

Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Sofia Félix da Silva

Produção Modular

Tese de Mestrado em Engenharia Biológica
Tecnologia Química e Alimentar

Trabalho realizado sob orientação do Professor **Doutor**
José António Couto Teixeira
e da
Doutora Iracema Belinha

Outubro de 2016

Declaração de Reprodução

Nome: Ana Sofia Félix da Silva

Título da tese: Produção Modular

Orientadores: Professor Doutor José António Teixeira (Universidade do Minho)

Doutora Iracema Belinha (CIN, Corporação Industrial do Norte)

Ano de conclusão: 2016

Designação do Mestrado: Mestrado em Engenharia Biológica

DE ACORDO COM A LEGISLAÇÃO EM VIGOR, NÃO É PERMITIDA A REPRODUÇÃO DE
QUALQUER PARTE DESTA TESE/TRABALHO

Universidade do Minho, 26/10/2016

Assinatura: _____

“Pessoas com metas triunfam porque sabem exatamente para onde vão.”

Earl Nightingale

AGRADECIMENTOS

Os meus agradecimentos vão em primeiro lugar para o centro de I&D do Grupo CIN, na pessoa do Eng.º João Machado, por me ter concedido a possibilidade de realizar o estágio numa empresa prestigiada como a CIN – Corporação Industrial do Norte, S.A.

À Dr.ª Iracema Belinha, minha orientadora da CIN, pelo acolhimento prestado, pela disponibilidade demonstrada ao longo da realização do projeto, por todos os ensinamentos que me transmitiu, pelo empenho e dedicação para que fosse possível alcançar os melhores resultados possíveis, pelas palavras amigas nos momentos mais difíceis e principalmente, pela confiança em mim depositada.

À Eng.ª Filomena Braga, pelo interesse e empenho demonstrado no meu projeto e pelo seu entusiasmo contagiante para que concluísse o trabalho com sucesso.

Ao Professor Doutor José António Teixeira, meu orientador da Universidade do Minho, por toda a orientação, interesse e apoio demonstrado.

Ao Eng.º Hugo Machado pela partilha de conhecimentos, empenho e interesse durante a realização do projeto.

À Eng.ª Joana Monteiro, Sr. Augusto Costa e Sr. Rui pelo acompanhamento, interesse no trabalho, partilha de conhecimentos, paciência e palavras sábias e amigas.

À Eng.ª Fernanda Oliveira por todo o acompanhamento, orientação e colaboração prestada.

À Ana Oliveira por todo o apoio, pela ajuda prestada e palavras amigas. A todos os colaboradores do departamento de Decorativos, do Centro de I&D, nomeadamente, à Florisa Pereira, Manuel Pereira, Cristiana Alves, Sandra Ferreira e Stefano Araújo, pela boa disposição e ajuda durante todo o período de estágio.

Ao Emanuel Roriz, Ana Teresa Almeida e Duarte Martins, pela boa disposição e simpatia em todas as viagens de e para a empresa.

A todos os engenheiros e analistas do Centro de I&D, por toda a disponibilidade e colaboração demonstrada, durante a realização do meu projeto.

Ao Diretor de Curso, João Peixoto, por toda a disponibilidade e ajuda prestada sempre que solicitada.

A todos os meus amigos, pela união, companheirismo, entreatura, pelas palavras amigas nos momentos mais difíceis e por todo o apoio que prestaram durante os anos de amizade.

Ao Júlio César, meu amigo, companheiro e namorado, por todo o apoio, afeto, ajuda e todo o carinho demonstrado.

Por último, mas não menos importante, à minha mãe, à minha querida irmã, ao meu querido afilhado, ao meu pai, à mãe e avó do meu namorado, pelas palavras carinhosas, pela preocupação no meu bem-estar, pela paciência nos piores momentos, pelos sorrisos, pelas palavras encorajadoras e por acreditarem em mim e nas minhas capacidades.

A todos o meu obrigada!

RESUMO

A produção modular surgiu da necessidade das empresas obterem produtos de forma mais rápida, simples e eficaz. As indústrias automóvel e civil representam dois exemplos de setores que adotaram esse modelo. Na indústria de tintas este conceito surgiu recentemente e a sua aplicação tem sido alvo de estudo com o objetivo de serem produzidas tintas competitivas, respondendo assim às exigências do mercado.

Desse modo, deste projeto teve como principal objetivo a implementação do sistema de produção modular no fabrico de tintas aquosas. Para além disso, foram avaliados o tempo de fabrico e o impacto económico resultante da alteração do processo de produção.

Inicialmente, foram desenvolvidas e otimizadas formulações de produtos dispersos em água, designados por *slurries*. Estes foram incorporados nas respetivas tintas, procedendo-se à otimização das mesmas com base na otimização dos *slurries*. Posteriormente, procedeu-se à caracterização das tintas reproduzidas em comparação com as das tintas padrão, obtidas do modo convencional.

De um modo geral, os *slurries* mostraram-se estáveis a longo prazo no ensaio de estabilidade acelerada. No que diz respeito à caracterização exaustiva das tintas reproduzidas, constatou-se que os resultados obtidos aplicando o método de produção modular, foram bastante semelhantes às reproduções pelo método tradicional. Ainda assim, as fórmulas deverão ser alvo de pequenos ajustes para otimização de resultados.

Concluiu-se que a incorporação dos *slurries* nas tintas não interfere significativamente com as propriedades da mesma. Para além disso, recorrendo ao método de produção modular, o tempo de fabrico das tintas diminuiu bastante, até cerca de 85 %. Adicionalmente também foi possível concluir que o uso de *slurries* proporciona uma diminuição no preço das tintas face às obtidas convencionalmente.

Palavras chave: produção modular, *slurry*, tintas aquosas.

ABSTRACT

The modular production emerged from the companies' necessity to obtain products more quickly, simply and effectively. Automobile and civil industries represent two examples of companies that adopt this model. In the paint industry this concept emerged recently and its applications have been studied aiming to produce competitive paints, thus responding to market requirements.

In this sense, this project's main goal was to implement the modular production system in the manufacturing of waterborne paints. Furthermore, the time of production and the economic impact of the change in the production process were evaluated.

Initially, formulations of products dispersed in water, i.e., slurries were developed and optimized. These were incorporated in the respective paints, proceeding to its optimization based on the optimization of slurries. Afterwards, a characterization of these paints was conducted, through a comparison with the standard paint, obtained by conventional manufacturing procedure.

Generally, the slurries are stable in long-term accelerated stability tests. The comprehensive characterization of the produced paints, revealed similar results in the comparison between the paints prepared by the modular production and the paints produced through traditional methods. Nevertheless, formulas should be adjusted for optimization of results.

It was concluded that the incorporation of slurries in the paints does not significantly interfere with the properties of paints. Furthermore, using the modular production method, the manufacturing time of paints has decreased considerably, up to 85%. Additionally, it was also concluded that the use of slurries provides a decrease in the price of paints, when compared to the corresponding conventionally produced.

Keywords: modular production, slurry, waterborne paints.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE TABELAS	xix
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	xxi
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
1.1. Motivação e enquadramento do projeto.....	1
1.2. Objetivos do projeto.....	1
1.3. Apresentação da empresa.....	1
1.4. Organização da tese	2
CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA.....	3
2.1. Principais componentes de uma tinta	3
2.1.1. Pigmentos	3
2.1.2. Cargas	4
2.1.3. Resina	5
2.1.4. Aditivos	6
2.1.5. Solventes. Diluentes.....	7
2.2. Processo de Produção.....	8
2.2.1. Pesagem/Doseamento	9
2.2.2. Pré-mistura.....	9
2.2.3. Dispersão	9
2.2.4. Acabamento	11
2.2.5. Controlo de qualidade.....	11
2.2.6. Filtração	12
2.2.7. Enchimento/Rotulagem	12
2.3. Produção Modular	12
CAPÍTULO III – DESCRIÇÃO TÉCNICA	15
3.1. Composição e caracterização dos <i>slurries</i>.....	15

3.1.1. Grau de dispersão	15
3.1.2. Aspeto em vidro.....	15
3.1.3. pH.....	16
3.1.4. Viscosidade <i>Brookfield</i>	16
3.1.5. Estabilidade em armazém e acelerada	16
3.2. Caracterização das tintas	16
3.2.1. Massa volúmica.....	17
3.2.2. Viscosidade <i>Stormer</i>	17
3.2.3. Opacidade seca/Razão de contraste	17
3.2.4. Brilho	17
3.2.5. Índice de Brancura (<i>W</i>) e Índice de Amarelecimento (<i>Y</i>).....	18
3.2.6. Viscosidade cone e prato	18
3.2.7. Opacidade húmida.....	18
3.2.8. Estabilidade acelerada	18
3.2.8.1. Aspeto físico	19
3.2.8.2. Aspeto da película	19
3.2.8.3. Separação de fases/Sinérese.....	19
3.2.9. Rendimento 98 %.....	19
3.2.10. Resistência à fissuração de uma tinta para espessuras elevadas	20
3.2.11. Fissuração <i>Mudcraking</i>	20
3.2.12. Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo e à trincha.....	20
3.2.13. Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos.....	21
3.2.14. Resistência ao polimento da película de tinta quando aplicada a rolo (Polimento Prático).....	21
3.2.15. Manchamento da película de tinta quando aplicada a rolo (Manchamento Prático)	21
3.2.16. Resistência de uma película de tinta às cinzas	21
3.2.17. Resistência à esfrega húmida.....	22
3.2.18. Resistência à lixiviação de surfactantes (<i>Surfactant leaching</i>)	22
3.2.19. Avaliação de uma tinta quando manchada com água (<i>Snail trails</i> /Exsudações)....	22
3.2.20. Resistência de uma película de tinta ao amoníaco e à água líquida.....	22
3.2.21. Reologia	23
3.2.22. Resistência ao polimento em seco e em húmido da película de tinta	23
3.2.23. Compatibilidade e flutuação de cor de bases.....	23

3.2.24. Temperatura mínima de formação de película	23
3.2.25. Tensão de película	23
3.2.26. Avaliação da resistência à pegajosidade de uma película de tinta (<i>Blocking</i>).....	24
3.2.27. Resistência à esfrega húmida e lavabilidade de revestimentos por pintura	24
3.2.28. Resistência UVA.....	24
3.2.29. Resistência ao exterior	24
CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1. Desenvolvimento e caracterização de <i>slurries</i>.....	25
4.2. Desenvolvimento e caracterização de tintas.....	34
4.2.1. Caracterização da tinta A.....	35
4.2.1.1. Reologia	38
4.2.1.2. Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo	38
4.2.1.3. Estabilidade acelerada	39
4.2.2. Caracterização da tinta B	40
4.2.2.1. Reologia	43
4.2.2.2. Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo	43
4.2.2.3. Estabilidade acelerada	44
4.2.3. Caracterização da tinta C	45
4.2.3.1. Reologia	48
4.2.3.2. Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo	49
4.2.3.3. Estabilidade acelerada	49
4.3. Tempo de fabrico das tintas desenvolvidas	50
4.4. Análise económica	51
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES	55
BIBLIOGRAFIA	57
ANEXOS.....	59
ANEXO I – Resultados da otimização dos <i>slurries</i> desenvolvidos	59
ANEXO II – Resultados das tintas desenvolvidas	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Principais constituintes de uma tinta (adaptado de Carvalho & Nogueira, 2004).....	3
Figura 2 – Classificação das tintas de base aquosa (Waters, 1996).	5
Figura 3 – Processos de estabilização de partículas dispersas (adaptado de Evonik Industries, 2014).....	10
Figura 4 – Régua de moagem tipo Hegman (reproduzido de exacolor, 2013).....	11
Figura 5 – Rede de Tecnologia Modular (reproduzido de Alberdingk Boley et al., 2016).	14
Figura 6 – Estudo da viscosimetria nas películas de tinta P _A (cor de laranja) e A (preto) (reproduzido de um programa da empresa).	38
Figura 7 – Estudo da viscosimetria nas películas de tinta P _B (preto) e B (cor de laranja) (reproduzido de um programa da empresa).	43
Figura 8 – Estudo da viscosimetria nas películas de tinta P _C (preto) e C (cor de laranja) (reproduzido de um programa da empresa).	48
Figura A1 – Fotografia dos provetes após ensaio de resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos (à esquerda, em cima e em baixo, os provetes que serviram de testemunho, das tintas P _A e A, respetivamente, e à direita, em cima e em baixo os provetes sujeitos a ensaio, das tintas P _A e A, respetivamente).	74
Figura A2 – Fotografia da aplicação da tinta P _A , à esquerda, e da tinta A, à direita, numa placa de gesso cartonado.	74
Figura A3 – Fotografia dos provetes após ensaio de resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos (à esquerda, em cima e em baixo, os provetes que serviram de testemunho, das tintas P _B e B, respetivamente, e à direita, em cima e em baixo os provetes sujeitos a ensaio, das tintas P _B e B, respetivamente).	76
Figura A4 – Fotografia da aplicação da tinta P _B , à esquerda, e da tinta B, à direita, numa placa de gesso cartonado.	76
Figura A5 – Fotografia dos provetes após ensaio de resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos (à esquerda, em cima e em baixo, os provetes que serviram de testemunho, das tintas P _C e C, respetivamente, e à direita, em cima e em baixo os provetes sujeitos a ensaio, das tintas P _C e C, respetivamente).	78
Figura A6 – Fotografia da aplicação da tinta P _C , à esquerda, e da tinta C à direita, numa placa de gesso cartonado.	78

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de aditivos e respetiva função (Alua, 2012; Bieleman, 2000; Carranquinha, 2011; Evonik Industries, 2014).....	7
Tabela 2 – Características dos <i>slurries</i> otimizados, onde <i>GDD</i> – Grau de dispersão, <i>AV</i> – Aspeto em vidro, <i>t</i> – tempo de dispersão, <i>R</i> – Número de rotações, <i>S₂₄</i> – Sedimentação em 24 h e <i>S₄₈</i> – Sedimentação em 48 h	26
Tabela 3 – Estabilidade do slurry EC1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C	29
Tabela 4 – Estabilidade do slurry EC2 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C	30
Tabela 5 – Estabilidade do slurry P1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .	30
Tabela 6 – Estabilidade do slurry P2 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .	31
Tabela 7 – Estabilidade do <i>slurry</i> C1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .	32
Tabela 8 – Estabilidade do slurry C2 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .	33
Tabela 9 – Estabilidade do slurry C3 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C .	33
Tabela 10 – Valores de pH dos slurries, antes e após o período de estabilidade, à temperatura ambiente	34
Tabela 11 – Slurries incorporados nas tintas A, B e C	35
Tabela 12 – Valores obtidos para os diversos ensaios de caracterização exaustiva realizados às tintas reproduzidas pelo método convencional (Tinta P _A) e pelo método de produção modular (Tinta A)	36
Tabela 13 – Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado, das tintas P _A e A	39
Tabela 14 – Resultados obtidos antes e após o ensaio de estabilidade acelerada das tintas P _A e A	39
Tabela 15 – Valores obtidos para os diversos ensaios de caracterização exaustiva realizados às tintas reproduzidas pelo método convencional (Tinta P _B) e pelo método de produção modular (Tinta B)	41
Tabela 16 – Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado, das tintas P _B e B	44
Tabela 17 – Resultados obtidos antes e após o ensaio de estabilidade acelerada das tintas P _B e B	44
Tabela 18 – Valores obtidos para os diversos ensaios de caracterização exaustiva realizados às tintas reproduzidas pelo método convencional (Tinta P _C) e pelo método de produção modular (Tinta C)	46
Tabela 20 – Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado, das tintas P _C e C	49
Tabela 21 – Resultados obtidos antes e após o ensaio de estabilidade acelerada das tintas P _C e C	50
Tabela 22 – Quantidade, número de dispersões, tempo de fabrico e percentagem de redução do tempo de fabrico das tintas reproduzidas, tradicionalmente a através da produção modular	51
Tabela 23 – Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada, tendo em conta o custo por litro das tintas obtidas pelo método de produção modular 1 e pelo método de produção modular 2, face ao custo por litro das respetivas tintas padrão.....	53

Tabela A1 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de EC1.....	59
Tabela A2 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de EC2.....	60
Tabela A3 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de P1.....	61
Tabela A4 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de P2.....	63
Tabela A5 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de C1.....	65
Tabela A6 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de C2.....	68
Tabela A7 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de C3.....	70
Tabela A8 – Otimização da tinta A em relação à tinta padrão, P_A	72
Tabela A9 – Otimização da tinta B em relação à tinta padrão, P_B	75
Tabela A10 – Otimização da tinta C em relação à tinta padrão, P_C	77

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Variáveis e Constantes

<i>AV</i>	Aspeto em vidro	
<i>CVP</i>	Concentração Volumétrica de Pigmentos	%
<i>GDD</i>	Grão de dispersão	<i>Hegman</i>
<i>Q</i>	Quantidade	t
<i>RPM</i>	Rotações por Minuto	
<i>S₂₄</i>	Sedimentação em 24 h	cm
<i>S₄₈</i>	Sedimentação em 48 h	cm
<i>t</i>	Tempo	dias
<i>T</i>	Temperatura	°C
<i>T amb.</i>	Temperatura ambiente	°C
<i>TMFP</i>	Temperatura Mínima de Formação de Película	°C
<i>U.B.</i>	Unidades de Brilho	
<i>V_b</i>	Viscosidade <i>Brookfield</i>	<i>Poise</i>
<i>WI</i>	Whiteness Index/índice de Brancura	%
<i>YI</i>	Yellowness Index/Índice de Amarelecimento	%
ΔE	Diferença de cor	

Siglas

CEPE	European Confederation of Paint, Printing Ink and Artists' Colours Manufacturers Associations/Conselho Europeu de Fabricantes de Tintas
CIN	Corporação Industrial do Norte, S.A.
EN	European Norm/Norma Europeia
I&D	Investigação e Desenvolvimento
ISO	International Standards Organization/Organização Internacional para Padronização
MOFA	Modular Paint Factory/Rede de Tecnologia Modular
NP	Norma Portuguesa

UK Unidades de Krebs

UV-A Ultravioleta A

Expressões do latim

et al. *et alli* e outros

i.e. *id est* isto é

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1. Motivação e enquadramento do projeto

Existe uma preocupação constante na indústria para simplificar os processos produtivos e obter sistemas mais eficientes e competitivos. Recentemente tem vindo a ser desenvolvido um novo método produtivo denominado produção modular, que pode ser aplicado a diferentes áreas, tendo o seu principal impacto na construção civil. Este método consiste no fabrico do produto a partir de módulos pré-fabricados, possibilitando uma produção mais eficiente com impacto na redução do tempo e custos de fabrico.

A produção de formulações de tintas aquosas através da produção modular poderá constituir uma mais valia, uma vez que permite obter o produto num menor período de tempo, atendendo assim às exigências do mercado.

1.2. Objetivos do projeto

O principal objetivo do projeto consistiu no estudo do sistema de produção modular aplicado no fabrico de tintas aquosas. Para tal, procurou-se desenvolver formulações de tintas aquosas, tendo como base a utilização de produtos previamente dispersos, designados por *slurries*.

Outro objetivo do presente projeto foi a avaliação dos tempos de produção das formulações de tintas aquosas obtidas pelo modo tradicional e aplicando o método de produção modular. Adicionalmente, o último objetivo compreendeu a avaliação do impacto económico da respetiva alteração no processo produtivo.

1.3. Apresentação da empresa

O presente projeto foi desenvolvido na CIN – Corporação Industrial do Norte, *S.A.*, situada na Maia, na Avenida de Dom Mendo.

A CIN foi fundada em 1917 e em 1926 passou a designar-se Corporação Industrial do Norte, tendo como atividade principal a produção e comercialização de tintas, vernizes e produtos afins. É a única empresa portuguesa do setor que pertence ao CEPE – Conselho Europeu de Fabricantes

de Tintas, integrando igualmente, desde 1990, o *Coatings Reserarch Group Inc.* A CIN é ainda membro fundador da Nova *Paint Club* (CIN, 2016a).

É uma empresa que dedica a sua atividade a distintos segmentos de mercado tais como decorativos, indústria, anti corrosão e acessórios (CIN, 2016b).

Um dos objetivos da CIN consiste em fornecer as melhores soluções com a melhor equipa de trabalho. Adicionalmente, pretende satisfazer os clientes e crescer continuamente na quota de mercado e rentabilidade (CIN, 2016b).

O Grupo CIN é constituído por oito empresas que estão distribuídas por vários países, nomeadamente Portugal, Espanha, França, Angola e Moçambique. Desde 1992 lidera o mercado nacional e desde 1995, o mercado ibérico. A CIN ocupa o 53º lugar no ranking mundial de produtos de tintas e vernizes, segundo a prestigiada *Coatings World Magazine* de 2014 (CIN, 2016a).

1.4. Organização da tese

A tese de mestrado apresentada encontra-se dividida em cinco capítulos.

O Capítulo I – Introdução, refere as motivações e enquadramento do projeto, os objetivos do mesmo e faz uma breve apresentação da empresa.

O Capítulo II – Revisão da Literatura, aborda conceitos gerais sobre tintas, etapas do seu processo de produção e refere exemplos de aplicação da produção modular, bem como algumas das vantagens associadas à sua aplicação na produção de tintas.

No Capítulo III – Descrição Técnica é reportado todo o procedimento experimental utilizado ao longo do presente projeto.

No Capítulo IV – Resultados e Discussão são apresentados e discutidos os resultados obtidos do trabalho desenvolvido.

Finalmente, o último capítulo da tese, Capítulo V – Conclusões, diz respeito às conclusões obtidas com a realização do projeto. Além disso, também são indicados trabalhos futuros relativos ao projeto desenvolvido.

CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA

Uma tinta, de acordo com a ISO 4618:2014, é 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 técnicas particulares.

2.1. Principais componentes de uma tinta

A tinta é constituída principalmente pelos componentes representados na figura 1 (Carvalho & Nogueira, 2004).

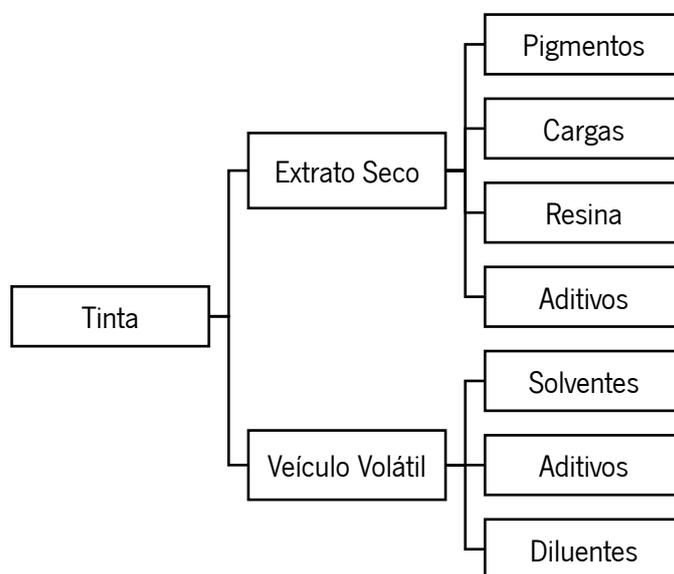


Figura 1 – Principais constituintes de uma tinta (adaptado de Carvalho & Nogueira, 2004).

2.1.1. Pigmentos

Relativamente aos pigmentos, segundo a ISO 4618:2014, estes são definidos como sendo substâncias sólidas, finamente divididas e praticamente insolúveis no veículo, que são usadas na preparação de tintas com a finalidade de lhes conferir cor, opacidade ou outras características especiais.

Em termos químicos, os pigmentos podem ser divididos em dois grandes grupos: orgânicos e inorgânicos, diferenciando-se no que respeita à cor, opacidade, força corante, resistência a intempéries e facilidade de dispersão (Nogueira, 2008).

Os pigmentos inorgânicos são constituídos por um óxido metálico ou por um sal metálico de um ácido inorgânico. Estes dividem-se em naturais e sintéticos. Os pigmentos inorgânicos naturais são geralmente óxidos e possuem menor poder de cobertura e maior dificuldade de dispersão. Por sua vez, os pigmentos inorgânicos sintéticos, por serem produzidos por um processo industrial controlado, têm algumas propriedades melhoradas, proporcionando maior poder de cobertura, uniformidade na cor, poder tintorial superior e maior facilidade de dispersão. Entre os pigmentos inorgânicos, destacam-se o dióxido de titânio (branco), óxido de cobalto (azul), óxido de cromo (verde), óxidos de ferro (amarelos e vermelhos), sulfatos e cromatos de chumbo (amarelos, laranjas e vermelhos). É importante salientar que alguns pigmentos inorgânicos não podem ser usados em virtude da sua toxicidade, resultante da presença de metais pesados na sua composição (Alua, 2012; Martinho & Monteiro, 2011).

Os pigmentos orgânicos apresentam na sua estrutura química agrupamentos chamados cromóforos, responsáveis por lhes conferir cor. Os pigmentos orgânicos são utilizados em materiais e produtos de uso quotidiano, como tintas e plásticos. São exemplos de pigmentos orgânicos, os pigmentos azo insolúveis (amarelos, laranjas e vermelhos), os pigmentos azo precipitados sob a forma de sais de metálicos (escarlates, vermelhos e *bordeaux*), os pigmentos tioindigo (*bordeaux*), entre outros (Alua, 2012; Martinho & Monteiro, 2011).

A cor, força corante, facilidade de dispersão, solidez à luz, resistência à intempérie, sangramento e cristalização e poder de cobertura são propriedades que caracterizam e diferenciam os pigmentos (Alua, 2012).

2.1.2. Cargas

As cargas, segundo a ISO 4618:2014, são definidas como substâncias de fraco poder de cobertura e insolúveis nos veículos, podem aparecer sob a forma de partículas mais ou menos finas. São empregues como constituintes de tintas com o fim de lhes modificar determinadas propriedades, entre as quais: viscosidade, permeabilidade da película, resistência química, brilho, resistência à abrasão, comportamento anticorrosivo e preço. Teoricamente, o uso das cargas tem como objetivo obter uma tinta com a melhor qualidade possível e com custos finais de produção mais baixos. Para tal, o uso de resinas, de pigmentos e de alguns aditivos é reduzido. Existe uma grande variedade de cargas, como por exemplo a Barita, o Talco, o Caulino, a Farinha de Silica, a

Diatomite, a Mica, o Carbonato de Cálcio, entre outras. Um “*slurry*” de carbonato de cálcio é formado por uma carga sólida, água, dispersante e conservante (Cardoso, 2010).

2.1.3. Resina

De acordo com a ISO 4618:2014, define-se veículo fixo como um conjunto de componentes das tintas, vernizes ou produtos similares que permitem a formação da película sólida. O veículo fixo determina as propriedades de um revestimento, nomeadamente propriedades mecânicas, elasticidade, resistência à alcalinidade, resistência química, resistência à intempérie e à radiação UV, brilho e pegajosidade. As resinas/ ligantes, de acordo com a ISO 4618:2014, são definidas como sendo substâncias orgânicas sólidas, semissólidas ou líquidas, amorfas, termoplásticas ou termoendurecíveis, em geral insolúveis na água, mas solúveis em certos solventes orgânicos. (Marrion, 2004; Nogueira, 2008).

As tintas de base aquosa podem ser classificadas em soluções, emulsões ou dispersões, apresentadas na figura 2. (Marques, 2013; Waters, 1996).

As **soluções** são misturas de materiais dissolvidos completamente um no outro. Algumas resinas têm que ser modificadas para dissolverem na água, no entanto, para que o processo de cura da tinta fique completo, a água e a resina (modificada ou não), têm de evaporar (Waters, 1996).

As **emulsões** são dispersões de dois líquidos imiscíveis. Nas tintas de emulsão de base aquosa, a água e o solvente determinam a viscosidade da tinta e a resina está presente na forma de micelas. A viscosidade destas tintas não aumenta com o aumento do teor de sólidos (Waters, 1996).

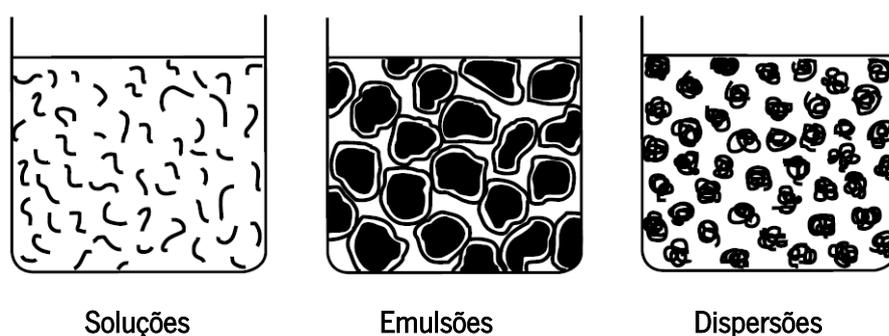


Figura 2 – Classificação das tintas de base aquosa (adaptado de Waters, 1996).

As **dispersões** são constituídas por pequenos aglomerados de moléculas de resinas sólidas suspensas num líquido. Comparativamente às emulsões, as dispersões contêm aglomerados mais pequenos e a agitação mecânica é suficiente para suspender os aglomerados, que não emulsionam (Waters, 1996).

2.1.4. Aditivos

Segundo a ISO 4618:2014, aditivos são substâncias incorporadas em pequena percentagem nas tintas, vernizes e produtos similares com o fim de lhes conferir determinadas características. Estes componentes têm a função de facilitar ou melhorar o fabrico, a aplicação, a estabilidade e otimizar as propriedades da película de tinta seca. Normalmente, os aditivos são agrupados de acordo com a sua função e não pela composição química ou forma física que possam apresentar (Nogueira, 2008).

Na tabela 1 são referenciados alguns dos tipos de aditivos usados no fabrico de uma tinta e a sua respetiva função.

Os molhantes e dispersantes são componentes anfífilos, isto é, possuem uma parte hidrofílica e outra parte lipofílica. Devido à sua estrutura molecular facilitam a dispersão de pigmentos e estabilizam a dispersão. Estes aditivos podem ser classificados de diversas formas:

- Estrutura química (produtos iónicos e não iónicos);
- Aplicação (aquosos ou não aquosos);
- Tipo de pigmento (orgânicos e inorgânicos);
- Tamanho molecular (agentes molhantes para baixos pesos moleculares e dispersantes para elevados pesos moleculares).

Para além dos molhantes e dispersantes baixarem a viscosidade da tinta, têm influência em outras características da mesma, nomeadamente na intensidade da cor, poder de cobertura, floculação das partículas primárias, brilho, poder ligante e estabilidade ao armazenamento (Alua, 2012; Bieleman, 2000; Carranquina, 2011; Evonik Industries, 2014).

Tabela 1 – Tipos de aditivos e respetiva função (Alua, 2012; Bieleman, 2000; Carranquinha, 2011; Evonik Industries, 2014)

Aditivo	Função
Reguladores de pH	Conferir à tinta o pH pretendido, normalmente superior a 8
Agentes anti espuma	Reduzir ou evitar a formação de espumas indesejáveis
Agentes tixotrópicos	Promover aumento de viscosidade nos produtos
Agentes anti pele	Impedir a formação de peles à superfície dos produtos nas embalagens, durante o armazenamento
Agentes anti sedimento	Evitar a deposição dos pigmentos e cargas, durante o armazenamento
Coalescentes	Facilitar a formação de película das tintas de base aquosa
Conservantes	Evitar o ataque de microrganismos (fungos, bactérias e algas) na fase líquida
Secantes	Acelerar a secagem oxidativa da tinta
Absorvedores da luz	Estabilizar o comportamento dos revestimentos expostos à luz solar e aos raios <i>UV</i>
Inibidores de corrosão	Prevenir a corrosão da embalagem (fase líquida) ou do substrato metálico (película seca)
Plastificantes	Conferir elasticidade e flexibilidade à película

2.1.5. Solventes. Diluentes

Entre os principais constituintes de uma tinta encontram-se os solventes e diluentes que compõem o veículo volátil.

Solventes são líquidos voláteis que nas condições normais de secagem, dissolvem o veículo fixo de tintas e vernizes. Estes dissolvem a resina, proporcionando uma solução transparente e homogénea e permitem obter a viscosidade adequada. Existem diferentes tipos de solventes empregues na fabricação de tintas de acordo com as propriedades que se pretendem obter. Tendo em conta a sua capacidade de dissolução, os solventes podem ser classificados em solventes verdadeiros, que efetivamente dissolvem o polímero em questão; solventes latentes, que quando puros não apresentam poder de dissolver o polímero, mas quando associados a um solvente verdadeiro, atuam como solventes aumentando mesmo o seu poder solvente; não solventes, como

o próprio nome indica, não dissolvem o polímero nem contribuem para alterar a viscosidade da solução de um polímero, mas são tolerados numa mistura com solventes verdadeiros e latentes. A caracterização de solventes baseia-se no poder solvente, volatilidade, cheiro, toxicidade, ponto de inflamação (*flash point*) e preço (Alua, 2012; Hoch, 2008; Nogueira, 2008).

Relativamente ao **poder solvente**, ou seja, a capacidade e facilidade que um determinado solvente tem de dissolver resinas, existem os solventes fracos, médios e fortes. Os solventes fracos, geralmente designados quimicamente por alifáticos, têm reduzido poder de dissolver as tintas, baixando pouco a viscosidade mesmo quando adicionados em elevadas quantidades. Os solventes médios, quando comparados com os fracos, têm maior poder para reduzir a viscosidade. Estes são constituídos por álcoois e alguns aromáticos (etanol, tolueno, butanol, entre outros). Quanto aos solventes fortes, constituídos principalmente por cetonas, éteres e ésteres (acetato de etilo, acetato de butilo, entre muitos outros), têm um elevado poder solvente, reduzindo de forma mais eficaz a viscosidade (Alua, 2012; Hoch, 2008).

Quanto à **volatilidade**, destacam-se os solventes leves, médios e pesados. Os solventes leves evaporam rapidamente, permitindo assim, que a tinta seque num pequeno período de tempo. Os mais importantes são a acetona, etanol e acetato de etilo. Os solventes médios apresentam uma taxa de evaporação moderada, enquanto os pesados, também designados de retardadores de secagem, evaporam lentamente (Alua, 2012; Hoch, 2008).

Um outro constituinte da tinta é o diluente que, de acordo com a NP 41, representa todo o líquido volátil parcial ou totalmente miscível com o veículo que adicionado a uma tinta ou verniz durante o processo de fabrico ou momento de aplicação lhe reduza a viscosidade.

Por vezes, é necessário ajustar a viscosidade do produto, para que a tinta seja aplicada mais facilmente. Desse modo deve juntar-se diluente para que o produto atinja o nível de fluidez ótimo (Alua, 2012; Hoch, 2008).

2.2. Processo de Produção

A produção de uma tinta de base aquosa é realizada em diferentes etapas: pesagem/doseamento, pré-mistura, dispersão, acabamento, controlo de qualidade, filtração e

enchimento/rotulagem. O processo de fabrico pode sofrer alterações consoante o tipo de tinta a fabricar (Associação Portuguesa de Tintas [APT], 2016; Oliveira, 2015).

2.2.1. Pesagem/Doseamento

Estas etapas iniciam o processo de fabrico de uma tinta, onde são pesadas e doseadas as matérias primas a usar ao longo do mesmo. É fundamental que as matérias primas sejam pesadas com rigor, uma vez que as alterações em relação ao estipulado, podem originar tintas com diferentes propriedades físicas e químicas, comprometendo o seu comportamento e aplicação (APT, 2016).

2.2.2. Pré-mistura

Nesta etapa são adicionadas no dispersor algumas matérias primas tais como água, aditivos, pigmentos e cargas, formando uma pasta. Normalmente, nesta pasta não são incluídas as resinas, uma vez que estas não suportam as elevadas tensões de corte que ocorrem na fase seguinte. A adição de pigmentos e cargas deve ser realizada lentamente para evitar a formação de agregados de tamanho mais elevado e que, numa fase posterior, demorariam mais tempo a dispersar (Oliveira, 2015).

2.2.3. Dispersão

Após a pré-mistura das matérias primas é realizada a dispersão, a fim de diminuir o tamanho das partículas dos pigmentos e dispersá-las no veículo de forma homogénea (Castro, 2009).

A dispersão dos pigmentos tem como objetivo a obtenção de uma dispersão estável e uniforme de partículas de pigmentos finamente divididas. A dispersão dos pigmentos pode ser dividida em quatro etapas: desintegração, dispersão, molhagem e estabilização. Estas ocorrem, em parte, consecutivamente e, em parte, simultaneamente. A primeira etapa compreende a disrupção dos aglomerados de partículas primárias dos pigmentos, através da ação de forças mecânicas. Durante a dispersão, separam-se as partículas primárias e os agregados mais pequenos que de outro modo se manteriam colados devido a forças de atração superficial. Os agregados contêm sempre no seu interior uma certa quantidade de ar. Logo que esse ar se liberta completamente, cada uma das partículas é envolvida pelo veículo, atingindo-se assim a terceira

etapa, designada de molhagem. A última etapa, estabilização, compreende uma distribuição uniforme das partículas separadas e molhadas, mantendo a homogeneidade. A estabilização é assegurada principalmente por duas estratégias distintas: repulsão eletrostática e impedimento estérico. No entanto, os aditivos molhantes e dispersantes mais recentes usados em tintas de base aquosa usam a estabilização eletroestérica, figura 3 (Nogueira, 2008; Evonik Industries, 2014; Oyarzún, 2000).

A repulsão eletrostática resulta quando a superfície das partículas está fortemente carregada eletricamente. Neste caso, dá-se a “colagem” de um dispersante que seja facilmente carregável à superfície da partícula de pigmento. Relativamente ao impedimento estérico, os aditivos que atuam

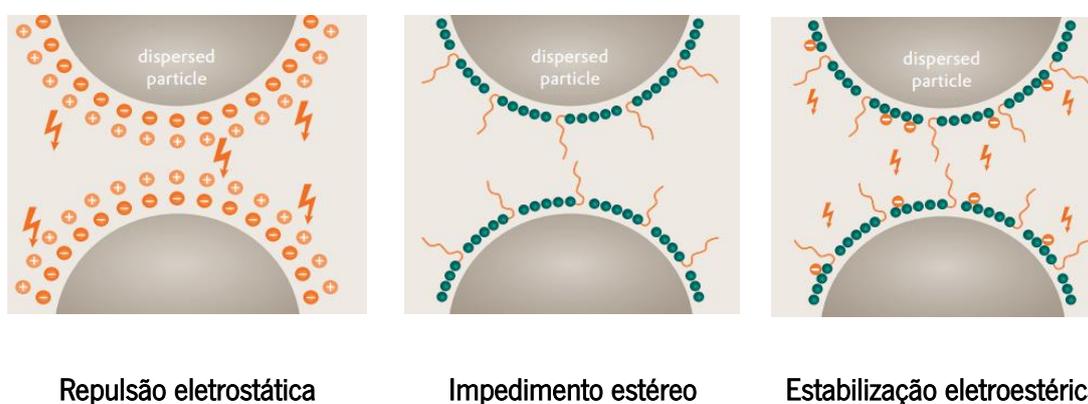


Figura 3 – Processos de estabilização de partículas dispersas (adaptado de Evonik Industries, 2014).

deste modo possuem um ou mais grupos com afinidade para os pigmentos e cadeias compatíveis com os polímeros utilizados como veículo nas tintas. Após adsorção do aditivo na superfície do pigmento, estas cadeias estendem-se o mais possível do pigmento para o meio resinoso circundante, impedindo que as partículas se aproximem umas das outras. Para além disso, as cadeias interagem com o veículo de tal maneira que se forma uma película à volta das partículas dificultando a sua aproximação, reforçando assim a estabilização (Evonik Industries, 2014; Nogueira, 2008).

A estabilização eletroestérica resulta da combinação entre a repulsão eletrostática e o impedimento estérico (Evonik Industries, 2014).

Na escolha do processo de estabilização, a estratégia mais adequada está relacionada com o conhecimento da concentração volumétrica de pigmentos (*CVA*) da tinta. Sendo assim, para as

tintas com um baixo *CVP* as partículas de pigmento estarão separadas, logo, supostamente bem dispersas, pelo que a melhor estratégia a utilizar será a repulsão eletrostática. Por outro lado, as tintas com elevado *CVP* as partículas de pigmento estão em constante contacto constituindo o impedimento estérico a melhor opção para estabilizar a dispersão (Nogueira, 2008).

A avaliação da dispersão é realizada com base no tamanho de partículas, usando para tal feito uma régua de moagem tipo *Hegman*, figura 4. Este representa o critério que decide a qualidade de dispersão, sendo que quanto maior forem os agregados de partículas, menor a qualidade de dispersão (Evonik Industries, 2014).

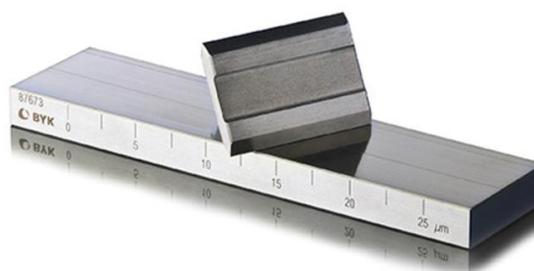


Figura 4 – Régua de moagem tipo *Hegman* (reproduzido de exacolor, 2013).

2.2.4. Acabamento

Esta etapa tem como finalidade adicionar as resinas, aditivos e água que constituem as restantes matérias primas para completar o processo de fabrico da tinta aquosa. Nesta fase, a temperatura não deverá exceder os 35 °C, de modo a prevenir a coagulação da resina. Para além disso, a fase de acabamento permite estabilizar a pasta resultante das etapas de dispersão e mistura. Normalmente, esta etapa é realizada em tanques de acabamento, distintos dos dispersores (Oliveira, 2015).

2.2.5. Controlo de qualidade

O controlo de qualidade é responsável pela análise de uma amostra de tinta produzida, para que o lote de fabrico possa ser aprovado e assim passar para a etapa seguinte. Nesta fase são realizados acertos de pH, viscosidade, força corante e afinação de cor, sempre que seja necessário.

Após a conclusão do fabrico, o produto é avaliado nas características definidas pelo departamento de Investigação e Desenvolvimento (I&D) e comparado um padrão previamente aprovado (Oliveira, 2015).

2.2.6. Filtração

A filtração é usada para eliminar contaminantes que possam estar presentes na tinta. É então nesta etapa que ocorre a separação de impurezas, aglomerados sólidos e outros contaminantes, fazendo-os passar através de um meio permeável e poroso.

Na produção de tintas em ambiente laboratorial, a filtração é realizada em papel de filtro, enquanto que em ambiente fabril podem ser usados diferentes tipos de filtro, como por exemplo, Tela, Bolsa, Russel, entre outros (APT, 2016; Castro, 2009).

2.2.7. Enchimento/Rotulagem

Após a aprovação do lote de fabrico, procede-se ao enchimento da tinta nas respetivas latas. Quanto ao tipo de enchimento, este pode ser manual, semiautomático ou automático. A rotulagem das embalagens pode ser realizada antes ou depois do enchimento (Castro, 2009).

2.3. Produção Modular

O conceito de produção modular surge da necessidade das empresas simplificarem os seus processos produtivos.

Em 1913, Henry Ford concebeu a primeira linha de montagem do seu Modelo T, com o objetivo de produzir o maior número de veículos possível de forma simples e a baixo custo. Inicialmente, Ford construía um carro de cada vez., tornando os níveis de produção baixos e o preço dos veículos elevado. Com o objetivo de simplificar o processo de produção, Henry Ford desenvolveu métodos de montagem e recorreu à automatização e divisão do processo de produção, onde cada departamento foi dividido nos seus elementos construtivos. O Modelo Fusca da Volkswagen, em 1938, representa outro exemplo da indústria automóvel que adotou o conceito de produção modular. Em ambos os casos foi possível reduzir o tempo de desenvolvimento de um veículo (Ford, 2016).

A modularização não só está presente na indústria automóvel, mas também na construção civil. “Sistema modular – Colmeia”, representa um exemplo de produção modular nesse ramo e é um modelo de utilidade que se refere à possibilidade de construir adotando como unidade modular o prisma hexagonal em vez dos quadrangulares, utilizados nas construções hoje em dia. Este sistema é caracterizado pela utilização isolada ou em grupo de unidades modulares de formato hexagonal que por si, ou no seu conjunto, dão forma às edificações. Este método permite fazer uma melhor gestão do espaço dispendido em planta para a construção. Para além disso, a construção prévia dos módulos permite reduzir o tempo de construção (Cruz, 2010).

O conceito de produção modular começa a surgir nas empresas de fabrico de tintas que veem uma oportunidade de obtenção das mesmas de forma mais simples, eficaz e rápida.

Seguindo esta linha de pensamento, no âmbito da produção de tintas, surge a Rede de Tecnologia Modular, figura 5, designada por “MOFA” (*Modular Paint Factory*) com uma filosofia única que, faz uso de pacotes funcionais em vez de matérias-primas. Esta tecnologia é levada a cabo por um conjunto de empresas, nomeadamente a *Alberdingk Boley*, *Alpha Calcit Füllstoffe*, *Byk-Chemie*, *Hemmelrath Technologies*, *Kronos Internacional* e *Ystral* (Alberdingk Boley et al., 2016).

A produção modular pode ser usada para pequenas ou elevadas quantidades de produção, dependendo dos objetivos de cada empresa.

Comparativamente à produção convencional, a tecnologia em questão apresenta diversas vantagens, tais como (Alberdingk Boley et al., 2016):

- Redução dos tempos de produção até 80 %;
- Redução dos custos energéticos até 70 %;
- Redução dos custos laborais até 80 %;
- Maior capacidade;
- Parâmetros de produção constantes;
- Inexistência de limites para possíveis mudanças do produto;
- Facilidade da dispersão;
- Aumento da eficiência produtiva – até 25 %;
- Redução das emissões de odores;
- Melhorias de higiene e limpeza.

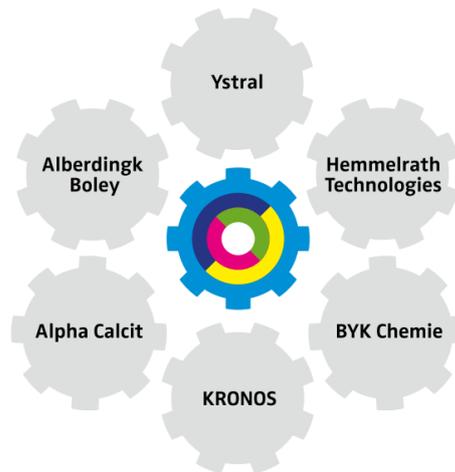


Figura 5 – Rede de Tecnologia Modular (reproduzido de Alberdingk Boley et al., 2016).

Em suma, a tecnologia de produção modular é parte de uma estratégia para tentar combater a concorrência global uma vez que o produto é obtido num tempo mais curto, permitindo assim uma resposta mais rápida perante as exigências do mercado.

CAPÍTULO III – DESCRIÇÃO TÉCNICA

Neste capítulo será descrita a composição e caracterização dos *slurries* utilizados na formulação das tintas estudadas e serão também descritos os métodos utilizados para caracterizar as respetivas tintas.

3.1. Composição e caracterização dos *slurries*

Os *slurries* podem ser definidos como misturas previamente dispersas usados no fabrico de tintas. Estes são essencialmente constituídos por sólidos (espessantes, cargas ou pigmentos) e aditivos (agentes anti sedimento, conservantes, molhantes e dispersantes) dispersos em água. Estes *slurries* são utilizados em tintas de base aquosa com o objetivo de eliminar algumas etapas de fabrico das mesmas, nomeadamente, a etapa de dispersão. A introdução dos *slurries* nas tintas estudadas pode interferir com as características das mesmas, pelo que existe a necessidade de os otimizar, tendo em conta o valor económico envolvido. Para tal, foram otimizados alguns parâmetros nos *slurries* estudados, tais como a quantidade de sólidos e a quantidade e tipo de dispersantes, com o objetivo de obter uma tinta com um comportamento e desempenho semelhante à tinta padrão.

A caracterização dos *slurries* foi realizada de acordo com normas internas (NCIN), nacionais (NP) e/ou internacionais (ISO). As propriedades mais importantes são o grau de moagem, aspeto em vidro, pH, viscosidade *Brookfield* e estabilidade em armazém e acelerada.

3.1.1. Grau de dispersão

Tal como referido em 2.2.2, para avaliar o grau de dispersão é necessária uma régua de moagem tipo *Hegman*. Este parâmetro foi medido segundo a NP EN ISO 1524:2007 e os resultados foram expressos em *Hegman*.

3.1.2. Aspeto em vidro

Em alguns *slurries* específicos, é necessário verificar se a película obtida apresenta-se uniforme e isenta de partículas, grumos ou qualquer outra sujidade. Para verificar o aspeto em

vidro seguiu-se uma norma interna (NCIN) e os resultados foram apresentados da seguinte forma: 1 (não passa), se a película apresentar algum defeito ou 2 (passa) caso a película não apresente defeito.

3.1.3. pH

A medição do valor de pH dos diferentes *slurries* foi realizada de acordo com uma norma interna (NCIN).

3.1.4. Viscosidade *Brookfield*

A viscosidade é uma propriedade dos fluidos que está associada às forças que oferecem resistência ao movimento relativo entre camadas adjacentes de fluido. Nomeadamente, o fluxo de um fluido é tanto maior, quanto menor for a viscosidade (Santander & Estornell, 2014).

A viscosidade de um líquido depende da temperatura. Verifica-se que quanto maior a temperatura, menor a viscosidade (Santander & Estornell, 2014).

A viscosidade *Brookfield* foi medida segundo uma norma interna (NCIN) e os resultados foram expressos em *Poise* (P).

3.1.5. Estabilidade em armazém e acelerada

A estabilidade em armazém e acelerada dos *slurries* consiste na verificação de eventuais alterações que ocorrem ao longo de 30 dias, em armazenamento à temperatura ambiente e a 50 °C, respetivamente. Semanalmente, averigua-se a existência de sedimento e sinérese, presença de ar e/ou grumos, consistência da mistura e facilidade de homogeneização até se completarem os 30 dias de estabilidade. Estes ensaios foram realizados segundo normas internas (NCIN).

3.2. Caracterização das tintas

Tal como mencionado anteriormente, a introdução de *slurries* pode alterar as propriedades das tintas pelo que é necessário proceder a ensaios de caracterização básica das mesmas com o

objetivo de garantir a qualidade das tintas tendo em conta a sua finalidade, método de aplicação, natureza do suporte onde irão ser aplicadas, bem como as condições ambientais a que estarão expostas.

3.2.1. Massa volúmica

A massa volúmica (ρ) de uma determinada substância representa a quantidade de massa por volume dessa mesma substância. Nas tintas fabricadas, a massa volúmica foi determinada usando um picnómetro, segundo a norma EN ISO 2811-1:2012.

Os valores foram expressos em g/cm^3 ou kg/L .

3.2.2. Viscosidade *Stormer*

Tal como referido em 3.1.3. a viscosidade é uma propriedade dos fluidos que determina a sua resistência interna face ao escoamento. A viscosidade *Stormer* está associada a tensões de corte mais elevadas comparativamente à de *Brookfield*.

A viscosidade *Stormer* foi medida segundo uma norma interna (NCIN) e os valores foram expressos em Unidades de *Krebs* (UK).

3.2.3. Opacidade seca/Razão de contraste

A opacidade seca ou razão de contraste pode ser definida como a propriedade de um filme de tinta que permite prevenir a passagem de luz e desse modo ocultar o substrato no qual foi aplicado. Quanto maior for a percentagem, maior a opacidade seca, logo maior a capacidade de cobertura da tinta. Esta característica foi realizada de acordo com uma norma interna (NCIN) e os valores foram expressos em percentagem (%).

3.2.4. Brilho

O brilho de uma superfície é percecionado através do seu comportamento de reflexão. É uma perceção visual causada através do olhar nas superfícies e consoante o ângulo de visão, a perceção do brilho poderá alterar-se significativamente.

Nas tintas, foi medido o brilho a 20°, 60° e 85° de acordo com a norma ISO 2813:2014.

3.2.5. Índice de Brancura (*W*) e Índice de Amarelecimento (*Y*)

O índice de brancura e amarelecimento foram determinados segundo uma norma interna (NCIN) e expressos em percentagem.

Quanto maior a percentagem do índice de brancura, mais branca será a tinta. Por sua vez, quanto maior a percentagem do índice de amarelecimento, mais amarela será a tinta.

Após a realização da caracterização básica nas tintas, e se esta estiver dentro dos parâmetros previamente estabelecidos, procede-se a uma caracterização exaustiva nas mesmas, da qual fazem parte as características a seguir descritas.

3.2.6. Viscosidade cone e prato

A viscosidade cone e prato está associada a elevadas tensões de corte e foi determinada segundo uma norma interna (NCIN) e expressa em *Poise*.

3.2.7. Opacidade húmida

A opacidade húmida, similar à opacidade seca foi determinada segundo uma norma interna (NCIN) e expressa em percentagem, tal como a opacidade seca.

3.2.8. Estabilidade acelerada

Tal como referido em 3.1.4., a estabilidade acelerada destina-se a apreciar a estabilidade, neste caso de tintas e verificar qual o seu comportamento quando sujeitas a armazenamento prolongado a 50 °C durante 30 dias.

Para tal, foi seguida uma norma interna (NCIN) e os resultados expressos em 1 ou 2, não passa ou passa, respetivamente.

Após finalização dos 30 dias em estabilidade acelerada, para as tintas que apresentem 2 como resultado, são realizados alguns ensaios de modo a verificar a viabilidade das mesmas.

Dependendo do tipo de tinta, de uma forma geral, são verificadas as seguintes características: pH, viscosidade *Stormer*, viscosidade cone e prato, razão de contraste, *YI*, *WI*, brilho (60°/80°) (características descritas anteriormente), aspeto físico, aspeto da película, separação de fases/sinérese e cor, se aplicável.

3.2.8.1. Aspeto físico

O aspeto físico foi determinado segundo a norma EN ISO 1513:2010.

3.2.8.2. Aspeto da película

O aspeto da película foi determinado segundo uma norma interna (NCIN) e os resultados expressos em 1 ou 2, não passa ou passa, respetivamente.

3.2.8.3. Separação de fases/Sinérese

A elevada temperatura a que uma tinta é sujeita durante o período de estabilidade pode levar à separação de fases, pelo que é necessário registar se ocorreu ou não separação de fases.

3.2.8.4. Cor

Para as tintas que apresentem cor, após estabilidade é realizado um ensaio que tem como objetivo verificar a diferença de cor antes e depois da estabilidade acelerada. Os resultados foram expressos em diferença de cor, ΔE .

3.2.9. Rendimento 98 %

A determinação do rendimento pode ser realizada a uma determinada razão de contraste. Neste caso considerou-se uma razão de contraste de 98% e o rendimento para essa razão de contraste foi determinado segundo a NP EN ISO 6504-3:2011.

Quanto maior o rendimento, maior será a área aplicada com 1 litro de tinta, obtendo uma opacidade seca de 98 %.

Os resultados foram expressos em m²/L.

3.2.10. Resistência à fissuração de uma tinta para espessuras elevadas

Por vezes, em algumas tintas é possível aparecerem fissuras quando esta é aplicada com espessuras elevadas. A avaliação do aparecimento dessas fissuras numa película de tinta foi realizada segundo uma norma interna (NCIN) e os resultados expressos μm húmidos.

A película de tinta é considerada resistente à fissuração para espessuras elevadas caso não apresente nenhuma fissura para uma espessura seca inferior a 200 μm .

3.2.11. Fissuração *Mudcracking*

A fissuração *Mudcracking* foi determinada segundo uma norma interna NCIN e os resultados expressos numa escala de 1 a 5, abaixo descrita.

- 1 – Fissuras visíveis a olho nu;
- 2 – Fissuras dificilmente visíveis a olho nu;
- 3 – Película aparentemente sem fissuras, embora à lupa sejam detetáveis;
- 4 – Película enrugada, mas isenta de fissuração;
- 5 – Película isenta de fissuração e enrugamento.

3.2.12. Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo e à trincha

Esta característica consiste em avaliar as propriedades de aplicação de uma tinta para paredes, ou de uma tinta para fachadas, quando aplicadas à trincha e/ou a rolo, tais como aplicabilidade, opacidade húmida e seca, salpicos, emendas, retoques, espalhamento e brancura.

Uma vez que a apreciação é subjetiva, este método é utilizado somente para testes comparativos e as aplicações devem ser efetuadas pela mesma pessoa. O método foi realizado segundo uma norma interna (NCIN) e os resultados expressos numa escala de 1 (mau), 2 (mediocre), 3 (satisfatório), 4 (bom) e 5 (excelente).

3.2.13. Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos

Para avaliar a resistência de películas secas de tintas à ação dos álcalis de ligantes hidráulicos seguiu-se uma norma interna (NCIN).

Os resultados consistiram na descrição do comportamento observado nos provetes sujeitos a ensaio. Podem surgir alguns defeitos nesses provetes tais como, amarelecimento, empolamento, amolecimento, enrugamento, fissuração, pulverulência, entre outros.

3.2.14. Resistência ao polimento da película de tinta quando aplicada a rolo (Polimento Prático)

A resistência ao polimento em seco e em húmido da película de tinta quando aplicada a rolo foi avaliada de acordo com uma norma interna (NCIN) e os resultados consistiram em reportar a percentagem de variação de brilho a 85°. Quanto maior a percentagem, maior desgaste da película de tinta, logo menor é a resistência ao polimento prático.

3.2.15. Manchamento da película de tinta quando aplicada a rolo (Manchamento Prático)

O manchamento da película de tinta quando aplicada a rolo foi realizada segundo uma norma interna (NCIN).

São aplicadas nódoas na película de tinta seca e deixadas em contacto com a película. No final de um determinado tempo de contacto avaliam-se os efeitos observados nessa mesma película, segundo uma escala de 0 (sem alteração) a 2 (alteração muito profunda) após remoção com papel absorvente e com um detergente neutro.

3.2.16. Resistência de uma película de tinta às cinzas

A fim de determinar a resistência às cinzas de uma película de tinta seguiu-se uma norma interna (NCIN). A diferença de cor foi realizada entre duas partes da película de tinta, em que uma delas esteve em contacto com cinzas orgânicas e a outra não. Os resultados foram expressos em diferença de cor, ΔE , antes ($\Delta E_{\text{antes de lavagem}}$) e após lavagem com água ($\Delta E_{\text{após lavagem}}$).

Quanto maior ΔE , maior a capacidade da película de tinta reter a sujidade.

3.2.17. Resistência à esfrega húmida

A resistência à esfrega húmida foi determinada segundo a NP 4378:1999. Cada película de tinta foi classificada como resistente à lavagem, caso a mesma resistisse a 1000 ciclos, ou resistente à esfrega, se resistisse a 5000 ciclos.

3.2.18. Resistência à lixiviação de surfactantes (*Surfactant leaching*)

Para verificar qual a resistência à lixiviação de surfactantes foi seguida uma norma interna (NCIN). O ensaio é realizado ao fim de 4 h, 24 h e 4 dias após a aplicação da película de tinta e os resultados foram avaliados segundo uma escala de 0 (sem alteração) a 2 (manchamento severo ou marcas de brilho evidentes).

3.2.19. Avaliação de uma tinta quando manchada com água (*Snail trails/Exsudações*)

A avaliação de uma película de tinta quando manchada com água fez-se de acordo com uma norma interna (NCIN). Na área sujeita a ensaio, após 4 h, 24 h, 4 dias e 8 dias da aplicação da película de tinta, a sua avaliação foi realizada de acordo com a seguinte escala:

- 0 – Nota-se manchamento de cor;
- 1 – O manchamento de cor é pouco perceptível;
- 2 – Não se nota manchamento de cor;
- E – São visíveis exsudações.

3.2.20. Resistência de uma película de tinta ao amoníaco e à água líquida

A fim de determinar a resistência de uma película de tinta à sua degradação por contacto com uma solução aquosa de amoníaco e água líquida foram seguidas normas internas (NCIN).

Os resultados foram expressos com um valor numérico de 0 a 10 de acordo com o tempo em que foi inicialmente visível a formação de empolamento ou enrugamento da película. No caso das películas de tinta classificadas de 1 a 9, avaliou-se com a letra R a capacidade das mesmas recuperarem o seu aspeto inicial. Se forem avaliadas com classificação 10, será atribuída a letra S caso as películas de tinta apresentem amolecimento.

3.2.21. Reologia

A reologia pode ser definida como a ciência que estuda a deformação e o fluxo de matéria quando submetida a tensões, sob determinadas condições termodinâmicas ao longo de um intervalo de tempo. Inclui propriedades como viscosidade, plasticidade e elasticidade. (Malkin & Isayev, 2006).

A reologia das películas de tinta foi determinada segundo a norma EN ISO 3219:1994.

3.2.22. Resistência ao polimento em seco e em húmido da película de tinta

De forma a avaliar a resistência ao polimento em seco e em húmido da película de tinta, seguiram-se normas internas (NCIN). Os resultados foram expressos em percentagem de variação de brilho a 85°.

3.2.23. Compatibilidade e flutuação de cor de bases

A avaliação da compatibilidade e flutuação de cor de bases tintométricas com respetivos corantes foi realizada de acordo com uma norma interna (NCIN). Ao nível da compatibilidade, os resultados foram expressos segundo a seguinte escala: 1- Incompatível (diferença de cor) ou 2 – Compatível (sem diferença de cor).

3.2.24. Temperatura mínima de formação de película

A temperatura mínima de formação de película, *TMFP*, corresponde à temperatura limite acima da qual se forma uma película homogénea.

Para tal, seguiu-se a norma ISO 2115:1996, numa gama de temperaturas entre os -5 °C e 13 °C.

3.2.25. Tensão de película

A tensão de película foi determinada segundo uma norma interna (NCIN) e os resultados expressos numa escala de 0 (película isenta de curvatura – nenhuma tensão de película) a 5 (película toda enrolada – tensão máxima de película).

3.2.26. Avaliação da resistência à pegajosidade de uma película de tinta (*Blocking*)

De forma a avaliar a tendência de uma superfície pintada apresentar pegajosidade indesejável, quando é promovido o contacto entre duas películas de tinta durante um determinado período de tempo (1 e/ou 7 dias) foi seguida uma norma interna (NCIN).

Os resultados foram registados numa escala de 1 (não cola; não se ouve som durante a separação) a 5 (destacamento da tinta da carta).

3.2.27. Resistência à esfrega húmida e lavabilidade de revestimentos por pintura

A resistência à esfrega húmida e da lavabilidade de revestimentos por pintura foi determinada através da NP EN ISO 11998:2012. Os resultados foram expressos em μm secos e representam a perda média na espessura seca da película de tinta.

3.2.28. Resistência UV-A

Para determinar a resistência à radiação ultravioleta A (UVA) seguiu-se a norma ISO 16474-3. A película de tinta é sujeita à radiação UVA através de lâmpadas fluorescentes. Ao longo de 1500 h, semanalmente, são verificadas algumas características, tais como o índice de brancura e amarelecimento, fissuração, pulverulência e empolamento.

3.2.29. Resistência ao exterior

A resistência ao exterior foi realizada de acordo com a NP EN ISO 2810:2007. Durante um determinado período de tempo são examinados sinais de danos na película de tinta.

CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente capítulo serão primeiramente apresentados e discutidos os resultados obtidos relativamente ao desenvolvimento e caracterização dos *slurries* estudados. De seguida, num segundo subcapítulo, serão apresentados os valores obtidos para os diferentes ensaios de caracterização realizados às tintas fabricadas com os respetivos *slurries*. Por sua vez, esses valores serão comparados com os valores das tintas realizadas do modo convencional.

Num terceiro subcapítulo irão ser exibidos os tempos de produção das tintas fabricadas do modo convencional e os tempos de produção das mesmas tintas fabricadas através da produção modular.

Por fim, será efetuada uma análise económica comparativa entre os custos de produção das tintas fabricadas tradicionalmente e com a produção modular.

4.1. Desenvolvimento e caracterização de *slurries*

Numa fase inicial, foram definidos entre o departamento técnico e produção quais os *slurries* que iriam ser desenvolvidos para mais tarde serem incorporados nas tintas. Selecionaram-se dois *slurries* de espessantes celulósicos, denominados ao longo do texto por EC1 e EC2, dois de pigmentos, denominados por P1 e P2 e três de cargas, sendo denominados por C1, C2 e C3. A otimização de todos os *slurries* foi realizada com base na quantidade e tipo de dispersante e também na quantidade de sólidos dispersos. É importante salientar que quanto maior for a percentagem de sólidos incorporados em cada *slurry*, menor a percentagem de água retirada da formulação da tinta onde irão ser incorporados esses *slurries*. No processo de otimização também foi tida em conta a facilidade de dispersão e estabilidade dos *slurries*, bem como as características da tinta final onde irão ser incorporados. No processo de otimização foram realizadas várias versões (vs.) de cada *slurry*. Note-se, que para os *slurries* de espessantes celulósicos em vez de ser medido o grau de dispersão foi verificado o aspeto em vidro. Na tabela 2 encontram-se descritas as principais características dos *slurries* otimizados.

Relativamente a EC1, foi decidido que 4 % seria a percentagem inicial de sólidos a dispersar. Com esta percentagem conseguiu-se dispersar o espessante celulósico, tentando-se de seguida aumentar a percentagem para 4,5 % e 5 % nas versões seguintes. Com estas percentagens foi

Tabela 2 – Características dos *slurries* otimizados, onde *GDD* – Grau de dispersão, *AV* – Aspeto em vidro, V_s – Viscosidade *Brookfield*, *t* – tempo de dispersão, *RPM* – Rotações por minuto, S_{24} – Sedimentação em 24 h e S_{48} – Sedimentação em 48 h

<i>Slurry</i>	Característica							
	<i>GDD/Hegman</i>	<i>AV</i>	pH	V_s/P	<i>t/min</i>	<i>RPM</i>	S_{24}/cm	S_{48}/cm
EC1 vs.1 (4%)	-	2	8,8	281,0 (sp7/50RPM)	20	4500	0	0
EC2 vs.2 (3%)	-	2	7,0	374,0 (sp7/50RPM)	20	3000	0	0
P1 vs.12 (75%)	6	-	8,0	12,2 (sp4/100RPM)	20	1500	0	0
P2 vs.11 (62%)	7	-	7,0	9,4 (sp4/100RPM)	20	1500	0	0
C1 vs.18 (75%)	4	-	9,2	30,5 (sp3/10RPM)	20	3000	0	0,1
C2 vs.11 (55%)	5	-	9,3	6,22 (sp3/100RPM)	20	3000	0	0
C3 vs.16 (75%)	4	-	8,9	72,2 (sp6/50RPM)	30	7500	0	0

possível dispersar o espessante, no entanto a incorporação de ar foi maior comparativamente ao *slurry* com 4 % de sólidos. Sendo esta uma característica prejudicial para o produto final, a versão com 4 % de sólidos foi a selecionada para se prosseguir com os ensaios (ver tabela A1 do anexo I). Foi necessária a aplicação de rotações elevadas, 4335 por minuto, durante 20 min para se obter uma boa dispersão. O pH obtido foi o esperado, uma vez que os *slurries* apresentam pH ligeiramente alcalino devido às matérias primas que entram na sua composição. Para a determinação da viscosidade *Brookfield*, selecionou-se o *spindle 7* (sp7) a 50 RPM. Após o fabrico do *slurry*, este foi colocado num frasco e verificada a sedimentação, medida em centímetros (cm), ao fim de 24 e 48 h. Verificou-se que não ocorreu sedimentação no tempo indicado.

A percentagem inicial de sólidos de EC2 foi 4 % (ver tabela A2 do anexo I). Nesse caso, e uma vez que se tratava de um espessante celulósico de maior peso molecular do que o EC1, a dispersão foi realizada com dificuldade porque a mistura se apresentava bastante espessa. Devido a esse

facto, reduziu-se a percentagem de sólidos para 3 %, sendo essa a percentagem final escolhida. Relativamente ao aspeto em vidro e tendo em conta os resultados da tabela 2, não foram verificadas partículas. O valor de pH obtido foi 7 e o valor de viscosidade *Brookfield*, com sp7 e 50 RPM, foi 374 P. Todos os valores alcançados estão de acordo com o esperado. Tal como para EC1, em EC2 não ocorreu sedimentação. As rotações usadas em EC2 foram inferiores às utilizadas em EC1, para o mesmo tempo de dispersão, 20 min.

No que respeita a P1, inicialmente a percentagem de sólidos escolhida foi 70 %, ver tabela A3 do anexo I. Nessa percentagem, o *slurry* apresentava baixa viscosidade mesmo depois da adição de aditivos reológicos. Deste modo, optou-se por aumentar a percentagem de sólidos para 75 %. Assim sendo, foram experimentadas várias quantidades e tipos de dispersantes, bem como algumas combinações entre eles, de forma a obter um *slurry* consistente, estável e sobretudo, que não alterasse as características da tinta onde iria ser incorporado. Desse modo selecionou-se o *slurry* P1 vs.12, apresentado na tabela 2. No caso dos *slurries* de pigmento e cargas, definiu-se inicialmente que o grau de dispersão mínimo aceitável seria 4 *Hegman* uma vez que as tintas onde estes irão ser aplicados têm precisamente um grau de dispersão de 4 *Hegman*. Para esse *slurry*, o grau de dispersão determinado foi igual a 6 *Hegman*, estando assim de acordo com o definido para este parâmetro. A viscosidade *Brookfield* obtida, com sp4 e 100 RPM, foi 12,2 P. Neste caso utilizou-se um *spindle* com número inferior ao utilizado nos espessantes celulósicos uma vez que a mistura é mais líquida. Também devido à viscosidade do *slurry*, as rotações usadas na dispersão foram mais baixas, cerca de 1500 por minuto. A dispersão ocorreu durante 20 min e não foram registadas dificuldades durante o processo de fabrico. Não foi verificada formação de sedimento às 24 e 48 h.

Quanto ao *slurry* P2, a percentagem de sólidos inicialmente estudada foi de 70 %, tal como em P1, ver tabela A4 do anexo I. No entanto, com 70 % de sólidos não ocorreu dispersão, tendo sido por isso a percentagem diminuída para 60 %. A partir dessa percentagem experimentaram-se outras condições de fabrico, tendo em conta os dispersantes utilizados. Obteve-se na versão final, um *slurry* com 62 % de sólidos, cujas características estão apresentadas na tabela 2. O valor de pH obtido foi de encontro ao esperado. O grau de dispersão alcançado também se encontra dentro do esperado, indicando assim boa qualidade de dispersão. A viscosidade *Brookfield* obtida foi 9,4 P, semelhante a P1, pois ambas as misturas apresentam viscosidades bastante baixas. A

dispersão foi mais difícil comparativamente ao *slurry* P1, devido às características de superfície do pigmento usado em P2. Não foi verificada sedimentação ao fim de 24 e 48 h.

Relativamente a C1, depois do processo de otimização concluído, a percentagem final de sólidos foi 75 %, ver tabela A5 do anexo I. Analisando a tabela 2, o grau de dispersão obtido foi 4 *Hegman*. O valor de pH é básico, encontrando-se dentro do expectável. Tratando-se de uma mistura final pouco viscosa, foi utilizado o *spindle* 3 a 10 RPM para medição de viscosidade *Brookfield*. A dispersão ocorreu a 3000 RPM durante 20 min. As rotações elevadas deveram-se à alta viscosidade verificada inicialmente e que foi diminuindo durante o processo de fabrico. Após 24 h, não ocorreu sedimentação, mas ao fim de 48 h verificou-se a existência de 0,1 cm de sedimento facilmente homogeneizável.

No que respeita ao *slurry* C2, definiu-se que 60 % seria a percentagem inicial de sólidos, tal como indica a tabela A6 do anexo I. Devido à difícil dispersão acompanhada da elevada sinérese observada, foram realizadas alterações na formulação do *slurry*. Assim sendo, obteve-se o *slurry* C2 vs.11, com 55 % de sólidos, apresentado na tabela 2. O grau de dispersão obtido foi de 5 *Hegman* e a viscosidade *Brookfield* foi de 6,2 P. A dispersão ocorreu durante 20 min, a 3000 RPM, devido à elevada viscosidade da mistura. Não foi registada formação de sedimento.

O *slurry* C3 é constituído por uma mistura de cargas com a mesma natureza química mas tamanhos diferentes e teve como objetivo substituir um *slurry* comprado pela empresa. Tal como em todos os outros, ocorreu um processo de otimização, ver tabela A7 do anexo I. Desse processo resultou um *slurry* com 75 % de sólidos. Através da tabela 2, verificou-se que o grau de dispersão, igual a 4 *Hegman*, cumpre mais uma vez o mínimo definido. Uma vez que a mistura é bastante viscosa, a dispersão foi realizada com alguma dificuldade. O *spindle* utilizado para a medição da viscosidade *Brookfield* e a utilização de elevadas rotações (7600 por minuto) refletem a elevada viscosidade da mistura. Neste caso, o tempo de dispersão foi 30 min, superior ao tempo dos outros *slurries*. Em última análise, verificou-se que não houve sedimentação nos tempos indicados na tabela 2.

Findo o processo de seleção dos *slurries*, anteriormente mencionados e caracterizados, estes foram colocados em estabilidade à temperatura ambiente, $T_{amb.}$, e a 50 °C durante 30 dias. A estabilidade a 50 °C permite-nos acelerar resultados que de outra forma só seriam possíveis de obter ao fim de alguns meses à temperatura ambiente. Desta forma, ficamos com uma indicação

do comportamento do produto a longo prazo. O registo das alterações observadas foi realizado a cada 8 dias, até serem completados os 30 dias de estabilidade.

Na tabela 3 está descrito o comportamento de EC1 durante um período de tempo (t) de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C.

Pela análise da mesma tabela verifica-se que não existem oscilações comportamentais ao longo do tempo em estudo de avaliação, tanto à temperatura ambiente como a 50 °C. O *slurry* permaneceu isento de ar e de sedimento durante os 30 dias. Assim, considerou-se o *slurry* estável, uma vez que a mistura não sofreu alterações ao longo do tempo.

Por sua vez, o estudo de estabilidade de EC2, à temperatura ambiente e a 50 °C, ao longo de 30 dias, encontra-se exposto na tabela 4.

Pela análise da tabela 4, foi observado um comportamento muito similar ao de EC1, exceto nos primeiros 15 dias à temperatura ambiente. Nesse caso, foi verificada presença de ar na mistura, que foi sendo libertado com o decorrer do tempo.

Tabela 3 – Estabilidade do *slurry* EC1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C

t /dias	T /°C	Observações
8	$T_{amb.}$	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
	50	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
15	$T_{amb.}$	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
	50	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
21	$T_{amb.}$	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
	50	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
30	$T_{amb.}$	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
	50	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia

Tabela 4 – Estabilidade do *slurry*EC2 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C

<i>t</i> /dias	<i>T</i> /°C	Observações
8	<i>T amb.</i>	Presença de ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
	50	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
15	<i>T amb.</i>	Presença de ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
	50	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
21	<i>T amb.</i>	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
	50	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
30	<i>T amb.</i>	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia
	50	Sem ar; sem sedimento; homogeneização intermédia

Tabela 5 – Estabilidade do *slurry*P1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C

<i>t</i> /dias	<i>T</i> /°C	Observações
8	<i>T amb.</i>	Sem sinérese; sem sedimento; ar; mistura pouco viscosa; fácil homogeneização
	50	Sinérese; ar; sedimento (0,8 cm); mistura viscosa; homogeneização intermédia
15	<i>T amb.</i>	Sem sinérese; sem sedimento; ar; pequenos grumos; mistura pouco viscosa; fácil homogeneização
	50	Aspeto tipo gelificado
21	<i>T amb.</i>	Sem sinérese; sedimento (0,1 cm); ar; pequenos grumos; mistura viscosa; homogeneização intermédia
	50	Aspeto tipo gelificado
30	<i>T amb.</i>	Sem sinérese; sedimento (0,2 cm); ar; grumos; mistura viscosa; homogeneização intermédia
	50	Aspeto tipo gelificado

Relativamente aos resultados de estabilidade de P1, exibidos na tabela 5, constatou-se que ao longo do tempo, à temperatura ambiente, não ocorreu sinérese da mistura e que a viscosidade aumentou do 15º para o 21º dia, a partir da qual se manteve constante. Também se verificou o aparecimento de grumos ao fim de 15 dias que desapareceram após homogeneização. Ainda à mesma temperatura, o *slurry* inicialmente sem sedimento, começou a sedimentar ao 21º dia. No entanto, a quantidade de sedimento revelou-se insignificante. A 50 °C verificou-se um agravamento da sedimentação, chegando mesmo a ficar com uma consistência tipo “gelificado” ao fim de 15 dias. Este resultado demonstra que o produto não é estável a longo prazo.

Relativamente a P2, de acordo com a tabela 6, pode afirmar-se que o comportamento do *slurry* é idêntico à temperatura ambiente e a 50 °C, durante o período de estabilidade. Visto ser uma mistura líquida, a homogeneização foi realizada sem dificuldades, em ambas as temperaturas. A essas temperaturas, ocorreu formação de grumos a partir do 21º dia. No entanto, esses desfizeram-se quando se procedeu à homogeneização da mistura. Analisando as alterações ocorridas à temperatura ambiente, constatou-se que a formação de sinérese foi aumentando e a formação de sedimento só ocorreu ao 30º dia.

Tabela 6 – Estabilidade do *slurry* P2 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C

<i>t</i> /dias	<i>T</i> /°C	Observações
8	<i>T amb.</i>	Pouca sinérese; sem sedimento; fácil homogeneização
	50	Pouca sinérese (< <i>T amb.</i>); sem sedimento; fácil homogeneização
15	<i>T amb.</i>	Pouca sinérese; sem sedimento; fácil homogeneização
	50	Pouca sinérese; sem sedimento; fácil homogeneização
21	<i>T amb.</i>	Sinérese; sem sedimento; grumos; fácil homogeneização
	50	Pouca sinérese; sem sedimento; grumos; fácil homogeneização
30	<i>T amb.</i>	Sinérese; sedimento (0,2 cm); grumos; fácil homogeneização
	50	Pouca sinérese; sedimento (0,1 cm); grumos; fácil homogeneização

Por outro lado, a 50 °C, a quantidade de sinérese manteve-se constante e a formação de sedimento, tal como na temperatura ambiente, ocorreu ao 30º dia do ensaio.

Na tabela 7 encontram-se os resultados relativos à estabilidade de C1. Verificou-se que as alterações ocorridas são similares para as duas temperaturas em questão. A formação de sinérese ocorreu no início do período de estabilidade, mantendo-se nos restantes dias, sendo mais elevada no 30º dia. Nesse caso, tratando-se de uma carga, com sólidos de peso molecular elevado, foi verificada formação de sedimento no início do período de estabilidade, que aumentou de tamanho e consistência ao longo do tempo.

De acordo com a tabela 8, onde se encontram detalhados os resultados de estabilidade de C2, verifica-se que o *slurry* apresenta um comportamento constante ao longo do tempo.

Na tabela 9 encontram-se expostos os resultados relativos à estabilidade de C3.

Tabela 7 – Estabilidade do *slurry* C1 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C

<i>t</i> /dias	<i>T</i> /°C	Observações
8	<i>T amb.</i>	Pouca sinérese; sedimento (0,5cm); fácil homogeneização
	50	Sinérese; sedimento (0,7cm); fácil homogeneização
15	<i>T amb.</i>	Sinérese; mistura "peganhenta"; sedimento (1 cm); fácil homogeneização
	50	Sinérese; mistura muito "peganhenta"; sedimento (1,5 cm); homogeneização intermédia
21	<i>T amb.</i>	Sinérese; sedimento (1,1 cm); homogeneização intermédia
	50	Sinérese; sedimento (1,6 cm); homogeneização intermédia
30	<i>T amb.</i>	Elevada sinérese; sedimento duro; difícil homogeneização
	50	Elevada sinérese; sedimento duro; difícil homogeneização

Tabela 8 – Estabilidade do *slurry* C2 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C

<i>t</i> /dias	<i>T</i> /°C	Observações
8	<i>T amb.</i>	Sinérese; sem sedimento; fácil homogeneização
	50	Pouca sinérese; sem sedimento; fácil homogeneização
15	<i>T amb.</i>	Pouca sinérese; sem sedimento; fácil homogeneização
	50	Pouca sinérese; sem sedimento; fácil homogeneização
21	<i>T amb.</i>	Pouca sinérese; sem sedimento; fácil homogeneização
	50	Sinérese; sem sedimento; homogeneização intermédia
30	<i>T amb.</i>	Pouca sinérese; sem sedimento; homogeneização intermédia
	50	Sinérese; sem sedimento; homogeneização intermédia

Tabela 9 – Estabilidade do *slurry* C3 ao longo de 30 dias, à temperatura ambiente e a 50 °C

<i>t</i> /dias	<i>T</i> /°C	Observações
8	<i>T amb.</i>	Mistura pastosa; sem sinérese; sem sedimento; homogeneização intermédia
	50	Mistura pastosa (> <i>T amb.</i>); pouca sinérese; sem sedimento; homogeneização intermédia
15	<i>T amb.</i>	Mistura pastosa; sinérese; sedimento (0,1 cm); homogeneização intermédia
	50	Aspeto tipo gelificado
21	<i>T amb.</i>	Mistura pastosa; sinérese; sedimento (0,2 cm); ar; homogeneização intermédia
	50	Aspeto tipo gelificado
30	<i>T amb.</i>	Mistura pastosa; sinérese; sedimento (0,4 cm); homogeneização intermédia
	50	Aspeto tipo gelificado

Pela análise da tabela 9 observa-se que o *slurry* C3, à temperatura ambiente, manteve a consistência “pastosa” ao longo do tempo de ensaio, dificultando assim o processo de homogeneização. Inicialmente, não foi observada sinérese, sendo esta observada a partir do 15º dia, mantendo-se até ao final. A formação de sedimento aumentou com o decorrer do tempo. A 50 °C, a partir do 15º dia, a mistura ficou com uma consistência tipo “gelificado” verificando-se assim que este *slurry* apresenta menor estabilidade acelerada que C1 ou C2.

Por fim, ainda relativamente à estabilidade dos *slurries*, foram medidos os valores de pH ao fim do tempo de estabilidade, à temperatura ambiente. Na tabela 10 encontram-se os valores de pH dos *slurries* desenvolvidos antes e depois do ensaio de estabilidade.

Pela análise da tabela 10, verificou-se de forma geral, que o pH diminuiu após os 30 dias de ensaio de estabilidade, à temperatura ambiente. Isto deve-se ao facto de haver alguma evaporação da solução usada para tornar o pH alcalino. No entanto, os valores de pH de EC2, P1 e C3 permaneceram inalterados.

Tabela 10 – Valores de pH dos *slurries*, antes e após o período de estabilidade, à temperatura ambiente

		<i>Slurry</i>						
		EC1 vs.1 (4%)	EC2 vs.2 (3%)	P1 vs.12 (75%)	P2 vs.11 (62%)	C1 vs.18 (75%)	C2 vs.11 (55%)	C3 vs.16 (75%)
pH	Antes de estabilidade	8,8	7,0	8,0	7,0	9,2	9,3	8,9
	Após estabilidade	7,9	6,9	8,1	6,7	9,0	9,1	9,0

4.2. Desenvolvimento e caracterização de tintas

Após otimização e caracterização dos *slurries* selecionados, procedeu-se à incorporação dos mesmos nas tintas selecionadas. As tintas fabricadas por produção modular serão designadas por A, B e C e os padrões respetivos (fabricados por fabrico convencional) por P_A, P_B e P_C.

Na tabela 11 estão descritos quais os *slurries* que constituem cada tinta selecionada.

A formulação das tintas foi ajustada para permitir a introdução dos *slurries* sem alterar a percentagem de sólidos e restante composição quantitativa da tinta.

As tintas foram produzidas, caracterizadas e otimizadas com os *slurries* desenvolvidos previamente. O processo de otimização contínuo entre *slurry*-tinta e tinta-*slurry* foi realizado até ser obtida uma tinta, cujas características finais fossem similares às da tinta obtida pelo modo convencional.

Tabela 11 – *Slurries* incorporados nas tintas A, B e C

	Tinta A	Tinta B	Tinta C
<i>Slurries</i>	EC2, C3	EC2, P1, C3	EC1, P1, C2, C3

Os *slurries* P2 e C1 apesar de desenvolvidos e caracterizados não entraram nas tintas estudadas e apresentadas neste projeto.

4.2.1. Caracterização da tinta A

Durante o processo de otimização da tinta A, foram tidas em consideração características como o pH, viscosidade *Stormer*, opacidade seca, massa volúmica, brilho, *Yl*, e *Wl*. Sendo as três primeiras características as mais importantes, quando estas não se encontravam dentro dos valores especificados, comparativamente à tinta padrão, P_A , não foi sequer efetuada a medição das restantes características. Findo o processo de otimização e tendo em conta, prioritariamente a opacidade da tinta, selecionou-se a tinta A vs.24 (ver tabela A8 do anexo II). Procedeu-se então aos ensaios de caracterização mais exaustiva da tinta selecionada.

Na tabela 12 estão indicados os resultados obtidos para os ensaios de caracterização exaustiva da tinta A selecionada, 1 dia após o fabrico, realizados de acordo com requisitos de normas internacionais ou normas internas.

Analisando os valores da tabela 12, verificou-se que o valor de massa volúmica da tinta A foi inferior ao padrão. No entanto, apesar dessa diferença, o valor encontra-se dentro dos limites estabelecidos previamente. Os valores de pH obtidos, próximos entre si, foram o esperado.

As viscosidades cone e prato e *Stormer* na tinta A foram inferiores às da tinta P_A , no entanto dentro do intervalo de aprovação especificado para o tipo de tinta em questão.

Os valores de *Wl*, *Yl*, brilho e opacidade seca foram similares nas duas tintas reproduzidas.

A fim de alcançar uma opacidade seca de 98 %, obteram-se rendimentos bastante semelhantes, 4,8 e 4,4 para a tinta P_A e para a tinta A, respetivamente.

Tabela 12 – Valores obtidos para os diversos ensaios de caracterização exaustiva realizados às tintas reproduzidas pelo método convencional (Tinta P_A) e pelo método de produção modular (Tinta A)

Método de ensaio	Tinta P _A	Tinta A
Massa volúmica /g.mL ⁻¹	1,558	1,531
pH	8,7	8,9
Viscosidade <i>Stormer</i> /UK	105	115
Viscosidade cone e prato/P	1,2	1,8
Opacidade seca/%	85,8	85,1
Wl/%	84,5	83,2
Yl/%	2,4	2,8
Brilho (60°/85°)/U.B.	2,2/3,1	2,1/2,9
Rendimento 98 %/m ² .L ⁻¹	4,8	4,4
Resistência à fissuração de uma tinta para espessuras elevadas/ μ m	1000	900
Fissuração <i>Mudcracking</i>	5	5
Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos	Sem alteração da película de tinta	Sem alteração da película de tinta
Polimento prático/% de variação de brilho	Polimento em Seco: 30,8 Polimento em Húmido: degaste da película	Polimento em Seco: 38,5 Polimento em Húmido: 38,5
Manchamento prático	Desgaste da película	Desgaste da película
Resistência de uma película de tinta às cinzas	ΔE antes da lavagem: 3,7 ΔE após a lavagem: 2,8	ΔE antes da lavagem: 3,7 ΔE após a lavagem: 2,6
Resistência à esfrega húmida	Não resistente à lavagem e esfrega (17 ciclos)	Não resistente à lavagem e esfrega (120 ciclos)
<i>Surfactant leaching</i>	0/0/0	0/0/0
<i>Snail trails</i>	2/2/2/2	2/2/2/2
Resistência de uma película de tinta ao amoníaco	10S	10S
Resistência de uma película de tinta a água líquida	10S	10S

As tintas A e P_A mostraram-se resistentes à fissuração para espessuras elevadas, de acordo com a norma descrita em 3.2.12, visto que não foram observadas fissuras até 200 µm de espessura seca. Por sua vez, ambas as películas de tinta permaneceram isentas de fissuração e enrugamento, no ensaio de fissuração *Mudcracking*. Relativamente ao ensaio dos álcalis dos ligantes hidráulicos, findo o seu período, verificou-se que os provetes de argamassa aplicados com as duas tintas não apresentaram qualquer alteração em relação ao provete deixado como testemunho (ver figura A1, anexo II). Assim, concluiu-se que ambas as tintas reproduzidas são resistentes aos álcalis dos ligantes hidráulicos.

No ensaio do polimento prático, onde foi calculada a percentagem de variação de brilho, verificou-se que para o polimento em seco, os valores para ambas as tintas foram muito similares. Tal não aconteceu para o polimento em húmido, uma vez que a película de tinta P_A saiu e na tinta A, houve variação de brilho. Verificou-se assim, que a tinta A é mais resistente ao polimento prático do que a tinta padrão. No ensaio de manchamento prático, após remoção das nódoas com o detergente neutro, a película de tinta saiu em ambas as tintas aplicadas numa placa de gesso cartonado.

De acordo com os dados da tabela 12, verificou-se que a película das tintas P_A e A apresentaram uma resistência às cinzas orgânicas semelhante, vista a equidade dos valores de ΔE obtidos, antes e após a lavagem. Este resultado revela que a introdução dos *slurries* não torna a película de tinta mais pegajosa, não aumentando assim o risco de reter mais sujidades.

Com a realização do ensaio de resistência à esfrega húmida concluiu-se que as tintas reproduzidas não são resistentes à lavagem nem à esfrega húmida, visto que foram verificadas falhas de tinta na área da película sujeita ao mecanismo de esfrega. Apesar disso, a tinta A resistiu a um maior número de ciclos, nomeadamente a 120 ciclos, enquanto que a tinta P_A só resistiu a 17 ciclos. Os resultados dos ensaios de *surfactant leaching* e *snail trails* foram os mesmos para as duas tintas reproduzidas. De acordo com o descrito nos pontos 3.2.20 e 3.2.21, as películas de tinta não sofreram alteração, sendo assim resistentes à lixiviação de surfactantes e, para além disso, não apresentaram alteração de brancura, quando sujeitas ao manchamento com água.

Em última análise à tabela 12, verificou-se que tanto a película de tinta P_A como a película de tinta A são resistentes ao amoníaco e à água líquida, apresentando igualmente amolecimento da

película de tinta. Isto revela que a introdução dos *slurries* não influencia negativamente a sensibilidade da película à água.

4.2.1.1. Reologia

As reologias realizadas às películas de tinta P_A e A tiveram como objetivo comparar o comportamento de viscosimetria entre ambas. A figura 4, apresenta o gráfico obtido relativo ao estudo do comportamento reológico das tintas reproduzidas.

Interpretando a figura 4, verificou-se que a tinta A apresentou uma curva reológica paralela à da tinta P_A. Apesar da curva da tinta A estar ligeiramente abaixo da tinta P_A, os ensaios laboratoriais e práticos efetuados revelam uma performance semelhante entre as duas tintas.

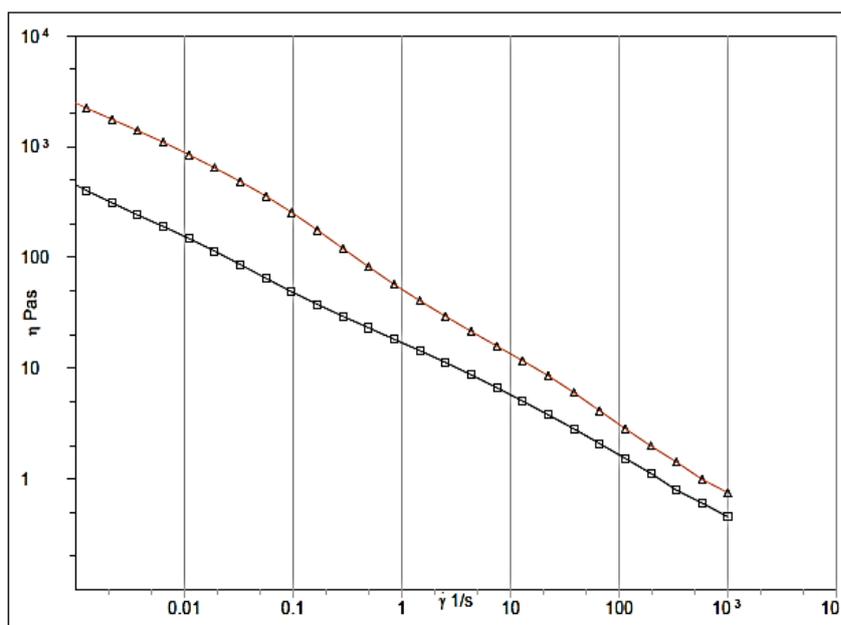


Figura 6 – Estudo da viscosimetria nas películas de tinta P_A (cor de laranja) e A (preto) (reproduzido de um programa da empresa).

4.2.1.2. Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo

De forma a avaliar a aplicação de uma tinta quando aplicada a rolo, aplicaram-se em placas de gesso cartonado as duas tintas em estudo, uma ao lado da outra (ver figura A2, anexo II). A avaliação foi realizada com base em algumas características, tais como, aplicabilidade, opacidade seca, brancura, espalhamento e aspeto de película, apresentadas na tabela 13.

Tabela 13 – Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado, das tintas P_A e A

Característica	Tinta P _A	Tinta A
Aplicabilidade	4	4
Opacidade seca	3	2,5
Brancura	4	4
Espalhamento	3	2,5
Aspetto de película	3	3

Pela análise da tabela 13, e de acordo com a avaliação referenciada em 3.2.14, de forma geral, constatou-se que a avaliação de ambas as tintas foi muito idêntica. No entanto, a tinta A apresentou ligeiramente pior espalhamento e opacidade seca.

4.2.1.3. Estabilidade acelerada

O ensaio de estabilidade acelerada decorreu durante 30 dias a 50 °C, e os resultados das características obtidas, no final desse período de tempo, estão descritos na tabela 14. Na mesma tabela também se encontram os resultados obtidos 1 dia após o fabrico das tintas P_A e A, em jeito de comparação com as obtidas após o ensaio de estabilidade.

De acordo com os resultados da tabela 14, verificou-se, no âmbito geral, equidade nos valores obtidos antes e após o ensaio de estabilidade acelerada, para as duas tintas estudadas.

Tabela 14 – Resultados obtidos antes e após o ensaio de estabilidade acelerada das tintas P_A e A

Método de ensaio	Tinta P _A		Tinta A	
	Antes de estabilidade	Após estabilidade	Antes de estabilidade	Após estabilidade
Aspetto físico	2	2	2	2
Aspetto de película	2	2	2	2
Viscosidade <i>Stormer/UK</i>	105	130	115	135
Viscosidade cone e prato/P	1,2	1,2	1,8	1,8
Opacidade seca/%	85,8	86,3	85,1	84,7
<i>W/</i> %	84,5	84,3	83,2	82,8
<i>Y/</i> %	2,4	2,8	2,8	3,2
pH	8,7	7,7	8,9	8,0
Sinérese	Sem sinérese	Sem sinérese	Sem sinérese	Pouca sinérese
Brilho (60°/85°)/ <i>U.B.</i>	2,2/3,1	2,4/3,8	2,1/2,9	2,2/2,8

Quanto ao aspeto físico, aspeto de película e viscosidade cone e prato não houve alteração dos valores antes e após estabilidade das tintas P_A e A. Os valores de opacidade seca, W e Y , mantiveram-se bastante próximos, após estabilidade. Do mesmo modo, para as duas tintas reproduzidas, os valores de brilho obtidos, após estabilidade, não foram muito diferentes, quando comparados com os valores obtidos antes de estabilidade.

Relativamente ao pH, este diminuiu em ambas as tintas, sendo essa diminuição pouco significativa. A diferença mais significativa foi observada nos valores de viscosidade *Stormer* que aumentou bastante, após os 30 dias de estabilidade. No entanto, esse aumento deu-se tanto na tinta padrão, como na tinta experimental.

Por último, na tinta P_A , não houve formação de sinérese, enquanto que na tinta A, ocorreu formação da mesma, sendo essa em pequena quantidade.

Tal como esperado, todos os resultados referentes à caracterização exaustiva da tinta A, em comparação com a tinta padrão, P_A , no geral, foram idênticos.

4.2.2. Caracterização da tinta B

Findo o processo de otimização, tendo em conta o pH, viscosidade *Stormer*, massa volúmica, brilho, Y , W e opacidade seca, a tinta B final obtida foi a versão 6 (ver tabela A9, anexo II).

Na tabela 15 estão representados os valores dos resultados obtidos para os métodos de ensaio necessários à caracterização da tinta B reproduzida. A avaliação desses resultados foi realizada em comparação com os resultados da tinta padrão reproduzida (P_B), encontrados na mesma tabela.

Pela análise da tabela 15, constatou-se que no geral, os valores alcançados foram semelhantes nas duas tintas reproduzidas, estando assim de acordo com o expectável.

Uma vez que foram registadas espessuras superiores a 200 μm secos para o ensaio de resistência à fissuração para espessuras elevadas, ambas as tintas são resistentes a espessuras elevadas. As películas de tinta permaneceram isentas de fissuração e enrugamento, no ensaio de fissuração *Mudcracking*.

Tabela 15 – Valores obtidos para os diversos ensaios de caracterização exaustiva realizados às tintas reproduzidas pelo método convencional (Tinta P_B) e pelo método de produção modular (Tinta B)

Método de ensaio	Tinta P _B	Tinta B
Massa volúmica /g.mL ⁻¹	1,555	1,548
pH	8,8	8,8
Viscosidade <i>Stormer</i> /UK	109	106
Viscosidade cone e prato/P	1,3	1,5
Opacidade seca/%	90,8	89,6
Wl/%	84,5	83,3
Yl/%	2,3	2,9
Brilho (60°/85°)/U.B.	2,3/3,1	2,3/3,5
Rendimento 98 %/m ² .L ⁻¹	6,6	5,9
Resistência à fissuração de uma tinta para espessuras elevadas/ μ m	800	1000
Fissuração <i>Mudcracking</i>	5	5
Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos	Sem alteração da película de tinta	Sem alteração da película de tinta
Polimento prático/% de variação de brilho	Polimento em Seco: 9,1 Polimento em Húmido: desgaste da película	Polimento em Seco: 9,5 Polimento em Húmido: 24,0
Manchamento prático	Desgaste da película	Desgaste da película
Resistência de uma película de tinta às cinzas	ΔE antes da lavagem: 3,7 ΔE após a lavagem: 0,9	ΔE antes da lavagem: 3,9 ΔE após a lavagem: 1,2
Resistência à esfrega húmida	Não resistente à lavagem e esfrega (20 ciclos)	Não resistente à lavagem e esfrega (200 ciclos)
Resistência de uma película de tinta ao amoníaco	10S	9R
Resistência de uma película de tinta a água líquida	10S	9R
Resistência ao polimento em seco da película de tinta/% de variação de brilho	50,7	37,5
Resistência ao polimento em húmido da película de tinta/% de variação de brilho	Desgaste da película	45,5

Do mesmo modo, tal como pode ser observado na figura A3 do anexo II, não foram verificadas diferenças entre os provetes do ensaio de resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos, revelando-se assim resistentes à alcalinidade.

No ensaio do polimento prático, a variação de brilho observada no polimento em seco foi semelhante para a tinta P_B e B. Tal não se verificou no polimento em húmido, uma vez que durante a realização deste ensaio, a película de tinta P_B saiu e na tinta B esta permaneceu, registando-se uma variação de brilho de 24 %. Concluiu-se que a película de tinta B, neste ensaio, mostrou ser mais resistente comparativamente a P_B. Adicionalmente, no manchamento prático a película de tinta sofreu desgaste em ambos os casos.

A diferença de cor, lida no espectrofotómetro, foi semelhante nas duas tintas antes da lavagem das cinzas orgânicas. O mesmo não aconteceu após a lavagem das mesmas, sendo a película da tinta P_B ligeiramente mais resistente às cinzas orgânicas, visto que o valor de ΔE foi inferior ao da tinta B.

No ensaio de esfrega húmida, concluiu-se que as duas tintas reproduzidas não são resistentes à lavagem nem à esfrega, uma vez que o número de ciclos registados foi inferior a 1000. No entanto, o número de ciclos obtido para tinta B foi superior ao da tinta P_B.

Verificou-se que a tinta padrão apresenta uma resistência ao amoníaco e à água líquida, um pouco superior à tinta B, que ao fim de 9 min de ensaio apresenta empolamento da película, recuperando o seu aspeto inicial ao fim de 24 h. Esta diferença entre a tinta B e P_B não é muito significativa nem relevante para o produto em questão.

Neste processo de caracterização exaustiva, também foram realizados os ensaios laboratoriais de resistência ao polimento em seco e em húmido. Para o primeiro, a variação de brilho, a 85°, na tinta P_B foi ligeiramente superior à observada na tinta B. Para o segundo, assistiu-se a um desgaste completo da película de tinta P_B, quando submetida aos mecanismos do ensaio de polimento. Contrariamente, na tinta B, não se registou desgaste da película e a variação de brilho foi de 45,5 %. Concluiu-se, que a tinta B é mais resistente ao ensaio do polimento em húmido.

4.2.2.1. Reologia

O estudo da viscosimetria da tinta P_B e B foi realizado e os resultados obtidos encontram-se na figura 5.

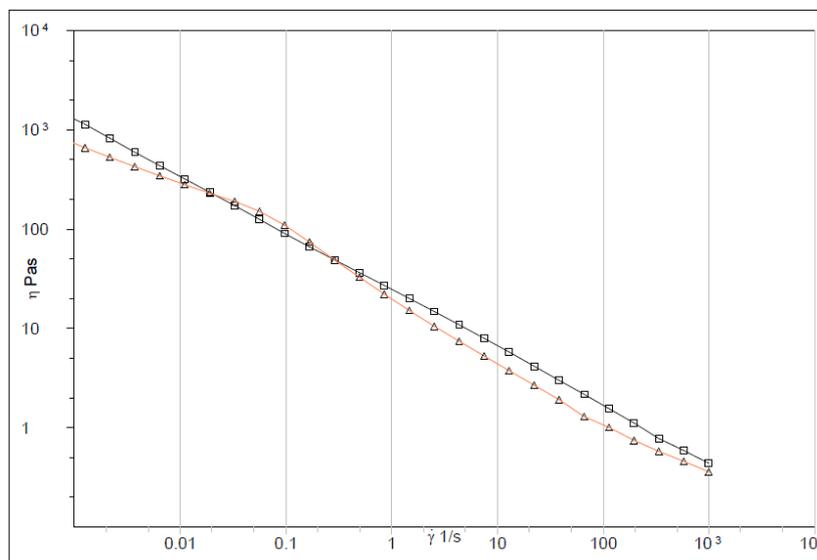


Figura 7 – Estudo da viscosimetria nas películas de tinta P_B (preto) e B (cor de laranja) (reproduzido de um programa da empresa).

Verificou-se, através da figura 5, que o comportamento reológico observado é bastante similar nas duas tintas reproduzidas, tal como esperado. Por isso, não será expectável verificar diferentes desempenhos entre elas nos ensaios de aplicação prática.

4.2.2.2. Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo

Um outro ensaio realizado às tintas em questão foi a aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo sobre uma placa de gesso cartonado previamente isolado com um primário adequado (ver figura A4, anexo II), sendo que os resultados estão expostos na tabela 16. Para tal, foram tidas em conta características como aplicabilidade, opacidade seca, brancura, espalhamento, aspeto de película e formação de ar.

Os resultados obtidos para as diferentes características avaliadas foram os mesmos em ambas as tintas, à exceção da formação de ar, que foi ligeiramente pior na tinta P_B. Foram registadas algumas observações relativas à tinta B, sendo que após secagem esta apresentou um toque mais suave, comparativamente à tinta padrão.

Tabela 16 – Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado, das tintas P_B e B

Característica	Tinta P _B	Tinta B
Aplicabilidade	4	4
Opacidade seca	2	2
Brancura	4	4
Espalhamento	2	2
Aspetto de película	2	2
Formação de ar	1	1,5

4.2.2.3. Estabilidade acelerada

Por último, as tintas P_B e B foram colocadas em estabilidade durante 30 dias à temperatura de 50 °C. Após o fim da estabilidade foram realizados os ensaios, previamente definidos, para as tintas em questão. Os resultados desses ensaios foram comparados com os obtidos 1 dia após a reprodução das mesmas tintas. Na tabela 17 estão descritos os valores obtidos antes e após estabilidade.

Pela análise da mesma tabela, verificou-se que a viscosidade *Stormer* aumentou na tinta P_B. Por sua vez, houve formação de sinérese após os 30 dias e diminuição do pH. Para os restantes valores não foram verificadas alterações significativas.

Tabela 17 – Resultados obtidos antes e após o ensaio de estabilidade acelerada das tintas P_B e B

Método de ensaio	Tinta P _B		Tinta B	
	Antes de estabilidade	Após estabilidade	Antes de estabilidade	Após estabilidade
Aspetto físico	2	2	2	2
Aspetto de película	2	2	2	2
Viscosidade <i>Stormer</i> /UK	109	133	106	101
Viscosidade cone e prato/P	1,3	1,5	1,5	1,5
Opacidade seca/%	90,8	91,5	89,6	86,6
Wl/%	84,5	85,1	83,3	85,8
Yl/%	2,3	2,6	2,9	3,3
pH	8,8	7,8	8,8	8,0
Sinérese	Sem sinérese	Pouca sinérese	Sem sinérese	Pouca sinérese
Brilho (60°/85°)/U.B.	2,3/3,1	2,3/3,4	2,3/3,5	2,3/3,8

Na tinta B, pela análise da mesma tabela verificou-se uma ligeira diminuição da opacidade seca e um ligeiro aumento do índice de brancura e amarelecimento. Tal como aconteceu no caso da tinta padrão, na tinta B também houve formação de sinérese. A viscosidade *Stormer* apresentou-se mais estável do que a tinta P_B.

4.2.3. Caracterização da tinta C

A tinta C foi a última a ser estudada. E, contrariamente às tintas A e B, tintas brancas, a tinta C é uma base pigmentada usada para afinação de cores. Sendo assim, escolheu-se uma cor da ficha de produto onde foram estudadas todas as características a seguir apresentadas. Após otimização (ver tabela A10, anexo II), procedeu-se à caracterização exaustiva da tinta em comparação com a tinta padrão reproduzida, designada por P_C. Na tabela 18 encontram-se expostos os resultados dos ensaios exaustivos realizados à tinta P_C e à tinta C, relativos à sua caracterização.

Os valores de massa volúmica foram similares nas duas tintas reproduzidas. A viscosidade *Stormer*, na tinta C foi inferior à da tinta P_C. No entanto, esse valor encontra-se dentro dos limites, previamente definidos. Por outro lado, ambas as tintas reproduzidas apresentaram o mesmo valor de viscosidade cone e prato.

Adicionalmente, a tinta C apresentou valores muito semelhantes de opacidade seca comparativamente à tinta P_C. O brilho obtido para a película de tinta C, a 60° e 85°, foi idêntico ao da tinta padrão. O rendimento a 98 % obtido é um valor bastante elevado, o que está coerente com o resultado de opacidade seca e é facilmente explicável pelo facto das tintas serem cores. Ambas as tintas reproduzidas mostraram-se resistentes a espessuras elevadas e não apresentaram enrugamento no ensaio de *Mudcraking*.

De acordo com a figura A5 do anexo II, observou-se que as películas de tinta não sofreram alteração, após ensaio, sendo assim resistentes aos álcalis dos ligantes hidráulicos. Após manchamento das películas de tinta com nódoas, verificou-se que em algumas nódoas usadas, se obteve manchamento da película, não sendo possível removê-las na totalidade, daí a avaliação ter sido 1 para as duas tintas.

Tabela 18 – Valores obtidos para os diversos ensaios de caracterização exaustiva realizados às tintas reproduzidas pelo método convencional (Tinta P_c) e pelo método de produção modular (Tinta C)

Método de ensaio	Tinta P _c	Tinta C
Massa volúmica /g.mL ⁻¹	1,372	1,387
pH	8,2	8,7
Viscosidade <i>Stormer</i> /UK	111	105
Viscosidade cone e prato/P	2,7	2,7
Opacidade seca/%	99,9	99,7
Brilho (60°/85°)/ <i>U.B.</i>	2,1/4,9	2,0/4,4
Rendimento 98 %/m ² .L ⁻¹	44,2	36,7
Resistência à fissuração de uma tinta para espessuras elevadas/ μ m	> 2000	> 2000
Fissuração <i>Mudcracking</i>	5	5
Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos	Sem alteração da película de tinta	Sem alteração da película de tinta
Polimento prático/% de variação de brilho	Polimento em Seco: 21,6 Polimento em Húmido: 19,4	Polimento em Seco: 24,2 Polimento em Húmido: 19,0
Manchamento prático	1	1
Resistência de uma película de tinta às cinzas	ΔE antes da lavagem: 1,7 ΔE após a lavagem: 1,0	ΔE antes da lavagem: 1,6 ΔE após a lavagem: 0,9
Resistência à esfrega húmida	Resistente à lavagem e esfrega	Resistente à lavagem e esfrega
<i>Surfactant leaching</i>	1/1/1	1/1/1
<i>Snail trails</i>	0/0/1/2	0/0/1/2
Resistência de uma película de tinta ao amoníaco	10S	10S
Resistência de uma película de tinta a água líquida	10S	10S
Resistência ao polimento em seco da película de tinta/% de variação de brilho	46,1	56,3
Resistência ao polimento em húmido da película de tinta/% de variação de brilho	27,9	32,7
Resistência à esfrega húmida e lavabilidade de revestimentos por pintura/ μ m	2,2 (Classe 1)	2,1 (Classe 1)
Cor/ ΔE	0,35	

Tabela 18 – Valores obtidos para os diversos ensaios de caracterização exaustiva realizados às tintas reproduzidas pelo método convencional (Tinta P_c) e pelo método de produção modular (Tinta C) (continuação)

Método de ensaio	Tinta P _c	Tinta C
Compatibilidade e flutuação de cor de bases	2	2
<i>TMFP/°C</i>	< -1	< -1
Tensão de película	2	2
<i>Blocking</i>	1 dia: 1 7 dias: 1	1 dia: 1 7 dias: 1
Resistência UV-A (1000 h)	ΔE : 0,7 Ausência de empolamento e fissuração	ΔE : 0,8 Ausência de empolamento e fissuração

No que respeita ao ensaio de resistência da película de tinta às cinzas, a tinta C mostrou ser um pouco mais resistente, após a lavagem das cinzas, uma vez que apresentou menor ΔE . Por outro lado, concluiu-se que as tintas reproduzidas são resistentes à esfrega e à lavagem, porque ao fim de 5000 ciclos não se verificaram falhas de tinta na área sujeita ao ensaio. Por sua vez, as tintas apresentaram valores inferiores a 5 μm relativamente à perda de espessura seca da película de tinta, no ensaio de resistência à esfrega húmida e da lavabilidade de revestimentos por pintura, o que significa que, de acordo com a NP EN 13300 são classificadas como Classe 1.

Relativamente ao ensaio de *surfactant leaching*, verificou-se que as películas de tinta apresentaram sempre ligeiro manchamento. Adicionalmente, no ensaio de *snail trails*, após 4 e 24 h de secagem, as películas das duas tintas em estudo apresentaram manchamento de cor. Ao 4º dia de secagem, o manchamento de cor foi pouco perceptível e ao 7º dia de secagem, em ambas as tintas, não foi visível manchamento de cor. Adicionalmente, as tintas em questão apresentaram igual resistência ao amoníaco e à água líquida. Os valores do polimento em seco e em húmido (laboratoriais e práticos) da película de tinta C aproximaram-se dos valores obtidos para a tinta padrão. A variação de cor entre a tinta P_c e C é de apenas 0,35. Esta diferença não é detetável visualmente. Por outro lado, quando foi realizado o ensaio de compatibilidade e flutuação de cor de bases, ambas as tintas apresentaram um bom comportamento. Como referido em 3.2.26, a *TMFP*, corresponde à temperatura mínima acima da qual se forma uma película homogénea e ambas as tintas apresentaram um valor inferior a -1 °C. Além disso, ambas apresentaram alguma curvatura no ensaio de tensão de película. No que respeita ao poder de cobertura, o resultado da tinta C não se distanciou do padrão. Verificou-se, que para 1 dia e 7 dias de ensaio, a película da tinta P_c e da tinta C não apresentaram pegajosidade.

A resistência UVA é um ensaio com duração de 1500 h, e uma vez que o mesmo ainda se encontra em curso, até à presente data, só foi possível registar as observações passadas 1000 h desde o seu início. Tanto para a tinta P_c, como para a tinta C, as películas de tinta apresentam um comportamento muito semelhante e de acordo com o previsto. Para o ensaio de resistência ao exterior não foi possível obter, até à data presente, resultados. No entanto, este ensaio encontra-se a decorrer.

No âmbito geral, a tinta C apresentou resultados idênticos à tinta padrão, tal como era expectável.

4.2.3.1. Reologia

Para além das características acima descritas, a reologia relativa à tinta P_c e à tinta C foram determinadas. Os resultados encontram-se na figura 6.

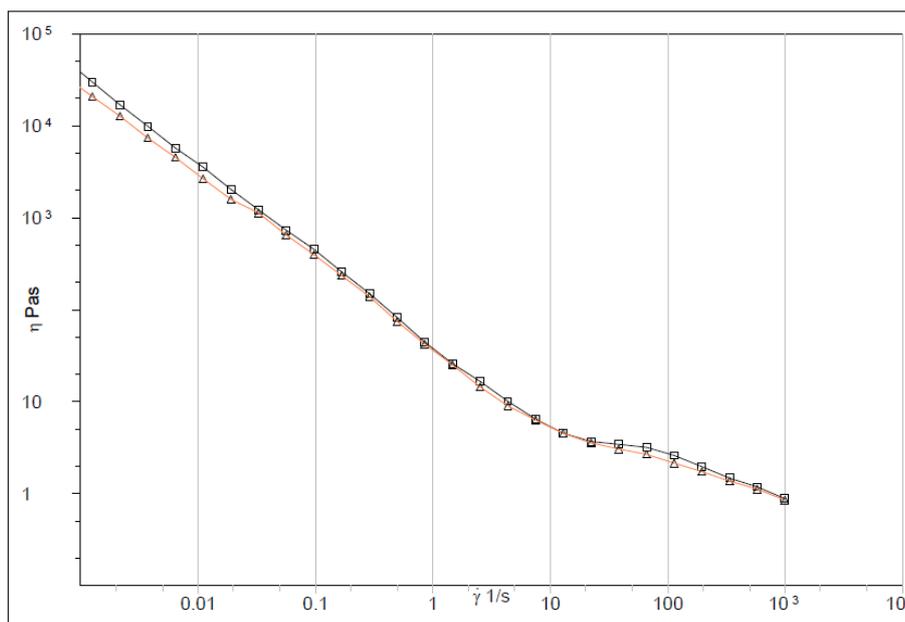


Figura 8 – Estudo da viscosimetria nas películas de tinta P_c (preto) e C (cor de laranja) (reproduzido de um programa da empresa).

De acordo com a figura 6, foi possível comprovar que o comportamento das tintas P_c e C é bastante similar.

4.2.3.2. Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo

Na tabela 19 estão descritos os resultados das características estudadas durante o ensaio de aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo, da tinta P_c e C (figura A6, anexo II). Através da análise da mesma tabela, observa-se que a avaliação de todas as características é igual para as duas tintas. Sendo assim, foi possível concluir que as tintas são iguais em termos de aplicação prática.

Tabela 19 – Avaliação da aplicação, em placas de gesso cartonado, das tintas P_c e C

Característica	Tinta P _c	Tinta C
Aplicabilidade	4	4
Opacidade seca	4	4
Cor	-	Semelhante à tinta P _c
Espalhamento	4	4
Aspetto de película	4	4
Emendas	4	4
Retoques	2,5	2,5

4.2.3.3. Estabilidade acelerada

Em última análise, a tinta P_c e C foram submetidas ao ensaio de estabilidade acelerada durante 30 dias, a 50 °C. Findo o período de tempo, procedeu-se à caracterização das mesmas. Os resultados dessa caracterização estão apresentados na tabela 20.

Os resultados obtidos demonstraram que a viscosidade *Stormer* aumentou após o período de estabilidade. Contrariamente, e de acordo com o que é normal, os valores de pH diminuíram.

A diferença de cor obtida, ΔE , comparando a cor antes e após estabilidade, ronda os 0,5. Normalmente, esse valor é considerado o limite de diferença de cor observada, no entanto, dependendo do aspeto visual, este poderá ser inferior ou superior. Neste caso, a diferença de cor observada não foi significativa, sendo por isso uma variação aceitável.

Através da análise da tabela 20, no geral, foi possível concluir que, tal como a tinta padrão, a tinta C, é estável após 30 dias, a 50 °C.

Tabela 20 – Resultados obtidos antes e após o ensaio de estabilidade acelerada das tintas P_c e C

Método de ensaio	Tinta P _c		Tinta C	
	Antes de estabilidade	Após estabilidade	Antes de estabilidade	Após estabilidade
Aspetto físico	2	2	2	2
Aspetto de película	2	2	2	2
Viscosidade <i>Stormer/UK</i>	111	115	105	117
Viscosidade cone e prato/P	2,7	2,5	2,7	2,9
pH	8,2	7,3	8,7	7,0
Cor/ ΔE	0,47		0,54	
Sinérese	Sem sinérese	Pouca sinérese	Sem sinérese	Pouca sinérese
Brilho (60°/85°)/ <i>U.B.</i>	2,1/4,9	2,0/4,1	2,0/4,4	2,0/4,1

4.3. Tempo de fabrico das tintas desenvolvidas

Um dos objetivos mais promissores do presente trabalho consiste na redução do tempo de fabrico das tintas anteriormente selecionadas, através da implementação do método de produção modular. Para tal, foi avaliado o tempo de fabrico em laboratório das tintas obtidas pelo método convencional (P_A, P_B e P_C) e pelo método de produção modular (A, B e C).

A comparação dos tempos de fabrico foi realizada com base no tempo de formulação de cada tinta. Neste caso, não foram contabilizados os tempos de pesagem, adição das matérias primas, bombagem das pastas de dispersão, trasfega e restantes tempos que, a nível fabril são tidos em conta e a nível laboratorial não são considerados.

Sendo o objetivo principal a implementação da produção modular a nível fabril, procedeu-se ao levantamento das quantidades reproduzidas em fábrica das tintas padrão, que serão as mesmas para a produção modular. Uma vez que as quantidades fabricadas são elevadas e não existem equipamentos (dispersores) na fábrica com capacidade suficiente para a realização da etapa de dispersão de uma só vez, esta é dividida no número de dispersões necessárias.

Na tabela 21 encontram-se registados os tempos de fabrico das formulações de cada tinta, bem como a quantidade reproduzida e o número de dispersões necessárias ao fabrico das tintas obtidas tradicionalmente e pela produção modular.

Tabela 21 – Quantidade, número de dispersões, tempo de fabrico e percentagem de redução do tempo de fabrico das tintas reproduzidas, tradicionalmente a através da produção modular, onde Q – quantidade e t – tempo total de fabrico

Tinta	Q/t	Nº dispersões	t/min	Redução do tempo de fabrico/%
P_A	32	4	262	85
A	32	0	40	
P_B	32	2	160	72
B	32	0	45	
P_C	32	3	220	70
C	32	1	65	

Após análise da tabela 21, foi verificado que em todos os casos onde se recorreu ao método de produção modular, o tempo de fabrico total foi bastante menor.

A redução observada foi mais significativa na tinta A, 85 %, visto que para o fabrico da tinta padrão, o número de dispersões necessárias é maior. Neste caso, optando pela produção modular, a etapa de dispersão desaparece, sendo apenas necessária a homogeneização da mistura de tinta.

No caso das tintas B e C, com a introdução dos respetivos *slurries*, o número de dispersões passou de 2 e 3, para 0 e 1, respetivamente. Na tinta B, tal como na tinta A, apenas será necessário homogeneizar a mistura de tinta. Na tinta C, para produzir as 32 toneladas, será necessária efetuar 1 dispersão em vez das 3 dispersões, habitualmente realizadas.

4.4. Análise económica

A análise económica é fundamental no desenvolvimento de qualquer projeto. Neste caso, foi importante para tentar perceber qual o impacto da produção modular no preço das tintas.

Foi usada uma fórmula de cálculo, vigente na empresa, com diversas variantes para calcular o custo de produção das tintas, por litro. Entre essas variantes, o tempo de formulação da tinta em especial o tempo de dispersão, a massa de dispersão e a massa de acabamento mostraram ser as mais relevantes.

Sendo assim, para a avaliação económica das tintas padrão foi contabilizado somente o custo de produção das mesmas, através da fórmula de cálculo. Para as tintas experimentais, obtidas

pela produção modular, para além do custo de produção das tintas foi também contabilizado o custo de produção dos *slurries*. A avaliação foi efetuada, em ambas as tintas (tradicional e produção modular) para 32 toneladas.

Para além da análise efetuada ao custo de produção das tintas obtidas com os *slurries* produzidos, também foi analisado o custo de produção das mesmas, se em A, B e C, o *slurry* C3 for substituído por um *slurry* comprado pela empresa.

Na tabela 22 estão as variações de custo no caso em que as tintas contêm todos os *slurries* fabricados (produção modular 1) e no caso em que C3 é substituído por um *slurry* comprado pela empresa (produção modular 2). Na mesma tabela, esses valores são comparados com os valores das tintas padrão, obtidas tradicionalmente. Note-se que a avaliação económica foi realizada considerando o custo de fabrico de um litro de tinta reproduzida com *slurries*, em comparação com o custo de fabrico de um litro de tinta reproduzida do modo tradicional.

Analisando a tabela 22, constatou-se que o fabrico da tinta A, através do método de produção modular 1, acarretou um aumento percentual do preço face à tinta padrão, P_A . No entanto, com o método de produção modular 2, ocorreu uma diminuição percentual bastante significativa. Isto significa que o uso, na tinta A, do *slurry* desenvolvido (EC2) e do *slurry* comprado pela empresa, em vez de C3, constitui uma alternativa, muito mais viável, do ponto de vista económico, para o fabrico da mesma.

Nas tintas B e C, aplicando a produção modular 1 e 2, ocorreu diminuição do custo de fabrico da tinta, por litro, face ao custo das tintas padrão, P_B e P_C , respetivamente. A diminuição registada foi mais significativa para o método de produção modular 2.

Assim, concluiu-se que é mais vantajoso economicamente incorporar o *slurry* comprado pela empresa do que fabricar o *slurry* C3. A principal razão para a diminuição do custo, quando foi aplicado o método de produção modular, reside na diminuição da massa de dispersão e menor tempo de formulação, em especial menor tempo de dispersão.

Tabela 22 – Valores percentuais obtidos para a avaliação económica realizada, tendo em conta o custo por litro das tintas obtidas pelo método de produção modular 1 e pelo método de produção modular 2, face ao custo por litro das respectivas tintas padrão

Tinta	Produção modular 1	Produção modular 2	Variação percentual do custo face à formulação da respetiva tinta padrão/%
A	+ 12	- 66	
B	- 16	- 36	
C	- 11	- 25	

Tal como referido anteriormente, o custo encontra-se associado ao tempo de formulação da tinta, e se este for menor, menor o custo de produção. Por outro lado, o custo também se encontra associado à massa de dispersão, e quando esta diminui, conseqüentemente o custo também diminui. Com o uso da produção modular, diminuem essas duas variáveis, como se observou na tabela 21, diminuindo assim, o custo de produção. No entanto, como a massa de dispersão diminui, a massa de acabamento aumenta, mas sendo o custo associado ao tempo de dispersão mais elevado devido à energia consumida, apesar do aumento do tempo de acabamento, o resultado desse binómio resulta sempre, numa diminuição do custo de produção.

Em última análise à tabela 22, verificou-se que em todos os casos, as tintas fabricadas com *slurries* diminuem o custo de fabrico por litro face às tintas fabricadas tradicionalmente.

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

Finalizada a análise e discussão dos resultados obtidos, concluiu-se que o principal objetivo do presente projeto foi alcançado, ou seja, conseguiu-se implementar, a nível laboratorial, a produção modular no fabrico de tintas aquosas utilizando produtos previamente dispersos, os *slurries*.

Segundo os resultados obtidos, relativamente ao ensaio de estabilidade acelerada dos *slurries* desenvolvidos foi possível concluir que o *slurry* P1 apresenta alguns problemas de estabilidade a longo prazo e que o *slurry* C3 apresenta menor estabilidade acelerada comparativamente a C1 e C2.

Tendo em conta os resultados relativos à caracterização exhaustiva das tintas estudadas, concluiu-se que as três tintas, de um modo geral, têm comportamentos semelhantes aos seus padrões. Ao contrário do que seria expectável, uma vez que estamos a introduzir aditivos com alguma afinidade para a água, a incorporação dos *slurries* não levou ao aumento da sensibilidade das películas de tinta. Em suma, concluiu-se que com a incorporação dos *slurries* nas tintas, os resultados de caracterização exhaustiva são bastante semelhantes aos das tintas obtidas tradicionalmente (sem *slurries*). Há, no entanto, algumas melhorias a nível de formulação e modo operatório que deverão ser efetuadas futuramente.

Em termos de tempo de fabrico foi possível concluir que usando o método de produção modular em alternativa ao método convencional, o tempo de fabrico é bastante menor. A redução foi de 85, 72 e 70 % para as tintas A, B e C, respetivamente.

Relativamente ao custo de fabrico, concluiu-se que este diminuiu nas tintas B e C, sendo essa diminuição mais acentuada quando o *slurry* C3 é substituído por um *slurry* comprado pela empresa. Na tinta A, a introdução dos *slurries* reproduzidos aumenta o custo de fabrico da tinta em 12 %, comparativamente a P_A. Isto acontece porque esta tinta consome quantidades muito elevadas de *slurry*, que tem ele próprio um custo bastante elevado de fabrico. No entanto, recorrendo ao *slurry* comprado pela empresa em vez de C3, o custo da tinta A diminuiu 66 % face à tinta padrão. Concluiu-se, portanto, que o custo de fabrico por litro das tintas recorrendo à produção modular, utilizando *slurries* como módulos, diminuiu comparativamente às tintas fabricadas do modo tradicional.

Na sequência do trabalho realizado, numa fase posterior, torna-se importante estudar a incorporação dos *slurries* P2 e C1 em tintas de forma a verificar qual o impacto que estes têm nas propriedades das tintas e conseqüentemente, nos resultados de caracterização exaustiva.

Finalizando o presente trabalho e de acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que a produção modular apresenta claras vantagens de custo e tempo de fabrico, pelo que a continuação do seu estudo seria uma mais valia para a empresa.

BIBLIOGRAFIA

Alberdingk Boley, Alpha Calcit Füllstoffe, Byk-Chemie, Hemmelrath Technologies, Kronos International and Ystral. (2016). NETWORK Modular Technology.

Alua, P. (2012). *Optimização da opacidade de tintas aquosas*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.

Associação Portuguesa de Tintas. (2016). *Tipos de Tintas*. Disponível Online em <<http://www.aptintas.pt/tiposTintas.aspx>> (Acedido em 3 de Fevereiro de 2016).

Bieleman, J. (2000). *Additives for Coatings*. Alemanha: WILEY-VCH.

Cardoso, D. (2010). *Cargas Minerais - Aditivos evoluem e ampliam funções nas tintas para além do simples enchimento*. Disponível Online em <<http://www.quimica.com.br/pquimica/8664/cargas-minerais-aditivos-evoluem-e-ampliam-funcoes-nas-tintas-para-alem-do-simples-enchimento/>> (Acedido em 22 de Janeiro de 2016).

Carranquinha, A. (2011). *Determinação dos Teores de Cargas e Pigmentos, de Ligante e de Dióxido de Titânio*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.

Carvalho, S., & Nogueira, J. (2004). *As Características das tintas e as características dos polímeros com que são formuladas*. Disponível Online em <http://www.spq.pt/magazines/search?mag_term1=Susana%20Carvalho&options_1=author> (Acedido em 21 de Janeiro de 2016).

Castro, C. (2009). *Estudo da influência das propriedades de diferentes cargas minerais no poder de cobertura de um filme de tinta*. Dissertação de Doutoramento, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

CIN. (2016a). *CIN*. Disponível Online em <<http://www.cincoatings.com/portalc/portal/user/anon/page/sccompresas.psm?categoryOID=5981808080A180GC&contentid=CD81809680CO&nl=pt>> (Acedido em 7 de Setembro de 2016).

CIN. (2016b). *Perfil de um líder ibérico*. Disponível Online em <<http://www.cin.pt/portal/portal/user/anon/page/contactos.psm?categoryOID=178180808280GC&contentid=9C81808080CO&nl=pt>> (Acedido em 7 de Setembro de 2016).

Cruz, N. (2010). Patente: *Sistema Modular - Colmeia*. Portugal.

Evonik Industries. (2014). Wetting and Dispersing Additives. *TEGO Journal*, 79-89.

Exacolor. (2013). *Grindometro*. Disponível Online em <http://exacolor.com.mx/catalogo/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&category_id=67&product_id=171&Itemid=27> (Acedido em 5 de Abril de 2016).

- Ford. (2016). *A Evolução da Produção em Série*. Disponível Online em <<http://www.ford.pt/ExperienciaFord/SobreFord/InformacaoSobreEmpresa/Heritage/TheEvolutionofMassProduction>> (Acedido em 12 de Julho de 2016).
- Hemmelrath Lackfabrik GmbH. (2016). *The Modular World*. Germany.
- Hoch, R. (2008). *Diluentes (solventes)*. Disponível Online em <[file:///C:/Users/Ana%20Sofia/Downloads/solventes-artigo-3013%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Ana%20Sofia/Downloads/solventes-artigo-3013%20(1).pdf)> (Acedido em 8 de Fevereiro de 2016).
- Malkin, A., & Isayev, A. (2006). *Rheology - Concepts, Methods, & Applications*. Toronto: ChemTec Publishing.
- Marques, F. (2013). *Tecnoloias de aplicação de pinturas e patologias em paredes de alvenaria e elementos de betão*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Marrion, A. (2004). *The Chemistry and Physics of Coatings* (Vol. Second Edition). Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Martinho, L., & Monteiro, A. (2011). *Corantes e Pigmentos. de Conselho Regional de Química - IV Região*. Disponível Online em <http://www.crq4.org.br/quimicaviva_corantespigmentos> (Acedido em 21 de Janeiro de 2016)
- Nogueira, J. (2008). *Noções Básicas de Tintas e Vernizes*. Porto: ARCP - Associação Rede Competência em Polímeros.
- Oliveira, F. (2015, Outubro). *Nocões básicas de Dispersão e Moagem*. Maia: CIN.
- Oyarzún, J. (2000). *Pigment Processing Physico-chemical Principles*. Hannover: Curt R. Vincentz Verlag.
- Roobol, N. (2003). *Industrial Painting and Powdercoating: Principles and Practices* (Vol. 3rd edition). Cincinnati, USA: Hanser Gardner Publications.
- Santander, J., & Estornell, G. (2014). *Fundamentos de Mecánica de Fluidos*. San Vicente: Editorial Club Universitario.
- Waters, J. (1996). *Environmentally Conscious Paiting*. Kansas, USA. Disponível Online em <<http://infohouse.p2ric.org/ref/50/49089.pdf>> (Acedido em 2 de Março de 2016).

ANEXOS

ANEXO I – Resultados da otimização dos *slurries* desenvolvidos

Os resultados das características avaliadas durante o processo de otimização de EC1 encontram-se descritos na tabela A1.

Tabela A1 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de EC1

<i>Slurry</i>	Característica								Observações
	<i>AV</i>	pH	<i>V₈/P</i>	<i>t/min</i>	<i>RPM</i>	<i>S₂₄/cm</i>	<i>S₄₈/cm</i>	Dificuldades	
EC1 vs.1 (4%)	2	8,8	281 (sp7/50RPM)	20	4500	0	0	Difícil dispersão	Presença de ar; formação de pequena quantidade de espuma
EC1 vs.2 (4,5%)	2	8,8	411 (sp7/50RPM)	20	4100	0	0	Difícil dispersão	Presença de ar
EC1 vs.3 (5%)	2	8,9	491 (sp7/50RPM)	20	4100	0	0	Difícil dispersão	-

Adicionalmente, na tabela A2, estão descritos os resultados das características avaliadas durante o processo de otimização de EC2.

Tabela A2 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de EC2

Característica									
<i>Slurry</i>	<i>AV</i>	pH	<i>W_s/P</i>	<i>t/min</i>	<i>RPM</i>	<i>S₂₄/cm</i>	<i>S₄₈/cm</i>	Dificuldades	Observações
EC2 vs.1 (4%)	2	7,5	639 (sp7/50RPM)	20	3000	0	0	Difícil dispersão	Mistura muito espessa
EC2 vs.2 (3%)	2	7,0	374 (sp7/50RPM)	20	3000	0	0	Difícil dispersão	Dispersão mais fácil comparada com EC2 (4%)

Por outro lado, na tabela A3 constam os resultados que foram obtidos durante as várias tentativas (versões) realizadas a P1, até à obtenção do *slurry* otimizado.

Tabela A3 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de P1

Característica								
<i>Slurry</i>	<i>GDD/ Hegman</i>	pH	W/P	<i>t/min</i>	<i>RPM</i>	S_{24}/cm	S_{48}/cm	Observações
P1 vs.1 (70%)	Abertura de crateras	7,9	8,8 (sp4/100RPM)	20	800	0	0	Aspeto gelatinoso
P1 vs.2 (70%)	Abertura de crateras	8,1	10,5 (sp4/100RPM)	30	1100	0	0	-
P1 vs.3 (70%)	5	8,1	12,4 (sp4/100RPM)	30	1100	0	0	Maior consistência do que vs.2
P1 vs.4 (75%)	5	8,2	15,3 (sp4/100RPM)	20	2000	0	0	Aspeto gelatinoso; presença de grumos
P1 vs.5 (75%)	5	8,4	7,0 (sp4/100RPM)	20	1400	0	0	Aspeto gelatinoso; mais espesso que vs.3
P1 vs.6 (75%)	Abertura de crateras	8,7	41,8 (sp4/100RPM)	20	1400	0	0	Presença de pequenos grumos
P1 vs.7 (75%)	5	8,8	36,5 (sp4/30RPM)	20	1400	0	0	Consistência; s/grumos; presença de pequenas partículas em vidro
P1 vs.8 (75%)	6	8,8	198,0 (sp5/10RPM)	20	2200	0	0	Igual a vs.7, mas com viscosidade superior
P1 vs.9 (75%)	7	8,6	173,0 (sp5/10RPM)	30	3000	0	0	Presença de grumos; presença de pequenas partículas em vidro
P1 vs.10 (75%)	6	8,3	37,6 (sp4/30RPM)	20	1800	0	0	Mistura líquida; s/grumos; presença de pequenas partículas em vidro
P1 vs.11 (75%)	6	8,0	236,0 (sp5/10RPM)	20	1400	0	0	Após 24 h há formação de grumos que aumentam às 48 h

P1 vs.12 (75%)	6	8,0	12,2 (sp4/100RPM)	20	1500	0	0	Mistura líquida; menor consistência do que vs.11
----------------------	---	-----	----------------------	----	------	---	---	---

Na tabela A4, encontram-se registados os resultados das características avaliadas durante o processo de otimização de P2.

Tabela A4 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de P2

Característica									
<i>Slurry</i>	<i>GDD / Hegman</i>	pH	V_6/P	<i>t/min</i>	<i>RPM</i>	S_{24}/cm	S_{48}/cm	Dificuldades	Observações
P2 vs.1 (70%)	-	-	-	-	-	-	-	Não dispersou	-
P2 vs.2 (60%)	5	7,2	10,6 (sp4/100RPM)	20	1500/ 2500	0	0	Dispersão com ajuda de espátula	Formação de zonas estagnadas nas bordas da cuba
P2 vs.3 (65%)	-	-	-	-	-	-	-	Não dispersou	-
P2 vs.4 (62%)	5	7,1	140,0 (sp4/10RPM)	20	3500	0	0	Dispersão com ajuda de espátula	Formação de zonas estagnadas nas bordas da cuba
P2 vs.5 (60%)	4	6,9	6,4 (sp4/100RPM)	20	1300	0	-	-	Mistura líquida
P2 vs.6 (70%)	-	-	-	-	-	-	-	Não dispersou	-
P2 vs.7 (65%)	4	6,9	13,6 (sp4/100RPM)	20	2500 e 1900	-	-	-	Aspeto tipo gelificado após 24 h
P2 vs.8 (60%)	5	6,9	5,2 (sp4/100RPM)	20	1300	0	0,1	-	Sem formação de zonas estagnadas nas bordas da cuba
P2 vs.9 (65%)	5	6,9	13,9 (sp4/100RPM)	20	3000	0	0,1		Formação de zonas estagnadas nas bordas da cuba; mistura mais espessa do que vs.8

P2 vs.10 (62%)	8	7,0	14,4 (sp4/100RPM)	20	2000	0	0	Dispersão com ajuda de espátula	Formação de zonas estagnadas nas bordas da cuba
P2 vs.11 (62%)	7	7,0	9,4 (sp4/100RPM)	20	1500	0	0	Dispersão com ajuda de espátula	Mistura líquida; formação de zonas estagnadas nas bordas da cuba;

Os resultados da otimização de C1, encontram-se registados na tabela A5, tendo em conta as características, previamente definidas.

Tabela A5 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de C1

<i>Slurry</i>	Característica								
	<i>GDD/ Hegman</i>	pH	<i>V₆/P</i>	<i>t/min</i>	<i>RPM</i>	<i>S₂₄/cm</i>	<i>S₄₈/cm</i>	Dificuldades	Observações
C1 vs.1 (80%)	-	-	-	-	-	-	-	Não dispersou; aquecimento do dispersor	-
C1 vs.2 (80%)	-	-	-	20	4000	-	-	Não dispersou; mistura espessa	Sinérese ao fim de 48 h
C1 vs.3 (70%)	1	9,5	2,5 (sp2/100RPM)	20	1200	-	>5	Mistura muito espessa ao fim de 48 h, impossibilitando a sua agitação	Formação de espuma após 24 h
C1 vs.4 (70%)	3	9,3	7,3 (sp2/30RPM)	15	800	1	1,5	-	Formação de suspensão líquida amarela
C1 vs.5 (70%)	1	7,0	6,7 (sp2/20RPM)	15	800	1,5	2,7	-	Sem formação de suspensões líquidas
C1 vs.6 (80%)	4 a 5	9,0	78,3 (sp6/60RPM)	25	3800	1,5	2	Difícil dispersão; adição lenta dos componentes da mistura	-
C1 vs.7 (80%)	4	7,6	43,5 (sp6/100RPM)	20	3500	0,1	0,3	Difícil dispersão, no entanto, mais fácil do que vs.6	-
C1 vs.8 (80%)	5	7,5	40,2 (sp6/100RPM)	20	3300	0,1	0,2	-	-
C1 vs.9 (80%)	5	7,6	51,2 (sp6/100RPM)	20	3300	0,1	0,2	-	-

C1 vs.10 (80%)	4	9,1	339,0 (sp7/20RPM)	25	3400	>5	>5	Difícil dispersão	-
C1 vs.11 (75%)	2	9,9	6,7 (sp3/60RPM)	20	3000	1,5	2	-	-
C1 vs.12 (75%)	2	9,9	6,9 (sp3/60RPM)	20	3000	1,8	2,5	-	-
C1 vs.13 (75%)	2	9,9	5,8 (sp3/60RPM)	20	3000	1	>5	-	-
C1 vs.14 (75%)	2	10,0	12,3 (sp3/60RPM)	20	3000	1	>5	-	Mistura melhor do que vs.13
C1 vs.15 (75%)	1,5	10,0	50,1 (sp3/10RPM)	20	3000	0,5	>5	-	Mistura melhor do que vs.14
C1 vs.16 (75%)	2	9,7	50,4 (sp3/10RPM)	20	3000	0,6	0,9	-	-
C1 vs.17 (75%)	1,5	9,7	40,4 (sp3/10RPM)	20	3000	1,1	1,5	Dispersão muito difícil	-
C1 vs.18 (75%)	4	9,2	30,5 (sp3/10RPM)	20	3000	0	0,1	-	Mistura melhor do que vs.16

C1 vs.19 (80%)	5	9,4	160,0 (sp6/30RPM)	20	3700	0,3	-	Dispersão muito difícil	-
-------------------------------	---	-----	----------------------	----	------	-----	---	-------------------------	---

Por outro lado, os resultados da otimização de C2, encontram-se na tabela A6.

Tabela A6 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de C2

<i>Slurry</i>	Característica								
	<i>GDD/ Hegman</i>	pH	<i>W/P</i>	<i>t/min</i>	<i>RPM</i>	<i>S₂₄/cm</i>	<i>S₄₈/cm</i>	Dificuldades	Observações
C2 vs.1 (60%)	>7	7,1	3,6 (sp3/100RPM)	30	4000	2	3,5	Difícil dispersão	Aspeto cremoso; sinérese; formação de espuma
C2 vs.2 (60%)	6	9,4	45,7 (sp3/10RPM)	25	4000	0,5	0,5	Difícil dispersão	Sinérese
C2 vs.3 (60%)	6	7,1	10,4 (sp3/50RPM)	25	4000	0,3	0,3	Difícil dispersão	Sinérese
C2 vs.4 (60%)	6	9,4	67,5 (sp5/30RPM)	25	3500	0	0	Difícil dispersão	-
C2 vs.5 (60%)	6	9,5	81,8 (sp5/20RPM)	25	3900	0	0	Difícil dispersão	-
C2 vs.6 (60%)	6	9,6	145,7 (sp6/30RPM)	25	3900	0	0	Difícil dispersão	-
C2 vs.7 (60%)	6	9,4	314,0 (sp5/6RPM)	30	3600	0	0	Difícil dispersão	-
C2 vs.8 (55%)	6	9,6	3,9 (sp3/100RPM)	20	3000	0	0	-	Sinérese; aspeto tipo gelificado
C2 vs.9 (55%)	5	9,4	5,8 (sp3/100RPM)	20	3000	0	0	-	Sinérese; aspeto tipo gelificado
C2 vs.10 (60%)	7	9,4	31,2 (sp5/60RPM)	20	4000	0	0	Difícil dispersão	Mistura muito viscosa e com aspeto gelatinoso

C2 vs.11 (55%)	5	9,3	6,2 (sp3/100RPM)	20	3000	0	0	-	Sinérese
C2 vs.12 (55%)	5	9,2	4,6 (sp3/10RPM)	20	6000	0	0	Difícil dispersão	Mistura mais consistente do que vs.13
C2 vs.13 (55%)	4	9,3	19,5 (s3/10RPM)	20	5000	0	0	Difícil dispersão	Difícil dispersão, mas mais fácil do que vs.12
C2 vs.14 (55%)	-	-	-	-	-	-	-	Não dispersou	-
C2 vs.15 (55%)	-	-	-	-	-	-	-	Não dispersou	-
C2 vs.16 (55%)	5	9,4	3,8 (sp3/100RPM)	20	4500	0	-	Difícil dispersão	Sinérese
C2 vs.17 (55%)	5	9,1	5,0 (sp3/100RPM)	20	4500	0	-	Difícil dispersão	Sinérese inferior a vs.16

Por último, em termos de resultados de otimização dos *slurries* desenvolvidos, foram registados na tabela A7, os resultados relativos ao processo de otimização de C3.

Tabela A7 – Resultados das características avaliadas durante a otimização de C3

<i>Slurry</i>	Característica								
	<i>GDD/ Hegman</i>	pH	$\frac{V}{P}$	<i>t/min</i>	<i>RPM</i>	S_{24}/cm	S_{48}/cm	Dificuldades	Observações
C3 vs.1 (75%)	6	9,2	24,3 (sp3/10RPM)	30	3500	0	0	-	-
C3 vs.2 (75%)	5	8,9	33,7 (sp4/30RPM)	30	2000	0	0	-	Mistura consistente
C3 vs.3 (75%)	5	9,8	42,5 (sp3/10RPM)	30	2000	0	0,2	-	Mistura mais líquida do que vs.2
C3 vs.4 (75%)	3	9,6	46,7 (sp3/10RPM)	30	2000	0	0,2	-	Mistura mais líquida do que vs.3
C3 vs.5 (75%)	3	-	-	30	2500	0,6	1	-	Elevada sedimentação
C3 vs.6 (75%)	3	8,7	51,3 (sp3/10RPM)	30	2500	0	0	-	Mistura mais consistente do que vs.5
C3 vs.7 (75%)	4	8,9	93,4 (sp4/10RPM)	30	5000	0	0	Adição lenta de sólidos	Mistura muito viscosa
C3 vs.8 (75%)	5	8,9	62,0 (sp4/10RPM)	30	5000	0	0	Adição lenta de sólidos	Mistura mais viscosa do que vs.7
C3 vs.9 (77%)	5	8,8	52,9 (sp4/20RPM)	30	4000	0	0	-	Mistura inicialmente espessa e depois líquida
C3 vs.10 (77%)	5	9,1	15,3 (sp4/20RPM)	30	4000	0	0,1	-	-

C3 vs.11 (75%)	3	9,1	99,0 (sp6/50RPM)	30	5600	0	0	-	Mistura muito viscosa, aspeto tipo gelificado
C3 vs.12 (75%)	2	10	40,8 (sp3/10RPM)	30	1900	0,8	1,1	-	Mistura muito líquida
C3 vs.13 (75%)	3	9,7	45,9 (sp3/10RPM)	30	3000	0	0	-	-
C3 vs.14 (75%)	3	8,1	95,6 (sp4/10RPM)	30	8500	0	0	-	Mistura inicialmente espessa, mas depois muito líquida
C3 vs.15 (75%)	3	9	66,2 (sp6/50RPM)	30	7600	0	0	Difícil dispersão	mistura muito viscosa
C3 vs.16 (75%)	4	8,9	72,2 (sp6/50RPM)	30	7500	0	0	Difícil dispersão	Mistura muito viscosa
C3 vs.17 (75%)	5	8,9	41,8 (sp3/10RPM)	30	7600	0	0	Fácil dispersão	Mistura líquida
C3 vs.18 (75%)	3	9,1	111,0 (sp4/10RPM)	30	7600	0	0	Difícil dispersão	Mistura mais viscosa do que vs.17 e mais líquida do que vs.16
C3 vs.19 (75%)	3	9,0	138,0 (sp6/50RPM)	30	7600	-	-	Mistura inicialmente líquida e depois espessa; dispersão difícil	Após 24 h ficou com aspeto tipo gelificado

ANEXO II – Resultados das tintas desenvolvidas

1. Desenvolvimento da tinta A

Na tabela A8 estão descritos os valores dos resultados obtidos para os métodos de ensaio, previamente definidos, tidos em conta durante o processo de otimização da tinta A. Para tal, compararam-se as diferentes versões da tinta A com a tinta padrão, P_A , apresentada na mesma tabela.

Tabela A8 – Otimização da tinta A em relação à tinta padrão, P_A

Tinta	Método de ensaio								
	pH	Viscosidade <i>Stormer/UK</i>	Massa volúmica/ g.mL^{-1}	Brilho/ <i>U.B.</i>			<i>YI</i> /%	<i>WI</i> /%	Opacidade seca/%
				20 °	60 °	85 °			
P_A	8,7	105	1,558	1,2	2,2	3,1	2,4	84,5	85,8
A vs.1	8,8	109	1,547	1,3	2,4	2,4	3,4	81,6	83,6
A vs.2	8,7	111	1,549	1,3	2,3	1,9	3,3	82,3	82,7
A vs.3	8,6	122	-	-	-	-	-	-	84,8
A vs.4	8,6	113	-	-	-	-	-	-	79,9
A vs.5	9,3	113	-	-	-	-	-	-	82,5
A vs.6	9,4	114	-	-	-	-	-	-	81,9
A vs.7	8,7	114	-	-	-	-	-	-	77,2
A vs.8	8,8	133	-	-	-	-	-	-	84,0
A vs.9	8,8	130	-	-	-	-	-	-	82,6
A vs.10	8,7	126	-	-	-	-	-	-	81,6

A vs.11	8,6	115	-	-	-	-	-	-	81,0
A vs.12	9,3	112	-	-	-	-	-	-	81,7
A vs.13	9,2	110	-	-	-	-	-	-	80,3
A vs.14	8,1	118	-	-	-	-	-	-	80,8
A vs.15	9,1	113	-	-	-	-	-	-	79,9
A vs.16	8,7	122	-	-	-	-	-	-	83,2
A vs.17	8,7	121	-	-	-	-	-	-	84,5
A vs.18	8,7	130	-	-	-	-	-	-	85,8
A vs.19	8,7	126	-	-	-	-	-	-	83,8
A vs.20	8,9	120	-	-	-	-	-	-	85,7
A vs.21	8,8	130	-	-	-	-	-	-	84,3
A vs.22	8,6	112	-	-	-	-	-	-	86,5
A vs.23	8,8	102	1,523	1,3	2,4	3	3,8	80,9	84,7
A vs.24	8,9	115	1,531	1,1	2,1	2,9	2,8	83,2	85,1

➤ **Ensaio de caracterização**

○ **Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos**

Na figura A1 encontra-se uma fotografia dos provetes relativos ao ensaio da resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos das tintas P_A e A.



Figura A1 – Fotografia dos provetes após ensaio de resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos (à esquerda, em cima e em baixo, os provetes que serviram de testemunho, das tintas P_A e A, respetivamente, e à direita, em cima e em baixo os provetes sujeitos a ensaio, das tintas P_A e A, respetivamente).

○ **Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo**

Por sua vez, a figura A2, mostra a fotografia das tintas estudadas, após aplicação prática, uma ao lado da outra, numa placa de gesso cartonado.

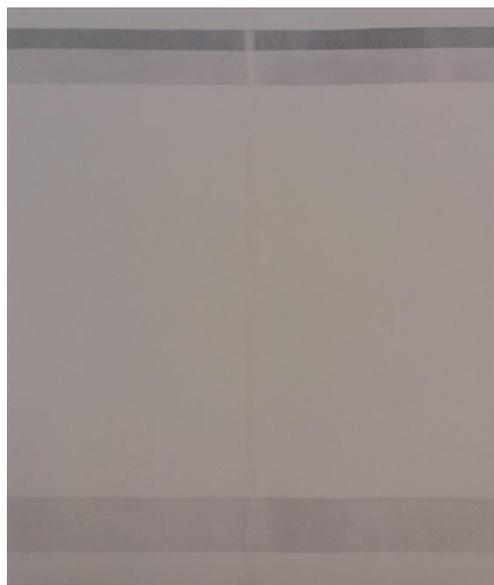


Figura A2 – Fotografia da aplicação da tinta P_A , à esquerda, e da tinta A, à direita, numa placa de gesso cartonado.

2. Desenvolvimento da tinta B

Na tabela A9 encontram-se os resultados obtidos para os métodos de ensaio, previamente definidos, tidos em conta durante o processo de otimização da tinta B. Para tal, compararam-se as diferentes versões da tinta B com a tinta padrão, P_B, apresentada na mesma tabela.

Tabela A9 – Otimização da tinta B em relação à tinta padrão, P_B

Tinta	Método de ensaio								
	pH	Viscosidade <i>Stormer/UK</i>	Massa volúmica/ g.mL ⁻¹	Brilho/ <i>U.B.</i>			<i>YI</i> /%	<i>WI</i> /%	Opacidade seca/%
				20 °	60 °	85 °			
P _B	8,8	109	1,555	1,2	2,3	3,1	2,3	85,5	90,8
B vs.1	9,1	102	1,542	1,3	2,3	2,5	3,4	82,4	87,9
B vs.2	9,1	106	1,529	1,3	2,3	2,4	3,5	81,7	86,3
B vs.3	8,7	104	1,537	1,2	2,2	2,2	3,3	82,1	86,7
B vs.4	8,7	107	-	-	-	-	-	-	86,6
B vs.5	8,5	106	-	-	-	-	-	-	87,8
B vs.6	8,8	106	1,548	1,2	2,3	3,5	3,0	83,3	89,6

➤ **Ensaio de caracterização**

○ **Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos**

Na figura A3 encontra-se uma fotografia dos provetes relativos ao ensaio da resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos das tintas P_B e B.



Figura A3 – Fotografia dos provetes após ensaio de resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos (à esquerda, em cima e em baixo, os provetes que serviram de testemunho, das tintas P_B e B, respetivamente, e à direita, em cima e em baixo os provetes sujeitos a ensaio, das tintas P_B e B, respetivamente).

○ **Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo**

Por sua vez, na figura A4 encontra-se uma fotografia das tintas P_B e B aplicadas numa placa de gesso cartonado.



Figura A4 – Fotografia da aplicação da tinta P_B, à esquerda, e da tinta B, à direita, numa placa de gesso cartonado.

3. Desenvolvimento da tinta C

Os resultados obtidos nas duas tintas reproduzidas, P_c e C, relativos aos métodos de ensaio, tidos em conta durante o processo de otimização da tinta C encontram-se na tabela A10.

Tabela A10 – Otimização da tinta C em relação à tinta padrão, P_c

Tinta	Método de ensaio								
	pH	Viscosidade <i>Stormer/UK</i>	Massa volúmica/ g.mL ⁻¹	Brilho/ <i>U.B.</i>			YI/%	WI/%	Opacidade seca/%
				20 °	60 °	85 °			
P _c	8,2	111	1,372	1,3	2,1	4,9	2,3	85,2	99,9
C vs.1	8,2	120	1,377	1,2	2,4	3,7	2,3	84,2	95,1
C vs.2	8,3	125	1,363	1,2	2,3	3,3	1,3	84,7	96,9
C vs.3	8,2	121	1,377	1,3	2,4	3,2	2,1	85,8	95,9
C vs.4	8,1	103	1,344	1,3	2,4	3,4	2,4	84,3	96,0
C vs.5	8,3	114	1,386	1,3	2,3	3,2	2,0	86,1	97,4
C vs.6	8,3	120	1,395	-	-	-	-	-	-
C vs.7	8,2	120	1,379	-	-	-	-	-	-
C vs.8	8,2	114	1,382	-	-	-	-	-	-

➤ **Ensaio de caracterização**

○ **Resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos**

Na figura A5 encontra-se uma fotografia dos provetes relativos ao ensaio da resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos das tintas P_c e C.



Figura A5 – Fotografia dos provetes após ensaio de resistência aos álcalis dos ligantes hidráulicos (à esquerda, em cima e em baixo, os provetes que serviram de testemunho, das tintas P_c e C, respetivamente, e à direita, em cima e em baixo os provetes sujeitos a ensaio, das tintas P_c e C, respetivamente).

○ **Aplicação e avaliação de uma tinta quando aplicada a rolo**

Adicionalmente, na figura A6 encontram-se ilustradas as tintas P_c e C, aplicadas numa placa de gesso cartonado.



Figura A6 – Fotografia da aplicação da tinta P_c, à esquerda, e da tinta C à direita, numa placa de gesso cartonado.