como “Distinguível”, segundo a norma DIN 6174. A comparação visual com o provete padrão não era notória, contudo isto pode dever-se ao facto desta pasta ser branca e ser mais difícil de detetar alterações de cor.

No mês quatro o IOE (painel 3) apresentou um valor de ΔE “distinguível”, assim como os painéis que apresentaram os mesmos resultados nos meses anteriores. No mês cinco o painel CBE (painel 7) também demonstrou um valor entre [1,5;3,0].

Os restantes painéis, ao longo dos meses analisados, provaram que as diferenças de cor eram de muito pequenas a pequenas, revelando um bom desempenho.

Apenas o valor de ΔE do BVE no mês um foi bastante elevado e uma vez que os restantes são próximos entre si, pode afirmar-se que a primeira medição possa ter tido alguma influência exterior, pelo que se pode desprezar esse primeiro resultado.

A mancha presente no painel do CNE da base transparente (painel 5), logo na análise do mês um, permaneceram inalteradas durante todos os meses de estudo, não influenciando o resto do painel e, conseqüentemente, as suas leituras.

Em relação à avaliação do brilho, segundo a norma NP EN ISO 2813:2001, as medições a todos os painéis da base transparente ao longo dos meses analisados permaneceram quase inalteradas, mantendo-se em todos os casos na classe G3 – Mate.

Tabela 4.14 - Resultados dos painéis 00050. Os valores tomados foram os correspondentes à posição central da placa A4 e o brilho foi medido a 85°.

	CBE	UBE	CGE	IGE	CNE	BVE	FE	IOE	KXE	BOE	LE
ΔE [mês 1]	0,80	1,19	0,30	0,54	0,90	3,83	0,41	0,75	0,48	0,86	0,57
ΔE [mês 2]	1,04	1,28	0,47	0,69	0,92	1,58	0,54	1,04	0,82	0,96	0,89
ΔE [mês 3]	1,45	1,09	0,31	0,86	0,88	1,50	0,54	1,36	1,74	0,75	0,69
ΔE [mês 4]	1,49	1,04	0,40	0,89	1,02	1,55	0,60	1,54	1,84	0,76	0,50
ΔE [mês 5]	1,62	1,0	0,50	1,04	1,15	1,81	0,80	1,63	2,07	0,76	0,47
Brilho [mês 0]	2,0	3,4	2,0	2,3	2,8	3,4	2,2	2,2	1,9	2,4	2,2
Brilho [mês 1]	2,0	3,2	2,0	2,3	2,4	2,1	2,1	2,1	1,8	2,1	1,9
Brilho [mês 2]	2,1	3,6	2,3	2,7	2,9	1,9	2,0	2,4	1,6	2,5	2,4
Brilho [mês 3]	1,9	3,4	2,5	2,5	3,1	1,9	2,0	2,6	1,9	2,3	2,4
Brilho [mês 4]	1,9	3,4	2,4	2,6	3,0	2,0	2,2	2,7	1,9	2,5	2,4
Brilho [mês 5]	1,9	3,4	2,4	2,6	3,1	2,4	2,5	3,0	2,0	2,9	2,4

No mês um, os resultados de ΔE foram classificados com “muito pequenas” a “pequenas” diferenças de cor, segundo a Norma DIN 6174. Apenas o corante FE na base pastel apresentou diferenças de cor “distinguíveis”.

No fim do mês dois, todos os corantes apresentaram leves diferenças na base pastel face ao primeiro mês, à exceção do BOE (painel 19), que apresentou uma grave alteração, facilmente perceptível. Os painéis 18 e 19 apresentaram manchas esbranquiçadas. Esta constatação aponta para várias e discutíveis possibilidades, como por exemplo defeitos de gizamento, falta de solidez dos pigmentos à luz, infiltração de água na película, preparação incorreta do substrato, etc. O defeito de gizamento implica que tenha ocorrido degradação da resina e conseqüentemente liberação dos pigmentos e perda de brilho mas, como o brilho se manteve praticamente inalterado, reprovase essa hipótese. Como todos os pigmentos apresentam características excelentes de solidez à luz (ver Anexo A), esta hipótese também é recusada. Tendo em conta que os painéis correspondentes na base transparente não apresentam defeitos desta natureza, a justificação mais provável relaciona-se com a infiltração de água por algum defeito aquando da impermeabilização do substrato com o 26P02 e o 4637K. Estas manchas brancas podem então ser consideradas eflorescências, uma vez que houve migração de água contida nos elementos de construção, evaporação e cristalização dos sais.

Analogamente ao FE (painel 18), o UBE (painel 13) e o BOE (painel 19), no mês dois, apresentaram valores de ΔE superiores a 1,5, ou seja, valores classificados como “distinguíveis”, segundo a norma DIN 6174. Em comparação com os provetes padrão, também foram notadas essas pequenas diferenças visuais, principalmente nos painéis correspondentes aos painéis 18 e 19.

Analisando os resultados do mês três, foram o BVE (painel 21), o CBE (painel 20) e o KXE (painel 16) que apresentaram valores de ΔE superiores a 1,5.

Em relação à avaliação do brilho, segundo a norma NP EN ISO 2813:2001, as medições a todos os painéis da base pastel ao longo dos meses analisados permaneceram quase inalteradas, mantendo-se em todos os casos na classe G3 – Mate.

Tabela 4.15 - Resultados dos painéis 00010. Os valores tomados foram os correspondentes à posição central da placa A4 e o brilho foi medido a 85°.

	CBE	UBE	CGE	IGE	CNE	BVE	FE	IOE	KXE	BOE	LE
ΔE [mês 1]	0,74	1,44	0,78	1,04	0,76	0,94	1,95	0,80	0,46	1,35	0,29
ΔE [mês 2]	1,27	2,11	1,00	1,45	0,83	1,33	2,11	1,26	1,08	4,72	0,40
ΔE [mês 3]	1,57	2,42	0,77	1,39	0,98	1,70	1,95	1,34	1,92	5,59	0,34
ΔE [mês 4]	1,71	2,51	0,80	1,41	0,99	1,82	1,94	1,48	1,99	3,65	0,40
ΔE [mês 5]	2,01	2,76	0,81	1,45	1,12	1,94	1,95	1,49	2,38	3,61	0,54
Brilho [mês 0]	1,7	1,9	1,6	1,9	1,9	0,9	1,7	2,1	2,7	2,3	1,7
Brilho [mês 1]	1,7	1,9	1,6	1,9	1,9	1,0	1,8	2,1	2,7	2,4	1,7
Brilho [mês 2]	1,9	2,5	1,9	1,9	2,1	1,3	2,3	2,2	3,0	2,5	1,9
Brilho [mês 3]	1,9	2,7	2,0	2,0	1,9	1,2	2,6	2,3	3,0	2,5	1,9
Brilho [mês 4]	1,9	2,7	2,3	2,4	2,0	1,2	2,8	2,5	3,3	2,5	2,2
Brilho [mês 5]	2,1	2,9	3,0	3,0	2,2	1,5	3,0	3,2	3,8	2,5	2,3

Capítulo 5. Conclusões

Pretendeu-se com este estudo criar uma base de dados destinada à formulação automática de cores para uma tinta de fachadas, aquosa e de formulação genérica, com uma nova gama de pastas corantes de base aquosa. Complementando este trabalho, formularam-se de raiz duas novas tintas base – pastel e transparente – baseadas numa fórmula de tinta exterior de excelência Hempel, já existente no mercado.

A fórmula genérica trata-se de uma tinta aquosa formulada à base de dispersão estireno-acrílica, de PVC (concentração volumétrica de pigmento) elevado, valores de COV (compostos orgânicos voláteis) bastante atrativos, R_T (rendimento teórico) notável e bons valores de RC (razão de contraste), recomendada para a pintura de paredes com elevada qualidade em acabamentos decorativos. O estireno foi acrescentado ao ligante para aumentar a resistência à água, reduzir o brilho e os custos, em relação à tinta 100% acrílica *Hempacryl Liso* da Hempel.

Foram realizados vários estudos e fabricos, etapa por etapa, no sentido de readaptar e reajustar a formulação e serem compreendidos os problemas que iam surgindo até atingir a formulação selecionada para a produção, que levou aos resultados de controlo de qualidade pretendidos. Ou seja, todos os fatores de rejeição ao longo dos fabricos foram ultrapassados com recurso a alterações e reajustes de matérias-primas na fórmula.

Indiscutivelmente o aspeto da superfície decorada é uma das mais importantes características dos revestimentos de fachadas exteriores. Desde a conceção da tinta, à sua aplicação, ao processo de secagem e às condições ambientais e de exposição, podem surgir anomalias pontuais ou processos de degradação irreversíveis, que não só afetam a qualidade estética e visual das fachadas, como põem fim à proteção conferida pelos revestimentos. Por forma a despistar estes problemas, foram realizados ensaios – em tinta líquida e aplicada – de avaliação das características mecânicas, físicas, químicas e colorimétricas, durabilidade dos produtos e ensaios de carácter físico em aplicações realizadas em painéis de fibrocimento por envelhecimento natural. Estes ensaios revelaram resultados bastante positivos e com propriedades fundamentais para uma tinta de fachadas exteriores de qualidade, nomeadamente através dos ensaios de alcalinidade, simulação de chuva e envelhecimento natural.

Numa segunda etapa do trabalho foi feito também o controlo da interação entre as tintas base e as onze pastas corantes da série *Colortrend®807*, por forma a cumprir um dos objetivos iniciais propostos: a recriação do catálogo *Colortrend® Façade Color Collection*. Para tal, os ensaios de controlo de molhagem e compatibilidade foram cumpridos para ambas as bases e para todos os onze corantes da gama *Colortrend®807 Façade System*. Concluiu-se que estes estudos são um trabalho extremamente importante e necessário uma vez que são a primeira etapa do procedimento a efetuar quando se inicia a integração de um novo sistema colorimétrico. Todas as pastas corantes obtiveram resultados positivos nestes ensaios, confirmando a eficácia, flutuação de cor e compatibilidade dos produtos estudados. Como complementação deste estudo, foi necessária a realização da factorização das tintas base através de uma técnica interna da Hempel.

A implementação de novos corantes no sistema de afinação automática de cor exigiu a calibração da máquina doseadora MTT, que foi realizada com sucesso. Após o enchimento dos tubos metálicos com cada uma das pastas corantes, procedeu-se à formulação de cor colorimetricamente, permitindo a possibilidade de calcular as proporções necessárias para obtenção de todas as cores do catálogo, adicionadas à base de dados criada. A adição da quantidade específica de uma pasta corante para produzir uma determinada cor do catálogo foi possível através da factorização das tintas base e das pastas corantes onde se pretendeu avaliar a viabilidade da reintegração cromática. Apenas algumas das cores testadas não apresentaram avaliação visual positiva, contudo pode ser realizada a correção das fórmulas dessas cores, assumindo a linearidade entre a cor e as concentrações das pastas corantes, onde as quantidades a ajustar de cada pasta corante poderão ser calculadas através de um sistema de equações diferenciais, existente no sistema de *software LargoMatch2000®*.

A análise do ensaio de envelhecimento natural para cada pasta corante foi realizada num período de seis meses apenas por motivo de prazos. Pode-se concluir que na pintura de rebocos exteriores, uma adequada

Capítulo 5. Conclusões

secagem da estrutura e uma boa preparação da superfície são fundamentais. A utilização de primários antialcalinos será também imprescindível, pois são capazes de realizar um isolamento eficaz do substrato.

Contudo, o projeto de avaliação do comportamento das pastas corantes em exterior pretendido abrange um período de maior duração, onde os painéis exteriores permanecerão no expositor Hempel durante cerca de dois anos. Ao longo desse período continuarão a ser retirados e analisados os valores de ΔE (diferença de cor) e brilho e avaliadas todas as possíveis alterações que poderão ocorrer nos painéis.

Terminada esta dissertação, e após uma análise das conclusões obtidas, pode verificar-se que se trata se um assunto que pode ter ainda muitos desenvolvimentos futuros. Uma das possíveis propostas seria avaliar o comportamento e reação de cada pasta corante num ensaio de envelhecimento acelerado, através de uma câmara de raios UV (ultra violeta). Esta serve para ensaios acelerados de degradação por exposição à intempérie, simulando ambientes de irradiação UV, permitindo a reprodutibilidade de resultados em testes de estabilidade de cor das tintas. Permite ainda testes de simulação de ciclos de precipitação e irradiação simultaneamente.

Futuramente, poderiam também ser alteradas e avaliadas as características do substrato e do acabamento, nomeadamente o tipo e a orientação da fachada.

Para finalizar, sugere-se um desenvolvimento completo para aplicações com estas pastas corantes em todas as tintas base Hempel destinadas a fachadas exteriores, através da técnica de factorização de bases.

Referências Bibliográficas

- [1] HEMPEL: *Manual de Acolhimento – Doc. Interno*, HEMPEL Portugal, 2009;
- [2] HEMPEL: Página oficial Hempel pt – www.hempel.pt, consultado em Abril.2012;
- [3] SHREVE, R. Norris & BRINK Jr., Joseph A. *Indústrias de processos químicos*. 4ª edição, Editora Guanabara Dois S. A., RJ, Brasil, 1980;
- [4] ABIQUIM: Associação brasileira de indústrias químicas – www.abiquim.org.br, consultado em Jan.2012;
- [5] AMARO, M.F., *Estudo Comparativo de Tintas para Fachadas – Volume I*, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, IST-UTL, Lisboa, Portugal, 2007;
- [6] CUNHA, A.O., *Estudo da Tinta/Textura como Revestimento Externo em Substrato de Argamassa*, Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2011;
- [7] HEMPEL: *Protective Coatings Manual – Training*, HEMPEL, Junho 2001;
- [8] DEGRADAÇÃO E PROTECÇÃO DE SUPERFÍCIES – MÓDULO TINTAS E VERNIZES, Apontamentos realizados pela Professora Doutora Maria Teresa Cidade, DCM, FCT-UNL, 2011;
- [9] NOGUEIRA, J.L., *Noções básicas de tintas e vernizes – Volume I*, Associação Rede de Competências em Polímeros, Porto, Portugal, 269 p, 2009;
- [10] FAZENDA, J. R. M., ASSIS W.A., ALMEIDA, G., *Tintas & Vernizes – Ciência e Tecnologia*, Editora Abrafati, São Paulo, Brasil, 2009;
- [11] TURNER, G.P.A., *Introduction to Paint Chemistry and the Principles of Paint Technology*, 2ª edição, Editora Chapman and Hall, NY – USA, 1980;
- [12] FONSECA, A.F., *Tintas e Correlatos*, Seminário de Química Industrial, apresentado na Universidade Federal de Santa Maria, SM, Brasil, 2010;
- [13] MATOS, M.C.S., *Estudo da Incorporação de Estearatos em Tintas de Forma a Aumentar a sua Impermeabilidade à Água*, Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química, IPB, Bragança, Portugal, 2008;
- [14] CARVALHO, S., NOGUEIRA, L., *As Características das tintas e as características dos polímeros com que são formuladas* – Boletim nº 95 da SPQ: Química e a Indústria 24-30 p, Porto, Portugal, 2005;
- [15] HEMPEL: *HEMPEL Opening Training* – Módulo 1, Edição 2006;
- [16] EUSÉBIO, M.I. *TINTAS – Características dos constituintes e da película seca*, LNEC, Lisboa, Portugal, 1985;
- [17] HEMPEL: *Informações Técnicas de Produtos (I.T.s)*, HEMPEL: *Tintas e Vernizes*, Edição 2008;
- [18] AUSTRALIAN PAINT MANUFACTURERS FEDERATION: consultado através do sítio da internet: <http://www.apmf.asn.au/documents/waterbasedpaint.html>, Dezembro.2012;
- [19] RODRIGUES, M.P., EUSÉBIO, M.I; *Recuperação e Conservação de Edifícios: Revestimentos por pintura para a construção civil. Normalização aplicável*; Comunicação oral nas III Jornadas PINTUMED 2005 (APTETI) Mudanças no Mercado das Tintas. Reparação e Renovação de Edifícios, Lisboa. Portugal, 2005.
- [20] SHWARTZ, M., BAUMSTARK, R., *Waterbased Acrylates for Decorative Coatings*, European Coatings Literature, Hannover, Alemanha, 2001;

- [21] FREITAS, V.P., SOUSA, M., *Building pathology - a catalogue*, CIB/W87 - 2nd International Symposium in Lisbon, LNEC, Lisboa, Portugal, 401-408 p, 2003;
- [22] SILVA, A., *Previsão da vida útil de revestimentos de pedra natural de paredes*, Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Engenharia Civil, IST-UTL, Lisboa, Portugal, 140 p, 2009;
- [23] FERREIRA, R., *Estudo da Compatibilidade de Pastas Corantes com Bases de Tintas*, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, FEUP, Porto, Portugal, 2008;
- [24] MATEUS, A., *Sistema de manutenção de edifícios. Patologia de revestimentos exteriores de paredes. Revestimentos de pedra, pintura e ladrilhos cerâmicos*, Trabalho Final de Curso em Engenharia Civil, IST-UTL, Lisboa, Portugal, 100 p, 2004;
- [25] RODRIGUES, M.P., EUSÉBIO, M.I., RIBEIRO, A., *Revestimentos por pintura. Defeitos, causas e reparação*, ITPRC 5, LNEC, Lisboa, Portugal, 48 p., 2005;
- [26] IMAGEM WIKIPÉDIA: <http://www.wikipedia.pt/Tintas>, consultado em Jan/2012;
- [27] GASPAR, P., *Vida útil das construções: desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos de edifícios correntes*, Tese de Doutoramento em Ciências da Engenharia, IST-UTL, Lisboa, Portugal, 330 p, 2009;
- [28] GONÇALVES, T., *Pesquisa de mercado sobre revestimentos para paredes sujeitas à acção de sais solúveis*, Cadernos de Edifícios n.º 2, LNEC, Lisboa, Portugal, pp. 175-190, 2002;
- [29] COELHO, L. R. – DMA, *Guia Técnico Ambiental Tintas & Vernizes*, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, Brasil – FIESP, 2006;
- [30] EVONIK INDUSTRIES – *Combining colorants and paint*, Edição 2010, consultado em Fev/2012;
- [31] CASTRO, C.D., CONCEIÇÃO, P. N., PETTER, C. O., *Caracterização de diferentes propriedades de cargas minerais para uso na indústria de tintas*, 17º CBECIMat, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2006;
- [32] OLIVEIRA, L.F.L., *Influência do PVC na Delaminação de Tintas*, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, RJ, Brasil, 2007;
- [33] SILVA, A., MARTINS, J.G., *Materiais de Construção – Tintas, Vernizes e Ceras: série: Materiais*, 2ª edição, 2005;
- [34] GRACENEA, R., KUDAMA, J.J., A.H., SUAY J.J., *The Influence of pigment volume concentration (PVC) on the properties of an epoxy coating – Part I Thermal and Mechanical Properties*, Progress in Organic Coating v. 50 pp 62-67, 2004;
- [35] CASTRO, A.G.; COVAS, J.A., DIOGO, A.C. - *Ciência Viva: Reologia e suas Aplicações Industriais*. Instituto Piaget, Lisboa, Portugal, 2001;
- [36] HEMPEL: ALLEN, D.E., *Um Mundo de Cor*, Tintas Hempel, 2000;
- [37] FIÚZA, M., *Estudo da eficiência de revestimentos fotocatalíticos na decomposição dos NOx e suas propriedades auto-limpantes*, Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Química, IST-UTL, Lisboa, Portugal, 82 p, 2009;
- [38] BONDIOLI, I., MANFREDINI, T., OLIVEIRA, A. P. N., *Pigmentos Inorgânicos: projeto, produção e aplicação industrial. Cerâmica Industrial*, 1998;
- [39] HEMPEL: *Required qualities of pigments*, 2009;
- [40] UNICAMP: <http://www.iqm.unicamp.br/~wloh/offline/qg661/2trab6.html>, consultado em Jan/2012;
- [41] HEMPEL: *HEMPEL – UMA PRESENÇA GLOBAL – Colours for you*, consultado em Fev/2012;

- [42] MINOLTA, K., *Precise Color Communication – Color control from perception to instrumentation, the essentials of imaging*, 7-18 p, 1998;
- [43] MELCHIADES, F. G. e BOSCHI, A. O., *Cores e Tonalidades em Revestimentos Cerâmicos*, Cerâmica Industrial, v. 4, n. 1-6, 1-6 p, 1999;
- [44] <http://www.color-theory-phenomena.nl/10.01.htm>, consultado em Dezembro 2012
- [45] SILVA, R.A., *Avaliação da perda da coloração artificial de ágatas*, Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2006;
- [46] HEMPEL: *Hempel's multi-tint system – reference manual – cap. 5*, 2005;
- [47] HEMPEL: *Fichas informativas Hempel*
- [48] DONADIO, P. A., *Manual Básico sobre Tintas*, Águia Química, 2011

Normas Consultadas:

- **NP 41-1982** – Tintas e vernizes. Terminologias e definições.
- **NP EN 971-1:1997** – Tintas e vernizes. Terminologias e definições para produtos de pintura: Parte 1: termos gerais;
- **ISO 3233:2000 / ASTM D 2697** - Tintas e vernizes. Determinação do teor de sólidos em volume por medição da massa volúmica de uma película seca;
- **Diretiva 2004/42/CE** - limitação das emissões de compostos orgânicos voláteis resultantes da utilização de solventes orgânicos em determinadas tintas e vernizes e em produtos de retoque de veículos e que altera a Diretiva 1999/13/CE;
- **Norma DIN 6174** - Evolução colorimétrica das coordenadas de cor e da diferença de cor de acordo com o espaço colorimétrico CIELAB;
- **ISO 1524-2000** – Tintas e vernizes – Determinação da finura/ grau de moagem;
- **NP 234:1995** – Tintas e vernizes: Medição da viscosidade com o viscosímetro de *Stormer*;
- **NP ISO 2811-1:2002 / ASTM D 1475-98** – Tintas e vernizes. Determinação da densidade – Parte 1: método do picnómetro;
- **ASTM D 5895-03** - Teste padrão para avaliar a secagem ou cura durante a formação do filme de revestimentos orgânicos utilizando medidor de tempo de secagem;
- **NP EN ISO 6504-3:2011** - Tintas e vernizes Determinação do poder de cobertura Parte 3: Determinação da razão de contraste de tintas de cores claras a um dado rendimento;
- **ISO 11475:1999** - Determinação da brancura CIE, D65/10° (luz do dia ao ar livre);
- **NP EN ISO 2813:2001** - Tintas e vernizes - Determinação do brilho especular de revestimentos por pintura não metálicos a 20°, 60° e 85°;
- **NP EN ISO 4628-1:2005** - Tintas e vernizes - Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspeto. Parte 1: Introdução geral e sistema de designação;
- **NP EN ISO 4628-2:2005** - Tintas e vernizes - Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspeto. Parte 2: Avaliação do grau de empolamento;
- **NP EN ISO 4628-4:2005** - Tintas e vernizes - Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspeto. Parte 4: Avaliação do grau de fissuração;
- **NP EN ISO 4628-5:2005** - Tintas e vernizes - Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspeto. Parte 5: Avaliação do grau de descamação;
- **NP EN ISO 4628-7:2005** - Tintas e vernizes - Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspeto. Parte 7: Avaliação do grau de pulverulência pelo método do tecido aveludado;
- **Documentação Normativa de Especificação LNEC** para o ensaio de alcalinidade.

Anexos

Anexo A – Descrição das pastas corantes Colortrend®807

Código da Pasta Corante	Nome	Código da Pasta Corante
KXE	Dióxido de Titânio Branco	KXE
UBE	Azul Ultramar	UBE
CBE	Azul de Cobalto	CBE
IGE	Verde de Cobalto	IGE
CGE	Óxido de Cromo Verde	CGE
CNE	Óxido de Ferro Amarelo	CNE
BVE	Amarelo de Bismuto Vanadato	BVE
FE	Óxido de Ferro Vermelho	FE
IOE	Laranja Inorgânico	IOE
BOE	Óxido Negro	BOE
LE	Natural Raw Umber	LE

Resistência à Luz e ao Clima	Estabilidade ao Calor	Resistência a Solventes	Estabilidade Química	Opacidade	Índice de Refração	Nome	Código da Pasta Corante
Excelente	Excelente (>1000 °C)	Excelente	Excelente	Excelente	Alto	Dióxido de Titânio Branco	KXE
Excelente	Excelente (>350 °C)	Excelente	Excelente	Bom	Alto	Azul Ultramar	UBE
Excelente	Excelente (500 °C)	Excelente	Excelente	-	Alto	Azul de Cobalto	CBE
Excelente	Excelente (500 °C)	Excelente	Excelente	-	Alto	Verde de Cobalto	IGE
Excelente	Excelente (1000 °C)	Excelente	Excelente	Bom	Alto	Óxido de Cromo Verde	CGE
Excelente	Perde água ao atingir os 180 °C	Excelente	Excelente	Bom	Alto	Óxido de Ferro Amarelo	CNE
Alta	Excelente	Excelente	Excelente	Bom	Alto	Amarelo de Bismuto Vanadato	BVE
Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	-	Alto	Óxido de Ferro Vermelho	FE
Excelente	Excelente	Excelente	-	-	Alto	Laranja Inorgânico	IOE
Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Alto	Alto	Óxido Negro	BOE
Excelente	Excelente	Excelente	-	Semi-opaco	Alto	Natural Raw Umber	LE

Anexo B – Fórmula aprovada da base 10

	Matérias-Primas/Função	OP1 %	OP2 %	OP3 %	ACABAM %	Total %
1	H ₂ O	18		5,8	0,9	24,7
2	Agente dispersante	0,2				0,2
3	Espessante	0,5				0,5
4	Agente neutralizante de pH e Molhante	0,2				0,2
5	Agente molhante	0,8				0,8
6	Dispersante para pigmento	0,9				0,9
7	Microbicida	0,4				0,4
8	Anti bolhas para aquosos	0,12		0,08		0,2
9	Pigmento TiO ₂		14			14
10	Carbonato de cálcio precipitado (calcite)		18,1			18,1
11	Sulfato de bário precipitado		9,5			9,5
12	Carbonato de Cálcio		9,5			9,5
13	Agente coalescente			1		1
14	Agente para retenção de água			1		1
15	Resina estireno-acrílica			14,7	0,9	15,6
16	Emulsão que plastifica a resina			3,4		3,4
						100

Instruções de Fabrico:

Operação 1. Misturar 1-3, deixar a agitar 5min. Juntar 4-8 e deixar a agitar +5min.

Operação 2. Misturar 9-12 e dispersar a alta velocidade 30min até finura. T_{máx}=50°C.

Operação 3. Juntar 13 e 14 e deixar a agitar 5min. Juntar 15 e 16. Juntar 1 e 8 e deixar a agitar +5min.

Acabamento - Ajustar com 1 e/ou 15.

Anexo C – Fórmula aprovada da base 50

	Matérias-primas/Função	OP1 %	OP2 %	OP3 %	ACABAM %	Total %
1	H ₂ O	18,5		6,3	0,9	25,7
2	Agente dispersante	0,2				0,2
3	Espessante	0,6				0,6
4	Agente neutralizante de pH e Molhante	0,2				0,2
5	Agente molhante	0,8				0,8
6	Dispersante para pigmento	0,9				0,9
7	Microbicida	0,4				0,4
8	Anti bolhas para aquosos	0,12		0,08		0,2
9	Pigmento TiO ₂		0			0
10	Carbonato de cálcio precipitado (calcite)		27			27
11	Sulfato de bário precipitado		1			1
12	Carbonato de Cálcio		1			1
13	Agente coalescente			1		1
14	Agente para retenção de água			1		1
15	Resina acrílica			32	0,9	32,9
16	Emulsão que plastifica W830			7,1		7,1
						100

Instruções de Fabrico:

Operação 1. Misturar 1-3, deixar a agitar 5min. Juntar 4-8 e deixar a agitar +5min.

Operação 2. Misturar 10-12 e dispersar a alta velocidade 30min até finura. T_{máx}=50°C.

Operação 3. Juntar 13 e 14 e deixar a agitar 5min. Juntar 15 e 16. Juntar 1 e 8 e deixar a agitar +5min.

Acabamento - Ajustar com 1 e/ou 15.

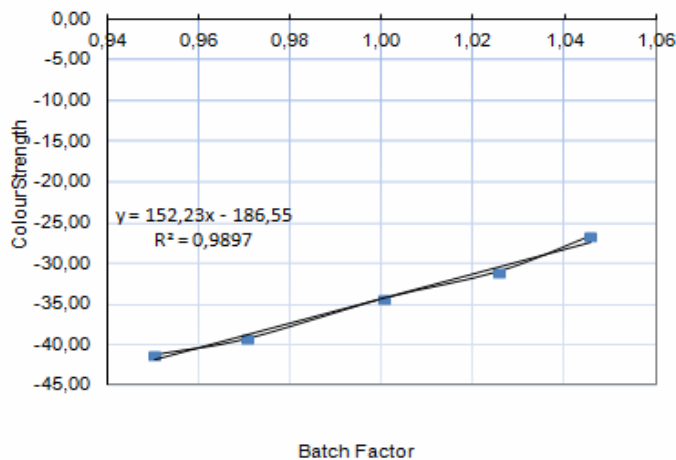
Anexo D – Folha de cálculo de factorização da base 10 da tinta de formulação genérica, destinada à reprodução de cores a partir do catálogo *Colortrend® Façade Color Collection*



Laboratory Instruction **RD-133**

MULTI-TINT System - Standardisation of Tint Bases

Hempel Company:	HEMPEL PT	Author:	Sara Gil	Date:	21-05-2012		
Tested Base Paint	Quality	Shade	Batch No.	S.G.	Factor	C.Strength	
Code:	Tinta Gen.	00010		1,562	1,2269	-34,50	
Control of Base S.G. (Dilution method)	Volume ml	Weight g	S.G. g/cm3				
Pignometer	100,0	-	-				
Batch	-	151,08	?				
H2O	-	50,43	0,998				
Pignometer content	-	136,84	1,368				
Standard mixture for control	Mix Ratio ml	S.G. g/cm3	Factor	Batch No.	Needed amounts ml	Can size ml	
Tinta Gen.-00010	500,00	1,562	-	0	995	200	
CBE	2,60	1,973	1,0000		5		
Samples		Volume ml	Factor	Volume ml	Weight g	Lab g	Colour Strength
Tinta Gen.-00010	Batch	500,00	1,0500	208,91	326,302	326,300	-26,72
CBE	Std. paste	2,60	1,0000	1,03	2,041	2,050	1,0455
Tinta Gen.-00010	Batch	500,00	1,0250	203,94	318,533	318,530	-31,04
CBE	Std. paste	2,60	1,0000	1,03	2,041	2,040	1,0256
Tinta Gen.-00010	Batch	500,00	1,0000	198,97	310,763	310,760	-34,33
CBE	Std. paste	2,60	1,0000	1,03	2,041	2,040	1,0006
Tinta Gen.-00010	Batch	500,00	0,9750	193,99	302,994	302,990	-39,26
CBE	Std. paste	2,60	1,0000	1,03	2,041	2,050	0,9709
Tinta Gen.-00010	Batch	500,00	0,9500	189,02	295,225	295,230	-41,25
CBE	Std. paste	2,60	1,0000	1,03	2,041	2,040	0,9506



$$CS = m \cdot \text{Factor} + b$$

$$m = 152,050$$

$$b = -186,550$$

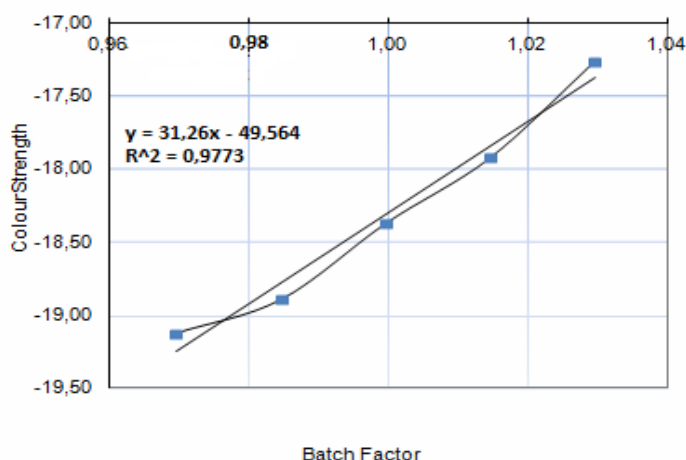
Anexo E – Folha de cálculo de factorização da base 50 da tinta de formulação genérica, destinada à reprodução de cores a partir do catálogo *Colortrend® Façade Color Collection*



Laboratory Instruction **RD-132**

MULTI-TINT System - Standardisation of Tinting Pastes

Hempel Company:	HEMPEL PT	Author:	Sara Gil	Date:	05-06-2012		
Tested Tinting paste	Quality	Shade	Batch No.	S.G.	Factor	C.Strength	
Code:	Tinta Gen.	00050		1,247	1,5855	-18,30	
Control of S.G.							
	Volume ml	Weight g	S.G. g/cm3				
Pignometer	100,0	-	-				
Batch	-	150,10	?				
H2O	-	53,79	0,998				
Pignometer content	-	117,01	1,170				
Materials							
	Mix Ratio ml	S.G. g/cm3	Factor	Batch No.	Needed quantities ml	Can size ml	
Tinta Gen.-00050	470,00	1,247	-	0	938	200	
CBE	15,62	1,973	1,0000		31		
KXE	15,62	2,077	-		31		
Samples							
		Volume ml	Factor	Volume ml	Weight g	Lab g	Colour Strength
Tinta Gen.-00050	Batch	470,00	1,0300	193,16	240,905	240,910	-17,26
CBE	Std. paste	15,62	1,0000	6,23	12,297	12,300	1,0298
KXE	Clear	15,62	-	6,23	12,945	12,950	
Tinta Gen.-00050	Batch	470,00	1,0150	190,35	237,397	237,400	-17,92
CBE	Std. paste	15,62	1,0000	6,23	12,297	12,300	1,0148
KXE	Clear	15,62	-	6,23	12,945	12,950	
Tinta Gen.-00050	Batch	470,00	1,0000	187,53	233,888	233,890	-18,37
CBE	Std. paste	15,62	1,0000	6,23	12,297	12,300	0,9997
KXE	Clear	15,62	-	6,23	12,945	12,950	
Tinta Gen.-00050	Batch	470,00	0,9850	184,72	230,380	230,380	-18,89
CBE	Std. paste	15,62	1,0000	6,23	12,297	12,300	0,9847
KXE	Clear	15,62	-	6,23	12,945	12,950	
Tinta Gen.-00050	Batch	470,00	0,9700	181,91	226,872	226,870	-19,12
CBE	Std. paste	15,62	1,0000	6,23	12,297	12,300	0,9697
KXE	Clear	15,62	-	6,23	12,945	12,950	



$$CS = m \cdot \text{Factor} + b$$

$$m = 31,260$$

$$b = -49,564$$



Informação Técnica

HEMPACRYL SOLFIX 26P02

Descrição: HEMPACRYL SOLFIX 26P02 é baseado em resina acrílica e possui excelentes propriedades de impregnação, selagem e fixação de substratos porosos. Classificação como grupo h) segundo a Directiva 2004/42/CE.

Uso recomendado:

1. Preparação de substratos porosos, em interior ou exterior, para posterior pintura com tintas de secagem física de base solvente e de base aquosa, nomeadamente do tipo "membrana elástica".
2. Acabamento de betão à vista, em interior e exterior.

CONSTANTES FÍSICAS

Cores / Nº de Cor:	Incolor / 00000
Acabamento:	Brilhante
Volume de sólidos, %:	17 ± 2
Rendimento teórico:	Ver OBSERVAÇÕES
Ponto de inflamação:	25°C
Massa volúmica:	0,9 kg/litro
Secagem ao tacto:	30 minutos a 20°C
COV:	730 g/litro

Nota: Os valores das constantes físicas são dados nominais de acordo com as fórmulas aprovadas pelo grupo HEMPEL. Podem variar de acordo com as tolerâncias normais de fábrica, casos em que tal será assinalado, estando os desvios pedrão sempre dentro do estipulado pela norma ISO 3534-1. Para maior detalhe consulte nas NOTAS EXPLICATIVAS do Livro Técnico HEMPEL.

PORMENORES DE APLICAÇÃO

Método de aplicação:	Trincha / Rolo
Diluinte (vol. max.):	Não diluir
Limpeza de ferramentas:	THINNER 08080
Intervalo de recobrimento, mín:	30 minutos (20°C)
Intervalo de recobrimento, max:	Não tem

Segurança: Manusear com cuidado. Antes e durante a utilização, ler e observar as recomendações dos rótulos das embalagens, consultar as fichas de segurança e seguir a regulamentação local ou nacional relativa a segurança. Não ingerir, e evitar a inalação de vapores de solventes e de outros componentes da tinta, bem como o contacto com a pele e os olhos. Devem sempre ser tomadas precauções contra o risco de incêndio ou explosão, bem como com a protecção do ambiente. Aplicar, unicamente em locais bem ventilados.

HEMPEL



HEMPACRYL SOLFIX 26P02

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE:	Betão e rebocos (curados e secos – mín. 28 dias) Em caso de contaminação com óleos, gorduras, sais e outros contaminantes lavar com detergente adequado seguido de jacto de água doce a alta pressão. Deixar secar completamente. Remover partículas soltas e eliminar poeiras.
	Superfícies já pintadas Remover todas as películas que não ofereçam garantia de boa aderência. Descontaminar e lavar toda a superfície com jacto de água doce a alta pressão. Deixar secar completamente.
	Superfícies esfoladas Neste caso particular de molde a remover todas as camadas de calafão e partículas soltas, devem ser empregues meios e métodos considerados eficazes. Aconselha-se a utilização combinada de espátulas, escovas rijas e de lavagem a jacto de água doce a alta pressão. De seguida remover acabamentos gizantes por lavagem com jacto de água doce a alta pressão e deixar secar completamente.
	Outras situações Consultar a Especificação de Pintura ou a Assistência Técnica da HEMPEL.
CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO:	As recomendadas para uma boa prática de pintura. Em espaços confinados, providenciar ventilação adequada.
DEMÃO SEGUINTE:	Produtos das gamas HEMPACRYL, HEMPATONE ou HEMPAMUR, de acordo com a Especificação.
OBSERVAÇÕES:	
Rendimento:	HEMPACRYL SOLFIX 26P02 destina-se apenas a saturar substratos absorventes e/ou aumentar a sua coesão superficial. O rendimento da aplicação depende, entre outros factores, da rugosidade e porosidade da superfície. Para efeitos práticos indica-se um rendimento de 8 m ² /litro.
Aspecto da superfície:	A aplicação do produto em quantidades excessivas traduz-se na formação de películas brilhantes. Quando usado como selante, é necessário "despolir" as zonas brilhantes por lixagem, de modo a permitir a aderência do produto de acabamento. Pode também ser usado como acabamento de betão à vista. Neste caso proporciona um aspecto decorativo à superfície, reforçando a sua protecção aos agentes atmosféricos.
Barramentos:	Quando aplicados em exterior, as argamassas e / ou barramentos utilizados, devem ser hidrófugos, não retrácteis e compatíveis com o substrato e o sistema de pintura.
Nota:	HEMPACRYL SOLFIX 26P02 destina-se unicamente a uso profissional. HEMPEL (Portugal) Lda.

Esta informação técnica anula as previamente emitidas. Para definição e âmbito, consultar as notas explicativas das informações técnicas de produtos.

Os dados, especificações, directivas e recomendações apresentadas representam apenas o resultado de testes ou experiência obtida em condições bem definidas e controladas. O seu rigor, complementaridade e adequabilidade a quaisquer outras condições de utilização dos produtos são da exclusiva responsabilidade do Comprador e/ou Utilizador. A forma de entrega dos produtos e a assistência técnica estão definidas nas CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA, ENTREGA e ASSISTÊNCIA da Hempel, salvo se diferentemente acordadas pelo Vendedor, por escrito. O Produtor e Vendedor não terá que assumir, e não assumirá, e o Comprador e/ou Utilizador renuncia a qualquer reclamação ou responsabilidade, incluindo mas não limitado a negligência, excepto conforme expresso nas CONDIÇÕES GERAIS por resultados, prejuízos directos ou indirectos, decorrentes do uso dos produtos conforme recomendados acima, no verso ou de qualquer outro modo. Estes dados podem ser alterados em qualquer momento, sem aviso prévio, e perdem efeito cinco anos após a data de emissão.



Informação Técnica

HEMPATEX AE 4637K

Descrição:	HEMPATEX AE 4637K é uma tinta de secagem física de alta espessura com uma ótima retenção de cor. Baseada em resina acrílica.
Uso recomendado:	1. Pintura de betão à vista e estrutural, em interior e exterior. 2. Como intermediário ou acabamento em sistemas HEMPATEX em aço e outros metais em exposição a ambiente de moderada a severamente corrosivo.
Temperaturas de serviço:	Máxima, seca: 80°C (Ver OBSERVAÇÕES).
Aprovações, certificados:	Testado em relação à Resistência aos Alcalis de acordo com a Especificação LNEC E319-1978. Testado em relação à Impermeabilidade à água, Permeabilidade ao vapor de água, Resistência ao envelhecimento acelerado e Resistência à tracção ¹ , de acordo com a EN 1504-2 (Products and systems for the projection and repair of concrete structures. Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity), pelo LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil, em Maio de 2003. ¹ Relatório disponível. Classificação como grupo I) segundo a Directiva 2004/42/CE. (ver Observações no verso)
CONSTANTES FÍSICAS	
Cores / Nº de Cor:	Branco / 10000 ²
Acabamento:	Semifosco
Volume de sólidos, %:	46 ± 1
Rendimento teórico:	9,2 m ² /litro - 50 µm
Ponto de infamação:	25°C
Massa volúmica:	1,3 kg/litro
Secagem superficial:	aprox. 30 minutos a 20°C (ISO 1517)
Secagem ao tacto:	aprox. 4 horas a 20°C
C.O.V.:	471 g/litro

² Cores alternativas mediante encomenda, ou por afinação automática, em Sistema Multi-Tint

Nota: Os valores das constantes físicas são dados nominais de acordo com as fórmulas aprovadas pelo grupo HEMPEL. Poderão variar de acordo com as tolerâncias normais de fábrica, casos em que tal será assinalado, estando os desvios padrão sempre dentro do estipulado pela norma ISO 3534-1. Para maior detalhe consulte nas NOTAS EXPLICATIVAS do Livro Técnico HEMPEL.

PORMENORES DE APLICAÇÃO

Método de aplicação:	Trincha/Rolo	Pistola airless
Dilúente (vol. max.):	08080 (5%)	08080 (5%)
Bico:	.017"-.021"	
Pressão de saída:	150 bar/2200 psi (Os dados para pistola airless são indicativos e sujeitos a ajustamento)	
Limpeza de ferramentas:	HEMPEL DILUENTE 08080	
Espessura do filme, seca:	50 µm (Ver OBSERVAÇÕES)	
Espessura do filme, húmida:	110 µm	
Intervalo de recobrimento, mín:	4 horas (20°C) (Ver OBSERVAÇÕES)	
Intervalo de recobrimento, max:	Não tem (Ver OBSERVAÇÕES)	

Segurança: Manusear com cuidado. Antes e durante a utilização, ler e observar as recomendações dos rótulos das embalagens, consultar as fichas de segurança e seguir a regulamentação local ou nacional relativa a segurança. Não ingerir, e evitar a inalação de vapores de solventes e de outros componentes da tinta, bem como o contacto com a pele e os olhos. Devem sempre ser tomadas precauções contra o risco de incêndio ou explosão, bem como com a protecção do ambiente. Aplicar, unicamente em locais bem ventilados.

HEMPEL
Informação Técnica



HEMPATEX AE 4637K

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE: Betão: Remover agente de descofragem e outros possíveis contaminantes por lavagem com emulsionantes, seguida de limpeza com água doce a alta pressão. Remover a camada de leitada e todo o material solto até se obter uma superfície dura, rugosa e uniforme preferencialmente por decapagem com abrasivo ou outro tratamento mecânico. Remover resíduos por lavagem a jacto de água a alta pressão e deixar secar completamente.

CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO: As recomendadas por uma prática correcta de pintura. Durante a aplicação e secagem em espaços confinados, providenciar ventilação adequada.

DEMÃO ANTERIOR: HEMPACRYL SOLFIX 26P02, HEMPATEX AE 4637K ou de acordo com Especificação.

OBSERVAÇÕES:

COV - Directiva UE 2004/42/CE	Como fornecido	Diluição 5% vol.	Limite fase II, 2010
COV:	471	495	500

Para os COV de outras cores consultar a Ficha de Segurança do Produto.

Temperatura de serviço: Sendo um produto termoplástico, o contacto directo prolongado com temperaturas superiores a 40°C pode provocar um amolecimento do filme. A resistência mecânica é recuperada com o abaixamento da temperatura.

Espessuras de filme: Pode ser especificado noutra espessura para além da indicada, dependendo do fim a que se destina e da zona de utilização. Deste modo, o rendimento será alterado e poderá ser influenciado o tempo de secagem e o intervalo de recobrimento. A gama normal é 50-75 µm. Em caso de aplicação em multicamadas, o tempo de secagem e o intervalo mínimo de recobrimento será influenciado pelo número de demãos e pela sua espessura respectiva - ver referência na respectiva especificação de pintura.

Intervalos de recobrimento: Não tem intervalo máximo de recobrimento mas antes de proceder a recobrimento após exposição em ambiente contaminado, limpar completamente a superfície por limpeza com água doce a alta pressão e permitir secagem.

Nota: HEMPATEX AE 4637K destina-se unicamente a uso profissional.

HEMPEL (Portugal) Lda.

(4637K-10000-PT003)

Esta informação técnica anula as previamente emitidas. Para definição e âmbito, consultar as notas explicativas das informações técnicas de produtos.

Os dados, especificações, directivas e recomendações apresentadas representam apenas o resultado de testes ou experiência obtida em condições bem definidas e controladas. O seu rigor, complementaridade e adequabilidade a quaisquer outras condições de utilização dos produtos são da exclusiva responsabilidade do Comprador e/ou Utilizador. A forma de entrega dos produtos e a assistência técnica estão definidas nas CONDIÇÕES GERAIS DE VENDA, ENTREGA e ASSISTÊNCIA da Hempel, salvo se diferentemente acordadas pelo Vendedor, por escrito. O Produtor e Vendedor não terá que assumir, e não assumirá, e o Comprador e/ou Utilizador renuncia a qualquer reclamação ou responsabilidade, incluindo mas não limitado a negligência, excepto conforme expresso nas CONDIÇÕES GERAIS por resultados, prejuízos directos ou indirectos, decorrentes do uso dos produtos conforme recomendados acima, no verso ou de qualquer outro modo. Estes dados podem ser alterados em qualquer momento, sem aviso prévio, e perdem efeito cinco anos após a data de emissão.

Anexo H – Ajustes à base pastel até aprovação

Valores apresentados em percentagem.

Matérias-Primas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H ₂ O	34,9	34,9	34,9	34,7	32,7	31,7	31,7	31,7	31,7	30,3
Agente dispersante	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Espessante	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Neutralizante de pH e Molhante	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Agente molhante 1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2;0,4;0,8	-
Agente molhante 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,4;0,8;1,2;1,5
Dispersante para pigmento	0,6	0,6	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Microbicida	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Anti bolhas para aquosos	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Dióxido de Titânio	10	10	10	10	14	14	14	14	14	14
Carbonato de cálcio precipitado	20	20	20	20	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1
Sulfato de bário precipitado	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Carbonato de cálcio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agente coalescente	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1
Agente de retenção de água	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Resina acrílica	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
Emulsão plastificadora	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Matérias-Primas	Fabricos	11	12	13	14	15
H ₂ O		29,5	24,5	24,5	24,6	24,7
Agente dispersante		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Espessante		0,6	0,6	0,6	0,5	0,5
Neutralizante de pH e Molhante		0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Agente molhante 1		-	-	-	-	-
Agente molhante 2		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Dispersante para pigmento		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Microbicida		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Anti bolhas para aquosos		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Dióxido de Titânio		14	14	14	14	14
Carbonato de cálcio precipitado		19,1	19,1	19,1	19,1	18,1
Sulfato de bário precipitado		15	20	15	15	9,5
Carbonato de cálcio		-	-	5	5	9,5
Agente coalescente		1	1	1	1	1
Agente de retenção de água		1	1	1	1	1
Resina acrílica		14	14	14	14	15,6
Emulsão plastificadora		3	3	3	3	3,4

Anexo I – Ajustes à base transparente até aprovação

Valores apresentados em percentagem.

Matérias-Primas	Experiências e Fabricos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
H2O		24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	25,7
Agente dispersante		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Espessante		0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	0,6
Neutralizante de pH e Molhante		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Agente molhante		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Dispersante para pigmento		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Microbicida		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Anti bolhas para aquosos		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Carbonato de cálcio precipitado		24,9	23,6	23,2	22,6	20	21	25	27	28	27
Sulfato de bário precipitado		13,1	12,4	12,2	12	10,5	10	6	4	2	1
Carbonato de cálcio		13,1	12,4	12,2	12	10,5	10	6	4	2	1
Agente coalescente		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Agente de retenção de água		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Resina acrílica		15,6	17,8	18,5	19,2	24	24	27	28,7	31,2	32,9
Emulsão plastificadora		3,4	3,9	4	4,3	5	5	5,9	6,2	6,8	7,1