

Departamento de Ciências e Engenharia de Materiais



Avaliação de uma gama comercial de pigmentos anticorrosivos num sistema de pintura a seleccionar

Andreia Alexandra de Sousa Lopes

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Materiais

Orientadores: Prof.^a Doutora Maria Teresa Cidade (FCT/UNL)

Engenheiro Jorge Almeida (Hempel)

Lisboa 2009

AGRADECIMENTOS

A finalização deste trabalho só foi possível devido ao contributo de todos aqueles que de uma forma ou de outra colaboraram para a sua concretização, a todos o meu muito obrigado.

Agradeço a todos aqueles que disponibilizaram, sem esperarem nada em troca, o material necessário para a realização do meu estudo.

Começo por agradecer aos meus pais por terem acreditado em mim, por estarem presentes quando precisei deles, pelo carinho e paciência que tiveram comigo ao longo destes anos, sem eles isto não seria possível. Agradeço ainda ao meu irmão, que esteve sempre ao meu lado quando precisava de ajuda. A minha família no geral agradeço o carinho e a força que me transmitiram.

De um modo especial, agradeço ao Igor, meu namorado e amigo por ter estado comigo nos bons e maus momentos, transmitindo-me coragem para nunca desistir.

Agradeço a minha orientadora Professora Maria Teresa Cidade pela disponibilidade e interesse com que sempre acompanhou o meu trabalho.

Ao Engenheiro Jorge Almeida agradeço pela oportunidade que me concedeu em estagiar na Hempel e o apoio que me transmitiu nas horas de maior dificuldade.

Agradeço à equipa de Laboratório da Hempel que foram de grande ajuda na parte experimental. Em especial agradeço a Sónia, Vítor, Elsa, Lurdes e Isabel.

Ao Professor Rui Silva agradeço a ajuda prestada nas noções de corrosão.

Agradeço a Ana Boto pela ajuda na realização dos ensaios reológicos.

Por fim, não menos importante, pelo contrário, agradeço a amizade de todos os meus amigos. O vosso apoio e motivação deram-me forças nos momentos mais complicados.

Meu muito obrigado, a todos que participaram desta conquista.

RESUMO

“Avaliação de uma gama comercial de pigmentos anticorrosivos num sistema de pintura a seleccionar”

As tintas anticorrosivas que protegem por inibição apresentam na sua constituição pigmentos anticorrosivos. Hoje em dia o pigmento mais utilizado na indústria das tintas é o fosfato de zinco, no entanto a *Pigmentan* lançou para o mercado novos pigmentos, que segundo eles são mais estáveis e são economicamente melhores. O trabalho que seguidamente se apresenta visou essencialmente comprovar a eficiência destes novos pigmentos como auxiliares na protecção de substratos metálicos. Estudaram-se as potencialidades dos pigmentos da *Pigmentan* (*Pigmentan 465 M*, *Pigmentan E*, *Pigmentan EA*) em comparação com o fosfato de zinco.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a tecnologia de tintas, passando-se de seguida para o desenvolvimento de fórmulas para produzir as tintas que posteriormente foram submetidas a diversos ensaios (ensaios de caracterização, ensaios mecânicos, ensaios de desempenho).

Ao longo dos ensaios realizados, verificou-se que os novos pigmentos apresentam vantagens e desvantagens em relação ao fosfato de zinco.

Para avaliar a resistência contra a corrosão procedeu-se a um ensaio de nevoeiro salino. Como o principal objectivo era avaliar o desempenho das tintas desenvolvidas, realizaram-se ensaios a amostras revestidas apenas com os primários e amostras revestidas com o esquema completo. Através deste ensaio verificou-se que as tintas de base solvente protegem melhor que as tintas de base aquosa. Nas tintas de base solvente observou-se que as formuladas com *Pigmentan* apresentam maior resistência contra a corrosão.

Palavras-chave: Tintas, revestimentos resistentes à corrosão, pigmentos anticorrosivos

ABSTRACT

“Evaluation of a commercial range of anti-corrosive pigments in selected systems of painting”

The anti-corrosive paints which protect by inhibition present on their constitution anti-corrosive pigments. Nowadays, zinc phosphate is the most used pigment in the paint industry. However, *Pigmentan* released new pigments that, according to them, are more stable and economically profitable.

This project aim is essentially to prove the efficiency of these new pigments as a mean to protect the metal substrates. Consequently, it is intended to compare the potentialities of *Pigmentan's* pigments (*Pigmentan 465 M*, *Pigmentan E*, *Pigmentan EA*) to the zinc phosphate.

Firstly, it has been done a bibliographical revision about the paint's technology. Secondly, the development of formulae to produce paints was performed. Finally, those paints were submitted to several tests (characterization tests, mechanical tests and performance tests) in order to analyze their performance.

Throughout the tests, it has been concluded that, when compared to zinc phosphate, the new pigments present advantages and disadvantages.

In order to evaluate the resistance to corrosion, it has been made a salt spray test. The main purpose was to evaluate the performance of the novel paints. Therefore, samples only coated with primers and samples coated with the complete scheme were tested. Throughout this project it was concluded that solvent based paints are a better protection than water based paints. In the solvent based paints, it was observed that formulated paints from *Pigmentan* present a bigger resistance against corrosion.

Keywords: Paints, corrosion resistant coatings, anti-corrosive pigments

LISTA DE ABREVIATURAS

- AO – absorção de óleo
BA – base aquosa
BS – base solvente
COV – composto orgânico volátil
CPVC – concentração volumétrica de pigmento crítico
d – diâmetro do mandril
EFS – espessura do filme seco
 F_a – factor de aproveitamento
 G^* – módulo complexo
 G' – módulo de armazenamento
 G'' – módulo de perdas
OP – operação
P – primário
P.E. – peso específico
PVC – concentração volumétrica de pigmento
Quant. – quantidade utilizada de cada matéria-prima
 R_p – rendimento prático
 R_t – rendimento teórico
 S_a – limpeza por projecção de abrasivos
SB - base de solventes
 S_t – limpeza com ferramentas manuais e mecânicas
SVR – percentagem de sólidos por volume
SWR – percentagem Sólidos por massa
t – tempo
 V_p – volume de pigmento
 V_s – volume de sólidos
 V_v – volume da matéria não volátil do veículo e dos aditivos
 V_{va} – volume de veículo absorvido
W – massa de pigmento
WB – base de água
 η – viscosidade
 η^* – viscosidade complexa
 γ – deformação oscilatória
 $\dot{\gamma}$ – taxa de corte
 ρ – peso específico

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS.....	iii
RESUMO	v
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE TABELAS	xv
<i>Capítulo 1 - Introdução.....</i>	<i>1</i>
1.1. OBJECTIVO	3
1.2. EMPRESA	4
<i>Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica.....</i>	<i>5</i>
2.1. O QUE É UMA TINTA	7
2.1.1. Classificação das tintas.....	7
2.1.1.1. Classificação quanto à natureza da base.....	8
2.2. TINTAS PARA PROTECÇÃO ANTI-CORROSIVA	9
2.2.1. Mecanismos de protecção anti-corrosiva de uma tinta.....	10
2.3. CONSTITUINTES DE UMA TINTA	12
2.4. PROCESSO DE FABRICO DE UMA TINTA	15
2.5. CARACTERIZAÇÃO DE UMA TINTA.....	16
2.5.1. Parâmetros calculados teoricamente	16
2.5.2. Ensaio de caracterização de uma tinta	21
2.5.3. Ensaio em tinta aplicada	21
2.6. PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES.....	21
2.7. APLICAÇÃO DA TINTA	23
<i>Capítulo 3 – Materiais, Métodos e Técnicas Experimentais.....</i>	<i>25</i>
3.1. SELECÇÃO DOS MATERIAIS	27
3.2. FORMULAÇÃO E PROCEDIMENTO DO FABRICO DA TINTA	28
3.3. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA TINTA.....	30
3.4. APLICAÇÃO DA TINTA NUM SUBSTRATO.....	38
3.5. ENSAIOS NA TINTA APLICADA	41
<i>Capítulo 4 – Resultados e Discussão</i>	<i>49</i>
4.1. TINTAS À BASE DE ÁGUA.....	51

4.2.	TINTAS À BASE DE SOLVENTES ORGÂNICOS	78
4.3.	TINTAS À BASE ÁGUA VS TINTAS À BASE DE SOLVENTES ORGÂNICOS	105
	<i>Capítulo 5 – Conclusões</i>	107
	<i>Referências Bibliográficas</i>	113
	<i>Anexos</i>	119
ANEXO A -	Formulas fornecidas pelo fabricante de <i>Pigmentan</i>	121
ANEXO B -	Formulações usadas no trabalho	123
ANEXO C -	Informação Técnica das tintas utilizadas da Hempel.....	147
ANEXO D -	Características das matérias-primas fornecidas pelos fabricantes	151
ANEXO E -	Cálculos suplementares	153
ANEXO F -	Espessura das chapas utilizadas para o ensaio de nevoeiro salino	157
ANEXO G -	Registos dos valores do ensaio de nevoeiro salino	159
ANEXO H -	Especificações das tintas estudadas	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Imagem das instalações da Hempel em Portugal [2]	4
Figura 2.1 – Efeito do PVC nas propriedades da película de tinta [21]	18
Figura 2.2 – Perfis de rugosidade.....	23
Figura 2.3 – Esquema completo de pintura.....	24
Figura 3.1 – Esquema das etapas efectuadas no estudo da tinta	28
Figura 3.2 – Régua de finura de 0-50µm	30
Figura 3.3 – Ensaio de finura	31
Figura 3.4 – Esquema da observação efectuada a régua de finura.....	31
Figura 3.5 – Viscosímetro Stormer	31
Figura 3.6 – Picnómetro de metal com um volume de 100ml.....	32
Figura 3.7 – Determinação do peso específico.....	32
Figura 3.8 – Determinação do escorrimento	33
Figura 3.9 – Medidor do tempo de secagem Becke Koller	34
Figura 3.10 – Reometro Rotacional	37
Figura 3.11 – Aplicador	38
Figura 3.12 – Aplicação de tinta numa cartolina.....	38
Figura 3.13 – Dimensões das chapas de aço	38
Figura 3.14 – Chapas de aço decapadas com um grau de preparação de Sa 2 ^{1/2}	39
Figura 3.15 – Pistola convencional	39
Figura 3.16 – Esquema de pintura utilizado nas chapas.....	40
Figura 3.17 – Aplicação de tinta com uma pistola convencional.....	40
Figura 3.18 – Medidor de pente	42
Figura 3.19 – Ilustração da determinação da espessura seca do revestimento	42
Figura 3.20 – Ilustração da determinação do brilho	43
Figura 3.21 – Câmara de nevoeiro salino.....	44
Figura 3.22 – Ilustração do ensaio de elasticidade.....	46
Figura 3.23 - Ilustração do ensaio de aderência	47
Figura 3.24 – Aparelho de impacto	47
Figura 4.1 - Chapa de aço revestida com PWB08 utilizando como método de pintura a pistola convencional	53
Figura 4.2 - Viscosidade vs taxa de corte da tinta PWB09	57
Figura 4.3 - Viscosidade vs taxa de corte da tinta PWB14	57
Figura 4.4 - Curva tensão vs taxa de corte para a tinta PWB09.....	59
Figura 4.5 - Curva tensão vs taxa de corte para a tinta PWB14.....	59
Figura 4.6 - Propriedades viscoelásticas em função da frequência para a tinta PWB09.....	60
Figura 4.7 - Propriedades viscoelásticas em função da frequência para a tinta PWB14.....	61
Figura 4.8 – Viscosidade complexa em função da frequência da tinta PWB09.....	62
Figura 4.9 - Viscosidade complexa em função da frequência da tinta PWB14	62
Figura 4.10 - Chapa A (revestida com PWB09) após exposição de nevoeiro salino.....	72
Figura 4.11 – Chapa C (revestida com PWB14) após exposição ao nevoeiro salino.....	72
Figura 4.12 – Chapa C após 48 horas de exposição ao nevoeiro salino.....	74

Figura 4.13 – Chapa A exposta ao nevoeiro salino durante 72 horas.....	74
Figura 4.14 – Chapa B (revestida com PWB09 + 58030) após exposição ao nevoeiro salino.....	75
Figura 4.15 - Chapa D (revestida com PWB14 + 58030) após exposição ao nevoeiro salino	76
Figura 4.16 - Viscosidade vs taxa de corte da tinta PSB06	83
Figura 4.17 - Viscosidade vs taxa de corte da tinta PSB22	83
Figura 4.18 - Viscosidade vs taxa de corte da tinta PSB32	84
Figura 4.19 - Curva tensão vs taxa de corte para a tinta PSB06.....	85
Figura 4.20 - Curva tensão vs taxa de corte para a tinta PSB22.....	85
Figura 4.21 - Curva tensão vs taxa de corte para a tinta PSB32.....	86
Figura 4.22 - Viscosidade complexa em função da frequência da tinta PSB06	87
Figura 4.23 - Viscosidade complexa em função da frequência da tinta PSB22	87
Figura 4.24 - Viscosidade complexa em função da frequência da tinta PSB32	87
Figura 4.25 - Viscosidade em função da temperatura para PSB06	88
Figura 4.26 - Viscosidade em função da temperatura para PSB22	88
Figura 4.27 - Viscosidade em função da temperatura para PSB32	89
Figura 4.28 - Chapa E (revestida com PSB06) após exposição de nevoeiro salino	98
Figura 4.29 – Chapa G (revestida com PSB22) após exposição ao nevoeiro salino	98
Figura 4.30 – Chapa I (revestida com PSB32) após exposição ao nevoeiro salino.....	99
Figura 4.31 – Chapa F (revestida com PSB06 + 52140) após exposição ao nevoeiro salino.....	100
Figura 4.32 - Chapa H (revestida com PSB22 + 52140) após exposição ao nevoeiro salino.....	101
Figura 4.33 - Chapa J (revestida com PSB32 + 52140) após exposição ao nevoeiro salino	101
Figura 4.34 - Chapa F (revestida com PSB06 + 52140) após exposição ao nevoeiro salino	102
Figura 4.35 - Chapa H (revestida com PSB22 + 52140) após exposição ao nevoeiro salino.....	102
Figura 4.36 – Chapa J após 72 horas de exposição ao nevoeiro salino	103

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 – Classificação de tintas através do processo de cura [6].....	8
Tabela 2.2 – Tipo de brilho em função do PVC [16]	17
Tabela 2.3 – Perdas em função do método de aplicação [5]	20
Tabela 3.1 - Tipos de tintas produzidos	27
Tabela 3.2 – Ensaios realizados à tinta líquida e à tinta aplicada.....	29
Tabela 3.3 – Escala do grau de sedimentação	35
Tabela 3.4 – Avaliação da sedimentação de acordo com as cinco condições	36
Tabela 3.5 – Esquema de pintura utilizado nas chapas	41
Tabela 3.6 – Intervalos de brilho [16]	43
Tabela 3.7 – Calendarização das observações efectuadas.....	45
Tabela 4.1 – Resumo das observações das tintas produzidas à base de água	52
Tabela 4.2 – Especificações das tintas aquosas.....	54
Tabela 4.3 – Valores teóricos do peso específico	55
Tabela 4.4 - Avaliação da sedimentação das tintas de água.....	56
Tabela 4.5 – Informações gerais das tintas aquosas	63
Tabela 4.6 – Valores do PVC e do CPVC das tintas de base aquosa.....	65
Tabela 4.7 – Teor máximo de COV para tintas de base aquosa [18]	66
Tabela 4.8 – Determinação dos COVs da tinta PWB09.....	67
Tabela 4.9 – Determinação dos COVs da tinta PWB09.....	68
Tabela 4.10 – Resultados do ensaio de elasticidade efectuado às tintas aquosas.....	69
Tabela 4.11 – Resultados do ensaio de aderência efectuado às tintas aquosas	70
Tabela 4.12 – Resultados do ensaio da resistência ao impacto efectuado às tintas aquosas	71
Tabela 4.13 – Defeitos observados nas primeiras 96 horas de exposição salina.....	73
Tabela 4.14 – Defeitos observados ao longo de 497 horas de exposição salina.	76
Tabela 4.15 - Resumo das observações das tintas produzidas à base de solvente orgânico	79
Tabela 4.16 - Especificações das tintas a base de solventes.....	80
Tabela 4.17 – Valores teóricos do peso específico	81
Tabela 4.18 - Avaliação da sedimentação das tintas de solvente	82
Tabela 4.19 - Informações gerais das tintas a base de solventes orgânicos	90
Tabela 4.20 – Valores do PVC e do CPVC das tintas de base solvente.....	91
Tabela 4.21 – Teor máximo de COV para tintas de base solvente [18].....	92
Tabela 4.22 – Determinação dos COVs da tinta PSB06	92
Tabela 4.23 – Determinação dos COVs da tinta PSB22	93
Tabela 4.24 – Determinação dos COVs da tinta PSB32	94
Tabela 4.25 – Resultados do ensaio de elasticidade efectuado às tintas de base solvente	95
Tabela 4.26 – Resultados do ensaio de aderência efectuado às tintas de base solvente.....	96
Tabela 4.27 – Resultados do ensaio da resistência ao impacto efectuado às tintas de base solvente....	97
Tabela 4.28 – Defeitos observados nas primeiras 96 horas de exposição salina.....	99
Tabela 4.29 – Defeitos observados ao longo de 911 horas de exposição salina.	103
Tabela A.1 – Fórmula para as tintas de água (<i>Pigmentan EA vs Fosfato de Zinco</i>).....	121
Tabela A.2 – Fórmula para as tintas de base solvente orgânica (<i>Pigmentan 465 M</i>)	122

Tabela B.1 - Tinta PWB01	123
Tabela B.2 - Tinta PWB02	124
Tabela B.3 - Tinta PWB03	125
Tabela B.4 - Tinta PWB04	126
Tabela B.5 - Tinta PWB05	127
Tabela B.6 - Tinta PWB06	128
Tabela B.7 - Tinta PWB07	129
Tabela B.8 - Tinta PWB08	130
Tabela B.9 - Tinta PWB09	131
Tabela B.10 - Tinta PWB11	132
Tabela B.11 - Tinta PWB12	133
Tabela B.12 - Tinta PWB13	134
Tabela B.13 - Tinta PWB14	135
Tabela B.14 - Tinta PWB20	136
Tabela B.15 - Tinta PSB01	137
Tabela B.16 - Tinta PSB02	138
Tabela B.17 - Tinta PSB03	139
Tabela B.18 - Tinta PSB04	140
Tabela B.19 - Tinta PSB05	141
Tabela B.20 - Tinta PSB06	142
Tabela B.21 - Tinta PSB21	143
Tabela B.22 - Tinta PSB22	144
Tabela B.23 - Tinta PSB31	145
Tabela B.24 - Tinta PSB32	146
Tabela D.1 - Dados das matérias-primas	151
Tabela D.2 - Especificações de <i>Pigmentan 465M</i>	152
Tabela D.3 - Especificações de <i>Pigmentan E</i>	152
Tabela D.4 - Especificações de <i>Pigmentan EA</i>	152
Tabela E.1 - Listagem das matérias-primas das tintas de água	153
Tabela E.2 - Listagem das matérias-primas das tintas de água	154
Tabela E.3 - Propriedades físicas da tinta PWB09	154
Tabela E.4 - Propriedades físicas da tinta PWB14	155
Tabela E.5 - Propriedades físicas da tinta PSB06	155
Tabela E.6 - Propriedades físicas da tinta PSB22	156
Tabela E.7 - Propriedades físicas da tinta PSB32	156
Tabela F.1 - Espessura da película seca das chapas utilizados no nevoeiro salino	157
Tabela G.1 - Registo do caudal da câmara	159

Capitulo 1 - Introdução

Capítulo 1 – INTRODUÇÃO

1.1. OBJECTIVO

Este trabalho tem como ponto principal o estudo das potencialidades de uma família de pigmentos anticorrosivos produzidos pela *Pigmentan* em comparação com o fosfato de zinco. Para tal irão ser produzidas tintas com esses pigmentos as quais serão comparadas com tintas com um pigmento inibidor de corrosão, o fosfato de zinco, já existente no mercado.

Neste trabalho estudar-se-á o desempenho à corrosão de 3 pigmentos que serão comparados com uma tinta do mesmo tipo mas constituída por fosfato de zinco. Os pigmentos em estudo serão: *Pigmentan EA*, *Pigmentan 465 M*, *Pigmentan E*.

Estes pigmentos irão ser utilizados em tintas à base de água e tintas à base de solventes orgânicos. O pigmento *Pigmentan EA* será só utilizado para tintas à base de água enquanto que o *Pigmentan E* e *465 M* só serão utilizados para tintas à base de solventes orgânicos.

Este estudo irá ser desenvolvido em duas partes. A primeira parte vai consistir no estudo de pigmentos utilizados em tintas de água enquanto que a segunda parte no estudo de pigmentos utilizados em tintas à base de solventes.

Para a execução deste trabalho é necessário escolher uma formulação para cada tipo de tinta. As formulações que irão ser utilizadas foram fornecidas pelo próprio fabricante, mas irão sofrer reformulações, nomeadamente as matérias-primas irão ser substituídas por outras existentes na empresa. A fórmula terá que ser estudada e reajustada até se obter uma compatível com os pigmentos em estudo e apropriada para o sistema de pintura que se pretende.

Uma vez obtidas as fórmulas, serão produzidas as diferentes tintas, que serão posteriormente aplicadas à pistola em chapas de aço previamente tratadas.

Realizar-se-ão ensaios à tinta líquida para a caracterizar. Serão realizados ensaios de viscosidade, peso específico, escorrimento, pH, tempo de secagem, sedimentação e por fim reológicos.

As chapas revestidas com as tintas produzidas anteriormente, irão ser submetidas a ensaios de aceleração de corrosão. Serão colocadas em câmaras de nevoeiro salino onde permanecerão durante algum tempo. Após o ensaio irão ser realizados ensaios de adesão para estudar a resistência da película seca em relação a corrosão.

1.2. EMPRESA

O Grupo de Companhias Hempel foi criado pelo empresário Jorge Christian Hempel no ano de 1915 [1]. Este jovem empresário teve a ideia de produzir tintas marítimas prontas a ser utilizadas, que seriam entregues nos principais portos [1]. Assim não era necessário continuar a preparar as tintas a bordo dos navios e a qualidade do produto final era muito maior.

Ao longo dos tempos, esta companhia tem tido um crescimento permanente que faz com que tenha uma presença global [2].

No ano de 1970 a Hempel implantou-se em Portugal, mas nesta primeira fase apenas como escritórios de vendas [2]. Só numa segunda fase, em 1975, é que se construíram as instalações fabris no Vale de Cantadores em Palmela. As instalações em Palmela são constituídas pelos serviços comerciais, financeiros técnicos e fabris [2].



Figura 1.1 – Imagem das instalações da Hempel em Portugal [2]

Na unidade fabril da Hempel utilizam-se processos de produção modernos e tecnologicamente avançados, que permitem a obtenção de produtos de alta qualidade [2]. As condições laborais não prejudicam o meio ambiente e garantem um bom ambiente de trabalho para os trabalhadores.

A Hempel fabrica produtos para os seguintes mercados [1]:

Marítimo

Contentores

Iates

Decorativos

Protecção

*Capítulo 2 – Revisão
Bibliográfica*

Capítulo 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O QUE É UMA TINTA

Existem diversas definições para o termo tinta. Uma das suas definições é a que está definida na norma NP EN 971-1:1997 [3]:

“Produto de pintura pigmentado, líquido, em pasta ou em pó, que quando aplicado num substrato, forma uma película opaca dotada de propriedades protectoras, decorativas ou propriedades específicas”

As tintas são revestimentos aplicados numa grande variedade de superfícies, como por exemplo a madeira, o metal, o betão, etc.

Com o passar do tempo o desgaste ocorre na maioria das superfícies; as causas desse desgaste podem ser provocados por factores ambientais ou pelo contacto com outros materiais. Os revestimentos por pintura são utilizados com a finalidade de evitar o aparecimento de corrosão, apodrecimento, rachas, entre outros defeitos na superfície do material [4]. Podemos concluir que as tintas contribuem para a durabilidade das superfícies. Uma outra finalidade da tinta é de embelezar, ou seja melhorar o aspecto visual. As tintas podem ainda ser utilizadas com a finalidade de melhorar determinadas condições ambientais (higiene e iluminação) identificar, avisar, etc. [4].

As tintas utilizadas para evitar a formação de corrosão nos metais são denominadas de tintas anticorrosivas [5].

2.1.1. Classificação das tintas

As tintas podem ser classificadas de diversas formas, essa classificação vai depender do critério considerado. Num aspecto mais geral podemos dividir as tintas de acordo com a sua aplicação, neste caso teremos tintas para a construção civil, tintas para aplicação de automóveis, tintas para manutenção, tintas para sinalização de tráfego, tintas para aplicação naval, tintas para aplicação em aviação e tintas para artes gráficas [6]. As tintas podem ainda ser classificadas a nível das suas propriedades ou constituintes.

Uma possível classificação baseia-se no mecanismo da formação do filme protector e da secagem ou processo de cura das tintas. Na tabela seguinte é descrita essa classificação.

Tabela 2.1 – Classificação de tintas através do processo de cura [6]

Aspecto a analisar	Classificação das tintas	Descrição
Formação de filme	Tinta de secagem física	A formação do filme ocorre devido à evaporação do solvente
	Tinta de cura química	A formação do filme ocorre à medida que se dá a reacção química entre os componentes da tinta e a humidade do ar

Na indústria das tintas a distinção dos diferentes tipos de tintas é, normalmente, feita através do tipo de resina utilizada (alquídicas, epoxídicas, vinílicas, etc.) [3]. Podemos ainda classifica-las consoante a natureza da base (base aquosa, base solvente) [3].

Na Hempel existe uma grande variedade de produtos, sendo as principais áreas de aplicação: superfícies metálicas, fundo dos navios, betão, mercadorias e convés dos navios.

2.1.1.1. Classificação quanto à natureza da base

Podemos dividir as tintas em dois grandes grupos consoante a base utilizada no início da formulação, existem as tintas à base de água e as tintas à base de solventes [5]. Na indústria das tintas as mais utilizadas são as tintas à base de solventes orgânicos. No entanto, os solventes utilizados no fabrico das tintas são inflamáveis, tóxicos e apresentam um cheiro desagradável [5].

Nas tintas à base de água, como o nome indica, utiliza-se água como solvente. Este tipo de tinta não é tão inflamável como as tintas à base de solventes orgânicos e a sua toxicidade é muito menor [5].

As tintas que apresentam água na sua constituição são de fácil adaptação aos sistemas de pintura e apresentam uma diminuição na quantidade de poluentes libertados para o ar [5].

As propriedades dos revestimentos de tintas à base de água são praticamente iguais às outras tintas [4].

Alem das vantagens apresentadas existem algumas desvantagens. Estas tintas devem ter cuidados especiais no seu armazenamento, um factor a ter em conta é a temperatura de

armazenamento que deve ser controlada [4]. Verifica-se ainda um elevado custo de produção em comparação com as tintas à base de solventes [4]. A sua secagem ao ar é mais lenta e depende da humidade existente no ar [4].

Ao comparar os dois tipos de tintas, observa-se que as tintas à base de água são muito menos poluentes que as outras tintas, o que é uma grande vantagem.

2.2. TINTAS PARA PROTECÇÃO ANTI-CORROSIVA

As tintas anticorrosivas são utilizadas com o objectivo de prevenir a corrosão, para tal elas retardam a passagem de agentes corrosivos para evitar a ocorrência de reacções de corrosão no material a proteger [4].

A corrosão provoca a deterioração de um metal. Esta ocorre quando o metal interage por acção química ou electroquímica com o ambiente conduzindo à perda de propriedades e à sua degradação funcional [5, 7, 8].

O fenómeno da corrosão ocorre espontaneamente e afecta a durabilidade e o desempenho do material [7]. A velocidade em que ocorre este fenómeno dependerá da temperatura, do meio e do próprio material [9].

Os metais apresentam-se na natureza no estado combinado, para se obter o metal que se conhece é necessário transformar o mineral extraído, para tal este sofre tratamentos químicos, eléctricos, mecânicos e/ou térmicos [7, 9]. A energia do mineral extraído é mais baixa que no metal o que irá fazer com que o produto final volte a mineralizar (oxidar) [7, 9].

A formação de corrosão desenvolve-se na superfície e interfaces do material, uma vez que é esta parte do material que está exposta ao meio. Para ocorrerem as reacções de corrosão é necessário que o meio seja suficiente oxidante. O material ao sofrer reacções de corrosão transforma-se em óxidos, actuando alguns desses óxidos como uma barreira, retardando o avanço da corrosão para o restante material [7, 9]. Esta barreira é denominada de camada de passivação [7, 9].

As reacções de corrosão são na sua maioria de natureza electroquímica, ocorrendo simultaneamente e de forma espontânea duas ou mais reacções diferentes [7, 9]. Nas reacções electroquímicas ocorre uma transferência de electrões, estes são cedidos em determinada região e recebidos noutra [7, 9]. No conjunto das reacções electroquímicas existe pelo menos uma de natureza anódica (oxidação) e outra de natureza catódica (redução) [7, 9]. Na reacção anódica o metal cede electrões que serão consumidos na reacção catódica [7, 9].

A corrosão pode ocorrer sob diversas formas e a sua classificação é feita de acordo com o aspecto do metal corroído [9].

Hoje em dia a corrosão é um objecto de estudo de grande importância, enquanto uma grande porção dos materiais estruturais e mecânicos for constituída por ligas metálicas, originando redução de tempo de serviço desses componentes e condenando a perdas económicas. De modo a minimizar os gastos é necessário controlar ou mesmo evitar a formação de qualquer tipo de corrosão. Para atenuar tal problema são utilizadas técnicas ou métodos de protecção anticorrosiva, entre estas técnicas ou métodos podem ser citados os revestimentos, os inibidores de corrosão, as técnicas de modificação do meio, a protecção catódica e anódica [7, 9].

Para retardar ou reduzir a corrosão são aplicados revestimentos entre o metal e o meio corrosivo. Os revestimentos são aplicadas sobre a superfície do metal, retardando o contacto com o ambiente ou degradando-se (protecção catódica), protegendo o material [9]. Existe uma variedade de revestimentos contudo neste trabalho só se falará dos revestimentos orgânicos (tintas) visto que estes são os únicos estudados neste trabalho.

A tinta é amplamente utilizada visto ser o revestimento de grande facilidade de aplicação e de baixo custo.

2.2.1. Mecanismos de protecção anti-corrosiva de uma tinta

Nos revestimentos de pintura, para prevenir a corrosão são utilizados três mecanismos básicos: protecção por efeito de barreira, protecção por inibição e protecção catódica [10].

No primeiro mecanismo - protecção por efeito de barreira - a tinta forma uma barreira que isola o metal do meio corrosivo [10]. Para que o isolamento apresente uma elevada eficácia é necessário que a tinta apresente espessuras mais elevadas. As tintas anticorrosivas que protegem por barreira devem apresentar na sua constituição ligantes com permeabilidade muito baixas e pigmentos lamelares [10].

Por outro lado, existe a protecção por inibição que consiste em inibir o processo de corrosão. Este tipo de protecção vai impedir a reacção catódica ou anódica. Na constituição deste tipo de tintas são utilizados inibidores que actuam principalmente na reacção anódica [10].

Por último existe a protecção catódica, que consiste na formação de um revestimento de sacrifício [10]. Por outras palavras, neste tipo de protecção é formado um revestimento com alto teor em zinco que fará com que o metal permaneça intacto [10].

Para apresentarem um bom desempenho é necessário que as tintas anticorrosivas apresentem as seguintes propriedades: aderência, flexibilidade e impermeabilidade [5]. É essencial que este tipo de tintas apresente uma boa aderência sobre a base metálica, isto porque, quando por acidente ou por uma falha o metal fica exposto, a corrosão será impedida de avançar por baixo da película de tinta. Ao longo da vida útil de um material, este sofre variações de dimensão causadas pelas contracções e dilatações que são provocadas pela diferença de temperatura do dia para a noite e do Inverno para o Verão [5]. É importante que o revestimento de tinta seja suficientemente flexível para acompanhar estas variações, caso contrário poderá ocorrer fissuração deixando o metal exposto a agentes corrosivos [5]. Por fim, é muito importante que os revestimentos anticorrosivos sejam impermeáveis, isto para impedir que os agentes corrosivos atravessem a película de tinta e entrem em contacto com o metal, se estes forem mantidos afastados evita-se a ocorrência das reacções de corrosão [5]. Além destas três propriedades é fundamental que se prepare correctamente a superfície de metal para ser pintada.

As tintas de protecção anticorrosiva apresentam na sua constituição pigmentos anticorrosivos. Este tipo de pigmentos é utilizado com o objectivo de modificar o agente agressivo, diminuindo com isso a sua agressividade. Existe uma vasta variedade de pigmentos anticorrosivos, mas neste trabalho focar-se-á o fosfato de zinco e os novos pigmentos da *Pigmentan*.

Hoje em dia o pigmento anticorrosivo mais utilizado na indústria das tintas é o fosfato de zinco. O fosfato de zinco é um pigmento branco e não é tóxico. No entanto a *Pigmentan* inseriu no mercado quatro novos pigmentos anticorrosivos. Estes pigmentos são compostos de oxi-amino fosfatos de magnésio [11]. Por serem à base de magnésio não são tóxicos, por isso não necessitam de qualquer restrição para o seu manuseamento e transporte [11].

Os pigmentos anticorrosivos de *Pigmentan* são eficazes para o uso nas primeiras demãos e são dirigidos para os metais, revestimentos para o aço (DTM), alumínio galvanizado e outras ligas claras [11]. Estes novos pigmentos apresentam um bom desempenho no que diz respeito a protecção da corrosão. Economicamente são muito melhores que os utilizados hoje em dia no mercado, isto porque necessitam de dosagens mais baixas por serem altamente

reactivos [11]. Uma outra vantagem está no seu manuseamento; estes são fáceis de manusear e são leves o que leva a estabilidade da tinta produzida [11].

Os produtos que a *Pigmentan* introduziu no mercado foram [11]:

- ***Pigmentan 465M*** – utilizado em primários de elevado desempenho. Apresenta uma elevada eficiência contra a protecção da corrosão.
- ***Pigmentan E*** – utilizado para proteger a longo prazo, pois oferece elevado desempenho. Tolerante aos sistemas ácidos mas não apropriado para o uso em sistemas de água. Elevada eficiência contra a protecção da corrosão.
- ***Pigmentan EM*** – um substituto do fosfato de zinco na relação de peso de 1:1
- ***Pigmentan EA*** – Projectado especialmente para a estabilidade excelente nos revestimentos à base de água que incluem tintas de emulsão.

Ao comparar os quatro pigmentos, verifica-se que o pigmento *Pigmentan EM* é o que apresenta resultados mais fracos, por isso este pigmento não será objecto de estudo neste trabalho.

O *Pigmentan EA* foi projectado especialmente para tintas à base de água enquanto que os outros três são utilizados para tintas à base de solventes [11]. Em estudos recentes, verificou-se que *Pigmentan 465 M* também pode ser utilizado em tintas à base de água mas a estabilidade destas tintas é muito mais difícil de se encontrar, pelo que só se irá estudar para tintas à base de solventes orgânicos [11].

Por estudos realizados anteriormente verificou-se que *Pigmentan 465M* e *Pigmentan E* são eficazes na protecção de corrosão [11]. A diferença que existe entre estes dois pigmentos encontra-se no tipo de amina. Através desses estudos observou-se que o desempenho destes pigmentos era superior ao do fosfato de zinco e que o *Pigmentan 465 M* era um pouco melhor que *Pigmentan E* [11].

2.3. CONSTITUINTES DE UMA TINTA

As tintas são constituídas por uma grande variedade de matérias-primas que são divididas nos seguintes grupos [12]:

- Pigmentos
- Cargas
- Veículo fixo
- Veículo volátil
- Aditivos

Na constituição de uma tinta existe uma parte líquida (que é formada pela resina e os solventes) e uma parte sólida (formada pelos pigmentos e as cargas).

a) Pigmentos

Os pigmentos são substâncias sólidas em forma de partículas finas. Segundo a norma NP EN 971-1:1997 a definição de pigmento é [3]:

“Substância geralmente em forma de partículas finas, que é praticamente insolúvel no veículo, utilizada devido às suas propriedades ópticas, decorativas ou protectoras”

Esta matéria-prima é bastante importante porque é o único constituinte que confere opacidade permitindo que a tinta cubra completamente a base [3].

Os pigmentos podem ser classificados de acordo com a sua natureza química (pigmentos inorgânicos e pigmentos orgânicos) ou consoante o processo de obtenção (pigmentos naturais e pigmentos sintéticos) [3]. Podemos ainda diferenciar os pigmentos segundo a cor.

Verifica-se ainda que se pode diferenciar os pigmentos consoante a sua função, ou seja existem pigmentos com características especiais. Os pigmentos não são utilizados só com a finalidade de dar cor e opacidade, este componente também é utilizado para reforçar algumas características pretendidas na tinta [3]. Uma das funções que os pigmentos podem ter é a de prevenir a corrosão [3]. Neste trabalho irão ser estudados pigmentos desse tipo.

Numa tinta existem praticamente dois tipos de pigmentos, os pigmentos primários que controlam a coloração da tinta e a sua opacidade e os pigmentos funcionais que conferem determinadas propriedades ao produto final, como por exemplo os pigmentos anticorrosivos que impedem a corrosão do material pintado [5].

b) Cargas

Segundo a norma NP EN 971-1:1997 a definição de carga é a seguinte [3]:

“Produto granular ou em pó, praticamente insolúvel no veículo e utilizado como constituinte da tinta para modificação de determinadas propriedades físicas.”

As cargas são utilizadas para dar “corpo” à tinta. Este constituinte pode facilitar o fabrico e a aplicação de uma tinta, pode ainda melhorar a qualidade, aumentar a durabilidade e facilitar a conservação da tinta. A impermeabilidade e a elasticidade da tinta também podem ser aumentadas com a adição de determinadas cargas.

Podemos classificar as cargas como naturais e artificiais, consoante a sua origem [3].

c) Veículo fixo

O veículo fixo também é conhecido como ligante, aglutinante ou formador de película. Este componente é o responsável pela formação da película sólida bem como pela aderência da tinta ao substrato [3].

As propriedades finais da tinta estão directamente relacionadas com o veículo fixo utilizado.

O veículo fixo é constituído por um ou vários dos seguintes produtos: óleos sicativos, resinas naturais e sintéticas, produtos betuminosos e silicatos [3].

A resina utilizada é a responsável pela passagem do estado líquido ao estado sólido da tinta [1]. Este componente também é o responsável pelas principais propriedades de uma tinta [1].

d) Veículo volátil

Este componente evapora durante o processo de secagem de uma tinta.

O veículo volátil é constituído por solventes e diluentes. Os solventes são utilizados para dissolver o veículo fixo, sem alterar as suas propriedades químicas, enquanto que os diluentes são utilizadas com a finalidade de se obter uma determinada característica de aplicação (viscosidade) [3].

Os solventes são utilizados para facilitar a produção e a aplicação das tintas. Apresentam a finalidade de conferir a textura adequada da tinta [1].

e) Aditivos

De acordo com a norma NP EN 971-1:1997 a definição de aditivos é [3]:

“Qualquer substância incorporada em pequenas quantidades a produtos de pintura para promover ou modificar uma ou mais propriedades”

Existe uma variedade enorme de aditivos usados na indústria de tintas e vernizes (ex:dispersantes, antiespumas, insecticida, entre outros) [3].

Resumidamente, uma tinta é constituída por quatro componentes básicos: resina, pigmentos e cargas, solvente e aditivos.

A quantidade de cada um dos constituintes vai depender das características e propriedades desejadas no produto final.

2.4. PROCESSO DE FABRICO DE UMA TINTA

A produção de tintas baseia-se num conjunto de operações de mistura e de dispersão. O número de operações envolvidas no processo de fabrico depende da complexidade das matérias-primas utilizadas ou do grau de afinação exigido [13]. Para produzir uma tinta é utilizada uma determinada formula já existente, as fórmulas utilizadas são aprovadas e testadas previamente [14]. A fórmula define a proporção adequada dos constituintes da tinta. As fórmulas utilizadas devem apresentar correctamente a relação entre as quantidades dos vários constituintes, isto para evitar ajustes durante o fabrico da tinta [5].

Todas as etapas do processo de fabrico são importantes e afectam a produtividade e as propriedades do produto final [5].

A produção de uma tinta é formada por três etapas. Inicialmente existe uma pré-mistura, de seguida uma dispersão (moagem) e para finalizar o acabamento [1].

Antes de se proceder à produção de uma tinta é necessário controlar as matérias-primas, estas depois de serem recebidas são avaliadas e se forem aprovadas são armazenadas. De seguida as matérias-primas são pesadas e doseadas de acordo com a composição a produzir. Procede-se então ao fabrico da tinta [1].

A primeira etapa é denominada de pré-mistura que consiste na mistura das diversas matérias-primas. Nesta etapa é misturada, num misturador, parte da(s) resina(s) e solventes, todos os pigmentos e cargas e possivelmente alguns aditivos até se transformarem numa pasta – base de moagem – que seja homogénea e que apresente estabilidade [1].

Depois da primeira etapa estar concluída passa-se para a dispersão (moagem). Nesta segunda etapa a base de moagem, obtida anteriormente, é depositada num moinho ou triturador para que as partículas de pigmento fiquem dispersas, uniformemente, no veículo [1]. Para verificar se o tamanho das partículas no veículo corresponde ao valor pretendido é

realizado um ensaio de finura. Esta etapa pode ser repetida até que a finura pretendida seja alcançada, só depois é que se passa para a etapa final [1].

O acabamento é a etapa que finaliza o processo de fabrico. Nesta etapa é adicionado o resto da resina e dos aditivos. Ajusta-se a viscosidade, com a adição de solventes, e a cor. Uma amostra do produto é enviada para o laboratório de controlo de qualidade e depois de ter sido aprovada, a tinta é finalmente filtrada [1]. Esta operação tem como objectivo remover partículas sólidas de poeira ou sujidade, ou mesmo matérias-primas que não ficaram suficientemente dispersas e homogeneizadas. Finalmente procede-se ao enchimento de embalagens com o produto a comercializar [1].

2.5. CARACTERIZAÇÃO DE UMA TINTA

Após a conclusão do processo de fabrico de uma tinta é necessário determinar alguns parâmetros para poder caracterizar a tinta e avaliar se esta se encontra dentro dos valores pretendidos. Alguns desses parâmetros podem ser calculados teoricamente outros através da realização de ensaios. Dos ensaios a realizar alguns são feitos à tinta líquida e outros à tinta aplicada.

2.5.1. Parâmetros calculados teoricamente

Os fornecedores das matérias-primas disponibilizam dados que são de grande utilidade para o cálculo de determinados parâmetros. Na ficha técnica de cada matéria-prima podemos retirar os seguintes valores:

- Peso específico da solução [kg/l]
- Material sólido não volátil [%]
- Peso específico da matéria sólida [kg/l]
- Absorção de óleo [g/100g]
- Compostos orgânicos voláteis [g/l]

Através destes valores pode calcular-se os parâmetros listados em seguida [5, 15].

- a) Teor em Veículo – corresponde a percentagem da parte líquida da tinta.
- b) Teor em Pigmento – percentagem de pigmentos e de cargas que se encontra na tinta.

- c) Teor em Voláteis – quantidade do material que irá evaporar quando a tinta é aplicada. Expresso em percentagem.
- d) % Sólidos por volume (SVR) – Relação em volume dos sólidos de uma tinta pelo seu volume total. Este parâmetro torna-se de grande importância visto que a tinta é vendida em volume e que após a evaporação são os sólidos que permanecem no revestimento de tinta.
- e) % Sólidos por massa (SWR) – corresponde a quantidade de material não volátil existente numa tinta, que constitui o filme seco após a secagem da tinta. Expresso em percentagem.
- f) Concentração volumétrica de pigmento (PVC)

Pela norma NP EN 971-1:1997 a definição da concentração volumétrica de pigmento é a seguinte:

“Razão expressa em percentagem, entre o volume de matérias pulverulentas (pigmentos, cargas, etc.) num produto de pintura e o volume total de matéria não volátil.”

A concentração volumétrica de pigmento é determinada pela seguinte fórmula:

$$PVC = \frac{V_p}{V_p + V_v} \times 100 \quad (2.1)$$

onde

V_p – volume de pigmento

V_v – volume da matéria não volátil do veículo e dos aditivos

Os valores obtidos para o PVC estão directamente relacionados com o tipo de brilho de cada tinta. Na tabela seguinte está ilustrada essa comparação.

Tabela 2.2 – Tipo de brilho em função do PVC [16]

Tipo de tinta	PVC
Brilho (Gloss)	15%
Semi-brilho (Semi-gloss)	25%
Acetinada (Satin)	35%
Casca de ovo (Eggshell)	35 – 45%
Fosca (Flat)	38 – 80%

g) Concentração volumétrica de pigmento crítico (CPVC)

Segundo a norma NP EN 971-1:1997 o CPVC significa:

“Valor particular da concentração do pigmento em volume para a qual o ligante preenche exactamente o volume de vazios entre as partículas das matérias pulverulentas supostas em contacto e a partir da qual determinadas propriedades da película são marcadamente modificadas.”

Para determinar a concentração volumétrica de pigmento crítico utiliza-se a equação:

$$CPVC = \frac{V_p}{V_p + V_{va}} \times 100 \quad (2.2)$$

onde

V_p – volume de pigmento

V_{va} – volume de veículo absorvido

A quantidade de PVC altera significativamente algumas das propriedades da película de tinta. Quando o valor de PVC se aproxima do valor do CPVC verifica-se uma grande alteração nas propriedades da película.



Figura 2.1 – Efeito do PVC nas propriedades da película de tinta [21]

Ao observar a figura anterior, verifica-se que existem propriedades que implicam um PVC bastante inferior ao crítico, outras pelo contrário exigem um PVC superior ao crítico. Porém as tintas devem possuir um PVC um pouco inferior ao CPVC, isto porque, para um PVC superior ao CPVC a quantidade de resina é insuficiente para preencher os espaços entre

as partículas de pigmento fazendo com que a tinta não seja resistente. Por outro lado, se a quantidade de pigmentos for muito pequena em relação a resina, esta também não irá proteger correctamente o substrato. Como as tintas em estudo devem proteger a superfície contra a corrosão é fundamental que o PVC se encontre abaixo do CPVC, diminuindo assim a formação de ferrugem.

h) Rendimento

Segundo a norma NP EN 971-1:1997 o rendimento significa: “*Quantidade de produto de pintura por unidade de área que é necessário para originar, sob determinadas condições de aplicação, uma película seca com uma dada espessura*”.

Para uma determinada espessura de filme seco o rendimento teórico (R_t), que vem em $m^2/litro$, é determinado pela seguinte expressão:

$$R_t = \frac{V_s \times 10}{EFS} \quad (2.3)$$

Onde

V_s – corresponde ao volume de sólidos [%]

EFS – espessura do filme seco [μm]

Para determinar o rendimento teórico é necessário utilizar uma dada espessura seca do filme, nas Informações Técnicas de uma tinta a espessura utilizada é a que é normalmente recomendada.

Sabendo o rendimento teórico pode-se determinar o rendimento prático, mas para tal é necessário saber as perdas associadas ao método de aplicação.

A expressão utilizada para determinar o rendimento prático (R_p) é:

$$R_p = R_t \times Fa \quad (2.4)$$

onde Fa corresponde ao factor aproveitamento e é calculado da seguinte maneira:

$$Fa = \frac{100 - Perdas}{100} \quad (2.5)$$

As perdas estão associadas ao método de aplicação utilizado; na seguinte tabela estão enunciadas as perdas de cada um dos métodos.

Tabela 2.3 – Perdas em função do método de aplicação [5]

Método	Perdas médias
Pincel	10 a 20%
Rolo	10 a 30%
Pistola convencional	30 a 50%
Pistola airless	10 a 30%

- i) *Pigmentan*/Total pigmentos (peso) – percentagem da quantidade (em peso) de pigmentos da *Pigmentan* que se encontra no total dos pigmentos e das cargas.
- j) *Pigmentan*/Total pigmentos (volume) – percentagem da quantidade (em volume) de pigmentos da *Pigmentan* que se encontra no total dos pigmentos e das cargas.
- k) Composto orgânico volátil (COV)

Tendo como base a norma NP EN 971-1:1997 COV é definido da seguinte maneira:

“Fundamentalmente, qualquer produto orgânico líquido e/ou sólido que se evapore espontaneamente, nas condições de temperatura e pressão atmosférica, com as quais está em contacto.”

Durante o processo de aplicação e de secagem de uma tinta são libertados COV que irão causar um impacto no ambiente [17]. Os COVs são substâncias que se libertam para a atmosfera provocando efeitos negativos no meio ambiente [17].

Com o objectivo de limitar as emissões de compostos orgânicos voláteis foi criado a Directiva n.º 1999/13/CE (SED) da união Europeia, transferida para a legislação portuguesa pelo Decreto-Lei n.º 242/2001, de 31 de Agosto, que visa diminuir os efeitos directos e indirectos provocados ao ambiente pelas emissões de COV [2]. No entanto no ano de 2004 o Parlamento Europeu e do conselho criou a Directiva n.º 2004/42/CE, de 21 de Abril, limitou o teor de COV que se pode libertar em determinada tinta ou verniz. Esta Directiva foi transposta para a legislação portuguesa pelo Decreto-Lei n.º 181/2006, de 6 de Setembro. Com este último decreto-lei foram estabelecidos prazos para a adaptação dos novos limites em vigor. Após as datas indicadas no anexo II do Decreto-Lei n.º 181/2006, de 6 de Setembro, as tintas só poderão ser colocadas no mercado se o respectivo teor de COV não exceder os valores limites previstos no referido anexo [18].

2.5.2. Ensaios de caracterização de uma tinta

Após a conclusão do processo de fabrico é necessário conhecer alguns parâmetros, como por exemplo: a viscosidade, a massa específica, o pH e o escorrimento. Para tal são realizados determinados ensaios à tinta líquida.

Antes de iniciar qualquer ensaio é necessário que a tinta se encontre a uma temperatura normalizada, isto para que se obtenham sempre valores obtidos nas mesmas condições. Para se obter a temperatura pretendida, que para este trabalho foi de 25°C, a tinta é colocada em banho-maria para ser aquecida ou arrefecida.

A ciência que estuda o escoamento e a deformação da matéria quando esta é sujeita a uma força ou um campo de forças é denominada de reologia [19]. Esta ciência é de grande importância para o estudo das tintas, visto que a principal característica deste material é a fluidez. Para facilitar a sua aplicação, as tintas apresentam uma viscosidade baixa [5].

Nas tintas a viscosidade (η) é dependente da taxa de corte ($\dot{\gamma}$) logo estes fluidos são não-newtonianos [19]. No entanto a viscosidade varia em função do tempo (t) quando o fluido é deformado a uma velocidade constante, a este comportamento chama-se tixotropia [5, 19].

2.5.3. Ensaios em tinta aplicada

Por fim existem ensaios que são realizados depois da tinta ser aplicada num substrato, no entanto, alguns dos ensaios são realizadas quando a tinta ainda está húmida e outros quando esta já se encontra completamente seca. O ensaio realizado a tinta quando esta se encontra húmida tem como objectivo determinar a espessura da película húmida.

Os ensaios realizados a película de tinta seca podem ser ensaios para determinar características físicas (espessura, brilho, elasticidade, aderência e impacto) ou ensaios de comportamento (nevoeiro salino) [3].

2.6. PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIES

Para que um sistema anticorrosivo tenha sucesso é necessário que a superfície, que será pintada, esteja preparada para tal. A ausência da preparação irá provocar um baixo desempenho da protecção anticorrosiva.

Antes de aplicar um sistema de pintura é necessário que a superfície do material esteja completamente limpo, ou seja isento de contaminantes, oxidações ou materiais estranhos que possam impedir ou influenciar o comportamento de um sistema de pintura [3]. Se a superfície do material apresentar uma certa rugosidade, a sua superfície de contacto aumenta o que fará com que a aderência da tinta aumente [3].

Os métodos de preparação a utilizar dependem de alguns factores. Um factor importante a ter em conta consiste do tipo de superfície a proteger e da selecção do esquema de tintas em função da agressividade do meio ambiente. No entanto existem outros factores, tais como: custo de preparação, tempo e métodos disponíveis [3].

A preparação de superfícies metálicas depende da natureza do metal, da sua espessura de superfície, do esquema de pintura a empregar e das condições de serviço. As impurezas existentes neste tipo de superfície costumam ser: ferrugem, calamina e contaminantes (poeiras, óleos, gorduras e sais) [3].

Na preparação das superfícies são utilizados alguns métodos de limpeza. Existe a limpeza química, que consiste na utilização de produtos químicos para a eliminação dos óleos, gorduras e sais e a limpeza por acção mecânica que utiliza métodos físicos para a eliminação de ferrugem e calamina [10].

Os primeiros métodos de limpeza a utilizar deverão eliminar os óleos, as gorduras e os sais, só depois é que será eliminada a ferrugem e a calamina. Para remover os óleos e as gorduras procede-se a primeira etapa de limpeza, que consiste em limpar a superfície com solventes ou detergentes e finaliza-se esta etapa com uma limpeza que utilize decapantes [3]. De seguida são removidos os sais, para tal é utilizado a hidrodecapagem que consiste em jactos de água sob pressão [3]. Por fim é eliminada a ferrugem e a calamina, utilizando-se a decapagem com abrasivos. A decapagem com abrasivos consiste em projectar, contra a superfície, abrasivos a velocidades elevadas [3]. Existe dois tipos de decapagem, a decapagem que utiliza jacto de ar (ar comprimido a alta pressão) e a que utiliza jacto de ar húmido (ar comprimido a alta pressão com adição de uma corrente de água) [3].

Os métodos utilizados para a preparação de superfícies são normalmente definidos por siglas. Estas siglas são seguidas de um número que indica o grau de preparação. As siglas utilizadas para exemplificar o método utilizado podem ser, por exemplo, as referidas na norma ISO 8501-1:2007 [1]:

St – limpeza com ferramentas manuais e mecânicas (raspagem, escovagem, picagem, etc.)

Sa – limpeza por projecção de abrasivos

Ao longo deste trabalho foram utilizadas chapas com diferentes graus de preparação. As chapas utilizadas para os ensaios mecânicos sofreram apenas limpeza com ferramentas manuais e mecânicas (St). As chapas que sofreram uma limpeza com ferramentas manuais apresentam um grau de preparação de St₂. A preparação de grau 2 corresponde a uma superfície isenta de sujidades visíveis a olho nu, tais como: óleo, gorduras, calamina, ferrugem, tintas antigas etc. [15].

As chapas utilizadas para o ensaio de nevoeiro salino necessitam de uma preparação mais eficaz, para tal estas chapas sofrem uma limpeza de grau Sa_{2 1/2} que consiste numa limpeza muito cuidada por projecção de abrasivos [15]. Uma superfície com este tipo de preparação exhibe um aspecto igual ao St₂, no entanto esta superfície apresenta-se 95% isenta de qualquer tipo de resíduo [15].

Na preparação da superfície deve ter-se em consideração a sua rugosidade final, isto porque, se esta ficar demasiado lisa ou excessivamente rugosa acarreta problemas de protecção [3]. Se a superfície é demasiado lisa provocará uma má aderência entre a tinta e o substrato, por outro lado se for demasiado rugosa poderão existir picos que não serão cobertos pela tinta [3].

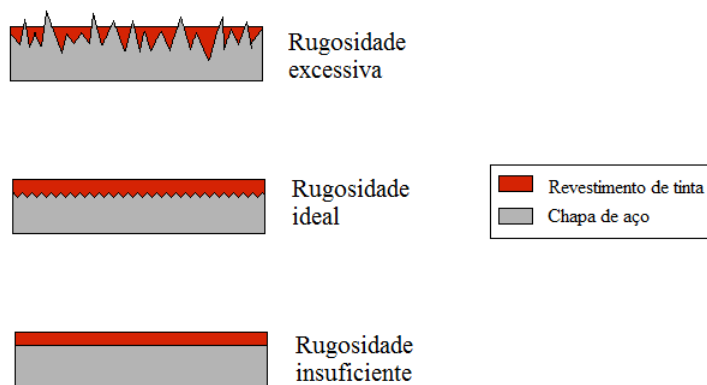


Figura 2.2 – Perfis de rugosidade

2.7. APLICAÇÃO DA TINTA

Para proteger os materiais contra desgastes provocados por factores ambientais ou pelo contacto de outros materiais são utilizados revestimentos com tinta. Estes revestimentos são fáceis de aplicar e o seu custo não é muito elevado. Mas se a tinta não for bem aplicada o revestimento não resiste às condições externas e por consequente não protege o material.

As tintas são formadas por vários constituintes em suspensão e pela lei da gravidade eles separam-se, para que a tinta permaneça apta para ser utilizada é necessário a sua homogeneização antes da sua utilização [20].

Além dos cuidados que se deve ter na preparação da tinta deve-se ter cuidado com as condições ambientais existentes no acto da aplicação da tinta. A temperatura ambiental onde a pintura será executada deve estar entre 5°C e os 35°C e a humidade relativa não deve ultrapassar os 85%, é importante não haver correntes de ar nem poeira no ar [3].

Para que o revestimento dure e proteja uma dada superfície metálica deve-se utilizar um sistema de pintura que utilize um conjunto de tintas ou produtos similares.

Um sistema de pintura corresponde a um conjunto de tintas que são aplicadas consoante um determinado esquema de pintura. Por sua vez, segundo a norma NP EN 971-1:1997, um esquema de pintura equivale a um “conjunto de camadas de produtos de pintura que são aplicadas sobre um substrato”. O esquema de pintura poderá ser constituído apenas por uma única camada de um determinado produto ou por várias camadas de produtos.

Um esquema de pintura completo é formado por três camadas de diferentes tintas. A primeira camada de tinta é denominada de primário ou selante, e como está em contacto directo com o substrato deve apresentar propriedades protectoras e uma boa aderência [3, 5]. Como o papel principal de protecção pertence aos primários, logo as tintas anticorrosivas são utilizadas nesta camada. Sobre os primários é aplicado uma camada intermédia, que é formada por uma tinta que tem como finalidade aumentar a espessura total do esquema e estabelecer uma boa ligação entre o primário e o acabamento [3, 5]. Por fim é aplicado o acabamento que é responsável pelo aspecto final (cor, brilho). [3, 5]

No entanto, em certos casos, a camada de tinta correspondente ao intermédio pode ser excluída.

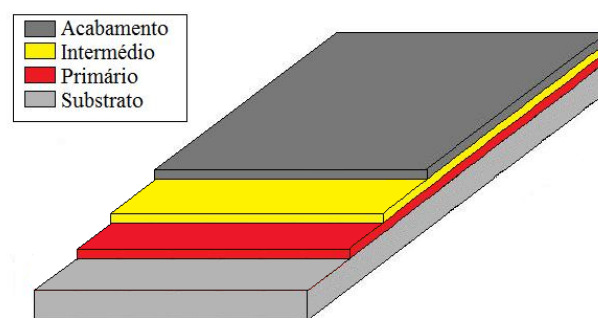


Figura 2.3 – Esquema completo de pintura

*Capítulo 3 – Materiais, Métodos e
Técnicas Experimentais*

Capítulo 3 – MATERIAIS, MÉTODOS E TÉCNICAS EXPERIMENTAIS

Para a realização desta investigação foi necessário produzir tintas com os pigmentos em estudo, as quais irão ser submetidas a determinados ensaios. Neste capítulo irá ser descrito o modo de fabrico utilizado para produzir as tintas e descrever-se-ão todas as técnicas experimentais utilizadas. Descrever-se-ão as condições experimentais em que o trabalho foi realizado e os materiais e instrumentos utilizados na sua execução.

3.1. SELECÇÃO DOS MATERIAIS

Neste trabalho foram estudadas dois diferentes tipos de tintas: tintas à base de água e tintas à base de solventes orgânicos. Como nem todos os pigmentos em estudo podem ser utilizados nos diferentes tipos de tintas, teve que escolher-se os pigmentos a utilizar em cada uma. Na tabela seguinte estão referenciados os pigmentos utilizados para cada tipo de tinta.

Tabela 3.1 - Tipos de tintas produzidos

Tipo de Tinta		Tipo de Pigmentos			
Base de água	Base de solventes	Fosfato de Zinco	465 M	EA	E
X		X			
X				X	
	X	X			
	X		X		
	X				X

As matérias-primas a utilizar na formulação de cada tinta foram escolhidas tendo em conta as matérias que constam na fórmula do fabricante de *Pigmentan*.

As diversas matérias-primas utilizadas no fabrico das tintas que se utilizaram para o estudo encontram-se listadas em anexo.

3.2. FORMULAÇÃO E PROCEDIMENTO DO FABRICO DA TINTA

Numa primeira etapa é necessário determinar a fórmula que será utilizada para o fabrico das tintas em estudo.

Iniciou-se este trabalho com base em fórmulas fornecidas pelo fabricante de *Pigmentan* que se encontram no ANEXO A. Estas fórmulas sofreram vários reajustes até se obter uma que apresentasse boas propriedades. A primeira alteração que se realizou na fórmula, foi em relação as matérias-primas utilizadas, estas foram substituídas por matérias que existissem no local onde se realizou o estudo. Ao alterar as matérias-primas teve que se reajustar as quantidades utilizadas de cada uma.

Ao se obter a primeira fórmula procedeu-se ao fabrico da tinta. Na figura seguinte estão representadas as etapas efectuadas no estudo de cada tinta.

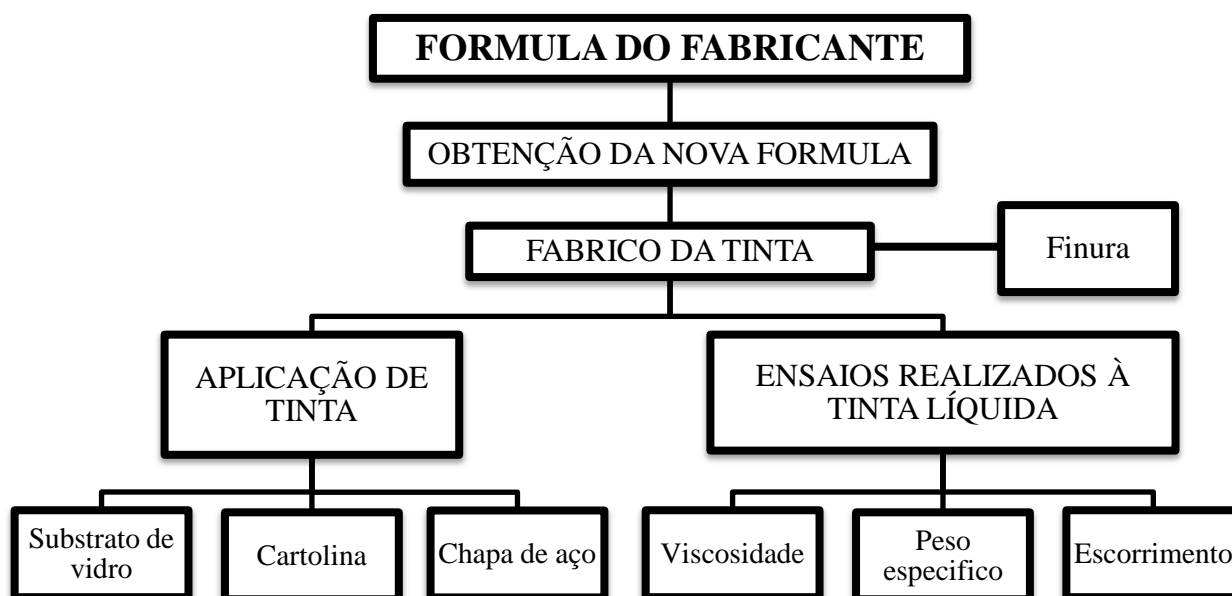


Figura 3.1 – Esquema das etapas efectuadas no estudo da tinta

Após o fabrico de uma tinta, observou-se o seu aspecto e caso fosse necessário reajustaram-se alguns valores e voltou-se a produzir uma nova tinta com os novos valores. Quando a fórmula foi aprovada procedeu-se à sua caracterização, completando-se com os restantes ensaios. A fórmula de cada tinta produzida encontra-se descrita no ANEXO B.

A cada fórmula foi dada um nome que é constituído por três letras e dois números. A primeira letra (P) significa que se trata de um primário, a segunda e a terceira corresponde ao tipo de tinta produzida, se é uma tinta à base de água (WB) ou uma tinta à base de solventes (SB). Em relação aos números, o primeiro corresponde ao tipo de pigmento utilizado: fosfato de zinco (0), *Pigmentan* EA (1), *Pigmentan* 465 M (2) ou *Pigmentan* E (3). O último número corresponde ao número de experiência efectuadas, que vai de 1 até se encontrar a fórmula final.

Este trabalho dividiu-se em dois estudos distintos, o primeiro correspondeu às tintas de base de água, o segundo às tintas de base de solvente. Em ambos os casos, iniciou-se o estudo com o pigmento anticorrosivo utilizado no mercado, o fosfato de zinco, e só depois de se obter a fórmula para esse pigmento é que se testaram os pigmentos de *Pigmentan*.

Para a caracterização da tinta líquida e do próprio revestimento é necessário proceder-se a realização de determinados ensaios e à determinação de certos parâmetros. Os ensaios são divididos em dois tipos diferentes: existem os ensaios de caracterização de uma tinta e os ensaios em tinta aplicada.

Tabela 3.2 – Ensaio realizados à tinta líquida e à tinta aplicada

Ensaio		
Caracterização da Tinta	Finura	
	Viscosidade	
	Peso Específico	
	Escorrimento	
	pH	
	Tempo de secagem	
	Sedimentação	
Tinta aplicada	Medição da espessura da película húmida	
	Medição da espessura de filme seco em aço	
	Brilho	
	Resistência ao ambiente	{ Nevoeiro salino
	Propriedades mecânicas	{ Elasticidade Aderência Impacto

Antes de se proceder aos ensaios realizados em tinta aplicada é necessário proceder à aplicação da tinta no substrato apropriado. Para determinar o brilho a tinta é aplicada num substrato de vidro. Mas nos outros ensaios a tinta é aplicada em chapas de aço.

3.3. ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA TINTA

FINURA (FINESS OF GRIND)

Ao longo do fabrico de uma tinta é necessário determinar a finura de moagem, para verificar o grau de dispersão do pigmento. Este ensaio é realizado de acordo com a norma ISO 1524:2000.

Antes de se proceder ao ensaio teve-se o cuidado de verificar se a régua de finura a utilizar estava completamente limpa, dado que a existência de impurezas pode alterar os resultados.

A finura pretendida é de 20 μm , por isso a régua utilizada foi de de 0-50 μm .

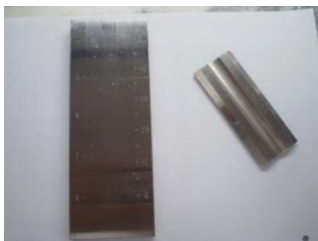


Figura 3.2 – Régua de finura de 0-50 μm

Este ensaio foi realizado no meio do fabrico da tinta. Como neste ponto a tinta (para o caso das tintas à base de solvente) não apresenta as propriedades finais, porque ainda não está finalizada, é necessário adicionar um pouco do solvente para que esta fique o mais aproximada do produto final.

Para realizar este ensaio foi necessário colocar a régua numa superfície plana, de seguida aplicou-se uma pequena quantidade de tinta no topo dos canais da régua e com a ajuda de uma lâmina, que é colocada verticalmente sobre a régua, arrastou-se a tinta ao longo do canal. Mantendo-se a régua na posição horizontal procedeu-se a sua observação e leu-se o resultado obtido (figura 3.4). A leitura foi efectuada sob boa luminosidade e a um ângulo (θ) entre 20° e 30°.

Se o resultado se situar ente duas divisões da régua, o valor a ter em conta deve ser o grau mais alto.



Figura 3.3 – Ensaio de finura

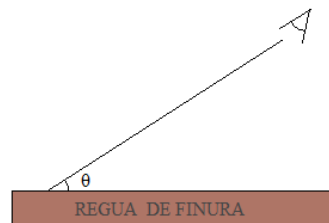


Figura 3.4 – Esquema da observação efectuada a régua de finura

Antes de se realizar qualquer um dos ensaios para caracterizar a tinta, esta deve apresentar uma temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Para se obter essa temperatura é necessário colocar a lata da tinta dentro de um banho-maria, atingida essa temperatura procede-se à realização dos ensaios.

VISCOSIDADE (STORMER VISCOSITY – DETERMINATION OF VISCOSITY)

Neste trabalho a viscosidade foi determinada através de um viscosímetro Stormer com leitura directa.

Para a realização deste ensaio teve-se como base a norma NP 234:1995.



Figura 3.5 – Viscosímetro Stormer

O recipiente que contém a amostra é colocado na plataforma do viscosímetro e as pás do agitador são mergulhadas na tinta até à marca no eixo do agitador. Ligou-se o aparelho e após a sua estabilização é fornecido o valor, este vem em Krebs (KU).

DENSIDADE DE LÍQUIDOS (DETERMINATION OF DENSITY OF LIQUIDS)

A densidade de líquidos (massa volúmica ou peso específico de líquidos) segundo a norma NP ISO 2811-1:2002 significa:

“Massa dividida pelo volume dum porção de um material, expressa em gramas por mililitro (g/ml)”

Para determinar a densidade de líquidos é utilizado o método do picnómetro que é descrito na norma referida anteriormente.



Figura 3.6 – Picnómetro de metal com um volume de 100ml

Para a realização deste ensaio foi necessário um picnómetro e uma balança.

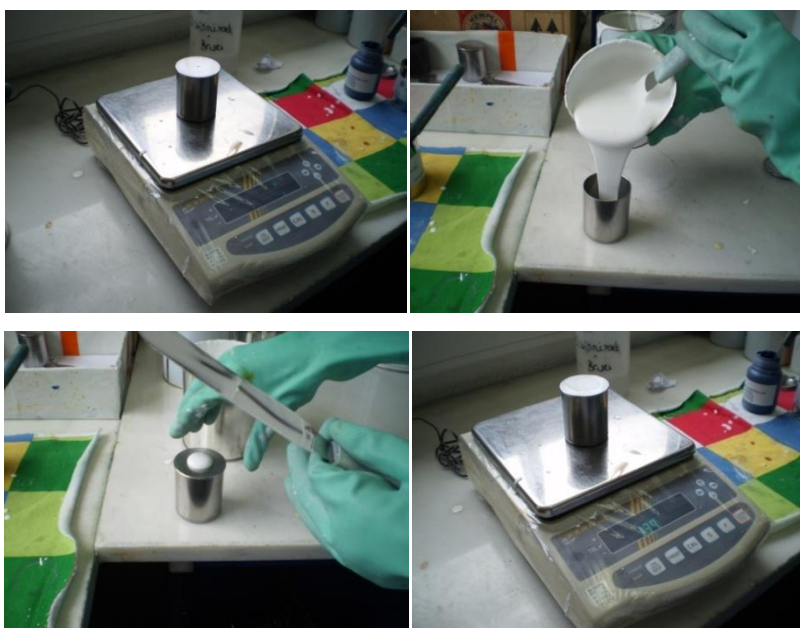


Figura 3.7 – Determinação do peso específico

Colocou-se o picnómetro de metal com um volume de 100ml (vazio) com a tampa na balança e tarou-se o seu peso, encheu-se o picnómetro com a tinta de modo a que este fica-se cheio, assegurando-se assim que o recipiente ficará cheio quando se colocar a tampa. Colocou-se a tampa pressionando-a firmemente e limpou-se o excesso de material que saiu pelo orifício da tampa, por fim pesou-se (massa da tinta).

Através da equação seguinte determinou-se o valor do peso específico (ρ).

$$\rho = \frac{\text{massa da tinta}}{100} \quad (3.1)$$

ESCORRIMENTO (SAG TEST)

Este ensaio é utilizado para avaliar a tendência que a tinta apresenta para formar escorridos depois de ter sido aplicada e seca na vertical a uma determinada espessura num substrato de vidro.

Este ensaio foi realizado tendo em conta a norma ASTM D 4400-99.

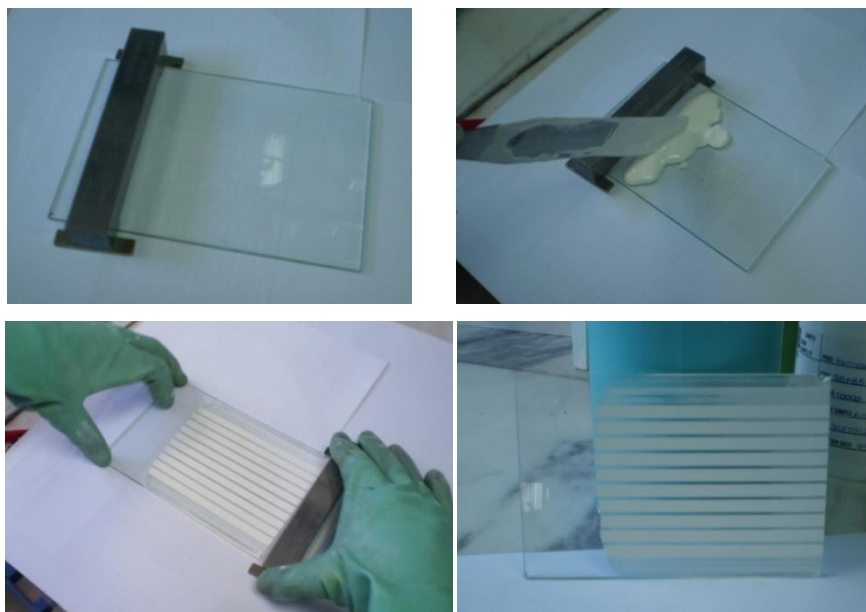


Figura 3.8 – Determinação do escorrimento

O vidro deve estar numa superfície plana e sobre este foi colocado o aplicador anti-escorrimento, o lado com ranhuras foi colocado de frente para o operador. De seguida é colocado um pouco de tinta à frente do aplicador e este é puxado com um movimento uniforme. Imediatamente a seguir à aplicação o vidro é colocado na vertical, com as linhas na

horizontal, deixando-se a secar. A última risca que não tocar na risca seguinte é considerada a risca índice.

pH

Para determinar o pH das tintas à base de água foi utilizado um Microprocessador pH Meter.

TEMPO DE SECAGEM

Este método determina o tempo que a película demora a passar do estado líquido para o estado sólido. Este ensaio foi realizado com um medidor do tempo de secagem Becke Koller e corresponde à fase III.

A realização deste ensaio teve como base a norma ASTM D 5895-03.

O ensaio consistiu em aplicar um pouco de tinta num substrato de vidro (270 x25 mm), colocando-o de seguida na calha do aparelho. Definiu-se o tempo de secagem para 6 horas e deixou-se o ensaio decorrer. No decorrer do ensaio a película de tinta é percorrida pelo aparelho, este por sua vez deixa uma marca que posteriormente é convertida para minutos ou horas através da régua lateral graduada.



Figura 3.9 – Medidor do tempo de secagem Becke Koller

SEDIMENTAÇÃO (SETTLING)

Este método teve como objectivo verificar a tendência de sedimentação de uma tinta, para tal é necessário acelerar essa tendência. A norma em que se baseia este ensaio é: ASTM D 1309-93(2004) e ASTM D 869-85(2004).

Após se obter uma tinta bem homogénea, esta foi colocada na estufa durante uma semana. As tintas a base de água devem ser submetidas a uma temperatura de 50°C enquanto

que as tintas à base de solventes orgânicos a uma temperatura de 40°C. Antes de se avaliar a sedimentação, as latas devem estar pelo menos duas horas à temperatura ambiente. A avaliação da sedimentação é dada numa escala de 10 a 0. Quando as condições são intermédias, o valor considerado deve ser o número ímpar correspondente.

Tabela 3.3 – Escala do grau de sedimentação

Valor	Descrição
10	Suspensão perfeita; não se verifica qualquer alteração em relação ao estado inicial.
8	Início de sedimentação. É retirado algum depósito com a espátula. Não se verifica resistência ao movimentar a espátula frontalmente.
6	Formação de bolo de sedimentação de pigmentos. A espátula atravessa o bolo e chega ao fundo apenas com o seu próprio peso. Verifica-se resistência ao movimentar a espátula frontalmente. Conseguem retirar-se bocados de bolo de sedimentação com a espátula.
4	A espátula não cai até ao fundo da lata apenas com o seu próprio peso. Dificuldade em movimentar a espátula frontalmente e alguma resistência ao movimento lateral. A tinta atinge facilmente um estado homogéneo ao ser mexida.
2	A espátula tem que ser empurrada de modo a atravessar a camada sedimentada. Dificuldade em movimentar a espátula frontalmente e detecta-se resistência ao movimento lateral. A tinta ainda atinge um estado homogéneo ao ser mexida.
0	Formação de um bolo consistente, o qual não se consegue voltar a incorporar no líquido e obter uma tinta uniforme por agitação manual.

A avaliação da tinta foi feita tendo como base a tabela 3.4. São estudadas cinco condições e o valor destas é somado, o valor atribuído corresponde a média. Através do valor obtido compara-se com a descrição correspondente ao número, que se encontra descrita na tabela anterior.

Tabela 3.4 – Avaliação da sedimentação de acordo com as cinco condições

1 Força necessária para atravessar o sedimento	2 Resistência ao movimento lateral da espátula	3 Resistência ao movimento frontal da espátula	4 Descrição do sedimento	5 Re-mistura	Valor
Peso da espátula (movimento rápido)	Nenhuma	Nenhuma	Nenhum	Muito fácil	10
Peso da espátula	Nenhuma	Nenhuma	Ligeiro	Fácil	8
Peso da espátula (movimento lento)	(quase) Nenhuma	Ligeira	Bolo solto	Razoavelmente fácil	6
Pressão ligeira	Ligeira	Média	Bolo consistente	Algo difícil	4
Pressão forte	Média	Forte	Bocados secos	Muito difícil	2
Proibitiva	Muito forte	Proibitiva	Impossível trazer bocados para cima	Impossível	0

REOLOGIA

A análise reológica foi realizada com um reómetro rotacional em geometria de pratos paralelos, em que o prato superior apresentava um diâmetro de 40 mm. A distância (gap) entre os pratos foi de 1 mm.



Figura 3.10 – Reometro Rotacional

Neste estudo reológico foram realizados três testes que foram realizados em condições controladas.

Os dois primeiros testes foram realizados a uma temperatura constante de 20°C, fazendo variar os valores da taxa de corte. Num primeiro ensaio foi feito variar a taxa de corte registando-se os valores da viscosidade e da tensão de corte. Os valores registados foram obtidos para um aumento de valores de taxa de corte seguido de um decréscimo, o que permitiu avaliar a tixotropia da tinta. Num segundo ensaio foi induzida uma deformação oscilatória (γ) de 10% - ensaio oscilatório, o que permitiu determinar os parâmetros viscoelásticos da tinta. Através da realização dos ensaios oscilatórios determinaram-se a viscosidade complexa (η^*), o módulo complexo (G^*) e as suas componentes: módulo de armazenamento (G') que está associado às características elásticas do material, e módulo de perdas (G'') que está associado às características viscosas do material em função da frequência da oscilação [19, 22, 23]. O módulo complexo pode ser representado pela equação seguinte [19, 22, 23]:

$$G^* = G' + iG'' \quad (3.2)$$

Os ensaios oscilatórios não são destrutivos, uma vez que a estrutura da amostra não é alterada, por outro lado os ensaios contínuos já podem ser destrutivos, dependendo da taxa de corte máxima aplicada [19].

Num último teste foi estudada a dependência da temperatura, por isso a taxa de corte foi mantida constante fazendo-se variar a temperatura de 10 a 40°C.

3.4. APLICAÇÃO DA TINTA NUM SUBSTRATO

SUBSTRATO DE VIDRO OU NUMA CARTOLINA

O substrato de vidro deve estar bem limpo. Para eliminar as gorduras existentes na superfície, este foi lavado com água e detergente.

Colocou-se o substrato numa superfície plana e sobre este foi colocado um aplicador de 250 μm . De seguida foi colocado um pouco de tinta à frente do aplicador e este foi puxado com um movimento uniforme. Na figura 3.11 está simplificado a aplicação numa cartolina.



Figura 3.11 – Aplicador



Figura 3.12 – Aplicação de tinta numa cartolina

SUBSTRATO DE AÇO

Para determinados ensaios foi necessário utilizar chapas de aço. Na figura seguinte está representada um esquema da chapa com dimensão a x b x c.

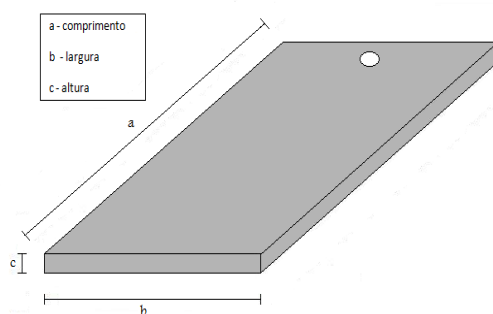


Figura 3.13 – Dimensões das chapas de aço

As chapas de aço utilizadas para a observação visual da tinta e para os ensaios mecânicos (aderência e elasticidade) apresentam uma dimensão de 150mm x 75mm x 1mm.

Enquanto que para o ensaio de nevoeiro salino e para o ensaio de impacto as chapas de aço utilizadas apresentam as seguintes dimensões: 150mm x 70mm x 2mm.

O substrato de aço utilizado para o ensaio de nevoeiro salino deve estar bem limpo, para tal foi decapado de modo a se obter uma superfície com um grau de preparação de Sa 2^{1/2}. A decapagem sofrida pelas chapas foi feita numa outra empresa. As superfícies das chapas, utilizadas nos outros ensaios, foram tratadas nos laboratórios da Hempel. Esta preparação resume-se numa limpeza manual, constituída por uma raspagem e uma lavagem com detergente.



Figura 3.14 – Chapas de aço decapadas com um grau de preparação de Sa 2^{1/2}

Após obtenção das chapas devidamente tratadas procedeu-se a aplicação da tinta, para tal foi utilizada uma pistola convencional.



Figura 3.15 – Pistola convencional

Antes de se proceder a pintura é necessário seleccionar o esquema de pintura a utilizar. Para as chapas utilizadas para uma simples observação visual foi depositada apenas uma camada de primário (espessura húmida de 100µm).

Para as restantes chapas foi utilizado o esquema representado na figura seguinte. Para ensaios de longa duração (nevoeiro salino) é necessário pintar ambos os lados e as bordas, para que a chapas fique bem protegidas. Isso não é necessário para as chapas utilizadas nos ensaios mecânicos.

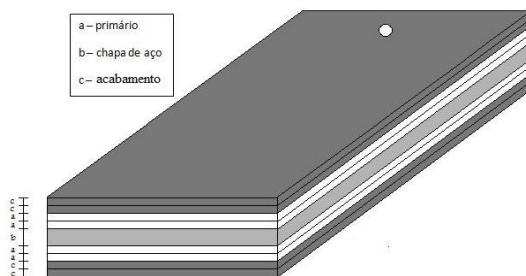


Figura 3.16 – Esquema de pintura utilizado nas chapas

O esquema de pintura é constituído por duas demãos de primário e duas demãos de revestimento. A primeira e a segunda demão de cada tinta são feitas com a mesma espessura húmida. Como este trabalho consiste no estudo de primários, é necessário avaliar o desempenho deste, sem qualquer acabamento. Para tal algumas das chapas apenas foram revestidas com o primário.

Este esquema de pintura foi utilizado para os cinco primários estudados. Para o acabamento foi utilizado um produto produzido pela Hempel que era compatível com o primário utilizado. Na tabela 3.5 estão representados os esquemas e todas as chapas utilizadas ao longo deste trabalho.

Para as tintas de água foi utilizado Hemucryl Enamel Hi-build 58030 de cor cinzenta e para as tintas de base orgânica foi utilizado Hempalin Enamel 52140 também de cor cinzenta. No anexo C encontra-se a informação técnica referida a cada tinta.

As tintas utilizadas nos esquemas de pintura têm de ser diluídas, para poderem ser aplicadas a pistola. Todas as tintas de água utilizadas foram diluídas com 5% de água. As tintas PSB06, PSB22 e PSB23 são diluídas com 4% de Xylene. Por fim a Hempalin Enamel 52140 é diluída a 5% com o diluente 08230 da Hempel.

Depois de se seleccionar o esquema de pintura aplicou-se o revestimento.

Na figura seguinte é demonstrada a aplicação de tinta utilizando-se uma pistola convencional.

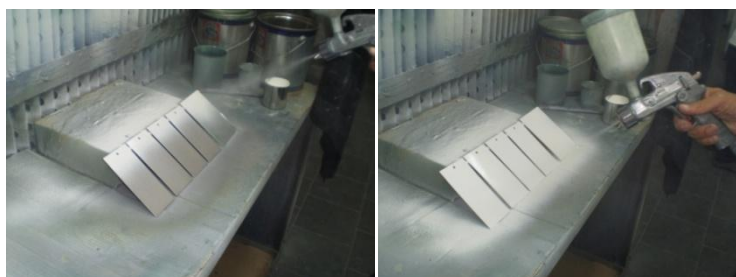


Figura 3.17 – Aplicação de tinta com uma pistola convencional

Entre as demãos é necessário deixar a tinta secar, sendo que o tempo necessário entre a aplicação de sucessivas demãos depende das especificações da tinta. Concluída a aplicação de todas as camadas de tinta é necessário deixar secar durante cinco dias.

Tabela 3.5 – Esquema de pintura utilizado nas chapas

	Nº de chapas iguais			Esquema de pintura			
	Ensaio de nevoeiro salino	Ensaio de Impacto e aderência (2)	Ensaio de elasticidade (1)	a		c	
				Nome	Espessura húmida [µm]	Nome	Espessura húmida [µm]
Esquema A	2	1	1	PWB09 Diluído a 5%	125	-	-
Esquema B	2	1	1	PWB09 Diluído a 5%	125	58030 Diluído a 5%	125
Esquema C	2	1	1	PWB14 Diluído a 5%	125	-	-
Esquema D	2	1	1	PWB14 Diluído a 5%	125	58030 Diluído a 5%	125
Esquema E	2	1	1	PSB06 Diluído a 4%	75	-	-
Esquema F	2	1	1	PSB06 Diluído a 4%	75	52140 Diluído a 5%	75
Esquema G	2	1	1	PSB22 Diluído a 4%	75	-	-
Esquema H	2	1	1	PSB22 Diluído a 4%	75	52140 Diluído a 5%	75
Esquema I	2	1	1	PSB32 Diluído a 4%	75	-	-
Esquema J	2	1	1	PSB32 Diluído a 4%	75	52140 Diluído a 5%	75

3.5. ENSAIOS NA TINTA APLICADA

ESPESSURA DA PELÍCULA HÚMIDA

De acordo com a norma NP EN ISO 2808:2000 a espessura da película húmida pode ser determinada utilizando o medidor de pente. Este ensaio tem a desvantagem de ser

destrutivo. O pente é formado por dentes, em que os dentes do interior são progressivamente mais pequenos.



Figura 3.18 – Medidor de pente

O medidor foi colocado no substrato logo após a aplicação da tinta. Deve-se ter o cuidado de este não escorregar. Retirou-se o medidor e observou-se qual o menor dente que tocou na tinta. O valor da espessura da película húmida corresponde ao intervalo de valores que está compreendido entre o último dente que tocou e o primeiro dente que não tocou.

ESPESSURA DE FILME SECO EM AÇO (DRY FILM THICKNESS ON STEEL)

É de grande importância saber a espessura que o filme terá depois de seco, para isso existe um ensaio que determina a espessura do filme seco (EFS). Este ensaio foi realizado de acordo com a norma ISO 2178-1982 e ISO 2808-1997.

Antes de se efectuar a medida, a tinta aplicada no substrato de aço esta deve estar completamente seca. De seguida, é medida a espessura do filme; para se obter o valor foi necessário fazerem-se de cinco a dez leituras e determinar a média. O resultado é expresso em micron.



Figura 3.19 – Ilustração da determinação da espessura seca do revestimento

BRILHO ESPECULAR (SPECULAR GLOSS OF PAINT FILMS)

O brilho é uma característica que nos fornece informação em relação à quantidade de pigmentos. Quando na constituição da tinta existe pouco pigmento, a película seca fica brilhante, mas quando essa quantidade é elevada esta apresenta um aspecto fosco [5].

A determinação do brilho foi feita tendo em consideração a norma NP EN ISO 2813-2001.

Para a realização deste ensaio utilizou-se um aparelho denominado de *Glossmeter*.

Este instrumento mede em três tipos de geometrias:

- Geometria de 60° que é aplicada em qualquer película de tinta;
- Geometria de 20° que é utilizada para películas de tinta com alto brilho
- Geometria de 85° para tintas de baixo brilho



Figura 3.20 – Ilustração da determinação do brilho

Ao longo do trabalho utilizou-se apenas a geometria de 60° e de 85°. Para se poder medir o brilho é necessário que uma película de tinta seja colocada num substrato de vidro. Após esta estar completamente seca, mediu-se com um *Glossmeter*, este aparelho apresenta o valor correspondente a cada geometria. Para se obter o valor foi necessário fazerem-se seis leituras e determinar a média.

O tipo de brilho foi classificado consoante o valor obtido através da média das leituras feitas pelo *Glossmeter*. Na tabela seguinte encontra-se esquematizado uma das possíveis classificações do brilho.

Tabela 3.6 – Intervalos de brilho [16]

Tipo de tinta	Geometria de 20°	Geometria de 60°	Geometria de 85°
Brilho (Gloss)	20 – 90	70 – 95+	–
Semi-brilho (Semi-gloss)	5 – 45	25 – 75	–
Acetinada (Satin)	–	5 – 25	10 – 40
Casca de ovo (Eggshell)	–	2 – 15	5 – 25
Fosca (Flat)	–	0 – 10	0 – 15

RESISTÊNCIA AO AMBIENTE

Corrosão acelerada em câmara de nevoeiro salino

O ensaio de nevoeiro salino consiste em nebulizar uma solução de 5% de NaCl em água desmineralizada no interior de uma câmara, na qual estão colocadas as chapas revestidas com os esquemas de pintura da tabela 3.5. Este ensaio tem como base a norma NP ISO 7253:1999.



Figura 3.21 – Câmara de nevoeiro salino

As chapas, previamente tratadas e pintadas, foram colocadas dentro da câmara para se iniciar a nebulização. A câmara foi regulada para manter no seu interior uma temperatura de 35°C.

Durante a realização do ensaio foi necessário verificar se o caudal médio se encontrava consoante a especificação da norma (entre 1 a 2,5 ml/h). O caudal corresponde a quantidade de nevoeiro que atravessa a câmara por unidade de tempo. Se essa quantidade foi insuficiente ou excessiva foi necessário ajustar determinados parâmetros da câmara para ajustar esse valor. Para determinar o caudal médio foi colocado dentro da câmara uma proveta com um funil. A quantidade que cai dentro da proveta foi lido e registado num período de \pm 24 horas. Os valores obtidos com a realização deste trabalho encontram-se listados em anexo.

Antes de colocar as chapas dentro da câmara, as arestas de cada chapa foram isoladas com fita adesiva apropriada para o ensaio, isto para apresentarem uma resistência à corrosão superior, evitando o aparecimento de corrosão nestes pontos. De seguida foram efectuados os cortes no revestimento até se expor a superfície metálica, isto para acelerar a corrosão. Preparadas as chapas, e verificado que a superfície era homogénea e sem nenhuma imperfeição, colocou-se as chapas no nevoeiro salino.

A duração do ensaio depende do cliente. As chapas em estudo foram expostas ao nevoeiro salino durante 977 horas e foram examinadas periodicamente por observação macroscópica para avaliar visualmente os efeitos da exposição. Observou-se o aspecto geral de cada chapa seguida de uma inspecção pormenorizada para avaliar os seguintes aspectos:

- a. Grau de defeitos de acordo com a norma NP EN ISO 4628-1:2005
- b. Grau de enferrujamento na fissura
- c. Grau de enferrujamento de acordo com a norma NP EN ISO 4628-3:2005
- d. Grau de empolamentos de acordo com a norma NP EN ISO 4628-2:2005

Após a colocação das chapas no nevoeiro salino, estas foram observadas periodicamente. Como a primeira semana é a mais crítica, isto porque se a tinta não for suficientemente resistente ao nevoeiro salino é nessa semana que irão ocorrer os primeiros defeitos, a observação das chapas foram efectuadas em intervalos de 24 horas. Depois da primeira semana já não foi necessário observar num período tão apertado, observando-se então em intervalos de ± 100 horas. Na tabela seguinte estão mencionadas o número de observações feitas e o intervalo de horas entre cada observação.

Tabela 3.7 – Calendarização das observações efectuadas

Observações	Horas de exposição ao nevoeiro salino
1 ^a	24
2 ^a	48
3 ^a	72
4 ^a	96
5 ^a	191
6 ^a	305
7 ^a	383
8 ^a	497
9 ^a	575
10 ^a	671
11 ^a	743
12 ^a	839
13 ^a	911
14 ^a	977

PROPRIEDADES MECÂNICAS

Elasticidade

A elasticidade é determinada para verificar qual a resistência que a película de tinta aguenta ao ser dobrada. Este ensaio foi realizado com um mandril cilíndrico.

O substrato de aço (de x mm de espessura) pintado consoante o esquema de pintura referido anteriormente foi dobrado sobre diferentes mandris cilíndricas, que diferem no tamanho do diâmetro.

Através do diâmetro do menor mandril onde se dobrou a placa e não se verificou fissuras pode-se determinar a percentagem de alongamento teórico de um filme de tinta aplicado sobre um substrato metálico, para tal substitui-se os valores obtidos na equação seguinte:

$$\% \text{ alongamento} = 100 \times \frac{EFS}{d+EFS} \quad (3.3)$$

onde EFS corresponde a espessura seca do filme e d ao diâmetro do mandril.

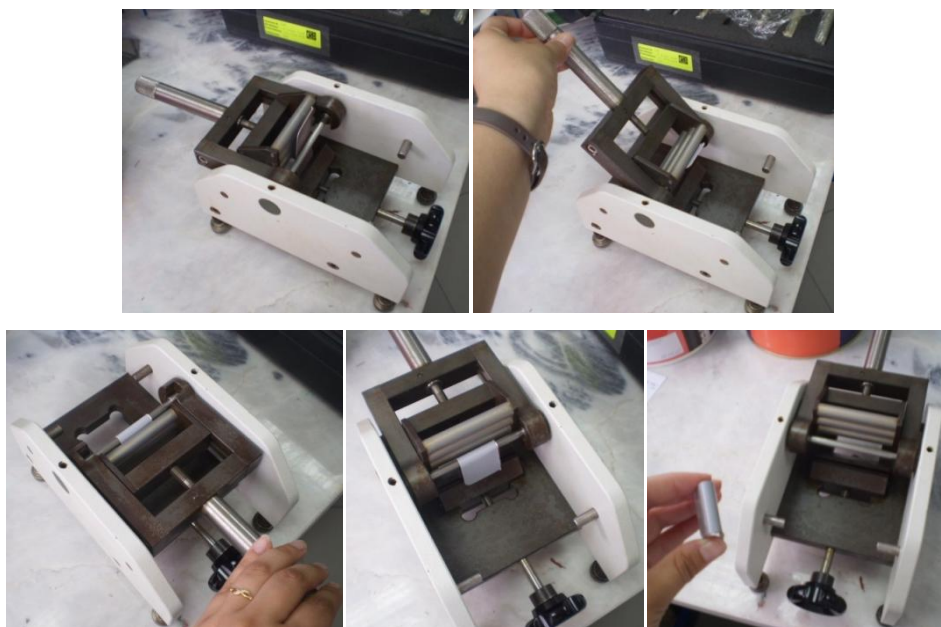


Figura 3.22 – Ilustração do ensaio de elasticidade

Aderência

A aderência de uma tinta ao substrato é uma propriedade de grande importância. Se a aderência for fraca o desempenho da tinta é comprometido. O ensaio que verifica a aderência da tinta ao substrato foi realizado segundo a norma NP EN ISO 2409:1995.

Este ensaio consiste em efectuar cortes na película de tinta seca, de modo a se obter um quadriculado. Os cortes foram feitos com um instrumento cortante múltiplo, estes atravessaram a película de tinta até atingir o substrato de metal.



Figura 3.23 - Ilustração do ensaio de aderência

O substrato revestido com tinta foi ser colocado numa superfície plana, de seguida efectuaram-se no mínimo 6 cortes, paralelos e com uma distância igual entre eles, no revestimento. Perpendicularmente a estes cortes, efectuaram-se da mesma maneira o mesmo numero de cortes.

Após a obtenção do quadriculado foi colocado sobre este um pedaço de fita adesiva que foi removida com um movimento rápido e contínuo. Observou-se e classificou-se a aderência de acordo com o quadro que se encontra na norma.

Impacto

Este ensaio pode ser realizado directamente ou indirectamente sobre a tinta, o impacto pode ser dado sobre o lado pintado ou no lado oposto. Neste trabalho apenas se realizou o ensaio indirectamente.

O procedimento deste ensaio foi efectuado tendo em conta a norma NP EN ISO 6272:1996.



Figura 3.24 – Aparelho de impacto

Colocou-se o substrato pintado no aparelho, de seguida soltou-se a massa de queda (esta é formada por uma cabeça em forma de calote esférica com um diâmetro de $20 \pm 0,3$ mm e uma massa total de 1000 ± 1 g) sobre a placa. A massa de queda foi lançada de uma posição mais baixa e foi aumentando-se essa posição. O resultado final corresponde à maior altura da qual a massa de queda é lançada, sem causar danos ao revestimento, multiplicado pela sua massa. As unidades do resultado final vêm em J, em que 1J equivale a 10,2 kgf.cm.

*Capítulo 4 – Resultados e
Discussão*

Capítulo 4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo irão ser analisadas as fórmulas desenvolvidas ao longo do trabalho, aprovando-se a fórmula que apresenta melhor estabilidade e melhores propriedades. As fórmulas aprovadas serão objecto de estudo. Discutir-se-á os resultados dos ensaios realizados às diversas tintas produzidas.

Dividir-se-á esta discussão em três partes, numa primeira irão ser analisadas as tintas de água e numa segunda parte as tintas de solventes orgânicos. Na terceira parte irá ser feita uma breve comparação entre as tintas de água e as tintas de base solvente.

4.1. TINTAS À BASE DE ÁGUA

Ao iniciar o estudo da fórmula da tinta a ser produzida, procedeu-se a várias reformulações até se encontrar uma fórmula que apresentasse boa estabilidade. Para chegar à fórmula final alteraram-se as matérias-primas que estavam descritas na fórmula fornecida pelo fabricante de *Pigmentan*, isto porque essas matérias-primas não existiam no local onde se realizou este trabalho. As novas matérias-primas utilizadas apresentam as mesmas propriedades e a mesma finalidade que as anteriores. Depois de seleccionar as matérias-primas foi necessário reajustar a quantidade a utilizar de cada uma.

Concluído o fabrico da primeira tinta observou-se o seu aspecto quando aplicada em três diferentes substratos (cartolina, vidro e chapa de aço). Os resultados das observações encontram-se descritos na tabela 4.1. Ao fim de cada observação verificou-se se os resultados obtidos eram ou não satisfatórios. Quando esses resultados não foram positivos procedeu-se à realização de uma nova fórmula. Uma fórmula só era aprovada quando se obtinham bons resultados para os dois pigmentos anticorrosivos utilizados, ou seja, tinha que ser aprovada para o fosfato de zinco e para *Pigmentan EA*, caso contrário era eliminada.

O estudo da fórmula iniciou-se com o fosfato de zinco, isto porque este pigmento anticorrosivo é utilizado hoje em dia na indústria das tintas, logo a sua estabilidade já é bem conhecida. Quando se encontrou uma fórmula com fosfato de zinco que apresentava boas propriedades aplicou-se-a ao pigmento de *Pigmentan*.

Tabela 4.1 – Resumo das observações das tintas produzidas à base de água

Fabrico	Tinta	Aspecto			Aprovada
		Cartolina	Vidro	Chapa de aço	
1	PWB01	-	-	Superfície irregular com existência de muitas bolhas de ar. Apresenta marcas deixadas pelo pincel.	NÃO
2	PWB02	Superfície lisa e homogénea	-	Na superfície pintada à pistola, verifica-se que o revestimento apresenta um aspecto liso e totalmente homogéneo. Neste último o revestimento apresenta um maior poder de cobertura	SIM*
3	PWB11	Existência de crateras	Existência de crateras	-	NÃO
4	PWB12	-	Existência de crateras	-	NÃO
5	PWB13	-	Existência de crateras	-	NÃO
6	PWB03	-	Existência de crateras	-	NÃO
7	PWB04	Existência de crateras	Existência de crateras	Crateras em toda a superfície	NÃO
8	PWB05	Existência de crateras	-	-	NÃO
9	PWB06	Existência de crateras	-	-	NÃO
10	PWB07	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	Existência de crateras	NÃO
11	PWB08	-	Superfície lisa e homogénea	Existência de crateras	NÃO
12	PWB09	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	SIM
13	PWB14	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	SIM

* Deixou de ser aprovada porque para os outros pigmentos essa fórmula não foi aceite

Ao longo do estudo da fórmula encontrou-se diversos obstáculos, o que causou maiores problemas foi a formação de crateras. Tendo como base a norma NP-111:1982 crateras significa: “Pequenas áreas aproximadamente circulares em que se verificam depressões da película e que podem ou não descobrir a base de aplicação”. Na figura seguinte pode observar-se um dos revestimentos com formação de crateras.

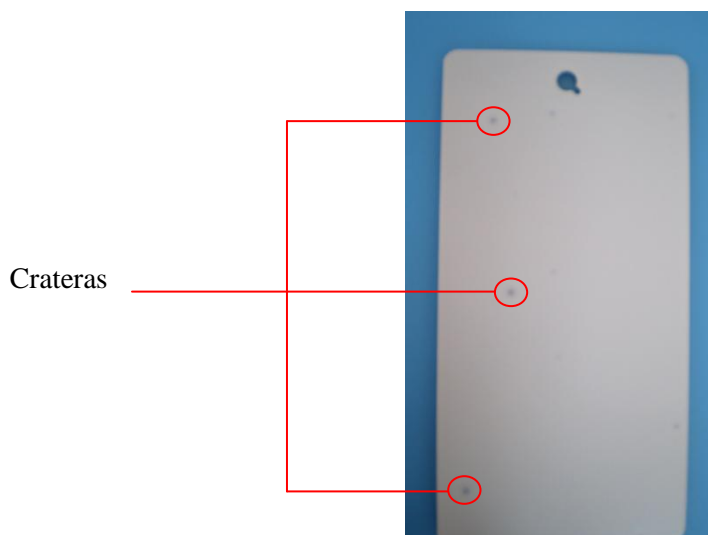


Figura 4.1 - Chapa de aço revestida com PWB08 utilizando como método de pintura a pistola convencional

Segundo a literatura [5], estas são causadas por possíveis contaminações do substrato, má dispersão das matérias-primas ou mesmo incompatibilidade entre as matérias-primas. Utilizaram-se substratos muito bem limpos, eliminando assim a primeira causa possível (contaminações do substrato). De seguida dispersou-se com uma velocidade de corte maior, de modo a ter uma solução homogénea, após essa etapa verificou-se que as crateras continuavam a surgir. Com isto a única causa possível só poderia ser a incompatibilidade, para tal alterou-se o anti-bolhas utilizado. Segundo a referência [5] ao utilizar um anti-bolhas que seja muito incompatível com as restantes matérias-primas, este pode provocar o aparecimento de crateras na superfície da tinta aplicada. Ao alterar o anti-bolhas verificou-se que as crateras eram totalmente eliminadas, tendo-se descoberto o causador da formação das crateras. Ultrapassando-se todos os obstáculos encontrou-se a fórmula final.

De todas as fórmulas desenvolvidas as únicas que foram aprovadas foram a PWB09 e a PWB14. Estas foram as únicas que, após a aplicação nos substratos, apresentavam uma superfície lisa e homogénea. Estas duas tintas foram então submetidas aos diversos ensaios de caracterização, estando os valores obtidos em cada ensaio resumidos na ficha técnica que se encontra no anexo H.

De seguida analisar-se-á os resultados obtidos para cada ensaio e determinar-se-á alguns parâmetros importantes para o estudo das tintas.

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Finura

Para concluir o fabrico das tintas era necessário que a mistura apresentasse um grau de dispersão de 20 μm , pelo que se utilizou um ensaio para determinar a finura de moagem.

Após a conclusão do fabrico das tintas, procedeu-se à realização de alguns outros ensaios para caracterizar completamente cada uma das tintas. Os ensaios realizados foram: viscosidade, peso específico, escorrimento, pH, tempo de secagem e sedimentação.

Tabela 4.2 – Especificações das tintas aquosas

Ensaio realizado	Medido	
	PWB09	PWB14
Finura (microns)	20	20
Viscosidade (KU) [medida a 25°C]	74,9	105,1
Peso Específico (Kg/l) [medida a 25°C]	1,196	1,218
Escorrimento	13	14
pH	7,53	8,70
Tempo de Secagem BKIII (HH:MM)	00:15	00:15

Viscosidade

Ao se comparar as viscosidades das diferentes tintas, observou-se que PWB14 apresenta maior viscosidade que PWB09. Esta disparidade de valores está relacionada com a diferença do peso específico de cada tinta. Uma vez que a quantidade (em peso) utilizada de cada matéria-prima é igual, o volume será obrigatoriamente diferente. Com isto a tinta PWB14 tem uma densidade maior que PWB09, o que significa que para a mesma massa ocupa um menor volume.

Peso específico

Apesar de se ter determinado experimentalmente o peso específico das tintas, este valor também pode ser determinado teoricamente. Sabendo o peso e o volume total da tinta (estes valores encontram-se na tabela do anexo E) determina-se o peso específico. Na tabela seguinte encontram-se os valores teóricos do peso específico com um desvio padrão associado de 0,025.

Tabela 4.3 – Valores teóricos do peso específico

	Peso específico (Kg/l)		
	Mínimo	Médio	Máximo
PWB09	1,216	1,241	1,266
PWB14	1,207	1,232	1,257

Ao observar os valores do peso específico determinados experimentalmente verifica-se que são um pouco mais baixos do que o valor médio esperado teoricamente. Verifica-se ainda que o valor obtido experimentalmente para PWB14 se encontra contido no intervalo das especificações, mas o valor obtido para PWB09 encontra-se fora das especificações. Verifica-se ainda que o peso específico é maior na tinta PWB14. O fosfato de zinco apresenta uma maior densidade que Pigmentan EA, o que significa que para a mesma massa ocupa um menor volume. O que irá fazer com que a tinta final constituída por Pigmentan também apresente um maior volume em comparação com a tinta constituída por fosfato de zinco. Teoricamente teremos um peso específico maior para PWB09 (constituída por fosfato de zinco).

Escorrimento, pH e Tempo de secagem

Em relação aos resultados dos outros ensaios (escorrimento, pH e tempo de secagem) verifica-se que os valores obtidos para ambas as tintas são muito idênticos.

Sedimentação

Por fim determinou-se o grau de sedimentação, que consiste em avaliar o desempenho da tinta quando esta é submetida a cinco condições. Na tabela seguinte está apresentado o desempenho das tintas de água quando submetidas ao ensaio.

Avalia-se o grau de sedimentação de cada tinta através do valor obtido na média das cinco condições.

Tabela 4.4 - Avaliação da sedimentação das tintas de água

		VALOR	
		PWB09	PWB14
C o n d i ç õ e s	1 - Força necessária para atravessar o sedimento	8	10
	2 - Resistência ao movimento lateral da espátula	2	10
	3 - Resistência ao movimento frontal da espátula	2	10
	4 - Descrição do sedimento	4	10
	5 - Re-mistura	2	10
Média		4	10

Com os resultados obtidos verifica-se que a tinta PWB14 é mais estável que a outra, em relação a sedimentação, o que significa que o pigmento *Pigmentan* EA origina uma tinta mais estável em comparação com o Fosfato de Zinco. Através da obtenção destes resultados comprova-se o que está escrito na documentação fornecida pela *Pigmentan*: como estes novos pigmentos são muito mais leves proporcionam uma maior estabilidade.

Reologia

Para completar o estudo da caracterização das tintas procedeu-se a um estudo reológico. As análises reológicas foram realizadas através da utilização de um reómetro rotacional, em geometria de pratos paralelos. Este estudo consistiu na realização de dois ensaios distintos, realizados a temperatura constante de 20°C, variando apenas a taxa de corte.

1º ENSAIO

Num primeiro ensaio variou-se a taxa de corte registando-se os valores da viscosidade e da tensão de corte. A variação da viscosidade (viscosity) em função da taxa de corte (shear rate) das tintas aquosas encontra-se representada na figura seguinte.

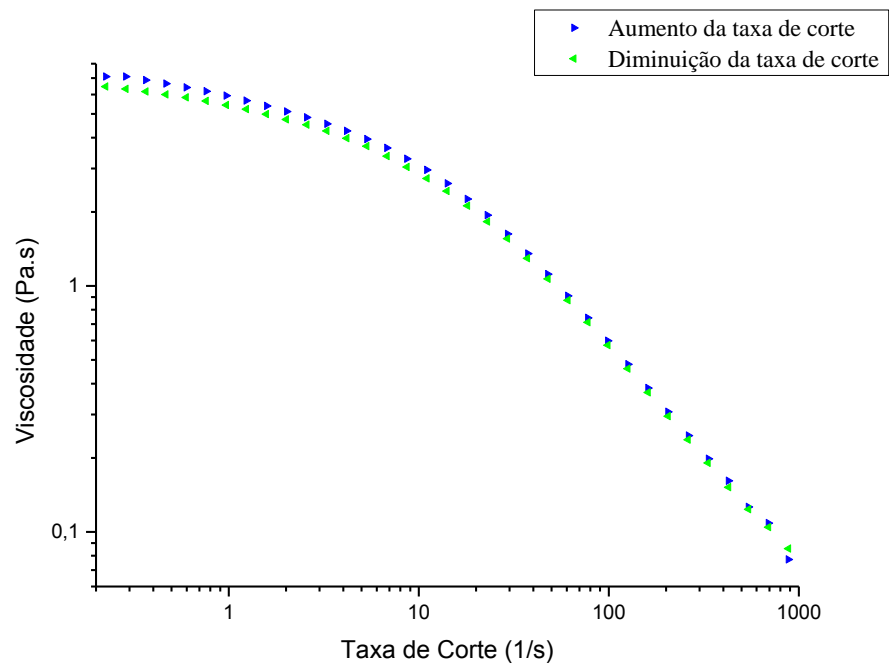


Figura 4.2 - Viscosidade vs taxa de corte da tinta PWB09

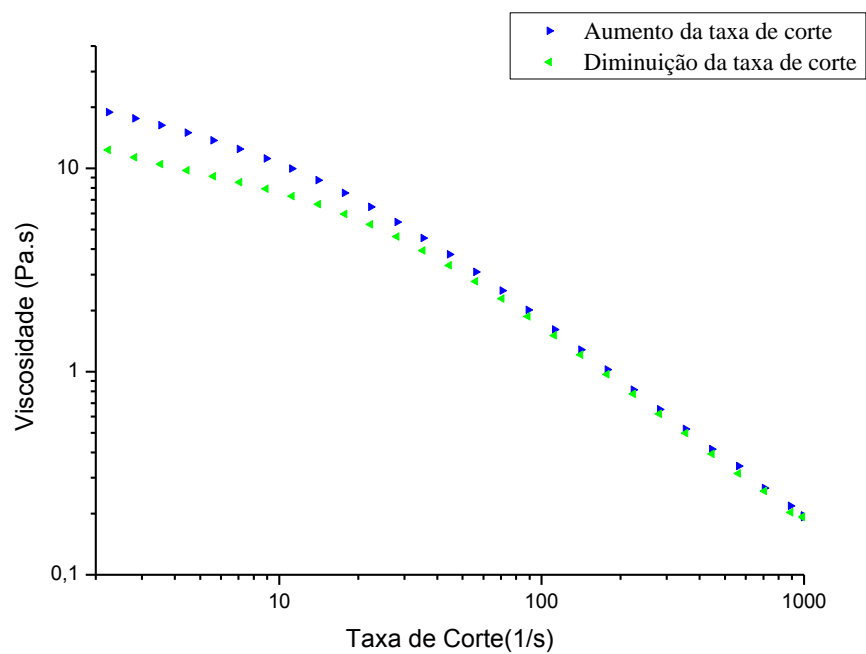


Figura 4.3 - Viscosidade vs taxa de corte da tinta PWB14

Ao analisar a variação da viscosidade com o aumento da taxa de corte, verificou-se que esta diminuía em ambas as tintas, o que significa tratar-se de um fluido reofluidificante, no entanto, quando se diminuiu os valores da taxa de corte verificou-se que a viscosidade voltava a aumentar, sem que as duas curvas se sobrepusessem, o que prova tratar-se de um fluido tixotrópico.

Analisando o gráfico da viscosidade vs taxa de corte das tintas aquosas, verifica-se que para baixas taxas de corte a viscosidade é elevada, diminuindo para altas taxas de corte. De acordo com a literatura lida [5, 19] as tintas devem possuir uma baixa viscosidade para uma boa aplicação, ou seja, para altas taxas de corte esta deve apresentar baixas viscosidades afim de facilitar a aplicação através de equipamentos apropriados. Por outro lado, para baixas taxas de corte a viscosidade deve ser elevada, isto porque, quando a tinta é armazenada esta tende a sedimentar pelo facto de ser mais viscosa irá previne a sedimentação. Ao comparar os gráficos obtidos para as diferentes tintas, verifica-se que para as mesmas taxas de corte a tinta formulada com *Pigmentan* apresenta valores superiores de viscosidade, logo esta tinta irá ser mais estável quando armazenada. É o que se verifica no ensaio de sedimentação. Outro ponto a ter em conta é a viscosidade para altas taxas de corte, quanto menor for essa viscosidade menor será a espessura que a tinta aguenta sem que ocorra escorridos.

Os valores registados da tensão de corte também foram obtidos para um aumento de valores de taxa de corte seguido de um decréscimo de valores. Obtidos os valores construiu-se o gráfico da variação da tensão (shear stress) em função da taxa de corte (shear rate).

Como as tintas são fluidos tixotrópicos, estes irão depender do tempo. Quando um fluido tixotrópico é sujeito a uma dada tensão constante a viscosidade diminui com o tempo. Neste tipo de fluidos, os valores da tensão obtidos no decréscimo não são os mesmos que os obtidos quando se aumentou a taxa de corte. Verifica-se que a curva descendente não é sobreponível à curva ascendente, observando-se uma área entre as duas curvas, essa área de histerese mede o grau de tixotropia do sistema. A área que se encontra entre a curva obtida para o aumento da taxa de corte e a curva obtida para o decréscimo da taxa de corte é denominada de área tixotrópica. A área tixotrópica não mede um valor absoluto de tixotropia mas sim um valor que serve para comparar o grau de tixotropia entre amostras diferentes desde que tenham sido medidas sob as mesmas condições.

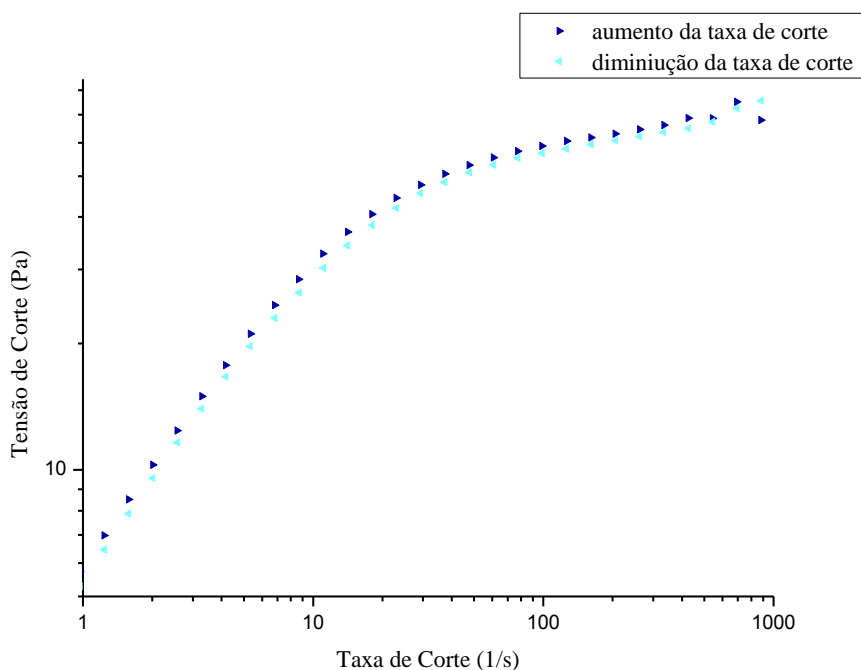


Figura 4.4 - Curva tensão vs taxa de corte para a tinta PWB09

Através do gráfico representado na figura anterior pode-se determinar a área que se encontra entre as duas curvas. Para a tinta PWB09 obteve-se uma área tixotrópica de 1185,6 Pa.s⁻¹.

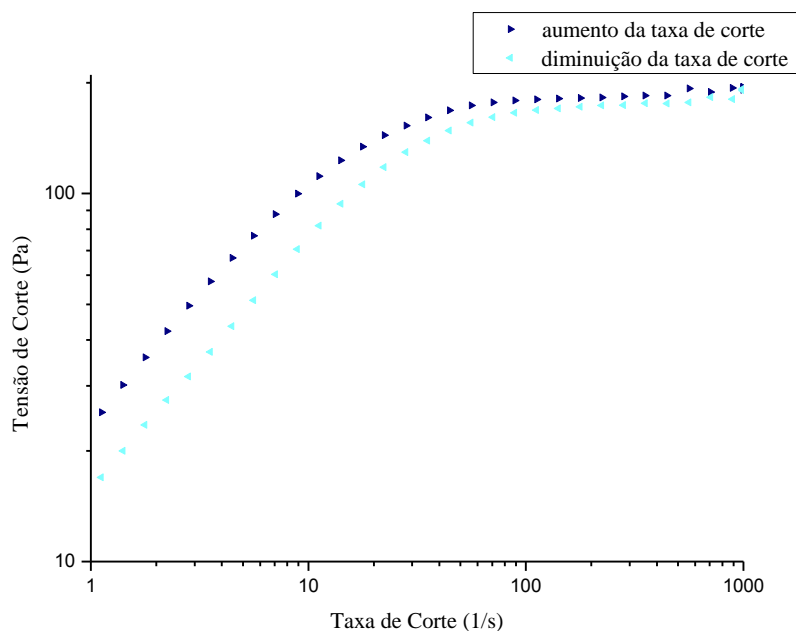


Figura 4.5 - Curva tensão vs taxa de corte para a tinta PWB14

Para a tinta PWB14 obteve-se uma área tixotrópica de 10903 Pa.s⁻¹.

Os valores da tensão obtidos no decréscimo da taxa de corte não são iguais aos obtidos no aumento da taxa de corte, isto porque, no aumento da taxa de corte a estrutura floculada da tinta é destruída originando assim uma baixa viscosidade, para os valores serem iguais é necessário que as ligações dos flocos se voltem a restabelecer, porem essas ligações ocorrem lentamente fazendo com que os valores sejam mais baixos [24].

Ao comparar os valores correspondentes às áreas tixotrópicas verifica-se que a tinta PWB14 apresenta um valor superior ao da tinta PWB09. Com a análise destes valores verifica-se que o restabelecimento das ligações na tinta PWB14 é mais lento que na tinta PWB09.

Ao comparar os gráficos obtidos para cada tinta, observou-se que a tinta PWB14 atinge valores superiores de tensão para os mesmos valores de taxa de corte que a outra tinta.

2º ENSAIO

Existem ainda os ensaios oscilatórios que possibilitam a determinação do módulo complexo (G^*) e as suas componentes: o módulo conservativo (G') e o módulo de perda (G''). Este ensaio possibilita ainda a determinação da viscosidade complexa (η^*).

O reômetro utilizado possibilita induzir uma deformação oscilatória (γ), neste trabalho foi induzida uma deformação de 10%. Através deste segundo ensaio pode-se construir o gráfico do módulo complexo e as suas componentes vs frequência.

Para cada tinta, foram avaliados o comportamento do módulo complexo e das suas componentes. Nos gráficos seguintes estão representados o módulo complexo e as suas componentes em função da frequência, os quais se podem observar nos gráficos seguintes.

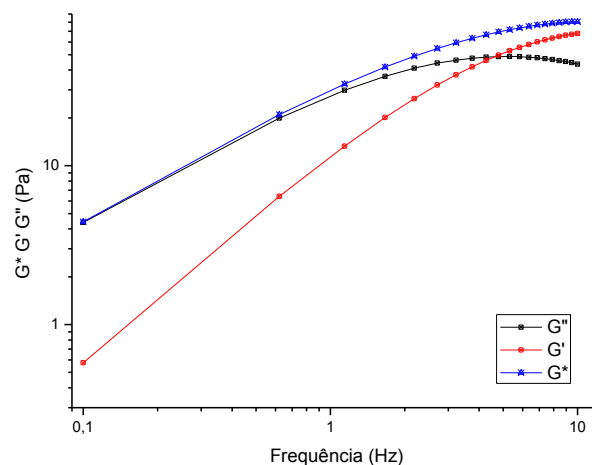


Figura 4.6 - Propriedades viscoelásticas em função da frequência para a tinta PWB09

No caso da tinta PWB09 observou-se que para baixos valores de frequência os valores do módulo de perda (G'') foram sempre maiores que os valores do módulo de armazenamento (G'), e as curvas cruzaram-se num valor de frequência aproximadamente 4,6 Hz. A partir desse ponto, para frequências mais altas, a componente elástica predominou sobre a viscosa, isto é, os valores de G' ficaram acima dos valores de G'' .

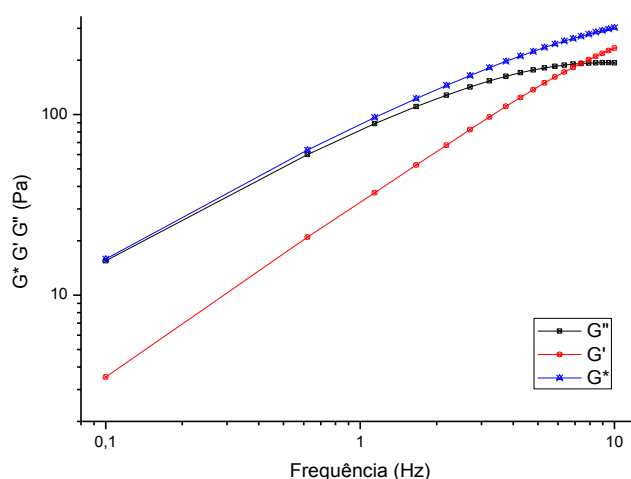


Figura 4.7 - Propriedades viscoelásticas em função da frequência para a tinta PWB14

O mesmo se verificou para a tinta PWB14, ou seja para baixos valores de frequência os valores de G'' foram sempre maiores que os de G' , no entanto, estas duas curvas cruzaram-se num valor de frequência aproximadamente 7,4 Hz. A partir desse ponto, para frequências mais altas, a componente elástica predominou sobre a viscosa, isto é, os valores de G' ficaram acima dos valores de G'' , como se verificou para a tinta anterior. O cruzamento das curvas dá uma medida do tempo de relaxação característico da tinta, sendo que aquela que apresenta o cruzamento a uma maior frequência tem um tempo de relaxação menor.

De seguida construiu-se o gráfico correspondente a viscosidade complexa em função da frequência.

Em ambos os gráficos, verifica-se que a viscosidade decresce com o aumento da frequência aplicada ao sistema. Estas curvas são muito semelhantes às das curvas da viscosidade vs taxa de corte.

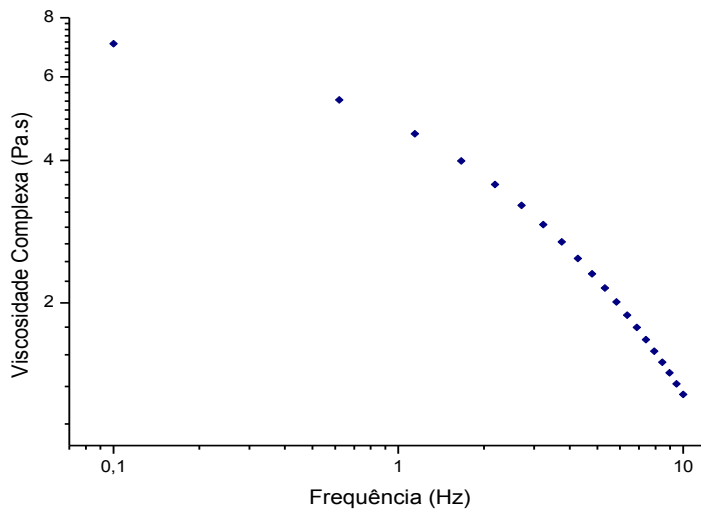


Figura 4.8 – Viscosidade complexa em função da frequência da tinta PWB09

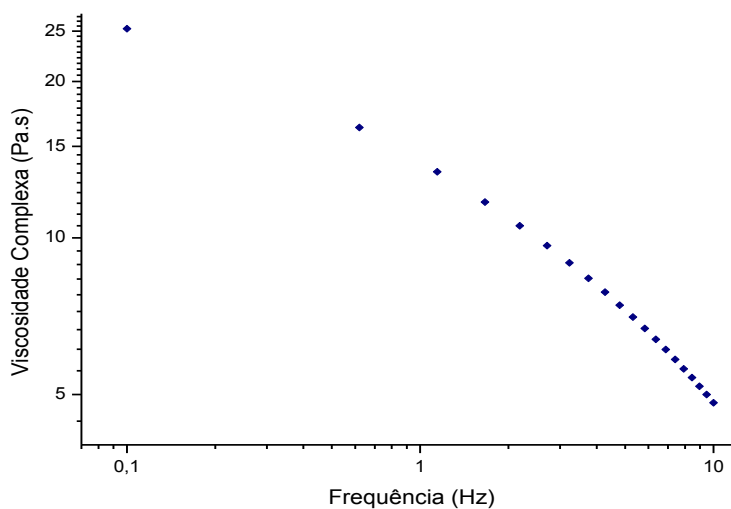


Figura 4.9 - Viscosidade complexa em função da frequência da tinta PWB14

Brilho

Terminada a caracterização da tinta líquida, procedeu-se a um estudo da tinta aplicada num determinado substrato. Um primeiro ensaio a ser realizado foi a determinação do brilho. Neste ensaio foi utilizada a geometria de 60° e de 85°. A geometria de 60° foi utilizada porque esta geometria é aplicada em qualquer película de tinta, mas como em certos casos se trata de brilhos baixos utilizou-se também a geometria de 85°. Segundo a literatura referida em [5] a geometria de 60° só é aconselhada para brilhos entre os 30 e 70 %. Para a tinta constituída por

fosfato de zinco (PWB09) obteve-se um brilho de 40,9 % para a geometria de 60° e de 54,0% para a geometria de 85°. Para a tinta constituída por *Pigmentan EA* (PWB14) obteve-se um brilho de 33,4 % para a geometria de 60° e de 49,7 % para a geometria de 85°. Com estes resultados pode concluir-se que a tinta constituída com os pigmentos de *Pigmentan* apresenta maior brilho. Tendo como base a Tabela 3.6 verifica-se que tanto a tinta PWB09 como a tinta PWB14 apresentam valores de brilho correspondentes ao semi-brilho. Para este tipo de brilho não justificava utilizar a geometria de 85°.

Determinação de parâmetros teóricos

Além dos parâmetros obtidos experimentalmente, existem alguns que se determinam teoricamente e que também são importantes para o estudo de uma tinta.

Através de dados fornecidos pelos fabricantes das matérias-primas (anexo D) determina-se a quantidade de material sólido e o volume que se terá depois da tinta passar do estado líquido para estado sólido (anexo E). Após se obterem esses valores determina-se muitos outros parâmetros que correspondem à tinta no estado líquido e no estado sólido. Na tabela seguinte são apresentados os valores de alguns dos parâmetros determinados para as tintas de água.

Tabela 4.5 – Informações gerais das tintas aquosas

Parâmetros	VALOR	
	PWB09	PWB14
Teor em Veículo	52,00	52,00
Teor em Pigmento	24,00	24,00
Teor em Voláteis	22,10	22,10
SVR	37,01	37,45
SWR	48,29	48,29
% Pigmento anticorrosivo/Total pigmentos (peso)	17	17
% Pigmento anticorrosivo/Total pigmentos (volume)	20	26

As quantidades das matérias-primas utilizadas na formulação de PWB09 e de PWB14 são completamente iguais. Portanto a percentagem de veículo, de pigmento e de material volátil é completamente igual. Um outro valor que será igual para ambas as tintas é a percentagem de sólido por massa (SWR). O único valor que difere é a percentagem de sólidos por volume (SVR), isto porque o peso específico do fosfato de zinco é maior que o do

Pigmentan EA. Como o peso específico de *Pigmentan EA* é menor, logo o volume ocupado é maior, diminuindo assim a quantidade de sólidos por volume.

Determinação do PVC e do CPVC

Um outro parâmetro muito importante é a concentração volumétrica de pigmento (PVC) e a concentração volumétrica de pigmento crítico (CPVC).

A concentração volumétrica de pigmento (PVC) é determinada pela fórmula 2.1 que foi referida no capítulo 2. Para obter o PVC de qualquer fórmula é só fazer uma substituição directa dos valores.

Para o caso da concentração volumétrica de pigmento crítico (CPVC) não se pode substituir directamente os valores na fórmula.

Utiliza-se na mesma a fórmula (2.2) descrita no Capítulo 2, mas fazem-se umas pequenas alterações para facilitar os cálculos.

O volume de veículo absorvido é igual à soma dos volumes do veículo absorvido por cada pigmento.

$$V_{va} = \sum V_i \quad (4.1)$$

Onde i corresponde a cada pigmento.

Para determinar o valor de V_{va} é necessário conhecer a absorção de óleo (AO) de cada pigmento utilizado na formulação da tinta. Sabendo que a absorção de óleo corresponde a quantidade de óleo que 100 g de pigmento consegue absorver, tem que se determinar a quantidade de óleo absorvida pela quantidade existente de pigmento, ou seja, se 100 g de pigmento absorve x g de óleo logo W g de pigmento irá absorver y .

$$\begin{array}{l} \text{AO} \quad \frac{\quad}{\quad} \quad 100 \text{ g de pigmento} \\ y \quad \quad \frac{\quad}{\quad} \quad W \text{ g de pigmento} \end{array}$$

$$y = \frac{AO \times W}{100} \quad (4.2)$$

Logo a absorção real para cada pigmento será de:

$$y_i = \frac{AO_i \times W_i}{100} \quad (4.3)$$

Mas como se pretende o valor em volume, este terá que ser dividido pela densidade do óleo, que é de $0,935 \text{ gml}^{-1}$.

$$V_i = \frac{AO_i \times W_i}{100 \times 0,935} \quad (4.4)$$

Substituindo na equação 4.1 vem:

$$V_{va} = \sum \frac{AO_i \times W_i}{93,5} \quad (4.5)$$

Portanto temos:

$$CPVC = \frac{V_p}{V_p + \sum \frac{AO_i \times W_i}{93,5}} \times 100 \quad (4.6)$$

Substituindo os valores nas formulas do PVC e do CPVC obtêm-se os valores para ambas as tintas. A razão entre o PVC e o CPVC também é de grande importância.

Tabela 4.6 – Valores do PVC e do CPVC das tintas de base aquosa

Parâmetros	VALOR	
	PWB09	PWB14
PVC	20,62	22,10
CPVC	58,26	55,67
PVC/CPVC	0,35	0,40

Ao observar os valores de PVC para cada tinta verifica-se que os valores, apesar de serem diferentes, são muito próximos. Ao comparar estes valores com os valores da Tabela 2.2 do capítulo 2 verifica-se que ambas as tintas são do tipo semi-brilho. Verifica-se ainda que o tipo de brilho obtido através do PVC corresponde ao tipo de brilho obtido pela medição efectuada através de um *Glossmeter*. O brilho está directamente relacionado com a quantidade de pigmento, isto porque à medida que se aumenta a quantidade de pigmento, diminui-se o brilho. Em ambos os casos o PVC é menor que o CPVC, isto significa que a quantidade de pigmento é inferior a quantidade que o veículo pode agregar sem ocorrência de descontinuidade do filme. Segundo a literatura referida em [21] quando o PVC se aproxima do CPVC observam-se alterações das propriedades da película, isto porque a quantidade de veículo não é suficiente para preencher os espaços entre as partículas de pigmento.

Nestas tintas em estudo observa-se o $PVC < CPVC$ o que faz com não se verifique alterações das propriedades óptimas. A resistência à corrosão é influenciada pela razão entre o PVC e o CPVC. Segundo a figura 2.1 do capítulo 2 verifica-se que esta diminui com o

aumento do PVC em relação ao CPVC e para as tintas em estudo o valor do PVC é inferior ao do CPVC o que faz com que apresentem uma boa resistência à corrosão. A resistência à corrosão diminui com o aumento da quantidade de pigmentos, porque à medida que se aumenta a quantidade de pigmentos aumentam-se os espaços existentes entre as partículas fazendo com que a permeabilidade aumente, estabelecendo-se assim óptimas condições para a ocorrência de corrosão.

Determinação dos COV

Um outro parâmetro muito importante para o nosso ambiente é a emissão de compostos orgânicos voláteis (COV). Durante o processo de aplicação e de secagem de uma tinta são libertados COVs que irão poluir a atmosfera. Sabendo os COVs de cada matéria-prima determina-se o total de COVs libertados pela tinta produzida.

Segundo o Decreto-Lei n.º 181/2006, de 6 de Setembro, as tintas só poderão ser colocadas no mercado se o seu teor de COV não exceder os valores limite previstos no anexo II do referido decreto-lei. No anexo I desse mesmo decreto-lei são enumerados as subcategorias das tintas. As tintas de água estudadas neste trabalho enquadram-se na subcategoria dos produtos de revestimento de alto desempenho monocomponente, cuja definição é: “ i) *Produtos de revestimento de alto desempenho monocomponente: produtos de alto desempenho à base de material que forma película, para aplicações com funções especiais, nomeadamente capa primária ou de acabamento para plásticos, capa primária para substratos ferrosos ou metais reactivos como zinco e o alumínio, acabamento anticorrosão, revestimento de pisos, incluindo de madeira e cimento, resistência aos graffiti, retardamento da chama e preservação das normas de higiene da indústria alimentar e dos serviços de saúde*”. Na tabela seguinte encontram-se os limites para este tipo de tintas.

Tabela 4.7 – Teor máximo de COV para tintas de base aquosa [18]

Subcategoria de produtos	Tipo	Fase I (g/l)* (a partir de 1 de Janeiro de 2007)	Fase II (g/l)* (a partir de 1 de Janeiro de 2010)
i) <i>Produtos de revestimento de alto desempenho monocomponente</i>	base aquosa (BA)	140	140

* g/l no produto pronto a utilizar

Sabendo os limites das tintas aquosas procede-se aos cálculos dos COV das tintas aquosas em estudo.

Em primeiro calcular-se-á o teor de COV para a tinta formulada com fosfato de zinco – PWB09.

Sabendo que a tinta PWB09 a ser aplicada terá uma diluição de 6,5% de água em volume (correspondendo a uma diluição de 5,24% de água em massa) obtém-se a seguinte tabela.

Tabela 4.8 – Determinação dos COVs da tinta PWB09

Ajuste 100%

	Matérias-primas	COVs [g/l]	Massa [%]	Massa [%]	Tcov [g/l]	Tcov [g/ml]
1	Água	0	20,10	19,10	0,00	0,00E+00
2	Disper BYK 181	364	0,20	0,19	0,69	6,92E-04
3	BYK 155-35	0	0,50	0,48	0,00	0,00E+00
4	Amónia	0	0,20	0,19	0,00	0,00E+00
5	BYK 024	0	0,20	0,19	0,00	0,00E+00
6	Acticide MBS	0	0,40	0,38	0,00	0,00E+00
7	Acrysol RM-8	417	0,30	0,29	1,19	1,19E-03
8	Nitrito de sódio	0	0,10	0,10	0,00	0,00E+00
9	Dióxido de titânio	0	20,00	19,00	0,00	0,00E+00
10	Fosfato de Zinco	0	4,00	3,80	0,00	0,00E+00
11	Texanol	0	2,00	1,90	0,00	0,00E+00
12	Maincote HG-54K	0	52,00	49,41	0,00	0,00E+00
13	Água para diluir	0	5,24	4,98	0,00	0,00E+00
	TOTAL		105,24	100,00	1,88	1,88E-03

Como o peso específico (determinado anteriormente pelo viscosímetro) é igual a $1,196\text{g/cm}^3$ logo o teor de COVs é de $2,25 \times 10^{-3}\text{g/ml}$ que corresponde a $2,25\text{g/l}$. Ao comparar este valor com o valor limite previsto para 1 de Janeiro de 2010 apresentado na tabela 4.7

(para as tintas de BA o valor limite é igual a 140g/l) verifica-se que a tinta encontra-se dentro dos limites.

Determinar-se-á então o valor para a tinta formulada com os pigmentos de *Pigmentan*. A diluição em volume efectuada para PWB14 também é de 6,5% de água (correspondendo a uma diluição de 5,27% de água em massa). Para esta tinta obtém-se a tabela seguinte.

Tabela 4.9 – Determinação dos COVs da tinta PWB09

Ajuste 100%

	Matérias-primas	COVs [g/l]	Massa [%]	Massa [%]	Tcov [g/l]	Tcov [g/ml]
1	Água	0	20,10	19,09	0,00	0,00E+00
2	Disper BYK 181	364	0,20	0,19	0,69	6,92E-04
3	BYK 155-35	0	0,50	0,47	0,00	0,00E+00
4	Amónia	0	0,20	0,19	0,00	0,00E+00
5	BYK 024	0	0,20	0,19	0,00	0,00E+00
6	Acticide MBS	0	0,40	0,38	0,00	0,00E+00
7	Acrysol RM-8	417	0,30	0,28	1,19	1,19E-03
8	Nitrito de sódio	0	0,10	0,09	0,00	0,00E+00
9	Dióxido de titânio	0	20,00	19,00	0,00	0,00E+00
10	<i>Pigmentan</i> EA	0	4,00	3,80	0,00	0,00E+00
11	Texanol	0	2,00	1,90	0,00	0,00E+00
12	Maincote HG-54K	0	52,00	49,39	0,00	0,00E+00
13	Água para diluir	0	5,27	5,01	0,00	0,00E+00
	TOTAL		105,27	100,00	1,88	1,88E-03

Esta tinta apresenta um peso específico igual a 1,218g/cm³ (determinado anteriormente pelo viscosímetro). Através de alguns cálculos verifica-se que o teor de COVs é de 2,30x10⁻³g/ml que corresponde a 2,30g/l. Ao comparar este valor com o valor descrito no Decreto-Lei n.º 181/2006, de 6 de Setembro (para as tintas de BA o valor limite é igual a 140g/l), verifica-se que a tinta também se encontra dentro dos limites especificados.

ENSAIOS MECÂNICOS

De seguida estudar-se-ão as propriedades mecânicas da tinta aplicada. Foram estudados os 4 esquemas de pintura, esquemas constituídos apenas com o primário e esquemas constituídos com o primário mais revestimento.

Elasticidade

Através do ensaio de elasticidade observou-se qual o diâmetro do menor mandril onde se dobrou a placa e não se verificou fissuras no revestimento, pois através desse valor é que se pode determinar a percentagem de alongamento. Os resultados obtidos para cada chapa estão representados na tabela seguinte:

Tabela 4.10 – Resultados do ensaio de elasticidade efectuado às tintas aquosas

Chapa	Espessura da tinta seca (μm)	Diâmetro do menor mandril (mm)	% Alongamento
A2	104,4	2*	> 4,96
B2	202,8	2*	> 9,21
C2	87,2	2*	> 4,18
D2	167,2	2*	> 7,72

* foi o menor mandril utilizado, não existe mais pequeno no laboratório

Com os resultados obtidos pouco podemos concluir, podendo dizer-se que se trata de um primário resistente e com a alteração do pigmento a sua elasticidade não varia significativamente. O correcto era continuar a utilizar um mandril com diâmetro cada vez mais pequeno até se observar a ocorrência de fissuras. Ao comparar as chapas constituídas apenas pelo primário e as chapas constituídas pelo esquema completo (primário + acabamento) verifica-se que estas últimas apresentam uma maior percentagem de alongamento. Verifica-se ainda que os valores obtidos para as chapas pintadas com fosfato de zinco (capa A e B) apresentam maior alongamento que as restantes chapas.

Aderência

Um outro ensaio que se realizou às chapas A2, B2, C2 e C3, pintadas com ambas as tintas, foi a aderência pelo método da quadrícula. Após a realização deste ensaio determinou-

se a percentagem de quadrículas que vêm agarradas à fita adesiva. Classificou-se os resultados obtidos de acordo com a tabela 1 da norma NP EN ISO 2409:1995.

Tabela 4.11 – Resultados do ensaio de aderência efectuado às tintas aquosas

Chapa	Classificação	Descrição *
A2	0	<i>“Os bordos das incisões perfeitamente lisos; nenhum dos quadros da quadrícula se destacou”</i>
B2	0	<i>“Os bordos das incisões perfeitamente lisos; nenhum dos quadros da quadrícula se destacou”</i>
C2	0	<i>“Os bordos das incisões perfeitamente lisos; nenhum dos quadros da quadrícula se destacou”</i>
D2	0	<i>“Os bordos das incisões perfeitamente lisos; nenhum dos quadros da quadrícula se destacou”</i>

* de acordo com a norma NP EN ISO 2409:1995

Estes dois tipos de tintas apresentam uma excelente aderência. Através da realização deste ensaio verificou-se que estas tintas aderem perfeitamente ao substrato e que o revestimento utilizado também adere ao primário. Com a obtenção destes resultados verifica-se que o revestimento utilizado é compatível com o primário, uma vez que não se desprende deste.

Impacto

Determinou-se ainda a resistência do revestimento através do ensaio do impacto. Para a realização deste ensaio utilizaram-se outras chapas, mas o esquema de pintura seguido foi o mesmo que se usou nos restantes ensaios mecânicos. Utilizou-se um peso com uma massa total de 896,8g. Este ensaio foi realizado no reverso das chapas e teve como objectivo observar a ocorrência de deformações na chapa. Ao observar essas deformações analisa-se se ocorreu qualquer deformação no revestimento.

Tabela 4.12 – Resultados do ensaio da resistência ao impacto efectuado às tintas aquosas

Chapa	Espessura da tinta seca (µm)	Altura máxima da qual foi lançada a massa sem causar danos (cm)	Resistência ao impacto (kg.f.cm)
A1	94,4	101,6*	892,9
B1	195,1	101,6*	892,9
C1	61,8	101,6*	892,9
D1	152,9	101,6*	892,9

* foi a maior altura utilizada

Ao lançar a massa de queda da posição mais alta verificou-se que esta não danificava a superfície das chapas pintadas com a tinta de água. Com estes resultados observa-se que as chapas apresentam uma resistência superior a 892,9kg.f.cm. As tintas de água produzidas apresentam uma elevada resistência, ao aplicar o acabamento a resistência aumentaria, mas com o equipamento utilizado nada se pode concluir. Ao comparar as chapas pintadas apenas com o primário (chapa A1 e chapa C1) verifica-se que apesar de a chapa C1 apresentar uma espessura mais baixa, apresenta na mesma uma elevada resistência.

ENSAIO DE DESEMPENHO

Nevoeiro Salino

Para avaliar a resistência ao ambiente sujeitou-se as chapas ao ensaio de nevoeiro salino com base na norma. O tempo de exposição foi de 977 horas e ao longo desse tempo todos os painéis expostos foram avaliados visualmente e fotografados. Os defeitos observados ao longo deste ensaio apenas corresponderam a empoamentos e a corrosão na superfície metálica, não se detectando mais nenhum defeito.

Neste trabalho são estudados primários e como estas tintas não são para ser utilizadas sozinhas, necessitam de um acabamento. No dia-a-dia o esquema de pintura é formado pelo primário e pelo acabamento, por isso é necessário estudar o desempenho do esquema completo. Mas como neste trabalho o objectivo principal é comparar pigmentos anticorrosivos, torna-se interessante verificar o desempenho do primário isolado, sabendo a partida que se obterá resultados rapidamente; isto porque, o esquema utilizado é insuficiente para retardar a formação de corrosão.

A primeira observação das chapas foi realizada ao fim de 24 horas após estas terem entrado no nevoeiro salino. Nesta observação verificou-se que todas as chapas apresentavam

corrosão no corte, com uma extensão até 0,5 mm para cada lado, o que era de esperar visto que as chapas de aço ficaram em contacto directo com o nevoeiro salino.

Ao analisar o desempenho de todos os revestimentos, verificou-se que os esquemas de pintura completos não apresentam qualquer defeito, como tal não são objecto de análise na primeira semana.

Os esquemas formados apenas pelo primário tornam-se menos resistentes nas primeiras horas. Ao observar a chapa A (revestida com PWB09) e a chapa C (revestida com PWB14) verificou-se o aparecimento de alguns defeitos em menos de 96 horas. Nas figuras seguintes encontram-se as fotografias da evolução do aspecto das chapas A e C.

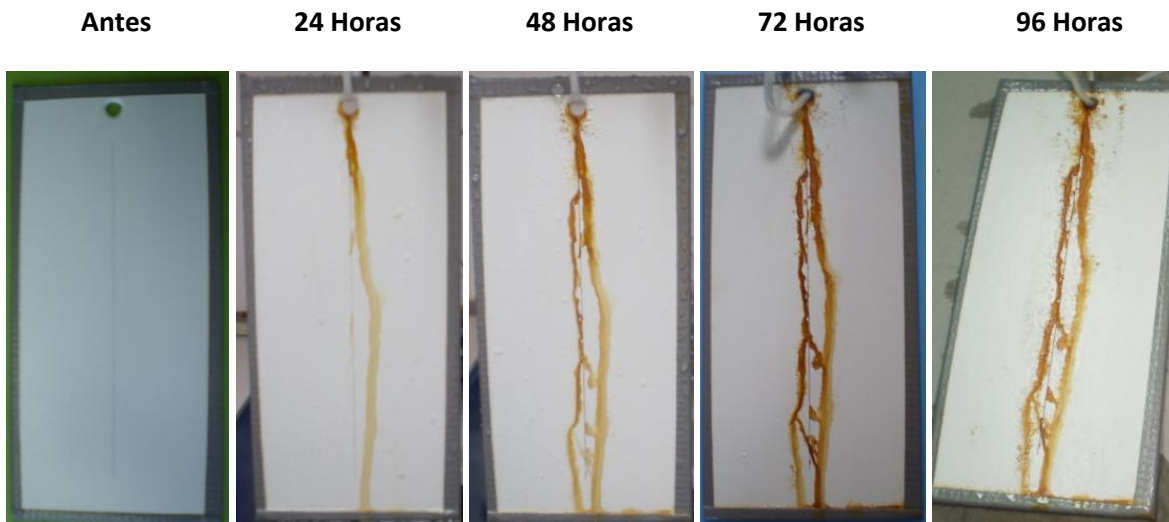


Figura 4.10 - Chapa A (revestida com PWB09) após exposição de nevoeiro salino

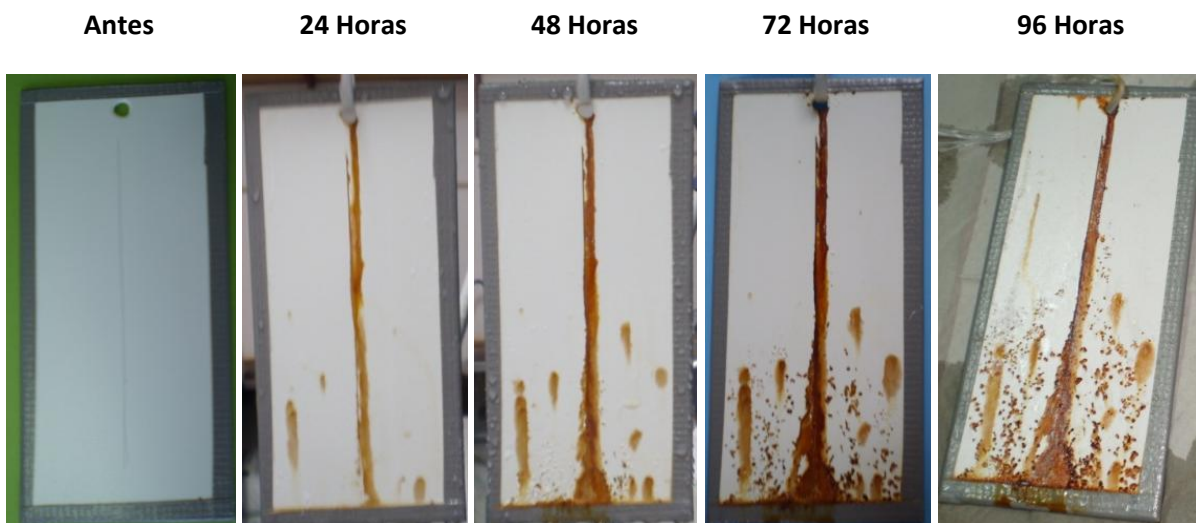


Figura 4.11 - Chapa C (revestida com PWB14) após exposição ao nevoeiro salino

Ao analisar o desempenho das duas chapas verificamos o aparecimento de determinados defeitos.

Observa-se que os defeitos não apareceram ao mesmo tempo em ambas as chapas, surgem em primeiro lugar na chapa C, o que significa que a protecção utilizada nesta chapa apresenta uma menor resistência ao ambiente corrosivo. Ao comparar os resultados obtidos com a espessura das respectivas chapas (anexo F), verificou-se que a chapa que apresentava uma espessura mais baixa apresentou maior resistência, o que significa que as diferenças encontradas não dizem respeito à espessura mas somente à composição da tinta, neste caso particular ao pigmento utilizado.

Tabela 4.13 – Defeitos observados nas primeiras 96 horas de exposição salina.

CHAPA	DEFEITOS	HORAS DE EXPOSIÇÃO			
		24	48	72	96
A	Enferrujamento no corte	X	X	X	X
	Enferrujamento na superfície				
	Empolamentos junto ao corte			X	X
	Empolamentos na superfície			X	X
C	Enferrujamento no corte	X	X	X	X
	Enferrujamento na superfície	X	X	X	X
	Empolamentos junto ao corte		X	X	X
	Empolamentos na superfície		X	X	X

Ao comparar as duas chapas, verificou-se que nas primeiras 24 horas a chapa C já apresentava pontos de corrosão na superfície inferior da chapa e após 48 horas de além de pontos de corrosão também apresentava, no mesmo sitio, empolamentos com um grau de 3(S2).

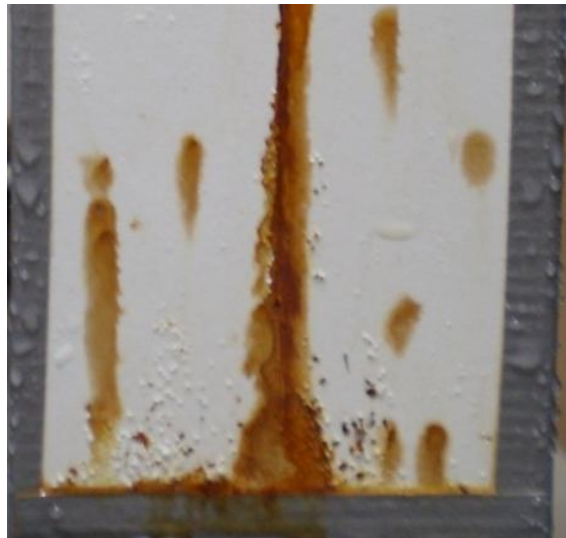


Figura 4.12 – Chapa C após 48 horas de exposição ao nevoeiro salino

Segundo a norma NP-111:1982 os empolamentos correspondem a bolhas que aparecem no revestimento por pintura quando este envelhece. Quando surgem empolamentos, a tinta nessa zona perde aderência fazendo com que se acumule água. Origina-se então um ponto com óptimas condições para que se inicie as reacções de corrosão.

Só ao fim de 72 horas é que se observou o aparecimento de empolamentos junto ao corte e na superfície da chapa A.



Figura 4.13 – Chapa A exposta ao nevoeiro salino durante 72 horas

Ao comparar as duas chapas ao fim do mesmo número de horas de exposição de nevoeiro salino verificou-se que a chapa pintada com PWB09 apresenta um aspecto mais favorável que a chapa pintada com PWB14, o que significa que a fórmula que é constituída por fosfato de zinco apresenta maior resistência ao ambiente corrosivo.

Até agora foi analisada a resistência do primário, passar-se-á de seguida ao estudo das chapas revestidas com o esquema completo. O esquema completo irá tornar as chapas mais resistentes, por isso estas chapas foram observadas num maior período de tempo (497 horas). Quando uma chapa é revestida com um acabamento, a sua superfície fica isolada do meio ambiente, isto porque os primários apenas são utilizados para garantir uma boa aderência do substrato à tinta e conferir protecção contra a corrosão. Por vezes os primários não são suficientes para impedirem a passagem dos agentes corrosivos daí a necessidade de utilizar-se um acabamento. Segundo a literatura referida em [3], as tintas utilizadas como acabamento devem apresentar boas características de resistência ao meio ambiente.

As chapas (B e D) apresentam a mesma espessura de película seca de acabamento, no entanto a espessura de película seca do primário difere um pouco, esta é maior na chapa pintada com a tinta PWB14 (chapa D). Nas figuras seguintes estão representadas algumas fotografias das chapas, quando estas foram observadas ao longo do ensaio de nevoeiro salino.

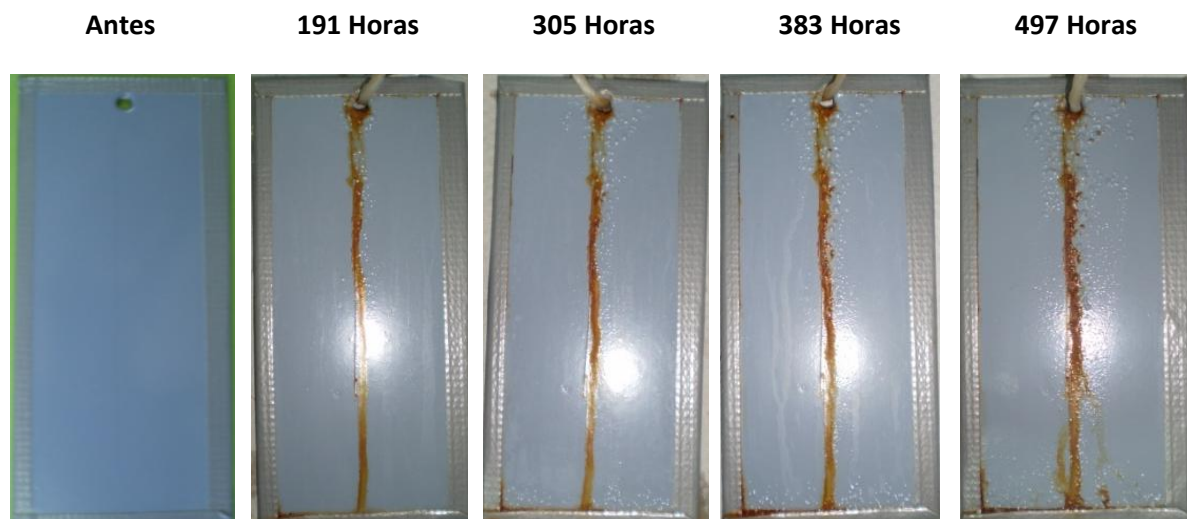


Figura 4.14 – Chapa B (revestida com PWB09 + 58030) após exposição ao nevoeiro salino

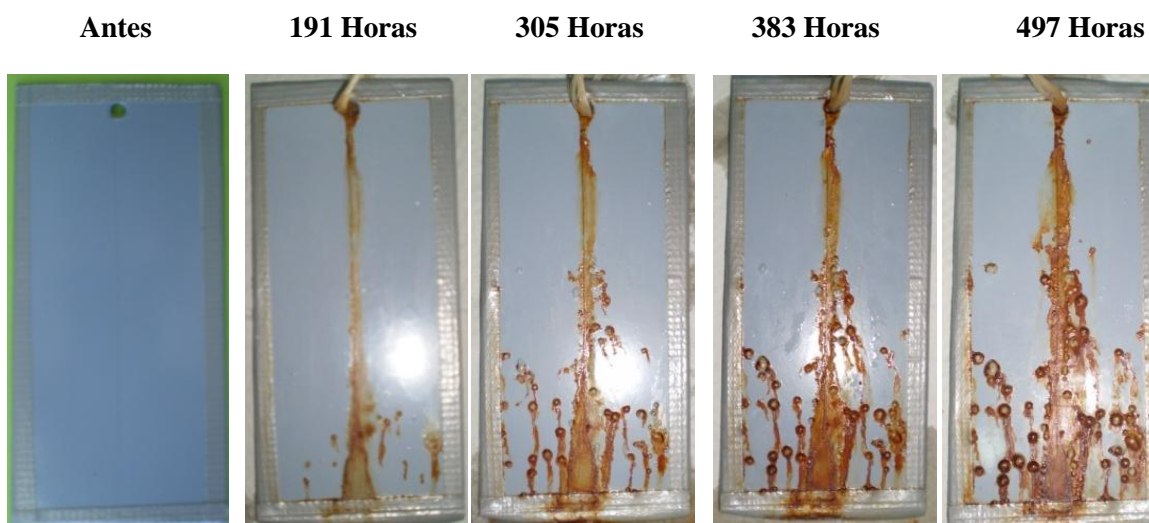


Figura 4.15 - Chapa D (revestida com PWB14 + 58030) após exposição ao nevoeiro salino

Ao analisar o desempenho das duas chapas verificamos o aparecimento de determinados defeitos.

Ao comparar as duas chapas, verificou-se que só ao fim de 191 horas é que se observou o aparecimento de defeitos. Na chapa B observou-se o aparecimento de micro empolamentos junto ao corte enquanto que na chapa D, além do aparecimento dos micro empolamentos junto do corte, também apareceram empolamentos ao longo da superfície inferior da chapa. Verifica-se ainda que nos empolamentos encontrados na chapa D encontram-se pontos de corrosão.

Tabela 4.14 – Defeitos observados ao longo de 497 horas de exposição salina.

CHAPA	DEFEITOS	HORAS DE EXPOSIÇÃO			
		191	305	383	497
B	Enferrujamento no corte	X	X	X	X
	Enferrujamento na superfície				
	Empolamentos junto ao corte	X	X	X	X
	Empolamentos na superfície				X
D	Enferrujamento no corte	X	X	X	X
	Enferrujamento na superfície	X	X	X	X
	Empolamentos junto ao corte	X	X	X	X
	Empolamentos na superfície	X	X	X	X

Comparando as chapas ao fim de 191 horas observa-se que a quantidade de defeitos da chapa B segundo a norma NP EN ISO 4628-1:2005 é de 1(S3) e que para a chapa D é de 2(S3).

Ao observar o evoluir dos defeitos da chapa B observa-se que só ao fim de 497 horas é que começa a aparecer empolamentos ao longo da superfície, até lá os empolamentos só apareciam junto ao corte. Ao analisar os resultados obtidos com a espessura da película seca, verifica-se que a tinta constituída pelos pigmentos da *Pigmentan* não é suficientemente resistente comparada com a tinta constituída por Fosfato de zinco.

Com estes resultados reforçamos o resultado obtido para as chapas revestidas apenas com o primário, a chapa revestida com a tinta PWB09 apresenta maior resistência ao nevoeiro salino tanto isoladamente como em esquema completo.

4.2. TINTAS À BASE DE SOLVENTES ORGÂNICOS

Para estas tintas o procedimento seguido foi o mesmo que se utilizou para as tintas anteriores. Em primeiro lugar teve que se estudar a fórmula da tinta a ser produzida. Até chegar à fórmula final procedeu-se a vários reajustes.

Concluído o fabrico da primeira tinta observou-se o seu aspecto quando aplicada em três diferentes substratos (cartolina, vidro e chapa de aço). Os resultados das observações encontram-se descritos na Tabela 4.15. Ao fim de cada observação verificou-se se os resultados obtidos são ou não satisfatórios. Caso esses resultados não sejam positivos procedeu-se a realização de uma nova fórmula.

Este estudo também foi iniciado com o fosfato de zinco, pela mesma razão descrita anteriormente.

Ao longo do estudo da fórmula verificou-se que a tinta produzida apresentava valores de viscosidade muito baixos. Para aumentar esses valores adicionou-se maior quantidade de cargas e diminuiu-se a quantidade de solvente. Após a obtenção de uma fórmula satisfatória aprovou-se e procedeu-se à realização dos respectivos ensaios.

As fórmulas PSB05, PSB21 e PSB31 apesar de apresentarem boas propriedades foram reprovadas porque apresentavam elevada quantidade de compostos orgânicos voláteis – COVs. Segundo os cálculos efectuados verificou-se que essas tintas apresentavam um valor de COV igual a 415g/l, este valor encontra-se dentro dos limites máximos estipulados para 1 de Janeiro de 2010 descrito no Decreto-Lei n.º 181/2006, de 6 de Setembro, (para as tintas de BS o valor limite é igual a 500g/l). No entanto tentou reduzir-se esse valor para valores inferiores a 400g/l. Os cálculos a realizar para a determinação de COV estão referidos no capítulo 2, estes cálculos foram efectuados para as tintas aprovadas e encontram-se descritos mais a frente.

Para tentar reduzir a quantidade de COVs diminuiu-se a quantidade de solvente, isto porque esta matéria-prima é a que liberta maior quantidade de compostos orgânicos voláteis. Ao diminuir a quantidade de solvente teve que se aumentar a quantidade de cargas o que originou um grande aumento na viscosidade, e para que esta não aumentasse bruscamente adicionou-se um novo solvente (N-Butanol), que apresenta as mesmas propriedades que o solvente (Xylene) utilizado na fórmula, mas que faz diminuir a viscosidade.

Tabela 4.15 - Resumo das observações das tintas produzidas à base de solvente orgânico

F a b r i c o	Tinta	Ensaio à tinta líquida			Aspecto			A p r o v a d a
		Visco- sidade	Peso espe- cífico	Escor- rimento	Cartolina	Vidro	Chapa de aço	
1	PSB01	60 Valor baixo	1,329	6	Superfície lisa e homogénea	-	-	NÃO
2	PSB02	61,2 Valor baixo	1,329	8	Superfície lisa e homogénea	-	-	NÃO
3	PSB03	66.9* Valor baixo	-	-	-	-	-	NÃO
4	PSB04	61,2 Valor baixo	-	-	-	-	-	NÃO
5	PSB05	80,8	1,476	14	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	-	SIM**
6	PSB06	86,8	1,487	>18	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	SIM
7	PSB21	65,4	1,418	6	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	-	SIM**
8	PSB22	92,7	1,541	>25	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	SIM
9	PSB31	76,1	1,424	8	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	-	SIM**
10	PSB32	101,4	1,564	>25	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	Superfície lisa e homogénea	SIM

* Antes de se adicionar o solvente da operação de acabamento

** Foi rejeitada porque apresentava valores de COVs muito elevados

De todas as fórmulas desenvolvidas as que foram aprovadas para posterior estudo foram: PSB06, PSB22 e PSB32. Após o seu fabrico foram submetidas a diversos ensaios, encontrando-se os resultados obtidos resumidos na ficha técnica que se encontra no anexo H.

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

Finura

Concluído o estudo da fórmula procedeu-se a realização de ensaios para caracterizar a tinta. Antes de terminar o fabrico é necessário determinar a finura da solução, esta deve ser de 25µm. Para além deste os ensaios realizados foram: viscosidade, peso específico, escorrimento, tempo de secagem e sedimentação. Os resultados encontram-se descritos na tabela seguinte.

Tabela 4.16 - Especificações das tintas a base de solventes

Ensaio realizado	Medido		
	PSB06	PSB22	PSB32
Finura (microns)	25	25	25
Viscosidade (KU) [medida a 25°C]	86,8	92,7	101,4
Peso Específico (Kg/l) [medida a 25°C]	1,487	1,541	1,564
Escorrimento	>18	>25	>25
Tempo de Secagem BKIII (HH:MM)	02:00	00:30	00:30

Viscosidade

Ao comparar as viscosidades dos diferentes tipos de tintas observou-se que o valor da viscosidade aumenta à medida que a absorção de óleo do pigmento é maior. Os pigmentos de *Pigmentan* apresentam maior absorção de óleo que o fosfato de zinco, por isso a sua viscosidade é maior. Ao comparar ambos os pigmentos de *Pigmentan*, observa-se que a tinta constituída por *Pigmentan* 465 M apresenta uma menor viscosidade que a tinta constituída por *Pigmentan* E, ou seja o pigmento com maior absorção de óleo apresenta maior viscosidade. A diferença de viscosidades também está relacionada com a diferença entre o peso específico dos pigmentos. A quantidade (em peso) utilizada de cada pigmento é igual, mas como estes apresentam diferentes valores de peso específico faz com que o volume ocupado por cada um não seja igual. Com isto a tinta que apresenta uma densidade maior apresenta um volume menor, o que significa que para a mesma massa ocupa um menor volume. O peso específico dos pigmentos de *Pigmentan* são muito parecidos, por isso a diferença de viscosidades é explicado apenas pela absorção de óleo.

Peso específico

Ao determinar os valores teóricos do peso específico das tintas analisadas, obtêm-se os valores com um desvio padrão associado de 0,025. (os cálculos são efectuados com base na tabela do anexo E)

Tabela 4.17 – Valores teóricos do peso específico

	Peso específico (Kg/l)		
	Mínimo	Médio	Máximo
PSB06	1,573	1,598	1,623
PSB22	1,563	1,588	1,613
PSB32	1,565	1,590	1,615

Ao analisar os valores do peso específico determinados experimentalmente verifica-se que são um pouco mais baixos do que os esperados teoricamente. Verifica-se ainda que nenhum deles se encontra contido no intervalo das especificações. Como se utiliza a mesma quantidade (em peso) dos pigmentos anticorrosivos, as tintas constituídas por *Pigmentan* deveriam ter menor peso específico, isto porque estes pigmentos apresentam um peso específico menor que o Fosfato de Zinco.

Escorrimento

Em relação aos resultados do escorrimento verifica-se que os valores obtidos para todas as tintas são muito idênticos.

Tempo de secagem

Ao estudar o tempo de secagem observa-se que a tinta constituída pelos novos pigmentos de *Pigmentan* secam muita mais rapidamente que a tinta constituída por fosfato de zinco.

Sedimentação

Para determinar a sedimentação é necessário avaliar o resultado obtido para as cinco condições. Na tabela seguinte está apresentado o desempenho das tintas de solvente quando submetidas ao ensaio.

Através do valor obtido na média das cinco condições avalia-se o grau de sedimentação.

Tabela 4.18 - Avaliação da sedimentação das tintas de solvente

		VALOR		
		PSB06	PSB22	PSB32
C o n d i ç õ e s	1 - Força necessária para atravessar o sedimento	8	8	6
	2 - Resistência ao movimento lateral da espátula	4	4	2
	3 - Resistência ao movimento frontal da espátula	4	4	2
	4 - Descrição do sedimento	10	10	10
	5 - Re-mistura	8	10	10
Média		7	7	6

Ao observar os resultados obtidos verifica-se que tanto a tinta PSB06 como a tinta PSB22 apresentam o grau 7. Como este número é ímpar, significa que corresponde às condições intermédias da Tabela 3.3 (Escala do grau de sedimentação), ou seja entre a 6 e a 8.

Comparando os valores obtidos para as três diferentes tintas, observou-se que a estabilidade não variou muito, apresentam praticamente a mesma estabilidade. No entanto, a tinta PSB32 é ligeiramente menos estável.

Reologia

Para completar o estudo da caracterização das tintas procedeu-se a um estudo reológico. As análises reológicas feitas para as tintas a base de solventes também foram realizadas através da utilização de um reômetro rotacional de pratos paralelos. Este estudo também consistiu na realização de três ensaios distintos, em que os dois primeiros foram realizados a temperatura constante de 20°C, variando apenas a taxa de corte.

1º ENSAIO

Num primeiro ensaio variou-se a taxa de corte (shear rate) registando-se os valores da viscosidade (viscosity) e da tensão de corte (shear stress). Com os valores obtidos construiu-se o gráfico da viscosidade em função da taxa de corte, bem como da tensão de corte em função da taxa de corte.

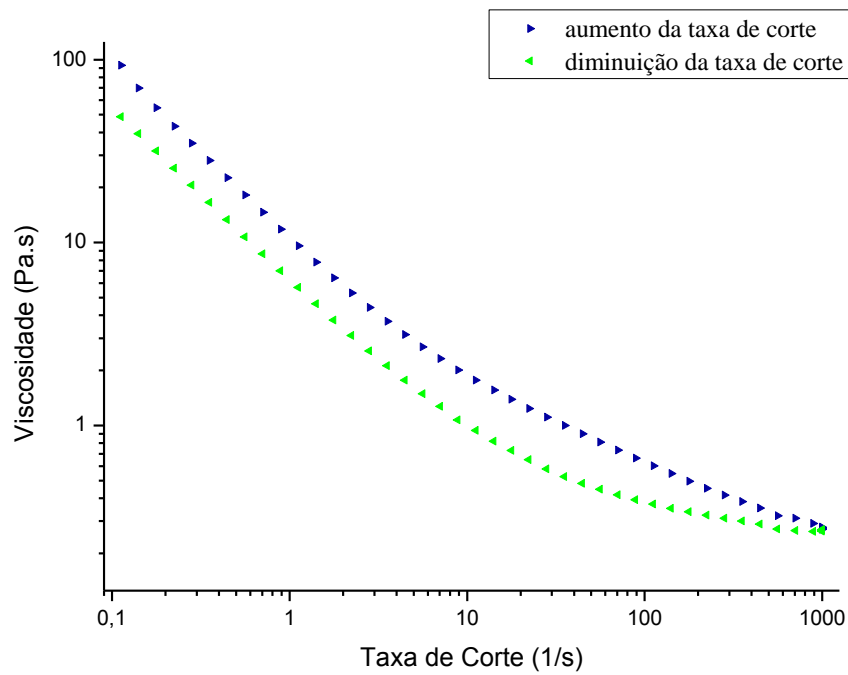


Figura 4.16 - Viscosidade vs taxa de corte da tinta PSB06

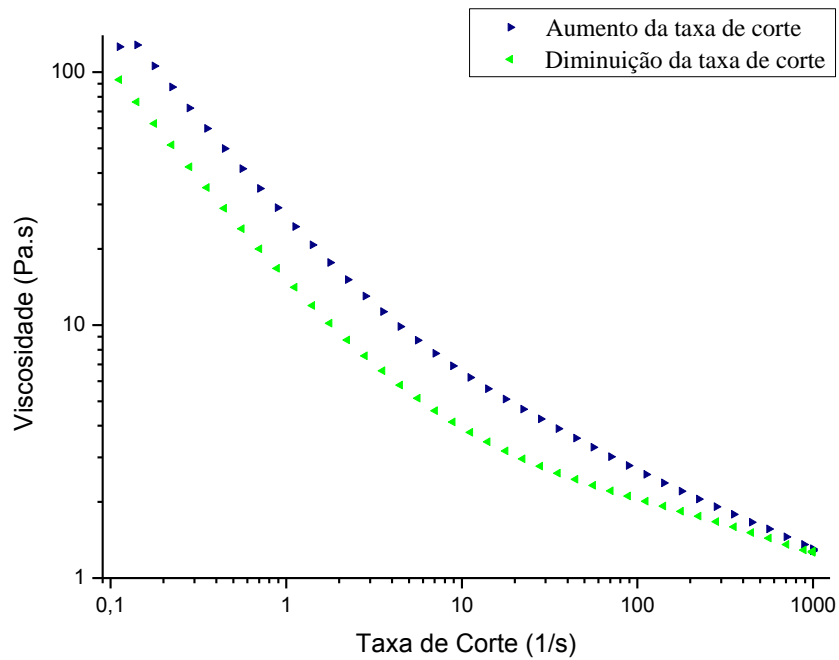


Figura 4.17 - Viscosidade vs taxa de corte da tinta PSB22

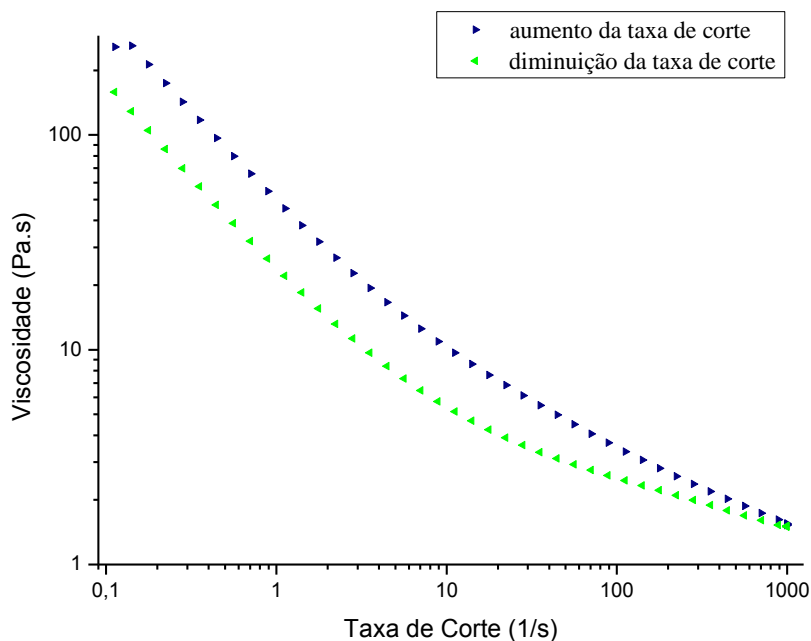


Figura 4.18 - Viscosidade vs taxa de corte da tinta PSB32

Ao analisar a variação da viscosidade com o aumento da taxa de corte, verificou-se que esta diminuía em todas as tintas, mas quando se diminuiu os valores da taxa de corte verificou-se que a viscosidade voltava a aumentar, tal como era esperado, sem no entanto mimetizar a curva de taxas de corte crescentes. Este fenómeno é o mesmo que aconteceu para as tintas de água, isto porque estas tintas também são tixotrópicas.

Para estas tintas também se observa viscosidade elevada para baixas taxas de corte, diminuindo para altas taxas de corte. As tintas possuem uma baixa viscosidade para taxas de corte elevadas o que facilita a sua aplicação no substrato. Por outro lado, para baixas taxas de corte a viscosidade é elevada o que dificulta a sedimentação.

Ao comparar os gráficos obtidos para as diferentes tintas, verifica-se que para as mesmas taxas de corte as tintas formuladas com os pigmentos de *Pigmentan* apresentam valores superiores de viscosidade, logo estas tintas devem apresentar uma estabilidade superior em comparação com a tinta formulada com fosfato de zinco. Este resultado é confirmado através da realização do ensaio de sedimentação.

Numa segunda parte, traçaram-se os gráficos correspondentes a variação da tensão de corte em função da taxa de corte.

Quando se construíram os gráficos correspondentes a cada tinta obteve-se gráficos idênticos.

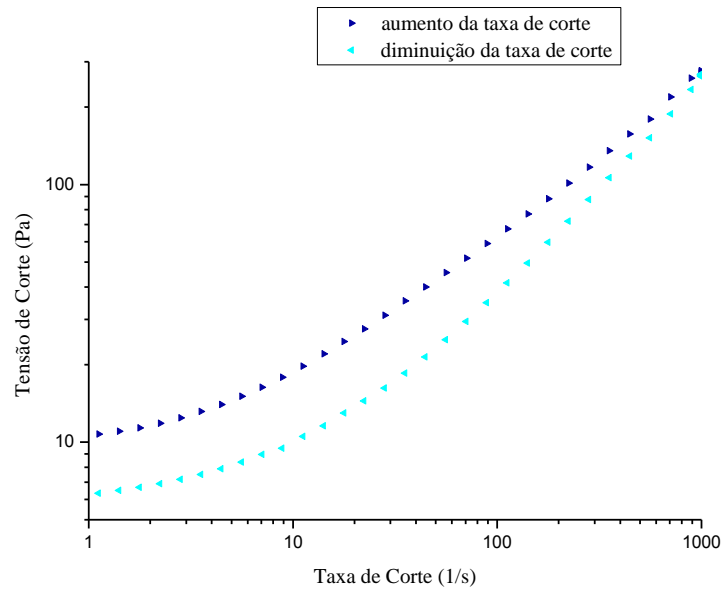


Figura 4.19 - Curva tensão vs taxa de corte para a tinta PSB06

Através do gráfico representado na figura anterior pode-se determinar a área que se encontra entre as duas curvas. Para a tinta PSB06 obteve-se uma área tixotrópica de $26426 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$.

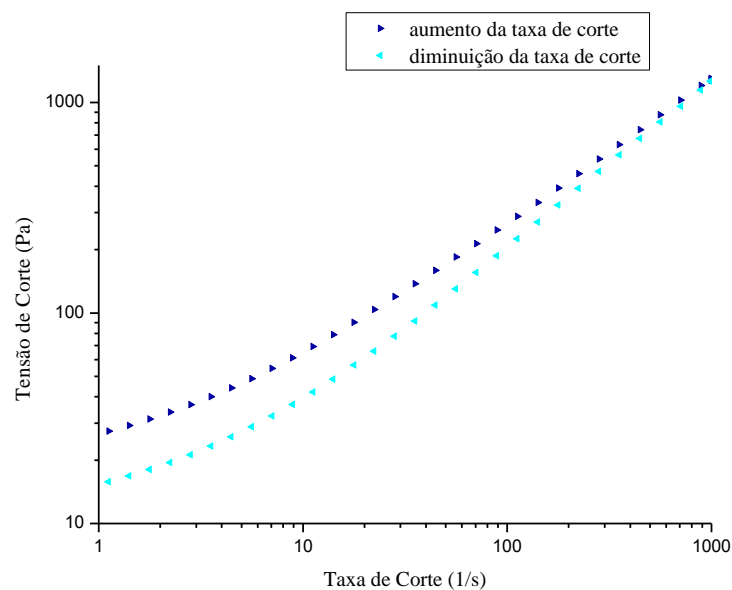


Figura 4.20 - Curva tensão vs taxa de corte para a tinta PSB22

Para a tinta PSB22 obteve-se uma área tixotrópica de $62079 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$.

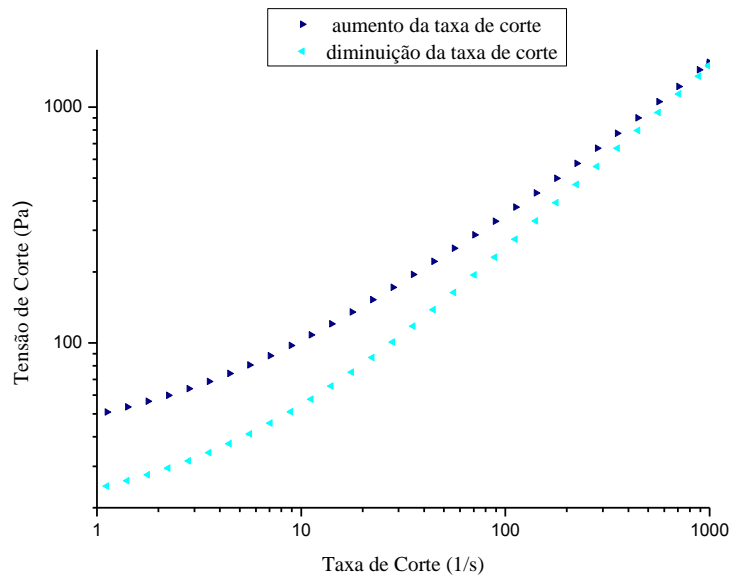


Figura 4.21 - Curva tensão vs taxa de corte para a tinta PSB32

Para a tinta PSB32 obteve-se uma área tixotrópica de $93211 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$.

Ao analisar os gráficos verifica-se o mesmo que se verificou para as tintas aquosas, logo as tintas de solvente também apresentam um comportamento tixotrópico.

Ao comparar os valores correspondentes às áreas tixotrópicas verifica-se que a tinta formulada com fosfato de zinco (PSB06) apresenta o valor mais pequeno.

Por fim observa-se que as tintas formuladas com Pigmentan apresentam valores de tensão muito superiores ao da tinta formulada com fosfato de zinco.

2º ENSAIO

Através da realização deste segundo ensaio construíram-se os gráficos seguintes, onde está representada a viscosidade complexa em função da frequência.

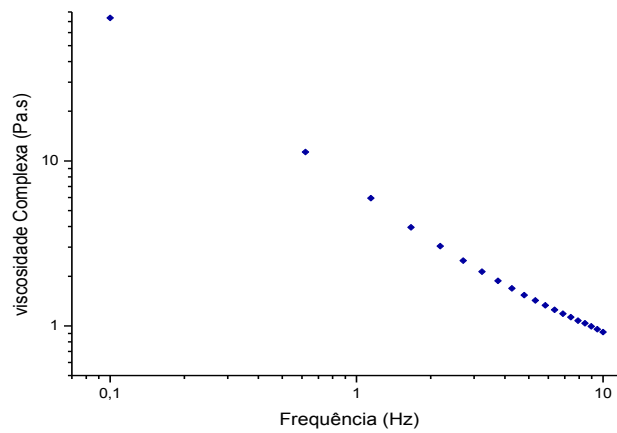


Figura 4.22 - Viscosidade complexa em função da frequência da tinta PSB06

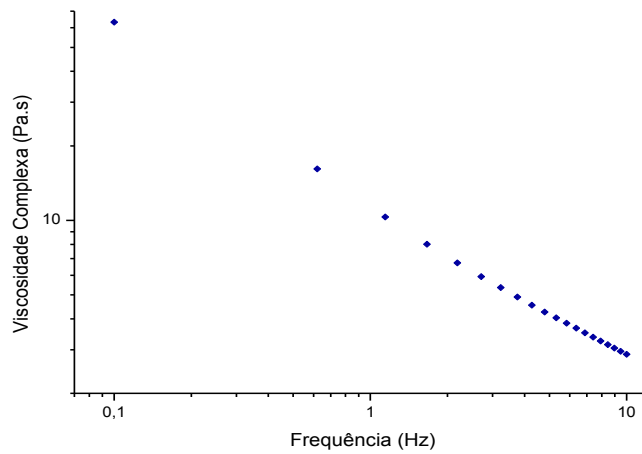


Figura 4.23 - Viscosidade complexa em função da frequência da tinta PSB22

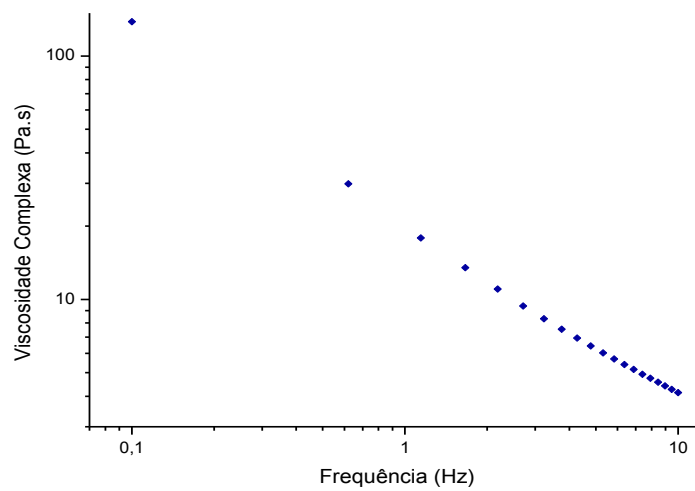


Figura 4.24 - Viscosidade complexa em função da frequência da tinta PSB32

Em todos os gráficos, verifica-se que a viscosidade decresce com o aumento da frequência aplicada ao sistema. Estas curvas são muito semelhantes com as curvas da viscosidade vs taxa de corte, tal como esperado.

3° ENSAIO

Até agora apenas se apresentaram os ensaios em que a temperatura permaneceu constante, de seguida são apresentados os gráficos correspondentes ao último ensaio, em que a taxa de corte foi mantida constante e a temperatura variou de 10 a 40°C.

Estudou-se a viscosidade em função da temperatura. Com os dados obtidos construíram-se os seguintes gráficos.

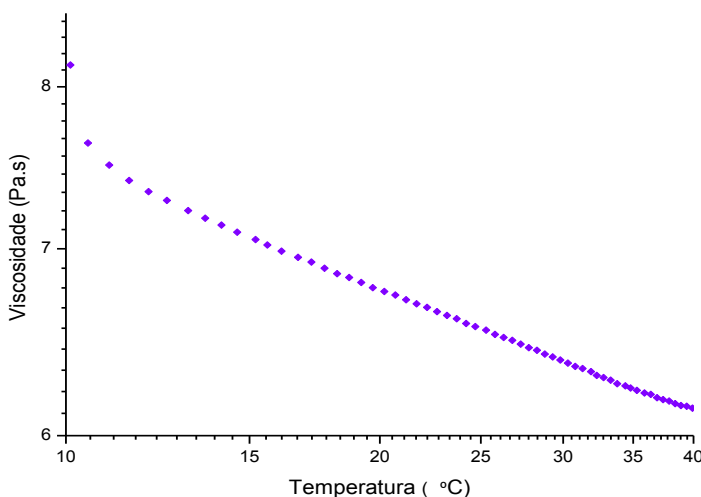


Figura 4.25 - Viscosidade em função da temperatura para PSB06

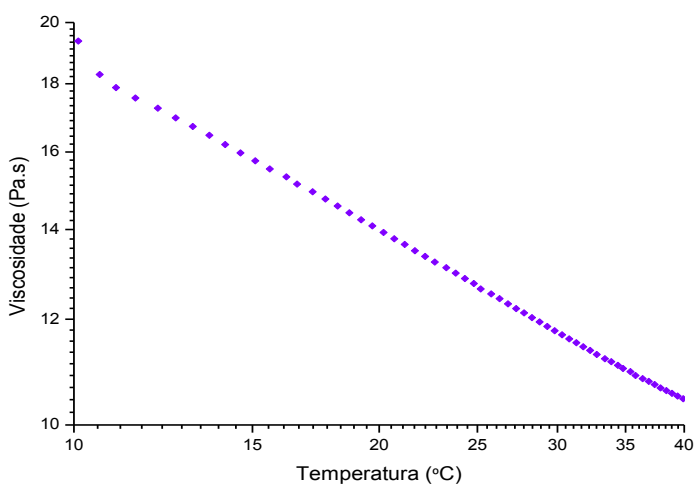


Figura 4.26 - Viscosidade em função da temperatura para PSB22

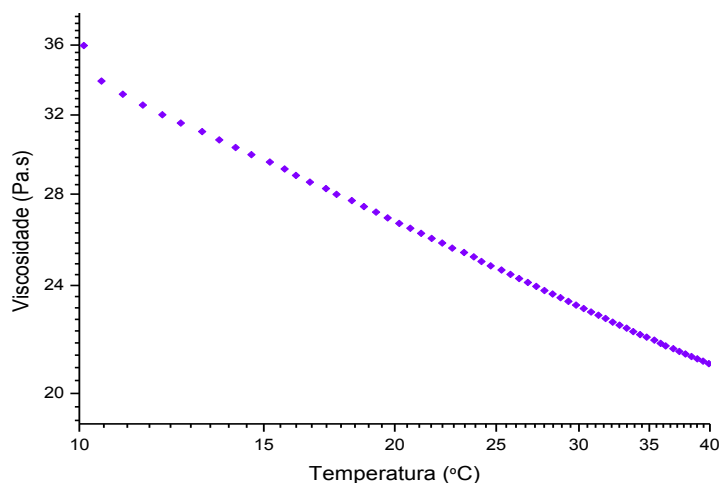


Figura 4.27 - Viscosidade em função da temperatura para PSB32

Em todos os gráficos à medida que se aumenta a temperatura verifica-se uma diminuição acentuada na viscosidade.

Segundo a literatura referida em [19, 22] a viscosidade diminui com o aumento da temperatura, porque à medida que esta aumenta provoca um aumento de volume livre entre moléculas, originando assim uma diminuição de atrito entre elas e conseqüentemente a diminuição de viscosidade. Com isto os resultados obtidos estão de acordo com a literatura.

Brilho

Para a realização deste ensaio também foram usadas as geometrias que se utilizaram para as tintas de água, ou seja, utilizaram-se as geometrias de 60° e de 85°.

Para a tinta constituída por fosfato de zinco (PSB06) obteve-se um brilho de 2,7 % para a geometria de 60° e de 6,8% para a geometria de 85°. Para a tinta constituída por *Pigmentan* 465M (PSB22) obteve-se um brilho de 2,3 % para a geometria de 60° e de 8,4 % para a geometria de 85°. Por fim para a tinta constituída por *Pigmentan* E (PSB32) obteve-se um brilho de 2,5 % para a geometria de 60° e de 6,8 % para a geometria de 85°.

Ao comparar os valores obtidos com a Tabela 2.2 do capítulo 2 verifica-se que estas tintas apresentam um brilho tipo fosco.

Determinação de parâmetros teóricos

Além dos parâmetros obtidos até agora, existem alguns que se determinam teoricamente.

A quantidade de material sólido e o volume que se terá depois da tinta passar do estado líquido para estado sólido (anexo E) é determinada tendo como base os dados fornecidos pelos fabricantes das matérias-primas (anexo D). Depois de se obter esses valores é possível determinar muitos outros parâmetros. Na tabela seguinte estão representados alguns dos parâmetros determinados para as tintas de base solvente, sendo o método utilizado o mesmo que se utilizou para as tintas de água.

Tabela 4.19 - Informações gerais das tintas a base de solventes orgânicos

Parâmetros	VALOR		
	PSB06	PSB22	PSB32
Teor em Veículo	33,4	33,40	33,40
Teor em Pigmento	57,75	57,75	57,75
Teor em Voláteis	6,00	6,00	6,00
SVR	56,54	56,81	56,76
SWR	78	78	78
% Pigmento anticorrosivo /Total pigmentos (peso)	5	5	5
% Pigmento anticorrosivo /Total pigmentos (volume)	5	7	7

As quantidades das matérias-primas utilizadas na formulação das tintas à base de solventes orgânicos são completamente iguais. Isso faz com que a percentagem de veículo, de pigmento e de material volátil sejam completamente iguais, assim como a percentagem de sólido por massa (SWR). O único valor que irá diferir será a percentagem de sólidos por volume (SVR), isto porque o peso específico do fosfato de zinco é maior que os pigmentos de *Pigmentan*. Como explicado para as tintas aquosas, à medida que o peso específico diminuí, o volume ocupado aumenta, diminuindo assim a quantidade de sólidos por volume.

Determinação do PVC e do CPVC

De seguida é determinada a concentração volumétrica de pigmento (PVC) e a concentração volumétrica de pigmento crítico (CPVC). As fórmulas utilizadas para a determinação destes parâmetros já foram referidas nas tintas de água (fórmulas 2.1 e 4.6).

Substituindo os valores obtêm-se os respectivos valores para os três diferentes tipos de tintas. Determinou-se ainda a razão entre o PVC e o CPVC. Os valores obtidos para este tipo de tintas estão representados na tabela seguinte.

Tabela 4.20 – Valores do PVC e do CPVC das tintas de base solvente

Parâmetros	VALOR		
	PSB06	PSB22	PSB32
PVC	47,19	47,77	47,66
CPVC	55,72	54,94	54,58
PVC/CPVC	0,85	0,87	0,87

Ao comparar os valores obtidos verifica-se que são todos muito próximos uns dos outros. Ao relacionar os valores calculados para o PVC com os valores da Tabela 2.2 do capítulo 2 verifica-se que todas as tintas são do tipo fosco. O tipo de brilho determinado através do PVC equivale ao tipo de brilho que se obteve utilizando-se um *Glossmeter*. Estas tintas apresentam um baixo brilho porque a quantidade de pigmentos é bastante significativa. As tintas constituídas por *Pigmentan* apresentam um volume maior de pigmentos logo essas tintas são as que apresentam um brilho menor. Entre elas, a tinta PSB22 é mais fosca que a tinta PSB32, porque a quantidade (em volume) de pigmentos é maior na primeira tinta. Ao comparar o valor de PVC com o valor de CPVC verifica-se que este último é sempre maior, por isso a quantidade de pigmento é inferior à quantidade que o veículo pode agregar, ou seja, a quantidade de veículo é suficiente para preencher os espaços entre as partículas de pigmento. Para estas tintas observa-se o mesmo que para as tintas aquosas, $PVC < CPVC$.

Determinação dos COV

A quantidade de compostos orgânicos (COV) libertados para a atmosfera tem de ser controlados, principalmente neste tipo de tintas que utiliza matérias-primas com COVs muito elevados.

Este tipo de tintas também se enquadram na subcategoria dos produtos de revestimento de alto desempenho monocomponente

Na tabela seguinte encontram-se os limites para este tipo de tintas.

Tabela 4.21 – Teor máximo de COV para tintas de base solvente [18]

Subcategoria de produtos	Tipo	Fase I (g/l)* (a partir de 1 de Janeiro de 2007)	Fase II (g/l)* (a partir de 1 de Janeiro de 2010)
i) <i>Produtos de revestimento de alto desempenho monocomponente</i>	base solvente (BS)	600	500

* g/l no produto pronto a utilizar

Sabendo os limites das tintas de base solvente procede-se a determinação dos COV dos três diferentes tipos de tintas.

Sabendo que a tinta PSB06 a ser aplicada terá uma diluição de 7,5% de Xylene em volume (correspondendo a uma diluição de 4,06% de Xylene em massa) obtém-se a seguinte tabela.

Tabela 4.22 – Determinação dos COVs da tinta PSB06

Ajuste 100%

	Matérias-primas	COVs [g/l]	Massa [%]	Massa [%]	Tcov [g/l]	Tcov [g/ml]
1	Beckosol ES 6051-55	412	33,40	32,10	137,61	1,38E-01
2	Xylene	865	5,50	5,29	47,58	4,76E-02
3	Anti-terra 204	446	0,85	0,82	3,79	3,79E-03
4	Lubrizol Coating additives GMBH	628	0,10	0,10	0,63	6,28E-04
5	Bentone SD-1	0	1,00	0,96	0,00	0,00E+00
6	Fosfato de Zinco	0	2,60	2,50	0,00	0,00E+00
7	Calcium Carbonate	0	23,00	22,10	0,00	0,00E+00
8	Micro Barites	0	24,45	23,50	0,00	0,00E+00
9	Bayferrox 130 red Oxide	0	7,70	7,40	0,00	0,00E+00
10	Methyl Ketoxime	920	0,20	0,19	1,84	1,84E-03
11	Durham VX 150LF	520	0,70	0,67	3,64	3,64E-03
12	N-Butanol	810	0,50	0,48	4,05	4,05E-03
13	Xylene para diluir	865	4,06	3,90	35,12	0,04
	TOTAL		104,06	100,00	234,26	0,23

Como o peso específico (determinado anteriormente pelo viscosímetro) é igual a $1,487\text{g/cm}^3$ através da tabela 4.22 determina-se o valor de COVs que é de $348 \times 10^{-3}\text{g/ml}$ que corresponde a 348g/l . Ao comparar este valor com o valor descrito no Decreto-Lei n.º 181/2006, de 6 de Setembro, (para as tintas de BS o valor limite é igual a 500g/l) verifica-se que a tinta se encontra dentro dos limites.

A diluição em volume efectuada para PSB22 também foi de 7,5% de Xylene (correspondendo a uma diluição de 4,09% de Xylene em massa). Para esta tinta obtém-se a tabela seguinte.

Tabela 4.23 – Determinação dos COVs da tinta PSB22

Ajuste 100%

	Matérias-primas	COVs [g/l]	Massa [%]	Massa [%]	Tcov [g/l]	Tcov [g/ml]
1	Beckosol ES 6051-55	412	33,40	33,40	32,09	137,61
2	Xylene	865	5,50	5,50	5,28	47,58
3	Anti-terra 204	446	0,85	0,85	0,82	3,79
4	Lubrizol Coating additives GMBH	628	0,10	0,10	0,10	0,63
5	Bentone SD-1	0	1,00	1,00	0,96	0,00
6	Pigmentan 465 M	0	2,60	2,60	2,50	0,00
7	Calcium Carbonate	0	23,00	23,00	22,10	0,00
8	Micro Barites	0	24,45	24,45	23,49	0,00
9	Bayferrox 130 red Oxide	0	7,70	7,70	7,40	0,00
10	Methyl Ketoxime	920	0,20	0,20	0,19	1,84
11	Durham VX 150LF	520	0,70	0,70	0,67	3,64
12	N-Butanol	810	0,50	0,50	0,48	4,05
13	Xylene para diluir	865	4,09	4,09	3,93	35,34
	TOTAL		104,09	100,00	234,47	0,23

Esta tinta apresenta um peso específico igual a $1,541\text{g/cm}^3$ (determinado anteriormente pelo viscosímetro). Através de alguns cálculos verifica-se que o teor de COVs é de $361 \times 10^{-3}\text{g/ml}$ que corresponde a 361g/l . Ao comparar este valor com o valor limite, verifica-se que a tinta também se encontra dentro dos limites especificados.

Por fim é determinado o teor de COVs da tinta PSB32. Para esta tinta foi feita uma diluição em volume de 7,5% de Xylene (correspondendo a uma diluição de 4,09% de Xylene em massa). Para esta tinta obtém-se a seguinte tabela.

Tabela 4.24 – Determinação dos COVs da tinta PSB32

Ajuste 100%

	Matérias-primas	COVs [g/l]	Massa [%]	Massa [%]	Tcov [g/l]	Tcov [g/ml]
1	Beckosol ES 6051-55	412	33,40	32,09	137,61	1,38E-01
2	Xylene	865	5,50	5,28	47,58	4,76E-02
3	Anti-terra 204	446	0,85	0,82	3,79	3,79E-03
4	Lubrizol Coating additives GMBH	628	0,10	0,10	0,63	6,28E-04
5	Bentone SD-1	0	1,00	0,96	0,00	0,00E+00
6	Pigmentan E	0	2,60	2,50	0,00	0,00E+00
7	Calcium Carbonate	0	23,00	22,10	0,00	0,00E+00
8	Micro Barites	0	24,45	23,49	0,00	0,00E+00
9	Bayferrox 130 red Oxide	0	7,70	7,40	0,00	0,00E+00
10	Methyl Ketoxime	920	0,20	0,19	1,84	1,84E-03
11	Durham VX 150LF	520	0,70	0,67	3,64	3,64E-03
12	N-Butanol	810	0,50	0,48	4,05	4,05E-03
13	Xylene para diluir	865	4,08	3,92	35,30	0,04
	TOTAL		104,08	100,00	234,44	0,23

Utilizando o peso específico determinado anteriormente ($1,564\text{g/cm}^3$) calcula-se o teor de COVs libertados por esta tinta. Verifica-se que o teor de COVs é de $367 \times 10^{-3}\text{g/ml}$ que corresponde a 367g/l . Ao comparar este valor com o valor limite, verifica-se que esta tinta também se encontra dentro dos limites especificados.

Com estes resultados conclui-se que as tintas de base solvente apresentam um teor de COVs que se encontra dentro dos limites especificados a partir de 1 de Janeiro de 2010.

ENSAIOS MECÂNICOS

Imediatamente irão ser estudadas as propriedades mecânicas da película de tinta aplicada num substrato de aço. Os ensaios foram realizados para os quatro diferentes esquemas de pintura, esquemas constituídos apenas com o primário e esquemas constituídos com o primário mais acabamento.

Elasticidade

Na realização do ensaio de elasticidade, os resultados obtidos para cada chapa estão representados em seguida:

Tabela 4.25 – Resultados do ensaio de elasticidade efectuado às tintas de base solvente

Chapa	Espessura da tinta seca (μm)	Diâmetro do menor mandril (mm)	% Alongamento
E2	123,2	5	2,40
F2	190,4	2*	>8,69
G2	110,6	10	1,09
H2	185,6	2*	>8,49
I2	118,6	10	1,17
J2	188,6	2*	>8,62

* foi o menor mandril utilizado, não existe mais pequeno no laboratório

Ao comparar os resultados obtidos para as chapas revestidas com as tintas de solvente orgânico sem a aplicação do acabamento, verificou-se que a elasticidade varia com a alteração dos pigmentos. A tinta PSB06 apresenta maior alongamento que as restantes tintas, logo o pigmento utilizado na formulação desta tinta faz com que esta apresente maior elasticidade. Ao comparar as tintas formuladas com *Pigmentan* verifica-se que a constituída pelo pigmento *Pigmentan 465 M* torna a tinta mais elástica que a formulado com o pigmento *Pigmentan E*.

Para analisar correctamente os resultados obtidos para os esquemas de pintura completos (primário + acabamento) era necessário utilizar um mandril com diâmetro mais pequeno até a ocorrência de fissuração. Com estes resultados apenas se pode dizer que para estes três tipos de tinta a que apresenta maior percentagem de alongamento é a tinta constituída por fosfato de zinco, pois é ela que apresenta maior espessura de tinta seca e não fissura utilizando um mandril com um diâmetro de 2mm.

Aderência

Aproveitando as chapas utilizadas no ensaio anterior determinou-se a aderência pelo método da quadrícula.

Tabela 4.26 – Resultados do ensaio de aderência efectuado às tintas de base solvente

Chapa	Classificação	Descrição *
E2	5	<i>“Todos os graus de destacamento que não podem ser classificados até à classe 4”</i>
F2	5	<i>“Todos os graus de destacamento que não podem ser classificados até à classe 4”</i>
G2	3	<i>“o revestimento destacou-se ao longo dos bordos das incisões, em parte ou na totalidade, em largas faixas, ou destacou-se em parte ou na totalidade em diversas zonas das partículas, afectando nitidamente entre 15 e 35% da quadricula”</i>
H2	5	<i>“Todos os graus de destacamento que não podem ser classificados até à classe 4”</i>
I2	4	<i>“O revestimento destacou-se ao longo dos bordos das incisões em largas faixas, ou alguns quadrados destacaram-se parte ou na totalidade afectando nitidamente entre 35 e 65% da quadricula”</i>
J2	5	<i>“Todos os graus de destacamento que não podem ser classificados até à classe 4”</i>

* de acordo com a norma NP EN ISO 2409:1995

Observando os resultados obtidos verifica-se que estes três tipos de tintas não apresentam uma aderência muito boa. De todas elas a que apresenta maior aderência é a tinta PSB22. Logo o pigmento *Pigmentan 465 M* produz uma tinta com maior aderência ao substrato. Relacionando os pigmentos utilizados com a aderência observa-se que o fosfato de zinco (chapa E2) é o pigmento que origina o mais baixo desempenho. Ao analisar os resultados obtidos para as chapas pintadas com o esquema completo (primário + acabamento) verificou-se que a tinta não apresentava aderência, esta desprende perfeitamente do substrato, mas por outro lado o acabamento fica bem agarrado ao primário. Com estes resultados pode dizer-se que o acabamento utilizado apresenta uma aderência muito grande em comparação ao

primário, isto porque, quando se puxa o acabamento este agarra o primário fazendo com que este último se desprenda com maior facilidade do substrato.

Impacto

A determinação da resistência ao impacto do revestimento foi feito com outras chapas, mas com o mesmo esquema de pintura que as utilizadas para os outros ensaios de mecânicos. Este ensaio foi realizado no reverso das chapas.

Tabela 4.27 – Resultados do ensaio da resistência ao impacto efectuado às tintas de base solvente

Chapa	Espessura da tinta seca (μm)	Altura máxima da qual foi lançada a massa sem causar danos (cm)	Resistência ao impacto (J)
E1	103,9	63,5	558,1
F1	166,4	63,5	558,1
G1	89,6	38,1	334,8
H1	162,1	38,1	334,8
I1	119,8	63,5	558,1
J1	177,8	38,1	334,8

Com estes resultados observa-se que os primários estudados apresentam resistências diferentes uns dos outros, contudo a resistência não se altera quando se aplica um acabamento excepto para PSB32 que diminui quando se aplica o acabamento. O primário que apresenta menor resistência é o PSB22. Ao comparar PSB06 com PSB32 verifica-se que ambas apresentam a mesma resistência.

ENSAIO DE DESEMPENHO

Nevoeiro Salino

Para avaliar a resistência ao ambiente sujeitou-se as chapas ao ensaio de nevoeiro salino. O tempo de exposição foi de 977 horas e ao longo desse tempo todos os painéis expostos foram avaliados visualmente e fotografados. Os defeitos observados ao longo deste ensaio, apenas corresponderam a empolamentos e a corrosão na superfície metálica, não se detectando mais nenhum defeito.

Ao fim de 24 horas de exposição de nevoeiro salino observou-se que todas as chapas apresentavam corrosão no corte, com uma extensão até 0,5 mm para cada lado, o que era de esperar visto que as chapas ficaram em contacto directo com o nevoeiro salino.

Ao estudar-se o desempenho dos esquemas de pintura constituídos apenas pelo primário verificou-se que estes, como verificado para as tintas de água, são pouco resistentes. Nas figuras seguintes encontram-se as fotografias da evolução do aspecto das chapas E, G e I.



Figura 4.28 - Chapa E (revestida com PSB06) após exposição de nevoeiro salino

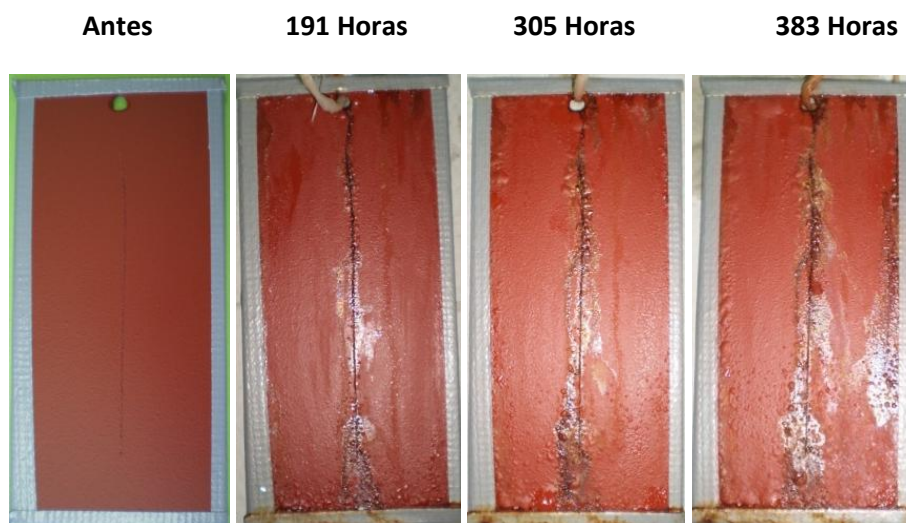


Figura 4.29 – Chapa G (revestida com PSB22) após exposição ao nevoeiro salino

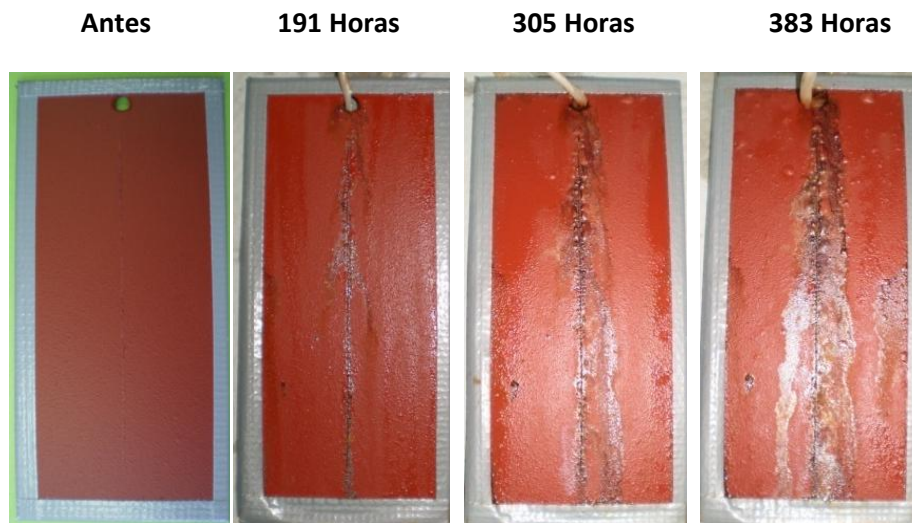


Figura 4.30 – Chapa I (revestida com PSB32) após exposição ao nevoeiro salino

Analisando o desempenho das chapas no nevoeiro salino observamos o aparecimento de determinados defeitos. Essa análise encontra-se descrita na tabela seguinte.

Tabela 4.28 – Defeitos observados nas primeiras 96 horas de exposição salina.

CHAPA	DEFEITOS	HORAS DE EXPOSIÇÃO		
		191	305	383
E	Enferrujamento no corte	X	X	X
	Enferrujamento na superfície			X
	Empolamentos junto ao corte	X	X	X
	Empolamentos na superfície	X	X	X
G	Enferrujamento no corte	X	X	X
	Enferrujamento na superfície			
	Empolamentos junto ao corte	X	X	X
	Empolamentos na superfície		X	X
I	Enferrujamento no corte	X	X	X
	Enferrujamento na superfície		X	X
	Empolamentos junto ao corte	X	X	X
	Empolamentos na superfície		X	X

Só ao fim de 191 horas de exposição salina é que se observou a ocorrência de formação de defeitos em todas as chapas. No entanto ocorreu maior quantidade na chapa E. Segundo a norma NP EN ISO 4628-1:2005 a quantidade de defeitos da chapa E é de 2(S3) enquanto que na chapa G e I é de 1(S3). A ocorrência desses defeitos pode ter origem no pigmento utilizado, porque este pode originar uma fraca protecção anticorrosiva, por outro lado pode estar relacionada com a espessura da película seca, pois na chapa E a espessura foi menor que nas outras duas (anexo F).

Ao observar o evoluir dos defeitos verifica-se que ao fim de 305 horas ocorre o aparecimento de empolamentos ao longo da superfície de todas as chapas. Observa-se ainda a ocorrência de enferrujamento ao longo da superfície da chapa I. Com estes resultados verifica-se que esta ultima chapa apresenta uma protecção contra a corrosão mais baixa.

De todos os revestimentos o que apresenta maior protecção anticorrosiva corresponde ao da chapa G. Este revestimento é formulado com um pigmento anticorrosivo da *Pigmentan* – *Pigmentan* 465 M.

Terminada a observação das chapas constituídas apenas pelo primário, procede-se ao estudo das chapas revestidas com o esquema completo (primário + acabamento). Estas chapas foram sujeitas ao nevoeiro salino durante um período mais alargado (977 horas), isto porque o acabamento proporciona uma maior resistência.

As alterações mais significativas, observadas ao longo do ensaio de nevoeiro salino estão representadas nas figuras seguintes.



Figura 4.31 – Chapa F (revestida com PSB06 + 52140) após exposição ao nevoeiro salino

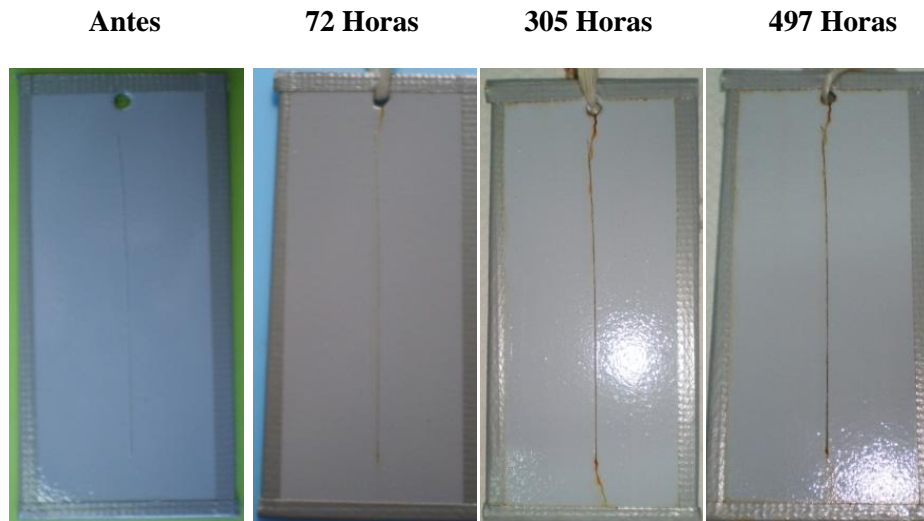


Figura 4.32 - Chapa H (revestida com PSB22 + 52140) após exposição ao nevoeiro salino



Figura 4.33 - Chapa J (revestida com PSB32 + 52140) após exposição ao nevoeiro salino

As chapas foram expostas ao nevoeiro salino durante 977 horas, contudo, na observação feita ao fim de 497 horas foi retirada do ensaio a chapa J. A partir daí procedeu-se apenas ao estudo das restantes chapas (chapa F e chapa H). O estudo das chapas F e H apenas é analisado até a observação realizada ao fim de 911 horas, isto porque a partir daí não se detecta alterações significativas em comparação com a última observação.

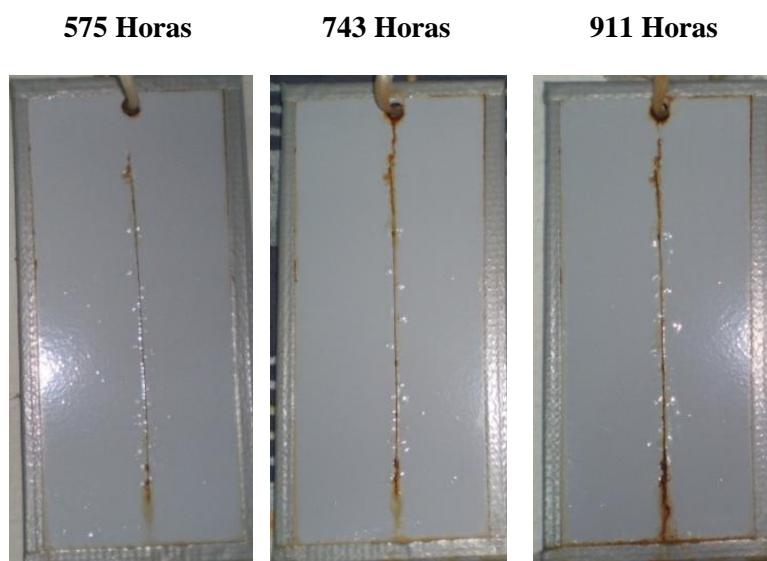


Figura 4.34 - Chapa F (revestida com PSB06 + 52140) após exposição ao nevoeiro salino

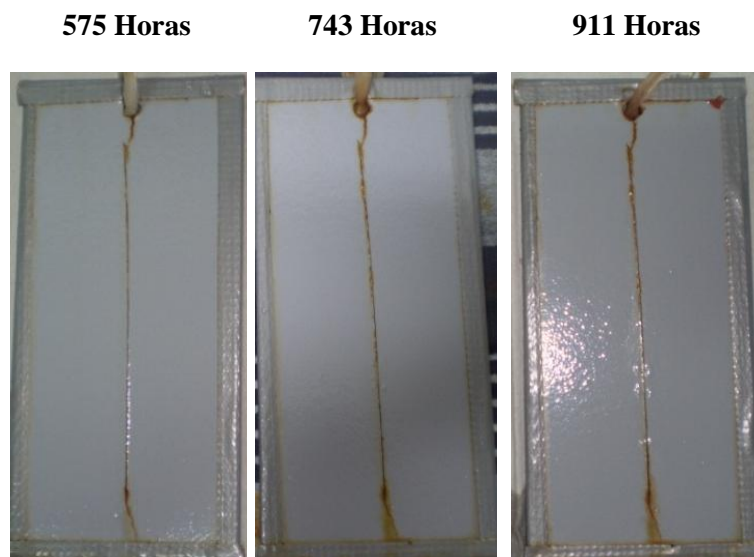


Figura 4.35 - Chapa H (revestida com PSB22 + 52140) após exposição ao nevoeiro salino

Analisando o desempenho das chapas no nevoeiro salino observa-se o aparecimento de determinados defeitos. Essa análise encontra-se descrita na tabela seguinte.

Tabela 4.29 – Defeitos observados ao longo de 911 horas de exposição salina.

CHAPA	DEFEITOS	HORAS DE EXPOSIÇÃO					
		72	305	497	575	743	911
F	Enferrujamento no corte	X	X	X	X	X	X
	Enferrujamento na superfície						
	Empolamentos junto ao corte		X	X	X	X	X
	Empolamentos na superfície						
H	Enferrujamento no corte	X	X	X	X	X	X
	Enferrujamento na superfície						
	Empolamentos junto ao corte					X	X
	Empolamentos na superfície						
J	Enferrujamento no corte	X	X	X	Não foi observada		
	Enferrujamento na superfície						
	Empolamentos junto ao corte	X	X	X			
	Empolamentos na superfície	X	X	X			

Só ao fim de 72 horas é que se observou a ocorrência de defeitos numa das chapas, as restantes apenas apresentavam corrosão no corte, com uma extensão até 0,5 mm para cada lado.

Na observação realizada ao fim de 72 horas, verificou-se que toda a superfície da chapa J encontrava-se coberta de micro-empolamentos, contudo as restantes chapas encontravam-se sem defeitos maiores. Os empolamentos observados na chapa J apresentam um grau de empolamento de 5(S2).

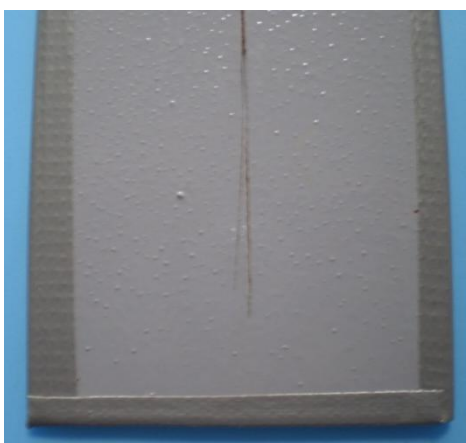


Figura 4.36 – Chapa J após 72 horas de exposição ao nevoeiro salino

Os micro empolamentos correspondem a pequenas bolhas que aparecem no revestimento por pintura quando este envelhece.

Após 305 horas de exposição ao nevoeiro salino observa-se o aparecimento de empolamentos junto ao corte da chapa F. Decorridas 497 horas de exposição verificou-se que os defeitos observados continuavam a ser os mesmos, simplesmente aumentou a quantidade e a dimensão de empolamentos junto a fissura desta chapa. Na observação realizada ao fim de 305 horas os empolamentos observados apresentam um grau de empolamento de 2(S2), passando para 3(S3) na observação feita ao fim de 497 horas de exposição.

Após a observação efectuada as 497 horas apenas continuaram no ensaio as chapas F e H. Na observação realizada ao fim de 575 horas verificou-se que a chapa H continuava sem defeitos, no entanto os defeitos da chapa F tornaram-se em maior número, passando a apresentar um grau de empolamento de 4(S3).

Ao realizar-se a observação após decorridas 743 horas de exposição salina verificou-se que a chapa H apresentava os primeiros empolamentos junto ao corte com um grau de empolamento de 2(S3), enquanto que a chapa F empolamento de grau 4(S4). Na observação seguinte (realizada ao fim de 911 horas de exposição salina) verificou-se que os empolamentos da chapa F continuavam iguais, no entanto os empolamentos observados na chapa H apresentaram um aumento insignificativo de dimensão. Na última observação efectuada, que se realizou ao fim de 977 horas de exposição, não se observaram alterações significativas em relação à última observação.

Com estes resultados obtidos para as chapas pintadas com o esquema completo (primário + acabamento) verificou-se que a chapa pintada com a tinta PSB22 (o pigmento utilizado na sua formulação foi *Pigmentan 465M*) foi a que apresentou maior resistência ao nevoeiro salino, com este resultado reforçamos o resultado obtido para as chapas pintadas apenas com o primário. No entanto, ao comparar o pior desempenho da chapa revestida apenas com o primário com o da chapa revestida com o primário + o acabamento verifica-se que o primário utilizado não corresponde ao mesmo. Nas chapas pintadas apenas com o primário, a que ofereceu menor resistência foi pintada com PSB06 (tinta formulada com fosfato de zinco), enquanto que nas chapas revestidas com o esquema completo a que ofereceu menor resistência foi pintada com PSB32 (tinta formulada com *Pigmentan E*).

4.3. TINTAS À BASE ÁGUA VS TINTAS À BASE DE SOLVENTES ORGÂNICOS

Neste trabalho foram estudadas tintas aquosas e tintas a base de solvente, isto porque a nova gama comercial de pigmentos anticorrosivos é constituída por pigmentos que apenas podem ser utilizados em tintas aquosas e pigmentos que só são utilizados em tintas de solvente orgânico. No entanto teve que comparar-se estes pigmentos com um pigmento já existente no mercado, tendo o fosfato de zinco sido o pigmento seleccionado. Este por sua vez já pode ser utilizado nos dois tipos de tintas, a base utilizada é indiferente. Ao comparar as tintas deve ter-se em conta que os pigmentos utilizados são totalmente diferentes, por isso só se poderá equiparar as tintas aquosas às tintas de solvente orgânico num aspecto superficial.

Na formulação dos diferentes tipos de tintas, verificou-se que as tintas aquosas apresentam uma menor estabilidade que as tintas de solvente. Os obstáculos encontrados ao longo do estudo da fórmula das tintas de água apresentaram uma resolução com um grau de dificuldade maior que os obstáculos encontrados nas tintas de base solvente.

Uma vantagem que as tintas aquosas apresentam sobre as tintas de base orgânica consiste na quantidade de compostos orgânicos voláteis (COV) libertados para a atmosfera. Este parâmetro é de grande importância, isto porque a libertação destes compostos provoca efeitos negativos no meio ambiente. As tintas aquosas apresentam valores muito inferiores aos valores obtidos para as tintas de solventes orgânicos, logo estas tintas não são tão prejudiciais para o meio ambiente.

Ao longo do estudo verificou-se ainda que as tintas aquosas apresentam tempos de secagem muito inferiores aos das outras tintas, o que faz com que na aplicação dos primários o tempo entre as demãos não seja tão elevado.

Analisando os ensaios mecânicos verificou-se que os revestimentos formados com tintas de água apresentam melhores resultados.

Por fim verificou-se que as tintas de solvente orgânico resistem muito melhor ao ensaio de nevoeiro salino.

Capítulo 5 – Conclusões

Capítulo 5 – CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Dos resultados obtidos, há várias considerações que devem ser destacadas. Um primeiro ponto foca-se na dificuldade de se encontrar uma fórmula para as tintas aquosas, visto que este tipo de tintas se tornam quimicamente instáveis. No entanto o seu fabrico é menos trabalhoso que o fabrico das tintas de solvente orgânico. A obtenção de finura nas tintas de solvente apresenta uma maior dificuldade, sendo necessário moer com a ajuda de micro esferas para se obter a finura pretendida.

Um ponto de grande importância para o meio ambiente reside na quantidade de compostos orgânicos voláteis (COV) libertados para a atmosfera, após a aplicação da tinta no substrato. Ao formular uma determinada tinta é fundamental ter o cuidado de verificar se o valor de COV não excede os limites legais. Na formulação das tintas aquosas esse problema não se aplica, visto que a água não contém esses compostos, por outro lado os solventes utilizados nas tintas de solvente orgânico apresentam elevados valores de COV. Nas tintas estudadas os teores de COV encontram-se dentro dos valores fixados, logo estas tintas poderão ser colocadas no mercado.

De modo a caracterizar a tinta líquida foram realizados um conjunto de ensaios - viscosidade, peso específico, escorrimento, pH, tempo de secagem, sedimentação. Em determinados ensaios os resultados obtidos são de um modo geral idênticos, impossibilitando a distinção entre os pigmentos utilizados. Ao analisar os resultados obtidos para a viscosidade e para o peso específico é notável o aumento nos valores para as tintas formuláveis com os pigmentos de *Pigmentan*, o que é explicado por estes pigmentos apresentarem um peso específico menor e uma absorção de óleo maior. Utilizando-se pigmentos com absorção de óleo maior, aumenta-se a viscosidade e utilizando-se pigmentos com peso específico maior, diminui-se a viscosidade. Com os resultados obtidos para o tempo de secagem, verifica-se que as tintas formuladas com os pigmentos de *Pigmentan* não necessitam de tanto tempo como as formuladas com fosfato de zinco, verificando-se ainda que as tintas aquosas apresentam tempos de secagem muito inferiores aos das tintas de base solvente. Através dos resultados obtidos para o ensaio de tempo de secagem é notória a vantagem que os pigmentos da *Pigmentan* apresentam em comparação com o fosfato de zinco. No ensaio efectuado para a

determinação do grau de sedimentação, as tintas formuladas com os pigmentos de *Pigmentan* voltam a destacar-se positivamente, apresentando uma maior estabilidade.

Para completar a caracterização da tinta líquida esta foi submetida a uma análise reológica. Através de uma análise reológica verifica-se que tanto as tintas aquosas como as tintas de base orgânica apresentam propriedades viscoelásticas dependentes do tempo, isto é apresentam tixotropia, como é desejável que aconteça numa tinta, o que permite uma fácil aplicação sem ocorrência de escorridos.

Nas tintas em estudo obteve-se sempre um PVC inferior ao CPVC, o que faz com que a quantidade de veículo seja suficiente para preencher os espaços entre as partículas de pigmento. Mais uma vez não foi possível distinguir os efeitos causados por cada pigmento. Através dos valores obtidos foi possível qualificar o tipo de brilho que se obtém para cada tinta, chegando à conclusão que as tintas de água proporcionam um revestimento do tipo semi-brilho, enquanto que o revestimento obtido para as tintas de base solvente é do tipo fosco. Estes resultados corresponderam aos obtidos através de um *Glossmeter*.

Para avaliar uma determinada tinta é extremamente importante estudar o seu desempenho após ter sido aplicada num substrato, podendo realizar-se ensaios para determinar as propriedades mecânicas e a resistência ao meio ambiente, em particular a ambientes corrosivos. No entanto, os resultados dos ensaios mecânicos obtidos para as tintas de água não foram conclusivos, isto porque, tanto a tinta formulada com fosfato de zinco como formulada com *Pigmentan* formam um revestimento de elevada resistência e excelente aderência, obtendo-se resultados completamente iguais. Por outro lado obteve-se resultados distintos para os ensaios realizados com as tintas à base de solvente orgânico. Através dos ensaios realizados concluiu-se que a tinta formulada com fosfato de zinco apresentava maior elasticidade e maior resistência ao impacto, contudo, no que diz respeito a aderência essa é fraca. Em relação às tintas formuladas com os pigmentos da *Pigmentan*, verifica-se que os valores obtidos diferem muito pouco. Os valores de elasticidade são idênticos, mas no que diz respeito a resistência ao impacto, a tinta formulada com *Pigmentan* 465M apresenta menor resistência que a da tinta formulada com *Pigmentan* E. Mas quando se fala em aderência a tinta formulada com *Pigmentan* 465M adere melhor ao substrato.

O objectivo principal deste trabalho residiu na avaliação de pigmentos anticorrosivos, as tintas produzidas com estes pigmentos devem proteger o substrato após prolongada exposição a ambientes corrosivos, pelo que surge a necessidade de conhecer o desempenho das tintas nestes ambientes. Para tal utilizou-se um ensaio de nevoeiro salino que acelera a

corrosão e degradação do revestimento de pintura. Através da realização deste ensaio concluiu-se que as tintas de água formuladas com os novos pigmentos da *Pigmentan* apresentam baixa resistência à corrosão, ou seja, estas tintas não dificultam a ocorrência das reacções de corrosão no substrato. Estudando as tintas de solvente orgânico verificou-se que estas resistem muito melhor ao nevoeiro salino, ao analisar as chapas pintadas apenas com o primário, verificou-se que a tinta que apresentou menor protecção foi formulada com fosfato de zinco, concluindo-se assim que os pigmentos da *Pigmentan* proporcionam uma tinta mais resistente à corrosão. Entre os dois pigmentos da *Pigmentan*, o pigmento *Pigmentan 465* origina uma tinta com propriedades protectoras superiores à tinta formulada com *Pigmentan E*. No entanto, quando se estudou as chapas pintadas com o esquema completo, a chapa que tinha sido pintada com a tinta formulada com *Pigmentan E*, foi a primeira a não resistir a corrosão. Neste ultimo estudo, a tinta formulada com *Pigmentan 465M* apresentou uma elevada resistência à corrosão. Com isto conclui-se que os pigmentos da *Pigmentan*, utilizados para as tintas de base solvente, apresentam maior resistência contra a corrosão em comparação com o fosfato de zinco.

SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

O trabalho desenvolvido teve como finalidade comprovar a eficiência dos novos pigmentos da *Pigmentan*. No entanto este tema tornou-se bastante vasto, podendo ser alvo de futuros desenvolvimentos. De seguida são apresentadas algumas sugestões que poderão contribuir para completar e melhorar o estudo.

Neste trabalho, para as tintas de base solvente foi estipulado um valor máximo de COV igual a 400 g/l, eliminando assim as tintas PSB05, PSB21 e PSB31. Mas segundo o Decreto-Lei n.º 181/2006, de 6 de Setembro, esse valor encontra-se dentro dos limites máximos estipulados para 1 de Janeiro de 2010 (para as tintas de BS o valor limite é igual a 500g/l). Assim sendo, estas tintas poderão ter potencialidades, sendo por isso interessante o prosseguimento do seu estudo.

A fórmula desenvolvida apresenta algumas limitações, sendo necessário reformula-la para que apresente melhores propriedades. Inicialmente poderá ser estudada uma fórmula para o fosfato de zinco, de modo a maximizar as suas propriedades. Depois de testada e de se

verificar as suas boas propriedades anticorrosivas, esta deverá ser aplicada para os pigmentos de *Pigmentan*.

A *Pigmentan* referiu que estes novos pigmentos são economicamente melhores que os utilizados hoje em dia no mercado das tintas, uma vez que necessitam de dosagens mais baixas. Através da fórmula obtida no ponto anterior, seria interessante proceder a um estudo, em que a quantidade de pigmentos da *Pigmentan* fosse diminuindo, até se obter uma fórmula que continuasse a ter boas propriedades anticorrosivas.

Para completar o estudo dos revestimentos anticorrosivos, era interessante realizarem-se ensaios electroquímicos, isto porque fornece informação sobre o avanço da corrosão na zona entre o metal e a tinta.

Referências Bibliográficas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] *HEMPEL OPENING TRAINING* – Modulo I Setembro de 2006. Documentos fornecidos pela Hempel
- [2] www.hempel.pt
- [3] MARQUES, M. Isabel Eusébio & RODRIGUES, M. Paula - *Tintas, vernizes e revestimentos por pintura para a construção civil*. 3.^a edição. Lisboa: LNEC, 2000.
- [4] HORIKAWA, Carla Shizumi, *Transporte e Morfologia de esquemas de Tinta Epóxi Poliamina Equivalente à Base de Solvente e Água*. Dissertação para obtenção do título de Mestre em Química – Área de concentração Físico-Química (2003). Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
- [5] FAZENDA, Jorge M. R. - *Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia*. São Paulo: Abrafati, 1993
- [6] AMARO, Mariana Fonseca, *Estudo Comparativo de Tintas para Fachada – Volume I*. Dissertação para obtenção de Grau de Mestre em Engenharia Química (2007). Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa
- [7] GENTIL, Vicente – *Corrosão*. 2.^a edição. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1982.
- [8] *A corrosão e os processos anticorrosivos*. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Industrial, 1967.
- [9] SMITH, William F. – *Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais*. 3.^a edição. Lisboa: McGraw-Hill, 1998.
- [10] Documentos fornecidos pela Hempel para a disciplina de Degradação e Protecção de Superfícies – Modulo de Tintas e Vernizes, no ano lectivo 2008/2009
- [11] Documentos fornecidos pela Pigmentan [Consult. Janeiro de 2009]. Disponível em WWW:<URL:<http://www.pigmentan.com>>.
- [12] Apontamentos da professora Teresa Cidade da disciplina de Degradação e Protecção de Superfícies – Modulo de Tintas e Vernizes, no ano lectivo 2008/2009
- [13] DINIZ, Cristina; LIMPO, Vitor; SOTA, Leonor - *PNAPRI - Guia Técnico Sector das Tintas, Vernizes e Colas*. Lisboa: INETI - DMTP, Novembro 2000. [Consult. Janeiro de 2009]. Disponível em WWW:<URL:http://preresi.ineti.pt/documentacao/guias/g_tec/TINTAS_VERNIZES_E_COLAS.pdf>.

- [14] MARQUES, Ana Filipa - “*Protecção AntiCorrosiva de Superfícies Metálicas por Pintura*”. Relatório de Estágio (Tintas Hempel –Portugal), 2002.
- [15] Livros Técnicos da Hempel. [Consult. Janeiro de 2009]. Disponível em WWW:<URL:http://www.hempel.pt >.
- [16] [Consult. de 2009]. Disponível em WWW:<URL:http://www.paintquality.com>.
- [17] *Temática das Tintas e Vernizes*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – Inspecção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território, 2004. [Consult. Janeiro de 2009]. Disponível em WWW:<URL:http://www.igaot.pt/wp-content/uploads/2008/05/rt-tematicatintasevernizes.pdf >.
- [18] Decreto-Lei n.º 181/2006, de 6 de Setembro de 2006. Publicado no Diário da República, 1.ª série - N.º 172 - 6 de Setembro de 2006
- [19] CASTRO, Alberto G.; COVAS, José A.; DIOGO, António C. - *Ciência Viva: Reologia e suas Aplicações Industriais*. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.
- [20] MERCEDES, M.; SANGUESA, Palacios. - *Características y ensayos de corrosión de pinturas modificadas con polímeros conductores*. Universitat Politècnica de Catalunya, Setembro de 2006 [Consult. Janeiro de 2009]. Disponível em WWW:<URL:http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3162/1/54858-1.pdf >.
- [21] CIULLO, Peter A. – *Functional Silicate Fillers: Basic Principles*. 2003. [Consult. Agosto de 2009]. Disponível em WWW:<URL:http://www.specialchem4coating.com>.
- [22] CIDADE, M. Teresa V. - *Texto de apoio – Reologia de Polímeros*. FCT-UNL, 2005.
- [23] NIELSEN, Lawrence E. – *Polymer Rheology*. Marcel Dekker, Inc, 1977.
- [24] FARDIM, Pedro – Paper and surface chemistry – Part 2: Coating and Printability, TAPPI Journal, September 2002, Vol. 1(7).

Normas consultadas:

Normas Portuguesas

NP 111:1982	Tintas e vernizes - Defeitos na pintura. Terminologia e definições.
NP 234:1995	Tintas e vernizes - Medição da viscosidade com o viscosímetro de Stormer.
NP EN 971-1:1997	Tintas e vernizes - Termos e definições para produtos de pintura. Parte 1: termos gerais.

NP EN ISO 2409:1995	Tintas e Vernizes - Aderência pelo método da quadrícula
NP EN ISO 2808:2000	Tintas e vernizes - Determinação da espessura da película.
NP EN ISO 2813-2001	Tintas e vernizes - Determinação do brilho especular de revestimentos por pintura não-metálicos a 20°, 60° e 85°
NP EN ISO 4628-1:2005	Tintas e vernizes - Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 1: Introdução geral e sistema de designação
NP EN ISO 4628-2:2005	Tintas e vernizes - Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 2: Avaliação do grau de empolamento.
NP EN ISO 4628-3:2005	Tintas e vernizes - Avaliação da degradação de revestimentos. Designação da quantidade e dimensão de defeitos e da intensidade das alterações uniformes de aspecto. Parte 3: Avaliação do grau de enferrujamento.
NP EN ISO 6272:1996	Tintas e vernizes - ensaio da queda de uma massa
NP ISO 2811-1:2002	Tintas e vernizes - determinação da massa volúmica: parte 1: método do picnómetro
NP ISO 7253:1999	Tintas e vernizes. Determinação da resistência ao nevoeiro salino neutro.

Normas internacionais

ISO 1524:2000	Paints, varnishes and printing inks - Determination of fineness of grind
ISO 2178-1982	Non-magnetic coatings on magnetic substrates - Measurement of coating thickness - Magnetic method
ISO 2808-1997	Paints and varnishes - Determination of film thickness
ISO 8501-1:2007	Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness - Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings
ASTM D 869-85:2004	Standard Test Method for Evaluating Degree of Settling of Paint
ASTM D 1309-93:2004	Settling properties of traffic paints during accelerated, storage
ASTM D 4400-99	Standard Test Method for Sag Resistance of Paints Using a Multinotch Applicator
ASTM D 5895-03	Standard test for evaluating drying or curing during film formation of organic coatings using mechanical recorder

Anexos

ANEXO A - Formulas fornecidas pelo fabricante de *Pigmentan*

Tabela A.1 – Fórmula para as tintas de água (*Pigmentan EA vs Fosfato de Zinco*)

	AV100-8	AV100-6
Demineralized Water	12,00	12,00
KTTP (Potassium Tri-Polyphosphate)	0,35	0,35
OROTAN 165 (R&H)	1,10	1,10
Ammonia 28%	0,50	0,50
Kronos 2190	20,00	20,00
BYK 024 (Byk Chemie)	0,10	0,10
Heucophos ZCPP	-	4,00
Pigmentan EA	4,00	-
Grind to Hegman 6,5 & Add		
AVANSE MV – 100	52,00	52,00
Texanol	3,50	3,50
BYK 024 (Byk Chemie)	0,20	0,20
WorléeADD 458 (Worlée Chemie)	2,00	2,00
Ammonia 28%	0,50	0,50
Demineralized Walter	2,75	2,75
Acrysol RM 8	1,00	1,00
TOTAL	100,00	100,00

Tabela A.2 – Fórmula para as tintas de base solvente orgânica (*Pigmentan 465 M*)

	AV100-8
Daikyd A 723	13,00
Calcium Octoate 10%	0,15
BYK 204	0,85
Bentone SD-1	1,00
Xylene	11,00
Pigmentan 465M	2,60
Calcium Carbonate 210 Mesh	15,00
Micro Barites	20,00
Bayferrox 130 red Oxide	7,70
Grind to Hegman 6	
Add slowly while stirring	
Beckosol 576 IM	15,00
Cobalt Dryer, 10%	0,13
Zirconium Dryer, 36%	0,52
Exkin 2	0,25
Xylene	12,80
TOTAL	100,00

ANEXO B - Formulações usadas no trabalho

Neste anexo são apresentadas todas as formulações das tintas utilizadas ao longo da realização deste trabalho.

Tabela B. 1 - Tinta PWB01

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	12,00		4,65	0,80	17,45
2	Hexametáfosfato de sódio	0,35				0,35
3	OROTAN 731 DP	0,30				0,30
4	Amónia	0,50		0,50		1,00
5	Dióxido de titânio	20,00				20,00
6	Dapro DF 0710	0,10		0,20		0,30
7	Fosfato de Zinco	4,00				4,00
8	Maincote HG-54K		52,00			52,00
9	Texanol			3,50		3,50
10	Nitrito de sódio			0,10		0,10
11	Acrysol RM-8			1,00		1,00
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Sob agitação misturar de 1 - 6, durante 10min. De seguida juntar 7 e dispersar até a finura de 20 µm
OPERAÇÃO 2	Juntar 8 com uma T<40°
OPERAÇÃO 3	Sob agitação, juntar 9 + 6 + pré-mistura (10 + 40% de 1) + 4 + pré-mistura (11 + 60% de 1) durante 10 min
ACABAMENTO	Sob agitação adicionar 1

Tabela B.2 - Tinta PWB02

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	12,00		3,20	2,70	17,90
2	Hexametáfosfato de sódio	0,35				0,35
3	OROTAN 731 DP	0,50				0,50
4	Amónia	0,50		0,50		1,00
5	Dioxido de titânio	20,00				20,00
6	Dapro DF 0710	0,10		0,20		0,30
7	Fosfato de zinco	4,00				4,00
8	Maincote HG-54K		52,00			52,00
9	Texanol			3,50		3,50
10	Nitrito de sódio			0,10		0,10
11	Acrysol RM-8			0,35		0,35
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Sob agitação misturar de 1 - 6, durante 10min. De seguida juntar 7 e dispersar até a finura de 20 µm
OPERAÇÃO 2	Juntar 8 com uma T<40°
OPERAÇÃO 3	Sob agitação, juntar 9 + 6 pré-mistura (10 + 60% de 1) + 4 + + pré-mistura (11 + 40% de 1), durante 10 min
ACABAMENTO	Sob agitação adicionar 1

Tabela B.3 - Tinta PWB03

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	15,15		3,00	1,15	19,30
2	Hexametáfosfato de sódio	0,35				0,35
3	OROTAN 731 DP	0,50				0,50
4	Amónia	0,50		0,50		1,00
5	Dióxido de titânio	20,00				20,00
6	Dapro DF 0710	0,25		0,20		0,45
7	Fosfato de Zinco	4,00				4,00
8	Maincote HG-54K		52,00			52,00
9	Texanol			2,00		2,00
10	Nitrito de sódio			0,10		0,10
11	Acrysol RM-8			0,30		0,30
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Sob agitação misturar de 1 - 6, durante 20min. De seguida juntar 7 e dispersar até a finura de 20 µm (60 min)
OPERAÇÃO 2	Juntar 8 com uma T<40°
OPERAÇÃO 3	Sob agitação, juntar 6 + pré-mistura (11 + 1/3 de 1) + 9 + 4 + + pré-mistura (10 + 2/3 de 1), durante 10 min
ACABAMENTO	Sob agitação adicionar 1

Tabela B.4 - Tinta PWB04

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	15,50		3,00	1,35	19,85
2	Disper BYK 181	0,20				0,20
3	BYK 155-35	0,50				0,50
4	Amónia	0,20				0,20
5	Dióxido de titânio	20,00				20,00
6	Dapro DF 0710	0,25		0,20		0,45
7	Acticide MBS	0,40				0,40
8	Fosfato de zinco	4,00				4,00
9	Texanol		2,00			2,00
10	Maincote HG-54K		52,00			52,00
11	Nitrito de sódio			0,10		0,10
12	Acrysol RM-8			0,30		0,30
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1

Sob agitação misturar de 1 - 7, durante 20min.
De seguida juntar 8 e dispersar até a finura de 20 µm (60 min)

OPERAÇÃO 2

Juntar 9 + 10 com uma T<40°

OPERAÇÃO 3

Sob agitação, juntar 6 + pré-mistura (11 + 2/3 de 1) +
+ pré-mistura (12 + 1/3 de 1), durante 10 min

ACABAMENTO

Sob agitação adicionar 1

Tabela B.5 - Tinta PWB05

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	14,70		5,00	0,15	19,85
2	Disper BYK 181	0,20				0,20
3	BYK 155-35	0,50				0,50
4	Amónia	0,20				0,20
5	Dióxido de titânio	20,00				20,00
6	Dapro DF 0710	0,25		0,20		0,45
7	Acticide MBS	0,40				0,40
8	Fosfato de zinco	4,00				4,00
9	Texanol		2,00			2,00
10	Maincote HG-54K		52,00			52,00
11	Nitrito de sódio			0,10		0,10
12	Acrysol RM-8			0,30		0,30
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1

Sob agitação misturar de 1 - 7, durante 20min.
De seguida juntar 8 e dispersar até a finura de 20 µm (60 min)

OPERAÇÃO 2

Juntar 9 + 10 com uma T<40°

OPERAÇÃO 3

Sob agitação, juntar 6 + pré-mistura (11 + 4/5 de 1) +
+ pré-mistura (12 + 1/5 de 1), durante 10 min

ACABAMENTO

Sob agitação adicionar 1

Tabela B.6 - Tinta PWB06

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	14,70		5,00	0,15	19,85
2	Disper BYK 181	0,20				0,20
3	BYK 155-35	0,50				0,50
4	Amónia	0,20				0,20
5	Dapro DF 0710	0,25		0,20		0,45
6	Acticide MBS	0,40				0,40
7	Acrysol RM-8	0,10		0,20		0,30
8	Dióxido de titânio		20,00			20,00
9	Fosfato de zinco		4,00			4,00
10	Maincote HG-54K		52,00			52,00
11	Texanol		2,00			2,00
12	Nitrito de sódio			0,10		0,10
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1

Sob agitação misturar de 1 - 6 durante 10min.
De seguida juntar a pré-mistura(7 + 5% de 1) durante 15min

OPERAÇÃO 2

Juntar 8 + 9 e dispersar até a finura de 20µm (30 min)
Juntar 10 + 11 com uma T<40°

OPERAÇÃO 3

Sob agitação, juntar 5 + pré-mistura (12 + 4/5 de 1) +
+ pré-mistura (7 + 1/5de 1), durante 10 min

ACABAMENTO

Sob agitação adicionar 1

Tabela B.7 - Tinta PWB07

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	14,70		5,00	0,15	19,85
2	Disper BYK 181	0,20				0,20
3	BYK 155-35	0,50				0,50
4	Amónia	0,20				0,20
5	BYK 024	0,25		0,20		0,45
6	Acticide MBS	0,40				0,40
7	Acrysol RM-8	0,10		0,20		0,30
8	Dióxido de titânio		20,00			20,00
9	Fosfato de Zinco		4,00			4,00
10	Maincote HG-54K		52,00			52,00
11	Texanol		2,00			2,00
12	Nitrito de sódio			0,10		0,10
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Sob agitação misturar de 1 - 6 durante 10min. De seguida juntar a pré-mistura(7 + 5% de 1) durante 15min
OPERAÇÃO 2	Juntar 8 + 9 e dispersar até a finura de 20µm (30 min) Juntar 10 + 11 com uma T<40°
OPERAÇÃO 3	Sob agitação, juntar 5 + pré-mistura (12 + 4/5 de 1) + + pré-mistura (7 + 1/5de 1), durante 10 min
ACABAMENTO	Sob agitação adicionar 1

Tabela B.8 - Tinta PWB08

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	14,70		5,00	0,40	20,10
2	Acrysol RM-8	0,20		0,10		0,30
3	Disper BYK 181	0,20				0,20
4	BYK 155-35	0,50				0,50
5	Amónia	0,20				0,20
6	BYK 024	0,10		0,10		0,20
7	Acticide MBS	0,40				0,40
8	Dióxido de titânio		20,00			20,00
9	Fosfato de Zinco		4,00			4,00
10	Maincote HG-54K		52,00			52,00
11	Texanol		2,00			2,00
12	Nitrito de sódio			0,10		0,10
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Sob agitação misturar 90% de 1 com a pré-mistura (2 + 10% de 1) durante 10 min. De seguida juntar 3-7 e deixar misturar durante 15min
OPERAÇÃO 2	Juntar 8 + 9 e dispersar até a finura de 20 µm (30 min) Juntar 10 + 11 com uma T<40°
OPERAÇÃO 3	Sob agitação, juntar 6 + pré-mistura (12 + 4/5 de 1) + + pré-mistura (2 + 1/5 de 1), durante 10 min
ACABAMENTO	Sob agitação adicionar 1

Tabela B.9 - Tinta PWB09

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	14,70	2,00	1,00	2,40	20,10
2	Disper BYK 181	0,20				0,20
3	BYK 155-35	0,50				0,50
4	Amónia	0,20				0,20
5	BYK 024	0,10		0,10		0,20
6	Acticide MBS	0,40				0,40
7	Acrysol RM-8	0,20		0,10		0,30
8	Nitrito de sódio		0,10			0,10
9	Dióxido de titânio		20,00			20,00
10	Fosfato de Zinco		4,00			4,00
11	Texanol			2,00		2,00
12	Maincote HG-54K			52,00		52,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Sob agitação misturar 90% de 1 + 2 - 6 durante 15 min De seguida juntar pré-mistura (7 +10% de 1) e misturar durante 20min
OPERAÇÃO 2	Juntar a pré-mistura (8 + 1) + 9 + 10 e dispersar até a finura de 20 µm (30 min)
OPERAÇÃO 3	Sob agitação, juntar 11 + 12 com uma T<40° Adicionar a pré-mistura(7 + 1)
ACABAMENTO	Sob agitação adicionar 1

Tabela B.10 - Tinta PWB11

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	12,00		3,20	2,70	17,90
2	Hexametafosfato de sódio	0,35				0,35
3	OROTAN 731 DP	0,50				0,50
4	Amónia	0,50		0,50		1,00
5	Dióxido de titânio	20,00				20,00
6	Dapro DF 0710	0,10		0,20		0,30
7	Pigmentan EA	4,00				4,00
8	Maincote HG-54K		52,00			52,00
9	Texanol			3,50		3,50
10	Nitrito de sódio			0,10		0,10
11	Acrysol RM-8			0,35		0,35
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Sob agitação misturar de 1 - 6, durante 10min. De seguida juntar 7 e dispersar até a finura de 20 µm
OPERAÇÃO 2	Juntar 8 com uma T<40°
OPERAÇÃO 3	Sob agitação, juntar 9 + pré-mistura (10 + 60% de 1) + 4 + + pré-mistura (11 + 40% de 1), durante 10 min
ACABAMENTO	Sob agitação adicionar 1

Tabela B.11 - Tinta PWB12

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	15,15		2,75		17,90
2	Hexametáfosfato de sódio	0,35				0,35
3	OROTAN 731 DP	0,50				0,50
4	Amónia	0,50		0,50		1,00
5	Dióxido de titânio	20,00				20,00
6	Dapro DF 0710	0,25		0,20		0,45
7	Pigmentan EA	4,00				4,00
8	Maincote HG-54K		52,00			52,00
9	Texanol			3,50		3,50
10	Nitrito de sódio			0,10		0,10
11	Acrysol RM-8			0,20		0,20
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Sob agitação misturar de 1 - 6, durante 20min. De seguida juntar 7 e dispersar até a finura de 20 µm (60 min)
OPERAÇÃO 2	Juntar 8 com uma T<40°
OPERAÇÃO 3	Sob agitação, juntar 6 + pré-mistura (11 + 1/4 de 1) + 9 + 4 + + pré-mistura (10 + 3/4 de 1), durante 10 min
ACABAMENTO	

Tabela B.12 - Tinta PWB13

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	15,15		3,00	1,15	19,30
2	Hexametáfosfato de sódio	0,35				0,35
3	OROTAN 731 DP	0,50				0,50
4	Amónia	0,50		0,50		1,00
5	Dióxido de titânio	20,00				20,00
6	Dapro DF 0710	0,25		0,20		0,45
7	Pigmentan EA	4,00				4,00
8	Maincote HG-54K		52,00			52,00
9	Texanol			2,00		2,00
10	Nitrito de sódio			0,10		0,10
11	Acrysol RM-8			0,30		0,30
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Sob agitação misturar de 1 - 6, durante 20min. De seguida juntar 7 e dispersar até a finura de 20 µm (60 min)
OPERAÇÃO 2	Juntar 8 com uma T<40°
OPERAÇÃO 3	Sob agitação, juntar 6 + pré-mistura (11 + 1/3 de 1) + 9 + 4 + + pré-mistura (10 + 2/3 de 1), durante 10 min
ACABAMENTO	Sob agitação adicionar 1

Tabela B.13 - Tinta PWB14

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	14,70	2,00	1,00	2,40	20,10
2	Disper BYK 181	0,20				0,20
3	BYK 155-35	0,50				0,50
4	Amónia	0,20				0,20
5	BYK 024	0,10		0,10		0,20
6	Acticide MBS	0,40				0,40
7	Acrysol RM-8	0,20		0,10		0,30
8	Nitrito de sódio		0,10			0,10
9	Dióxido de titânio		20,00			20,00
10	Pigmentan EA		4,00			4,00
11	Texanol			2,00		2,00
12	Maincote HG-54K			52,00		52,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Sob agitação misturar 90% de 1 + 2 - 6 durante 15 min De seguida juntar pré-mistura (7 +10% de 1) e misturar durante 20min
OPERAÇÃO 2	Juntar a pré-mistura (8 + 1) + 9 + 10 e dispersar até a finura de 20 µm (30 min)
OPERAÇÃO 3	Sob agitação, juntar 11 + 12 com uma T<40° Adicionar a pré-mistura(7 + 1)
ACABAMENTO	Sob agitação adicionar 1

Tabela B.14 - Tinta PWB20

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Água	14,70	2,00	1,00	2,40	20,10
2	Disper BYK 181	0,20				0,20
3	BYK 155-35	0,50				0,50
4	Amonia	0,20				0,20
5	BYK 024	0,10		0,10		0,20
6	Acticide MBS	0,40				0,40
7	Acrysol RM-8	0,20		0,10		0,30
8	Nitrito de sódio		0,10			0,10
9	Dióxido de titânio		20,00			20,00
10	Pigmentan 465 M		4,00			4,00
11	Texanol			2,00		2,00
12	Maincote HG-54K			52,00		52,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1

Sob agitação misturar 90% de 1 + 2 - 6 durante 15 min
De seguida juntar pré-mistura (7 +10% de 1) e misturar durante 20min

OPERAÇÃO 2

Juntar a pré-mistura (8 + 1) + 9 + 10 e dispersar até a finura de 20 µm (30 min)

OPERAÇÃO 3

Sob agitação, juntar 11 + 12 com uma T<40°
Adicionar a pré-mistura(7 + 1)

ACABAMENTO

Sob agitação adicionar 1

Tabela B.15 - Tinta PSB01

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Beckosol ES 6051-55	13,00	15,00			28,00
2	Xylene	11,00	12,80			23,80
3	Anti-terra 204	0,85				0,85
4	Lubrizol Coating additives GMBH	0,10				0,10
5	Bentone SD-1	1,00				1,00
6	Fosfato de Zinco	2,60				2,60
7	Calcium Carbonate	15,00				15,00
8	Micro Barites	20,00				20,00
9	Bayferrox 130 red Oxide	7,70				7,70
10	Methyl Ketoxime	0,10		0,15		0,25
11	Durham VX 150LF			0,70		0,70
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Misturar 1 - 10 e dispersar 15 min a alta velocidade. Passar a ME até à finura de 25 µm
OPERAÇÃO 2	Lavar as ME com 1 + 2
OPERAÇÃO 3	Juntar 10 + 11
ACABAMENTO	

Tabela B.16 - Tinta PSB02

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Beckosol ES 6051-55	13,00	15,00			28,00
2	Xylene	11,00	12,50			23,50
3	Anti-terra 204	0,85				0,85
4	Lubrizol Coating additives GMBH	0,10				0,10
5	Bentone SD-1	1,30				1,30
6	Fosfato de Zinco	2,60				2,60
7	Calcium Carbonate	15,00				15,00
8	Micro Barites	20,00				20,00
9	Bayferrox 130 red Oxide	7,70				7,70
10	Methyl Ketoxime	0,10		0,15		0,25
11	Durham VX 150LF			0,70		0,70
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Misturar 1 - 10 e dispersar 15 min a alta velocidade passar ME até à finura de 25 µm
-------------------	---

OPERAÇÃO 2	Lavar ME com 1 + 2
-------------------	--------------------

OPERAÇÃO 3	Juntar 10 + 11
-------------------	----------------

ACABAMENTO	
-------------------	--

Tabela B.17 - Tinta PSB03

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Beckosol ES 6051-55	13,00	15,00			28,00
2	Xylene	10,00	8,00		2,00	20,00
3	Anti-terra 204	0,85				0,85
4	Lubrizol Coating additives GMBH	0,10				0,10
5	Bentone SD-1	1,00				1,00
6	Fosfato de Zinco	2,60				2,60
7	Calcium Carbonate	15,76				15,76
8	Micro Barites	23,04				23,04
9	Bayferrox 130 red Oxide	7,70				7,70
10	Methyl Ketoxime	0,10		0,15		0,25
11	Durham VX 150LF			0,70		0,70
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Misturar 1 - 10 e dispersar 15 min a alta velocidade passar ME até à finura de 25 µm
OPERAÇÃO 2	Lavar ME com 1 + 2
OPERAÇÃO 3	Juntar 10 + 11
ACABAMENTO	Juntar 2

Tabela B.18 - Tinta PSB04

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Beckosol ES 6051-55	13,00	15,00			28,00
2	Xylene	9,00	7,00		2,00	18,00
3	Anti-terra 204	0,85				0,85
4	Lubrizol Coating additives GMBH	0,10				0,10
5	Bentone SD-1	1,00				1,00
6	Fosfato de Zinco	2,60				2,60
7	Calcium Carbonate	16,60				16,60
8	Micro Barites	24,20				24,20
9	Bayferrox 130 red Oxide	7,70				7,70
10	Methyl Ketoxime	0,10		0,15		0,25
11	Durham VX 150LF			0,70		0,70
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1

Misturar 1 - 10 e dispersar 15 min a alta velocidade
passar ME até à finura de 25 µm

OPERAÇÃO 2

Lavar ME com 1 + 2

OPERAÇÃO 3

Juntar 10 + 11

ACABAMENTO

Juntar 2

Tabela B.19 - Tinta PSB05

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Beckosol ES 6051-55	11,00	17,00			28,00
2	Xylene	5,00	11,00		2,00	18,00
3	Anti-terra 204	0,85				0,85
4	Lubrizol Coating additives GMBH	0,10				0,10
5	Bentone SD-1	1,00				1,00
6	Fosfato de Zinco	2,60				2,60
7	Calcium Carbonate	16,60				16,60
8	Micro Barites	24,20				24,20
9	Bayferrox 130 red Oxide	7,70				7,70
10	Methyl Ketoxime	0,10		0,15		0,25
11	Durham VX 150LF			0,70		0,70
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Misturar 1 - 10 e dispersar 15 min a alta velocidade passar ME até à finura de 25 µm
OPERAÇÃO 2	Lavar ME com 1 + 2
OPERAÇÃO 3	Juntar 10 + 11
ACABAMENTO	juntar 2

Tabela B.20 - Tinta PSB06

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Beckosol ES 6051-55	30,40	3,00			33,40
2	Xylene	1,00	4,00		0,50	5,50
3	Anti-terra 204	0,85				0,85
4	Lubrizol Coating additives GMBH	0,10				0,10
5	Bentone SD-1	1,00				1,00
6	Fosfato de Zinco	2,60				2,60
7	Calcium Carbonate	23,00				23,00
8	Micro Barites	24,45				24,45
9	Bayferrox 130 red Oxide	7,70				7,70
10	Methyl Ketoxime			0,20		0,20
11	Durham VX 150LF			0,70		0,70
12	S090			0,50		0,50
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1

Misturar 1 - 9 e dispersar 15 min a alta velocidade
passar ME até à finura de 25 µm

OPERAÇÃO 2

Lavar ME com 1 + 2

OPERAÇÃO 3

Juntar 10 + 11 +12

ACABAMENTO

juntar 2

Tabela B.21 - Tinta PSB21

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Beckosol ES 6051-55	18,00	10,00			28,00
2	Xylene	5,00	11,00		2,00	18,00
3	Anti-terra 204	0,85				0,85
4	Lubrizol Coating additives GMBH	0,10				0,10
5	Bentone SD-1	1,00				1,00
6	Pigmentan 465 M	2,60				2,60
7	Calcium Carbonate	16,60				16,60
8	Micro Barites	24,20				24,20
9	Bayferrox 130 red Oxide	7,70				7,70
10	Methyl Ketoxime	0,10		0,15		0,25
11	Durham VX 150LF			0,70		0,70
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Misturar 1 - 10 e dispersar 15 min a alta velocidade passar ME até à finura de 25 µm
OPERAÇÃO 2	Lavar ME com 1 + 2
OPERAÇÃO 3	Juntar 10 + 11
ACABAMENTO	juntar 2

Tabela B.22 - Tinta PSB22

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Beckosol ES 6051-55	30,40	3,00			33,40
2	Xylene	1,00	4,00		0,50	5,50
3	Anti-terra 204	0,85				0,85
4	Lubrizol Coating additives GMBH	0,10				0,10
5	Bentone SD-1	1,00				1,00
6	Fosfato de Zinco	2,60				2,60
7	Calcium Carbonate	23,00				23,00
8	Micro Barites	24,45				24,45
9	Bayferrox 130 red Oxide	7,70				7,70
10	Methyl Ketoxime			0,20		0,20
11	Durham VX 150LF			0,70		0,70
12	S090			0,50		0,50
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Misturar 1 - 9 e dispersar 15 min a alta velocidade passar ME até à finura de 25 µm
-------------------	--

OPERAÇÃO 2	Lavar ME com 1 + 2
-------------------	--------------------

OPERAÇÃO 3	Juntar 10 + 11 + 12
-------------------	---------------------

ACABAMENTO	juntar 2
-------------------	----------

Tabela B.23 - Tinta PSB31

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Beckosol ES 6051-55	18,00	10,00			28,00
2	Xylene	10,00	6,00		2,00	18,00
3	Anti-terra 204	0,85				0,85
4	Lubrizol Coating additives GMBH	0,10				0,10
5	Bentone SD-1	1,00				1,00
6	Pigmentan E	2,60				2,60
7	Calcium Carbonate	16,60				16,60
8	Micro Barites	24,20				24,20
9	Bayferrox 130 red Oxide	7,70				7,70
10	Methyl Ketoxime	0,10		0,15		0,25
11	Durham VX 150LF			0,70		0,70
12						0,00
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Misturar 1 - 10 e dispersar 15 min a alta velocidade passar ME até à finura de 25 µm
OPERAÇÃO 2	Lavar ME com 1 + 2
OPERAÇÃO 3	Juntar 10 + 11
ACABAMENTO	juntar 2

Tabela B.24 - Tinta PSB32

**	MATÉRIA PRIMA	OP1	OP2	OP3	ACABAM	TOTAL%
1	Beckosol ES 6051-55	30,40	3,00			33,40
2	Xylene	1,00	4,00		0,50	5,50
3	Anti-terra 204	0,85				0,85
4	Lubrizol Coating additives GMBH	0,10				0,10
5	Bentone SD-1	1,00				1,00
6	Fosfato de Zinco	2,60				2,60
7	Calcium Carbonate	23,00				23,00
8	Micro Barites	24,45				24,45
9	Bayferrox 130 red Oxide	7,70				7,70
10	Methyl Ketoxime			0,20		0,20
11	Durham VX 150LF			0,70		0,70
12	S090			0,50		0,50
13						0,00
14						0,00
15						0,00
16						0,00
17						0,00
18						0,00
19						0,00
20						0,00
**	TOTAL					100,00

INSTRUÇÕES DE FABRICO

OPERAÇÃO 1	Misturar 1 - 9 e dispersar 15 min a alta velocidade passar ME até à finura de 25 µm
OPERAÇÃO 2	Lavar ME com 1 + 2
OPERAÇÃO 3	Juntar 10 + 11 +12
ACABAMENTO	juntar 2

ANEXO C - Informação Técnica das tintas utilizadas da Hempel



Informação Técnica

HEMUCRYL ENAMEL HI-BUILD 58030

Descrição:	HEMUCRYL ENAMEL HI-BUILD 58030 é uma tinta baseada numa dispersão acrílica de base aquosa. Produz um revestimento brilhante, sem tendência para o amarelecimento, fraca retenção de sujidade, boa resistência contra a intempérie e elevada retenção de brilho. Adapta-se especialmente à aplicação com pistola airless.
Uso recomendado:	Como acabamento brilhante em sistemas de pintura de base aquosa, em exterior e em interior, em exposição a ambientes de moderado a severamente corrosivos. Para utilização em edifícios deve ser tomada em consideração a sua resistência relativamente elevada à difusão de vapor de água e de dióxido de carbono. Para corrimãos ou similares, recomenda-se como alternativa um revestimento de cura química.
Temperaturas de serviço:	Máxima, seca: 120°C
Aprovações, certificados:	Aprovado como material de propagação lenta de chamas por autoridades britânicas e canadianas. Aprovado como material de propagação lenta de chamas por autoridades dinamarquesas, e espanholas de acordo com a resolução IMO MSC 61 (67). Certificado de Exame do tipo EC, dinamarquês e espanhol. Ver OBSERVAÇÕES. Em conformidade com a Directiva 2004/42/CE, subcategoria i (ver OBSERVAÇÕES no verso).
CONSTANTES FÍSICAS	
Cores / N ^{os} de Cor:	Branco / 10000 (Cores alternativas de acordo com catálogo de cores)
Acabamento:	Brilhante
Volume de sólidos, % :	44 ± 1
Rendimento teórico:	5,9 m ² /litro - 75 µm
Ponto de inflamação:	> 93°C
Massa volúmica:	1,2 kg/litro
Secagem superficial:	aprox. 45 minutos a 20°C (ISO 1517)
Secagem ao tacto:	aprox. 1½ hora a 20°C (Ver OBSERVAÇÕES)
C.O.V.:	5 g/litro
	* Cores alternativas mediante encomenda, ou por afinção automática, em Sistema Multi-Tint
Tempo de armazenagem:	Consultar Notas Explicativas
Nota:	<i>Os valores das constantes físicas são dados nominais de acordo com as fórmulas aprovadas pelo grupo HEMPEL. Poderão variar de acordo com as tolerâncias normais de fabrico, casos em que tal será assinalado, estando os desvios padrão sempre dentro do estipulado pela norma ISO 3534-1. Para maior detalhe consulte nas NOTAS EXPLICATIVAS do Livro Técnico HEMPEL.</i>
PORMENORES DE APLICAÇÃO	
Método de aplicação:	Pistola airless Trincha (Retoques)
Diluyente (vol. max.):	água (5%) HEMUCRYL BRUSH AGENT 99810 (3-8%)
Bico:	.015"-0.019" (Ver OBSERVAÇÕES)
Pressão de saída:	130 bar/1900 psi (Os dados para pistola airless são indicativos e sujeitos a ajustamento)
Limpeza de ferramentas:	Água (Ver INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO)
Espessura do filme, seca:	75 µm (Ver OBSERVAÇÕES)
Espessura do filme, húmida:	175 µm (Ver OBSERVAÇÕES)
Intervalo de recobrimento, min:	2 horas (20°C)
Intervalo de recobrimento, max:	Não tem (Ver OBSERVAÇÕES)
Segurança:	Manusear com cuidado. Antes e durante a utilização, ler e observar as recomendações dos rótulos das embalagens, consultar as fichas de segurança e seguir a regulamentação local ou nacional relativa a segurança. Não ingerir, e evitar a inalação de vapores de solventes e de outros componentes da tinta, bem como o contacto com a pele e os olhos. Devem sempre ser tomadas precauções contra o risco de incêndio ou explosão, bem como com a protecção do ambiente. Aplicar, unicamente em locais bem ventilados.



HEMUCRYL ENAMEL HI-BUILD 58030

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE: Consultar as INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO em separado, para a gama de produtos HEMPEL'S HEMUCRYL.

CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO: Consultar as INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO em separado, para a gama de produtos HEMPEL'S HEMUCRYL.

DEMÃO ANTERIOR: HEMUCRYL PRIMER HI-BUILD 18030, HEMUDUR 18500 de acordo com a especificação. Pode ser precedido de outros tipos de tintas mas é conveniente consultar a Assistência Técnica da HEMPEL. Certos tipos de tintas, envelhecidas, de base solvente podem ser recobertas após se ter efectuado uma limpeza cuidadosa. Revestimentos de cura química, envelhecidos (alquídicos, epoxidicos, de poliuretano) podem igualmente ser recobertos. No entanto, tal recobrimento só se recomenda em caso de exposição futura a ambientes pouco agressivos. Pode ser necessário criar uma certa rugosidade e recomenda-se, em ambos os casos um ensaio numa pequena área.

OBSERVAÇÕES:

COV - Directiva UE 2004/42/CE:

	Como fornecido	Diluição 8% vol.	Limite fase I, 2007	Limite fase II, 2010
COV em g/l	5	10	140	140

COV:

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

Cores: Os **certificados** encontram-se editados com o número de qualidade 5803. Certas cores amarelas e vermelhas, isentas de chumbo, podem descolorir quando expostas a uma atmosfera contendo cloretos. As cores que contêm chumbo podem descolorir quando expostas a atmosferas contendo sulfuretos.

Poderá ser necessário aplicar uma demão extra para se garantir a opacidade total, especialmente para certas cores vermelhas, laranjas, amarelas e verdes, isentas de chumbo.

Espessuras de filme: Pode ser especificado noutra espessura para além da indicada, dependendo do fim a que se destina e da zona de utilização. Deste modo, o rendimento será alterado e poderá ser influenciado o tempo de secagem e o intervalo de recobrimento. A gama normal é 50-100 µm. Quando se pretender aplicar uma espessura seca de 50 µm e para que o filme se forme correctamente, pode ser necessário efectuar uma diluição de 3-5%. Tomar cuidado com a sobrediluição, que pode provocar a formação de "olhos de peixe".

Aplicação: Para uma correcta formação da película devem ser utilizados os bicos dos tamanhos recomendados. Se a aplicação for feita com trincha ou rolo, aplicar livremente. Utilizar trinchas com fibras sintéticas. Os rolos devem ser de mohair ou de esmalte. Para aplicação à trincha, adicionar 3-8%, em volume, de HEMUCRYL BRUSH AGENT 99810.

Recobrimento: Não existe intervalo máximo de recobrimento mas após exposição prolongada a atmosfera poluída, remover a contaminação acumulada por limpeza com água doce a alta pressão e permitir secagem.

OBSERVAÇÕES suplementares: Consultar as INSTRUÇÕES DE APLICAÇÃO em separado, para a gama de produtos HEMPEL'S HEMUCRYL.

Nota: **HEMUCRYL ENAMEL HI-BUILD 58030 destina-se unicamente a uso profissional.**

HEMPEL (Portugal) Lda. - 5803010000C0014

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

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



Informação Técnica

HEMPALIN ENAMEL 52140

Descrição:	HEMPALIN ENAMEL 52140 é um esmalte alquídico brilhante que forma um revestimento resistente à intempérie. É flexível e resistente à água salgada e a derrames de óleos minerais e outros hidrocarbonetos alifáticos.
Uso recomendado:	Como acabamento de usos gerais para superfícies de madeira e aço, em interior e exterior, em exposição a ambiente de pouco a moderadamente corrosivo. Como acabamento em casas da máquina, incluindo motor principal e maquinaria auxiliar.
Temperaturas de serviço:	Máxima, seca: 120°C (estas temperaturas podem causar amarelecimento/descoloração).
Aprovações, certificados:	Aprovado como material de baixa propagação de chamas por autoridades dinamarquesas, francesas, espanholas, e de Singapura, de acordo com a resolução IMO - MSC 61 (67). Certificado de Exame do tipo EC, dinamarquês, francês, espanhol, de Singapura, Malásia e Indonésia. Em conformidade com a Directiva 2004/42/CE, subcategoria i (ver OBSERVAÇÕES no verso).

CONSTANTES FÍSICAS

Cores / N ^{os} de Cor:	Branco / 10000*	Preto / 19990*
Acabamento:	Brilhante	Brilhante
Volume de sólidos, % :	46 ± 1	43 ± 1
Rendimento teórico:	15,3 m ² /litro - 30 µm	14,3 m ² /litro - 30 µm
Ponto de inflamação:	38°C	38°C
Massa volúmica:	1,1 kg/litro	0,9 kg/litro
Secagem superficial:	aprox. 2½ horas a 20°C (ISO 1517)	aprox. 2½ horas a 20°C (ISO 1517)
Secagem ao tacto:	6-8 horas a 20°C	6-8 horas a 20°C
C.O.V.:	430 g/litro	455 g/litro

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

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

PORMENORES DE APLICAÇÃO

Método de aplicação:	Pistola airless	Pistola convencional	Trincha / Rolo
Diluinte (vol. max.):	08230 (5%)	08230 (15%)	08230 (5%) (Ver OBSERVAÇÕES)
Bico:	.018"		
Pressão de saída:	150 bar/2200 psi		
	(Os dados para pistola airless são indicativos e sujeitos a ajustamento)		
Limpeza de ferramentas:	THINNER 08230		
Espessura do filme, seca:	30 µm		
Espessura do filme, húmida:	75 µm		
Intervalo de recobrimento, min:	8 horas (20°C)		
Intervalo de recobrimento, max:	Ver OBSERVAÇÕES		

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

HEMPEL
Informação Técnica



HEMPALIN ENAMEL 52140

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

DEMÃO ANTERIOR: HEMPALIN PRIMER 12050, HEMPALIN PRIMER HI-BUILD 13200, HEMPALIN UNDERCOAT 42460 ou de acordo com a especificação.

DEMÃO SEGUINTE: Nenhuma.

OBSERVAÇÕES:

COV - Directiva UE 2004/42/CE:	Como fornecido	Diluição 5% vol.	Limite fase I, 2007	Limite fase II, 2010
COV:	460	500	600	500

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

Os **certificados** encontram-se editados com o número de qualidade 5214.

Cores: Certas cores amarelas e vermelhas, isentas de chumbo, podem descolorir quando expostas a uma atmosfera contendo cloretos. As cores que contêm chumbo podem descolorir quando expostas a atmosferas contendo sulfuretos. Poderá ser necessário aplicar uma demão extra para se garantir a opacidade total, especialmente para certas cores vermelhas, laranjas, amarelas e verdes, isentas de chumbo.

Espessuras de filme: Pode ser especificado noutra espessura para além da indicada, dependendo do fim a que se destina e da zona de utilização. Deste modo, o rendimento será alterado e poderá ser influenciado o tempo de secagem e o intervalo de recobrimento. A gama normal é 30-40 µm.

Diluição: Para aplicação à pistola pode ser utilizado o THINNER 08080. Corre-se, no entanto, um certo risco de enrugamento da demão fresca anterior de HEMPALIN ENAMEL 52140.

Recobrimento: Intervalos de recobrimento relacionados com as últimas condições de exposição: (30 µm de espessura de filme seco de HEMPALIN ENAMEL 52140)

Temperatura da superfície:	Mínimo		Máximo	
	20°C		20°C	
Recobrimento com: (Números de qualidade)	Atmosfera		Atmosfera	
	Suave	Média	Suave	Média
52140	8 horas	8 horas	não tem	5 dias

Se o intervalo máximo de recobrimento for excedido deverá ser criada uma certa rugosidade na superfície para assegurar a adesão intercadas. Antes de proceder a recobrimento após exposição em ambiente contaminado, limpar completamente a superfície por limpeza com água doce a alta pressão e permitir secagem.

Nota: **HEMPALIN ENAMEL 52140 destina-se unicamente a uso profissional.**

HEMPEL (Portugal) Lda. - 521401000C0018

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

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

ANEXO D -Características das matérias-primas fornecidas pelos fabricantes

Tabela D.1 - Dados das matérias-primas

	Matérias-primas	Peso específico da solução [Kg/l]	Material sólido não volátil [%]	Peso específico da matéria sólida [Kg/l]	Absorção de óleo [g/100g]
1	Acrysol RM-8	1,070	35,00	1,115	
2	Acticide MBS	1,030	2,40	2,400	
3	Água	1,000	0,00		
4	Amónia	0,865	0,00		
5	Anti-terra 204	0,930	52,00	0,950	
6	Bayferrox 130 red Oxide	4,900	100,00	4,900	15,00
7	Beckosol ES 6051-55	0,920	55,00	1,070	
8	Bentone SD-1	1,465	100,00	1,465	
9	BYK 024	1,010	97,00	1,010	
10	BYK 155-35	1,190	35,00	1,840	
11	Calcium Carbonate	2,700	100,00	2,700	15,00
12	Dióxido de titânio	4,050	100,00	4,050	17,00
13	Disper BYK 181	1,040	65,00	1,080	
14	Durham VX 150LF	1,040	60,00	1,210	
15	Fosfato de Zinco	3,300	100,00	3,300	18,00
16	Lubrizol Coating additives GMBH	0,820	22,50	0,950	
17	Maincote HG-54K	1,030	41,50	1,062	
18	Methyl Ketoxime	0,920	0,00		
19	Micro Barites	4,200	100,00	4,200	30,00
20	N-Butanol	0,810	0,00		
21	Nitrito de sódio	2,170	100,00	2,170	
22	Pigmentan 465 M	2,200	100,00	2,200	45,00
23	Pigmentan E	2,350	100,00	2,350	50,00
24	Pigmentan EA	2,250	100,00	2,250	40,00
25	Texanol	0,950	100,00	0,950	
26	Xylene	0,865	0,00		

Tabela D.2 - Especificações de *Pigmentan 465M*

pH	9.7 - 10.5
Tamanho de partícula médio	μm
D (99.9)	<20
D (50)	2.5 – 6.0
Solubilidade [g/100 ml de água]	< 0.4
Humidade [%]	< 2.5
Peso específico [g/ml]	2.20 ± 0.15
Absorção em óleo [g/100g]	55 ± 10

Tabela D.3 - Especificações de *Pigmentan E*

pH	10.0 - 10.8
Tamanho de partícula médio	μm
D (99.9)	15
D (50)	2.0 – 4.0
D (90)	6.5 – 9.0
Solubilidade [g/100 ml de água]	< 0.4
Humidade [%]	< 2.5
Peso específico [g/ml]	2.35 ± 0.10
Absorção em óleo [g/100g]	60 ± 10

Tabela D.4 - Especificações de *Pigmentan EA*

pH	9.5 - 10.2
Tamanho de partícula médio	μm
D (99)	<20
D (50)	2.0 – 4.0
D (90)	6.5 – 10.0
Solubilidade [g/100 ml de água]	< 0.40
Humidade [%]	< 2.5
Peso específico [g/ml]	2.25 ± 0.10
Absorção em óleo [g/100g]	50 ± 10

ANEXO E - Cálculos suplementares

Utilizando a listagem das matérias-primas utilizadas para o fabrico de uma determinada tinta, e sabendo a quantidade utilizada de cada uma é possível, através dos dados da tabela do ANEXO D determinar parâmetros – volume da tinta, quantidade de tinta seca e volume da tinta depois de seca - que serão utilizados na determinação de outros parâmetros, estes últimos são de grande importância para o estudo das tintas.

Sabendo a quantidade (Quant.) utilizada de cada matéria-prima e o peso específico (P.E.) correspondente, determina-se o volume ocupado por essa mesma matéria-prima.

$$Volume = \frac{Quant.}{P.E.}$$

Sabendo a percentagem de matéria não volátil (M. não volátil) de uma determinada matéria-prima, pode-se determinar a quantidade (Quant. Seca) que se irá obter depois da evaporação de todos os materiais voláteis, ou seja a quantidade de matéria seca.

$$Quant. Seca = \frac{Quant. \times M. não volátil}{100}$$

Como se sabe o peso específico (P.E. sol.) do material sólido determina-se o volume seco da mesma maneira como se determinou o volume anterior.

Nas tabelas seguintes encontram-se listadas as matérias-primas utilizadas no fabrico das tintas aquosas e nas tintas de base solvente. E com a ajuda da tabela do ANEXO D construíram-se as tabelas com os respectivos parâmetros para cada tipo tinta.

Tabela E. 1 - Listagem das matérias-primas das tintas de água

	Matérias-Primas	
	PWB09	PWB14
1	Água	Água
2	Disper BYK 181	Disper BYK 181
3	BYK 155-35	BYK 155-35
4	Amónia	Amónia
5	BYK 024	BYK 024
6	Acticide MBS	Acticide MBS
7	Acrysol RM-8	Acrysol RM-8
8	Nitrito de sódio	Nitrito de sódio
9	Dióxido de titânio	Dióxido de titânio
10	Fosfato de Zinco	Pigmentan EA
11	Texanol	Texanol
12	Maincote HG-54K	Maincote HG-54K

Tabela E. 2 - Listagem das matérias-primas das tintas de água

Matérias-Primas			
	PSB06	PSB22	PSB32
1	Beckosol ES 6051-55	Beckosol ES 6051-55	Beckosol ES 6051-55
2	Xylene	Xylene	Xylene
3	Anti-terra 204	Anti-terra 204	Anti-terra 204
4	Lubrizol Coating additives GMBH	Lubrizol Coating additives GMBH	Lubrizol Coating additives GMBH
5	Bentone SD-1	Bentone SD-1	Bentone SD-1
6	Fosfato de Zinco	<i>Pigmentan 465M</i>	<i>Pigmentan E</i>
7	Calcium Carbonate	Calcium Carbonate	Calcium Carbonate
8	Micro Barites	Micro Barites	Micro Barites
9	Bayferrox 130 red Oxide	Bayferrox 130 red Oxide	Bayferrox 130 red Oxide
10	Methyl Ketoxime	Methyl Ketoxime	Methyl Ketoxime
11	Durham VX 150LF	Durham VX 150LF	Durham VX 150LF
12	N-Butanol	N-Butanol	N-Butanol

Para as tintas aquosas temos.

Tabela E. 3 - Propriedades físicas da tinta PWB09

M.P.	Quant. [%]	P. E. [kg/l]	Volume	M. não volátil [%]	Quant. Seca [%]	P.E. sol. [kg/l]	Volume seco	% de volume seco
1	20,10	1,000	20,10	0,00	0,00	-	0,00	0,00
2	0,20	1,040	0,19	65,00	0,13	1,080	0,13	0,42
3	0,50	1,190	0,42	35,00	0,18	1,840	0,15	0,49
4	0,20	0,920	0,22	0,00	0,00	-	0,00	0,00
5	0,20	1,010	0,20	97,00	0,19	1,010	0,19	0,64
6	0,40	1,030	0,39	2,40	0,01	2,400	0,01	0,03
7	0,30	1,070	0,28	35,00	0,11	1,115	0,10	0,33
8	0,10	2,170	0,05	100,00	0,10	2,170	0,05	0,15
9	20,00	4,050	4,94	100,00	20,00	4,050	4,94	16,56
10	4,00	3,300	1,21	100,00	4,00	3,300	1,21	4,06
11	2,00	0,950	2,11	100,00	2,00	0,950	2,11	7,06
12	52,00	1,030	50,49	41,50	21,58	1,062	20,95	70,25
TOTAL	100,00		80,58		48,29		29,82	100,00

Tabela E. 4 - Propriedades físicas da tinta PWB14

M.P.	Quant. [%]	P. E. [kg/l]	Volume	M. não volátil [%]	Quant. Seca [%]	P.E. sol. [kg/l]	Volume seco	% de volume seco
1	20,10	1,000	20,10	0,00	0,00	-	0,00	0,00
2	0,20	1,040	0,19	65,00	0,13	1,080	0,13	0,41
3	0,50	1,190	0,42	35,00	0,18	1,840	0,15	0,48
4	0,20	0,920	0,22	0,00	0,00	-	0,00	0,00
5	0,20	1,010	0,20	97,00	0,19	1,010	0,19	0,63
6	0,40	1,030	0,39	2,40	0,01	2,400	0,01	0,03
7	0,30	1,070	0,28	35,00	0,11	1,115	0,10	0,32
8	0,10	2,170	0,05	100,00	0,10	2,170	0,05	0,15
9	20,00	4,050	4,94	100,00	20,00	4,050	4,94	16,25
10	4,00	2,250	1,78	100,00	4,00	3,300	1,78	5,85
11	2,00	0,950	2,11	100,00	2,00	0,950	2,11	6,93
12	52,00	1,030	50,49	41,50	21,58	1,062	20,95	68,94
TOTAL	100,00		82,15		48,29		30,39	100,00

Em seguida vai ser determinada os valores para as tintas à base de solventes orgânicos.

Tabela E. 5 - Propriedades físicas da tinta PSB06

M.P.	Quant. [%]	P. E. [kg/l]	Volume	M. não volátil [%]	Quant. Seca [%]	P.E. sol. [kg/l]	Volume seco	% de volume seco
1	33,40	0,920	36,30	55,00	18,37	1,070	17,17	48,52
2	5,50	0,865	6,36	0,00	0,00	-	0,00	0,00
3	0,85	0,930	0,91	52,00	0,44	0,950	0,47	1,31
4	0,10	0,820	0,12	22,50	0,02	0,950	0,02	0,07
5	1,00	1,465	0,68	100,00	1,00	1,465	0,68	1,93
6	2,60	3,300	0,79	100,00	2,60	3,300	0,79	2,23
7	23,00	2,700	8,52	100,00	23,00	2,700	8,52	24,07
8	24,45	4,200	5,82	100,00	24,45	4,200	5,82	16,45
9	7,70	4,900	1,57	100,00	7,70	4,900	1,57	4,44
10	0,20	0,920	0,22	0,00	0,00	-	0,00	0,00
11	0,70	1,040	0,67	60,00	0,42	1,210	0,35	0,98
12	0,50	0,810	0,62	0,00	0,00	-	0,00	0,00
TOTAL	100,00		62,59		78,00		35,39	100,00

Tabela E. 6 - Propriedades físicas da tinta PSB22

M.P.	Quant. [%]	P. E. [kg/l]	Volume	M. não volátil [%]	Quant. Seca [%]	P.E. sol. [kg/l]	Volume seco	% de volume seco
1	33,40	0,920	36,30	55,00	18,37	1,070	17,17	47,98
2	5,50	0,865	6,36	0,00	0,00	-	0,00	0,00
3	0,85	0,930	0,91	52,00	0,44	0,950	0,47	1,30
4	0,10	0,820	0,12	22,50	0,02	0,950	0,02	0,07
5	1,00	1,465	0,68	100,00	1,00	1,465	0,68	1,91
6	2,60	2,200	1,18	100,00	2,60	2,200	1,18	3,30
7	23,00	2,700	8,52	100,00	23,00	2,700	8,52	23,81
8	24,45	4,200	5,82	100,00	24,45	4,200	5,82	16,27
9	7,70	4,900	1,57	100,00	7,70	4,900	1,57	4,39
10	0,20	0,920	0,22	0,00	0,00	-	0,00	0,00
11	0,70	1,040	0,67	60,00	0,42	1,210	0,35	0,97
12	0,50	0,810	0,62	0,00	0,00	-	0,00	0,00
TOTAL	100,00		62,98		78,00		35,78	100,00

Tabela E. 7 - Propriedades físicas da tinta PSB32

M.P.	Quant. [%]	P. E. [kg/l]	Volume	M. não volátil [%]	Quant. Seca [%]	P.E. sol. [kg/l]	Volume seco	% de volume seco
1	33,40	0,920	36,30	55,00	18,37	1,070	17,17	48,08
2	5,50	0,865	6,36	0,00	0,00	-	0,00	0,00
3	0,85	0,930	0,91	52,00	0,44	0,950	0,47	1,30
4	0,10	0,820	0,12	22,50	0,02	0,950	0,02	0,07
5	1,00	1,465	0,68	100,00	1,00	1,465	0,68	1,91
6	2,60	2,350	1,11	100,00	2,60	2,350	1,11	3,10
7	23,00	2,700	8,52	100,00	23,00	2,700	8,52	23,86
8	24,45	4,200	5,82	100,00	24,45	4,200	5,82	16,30
9	7,70	4,900	1,57	100,00	7,70	4,900	1,57	4,40
10	0,20	0,920	0,22	0,00	0,00	-	0,00	0,00
11	0,70	1,040	0,67	60,00	0,42	1,210	0,35	0,97
12	0,50	0,810	0,62	0,00	0,00	-	0,00	0,00
TOTAL	100,00		62,98		78,00		35,70	100,00

ANEXO F - Espessura das chapas utilizadas para o ensaio de nevoeiro salino

Tabela F. 1 - Espessura da película seca das chapas utilizados no nevoeiro salino

Chapa	Espessura da película seca (μm)		
	Primário	Acabamento	Espessura total
A	64,5	-	64,5
B	64,5	107,0	171,5
C	85,1	-	85,1
D	85,1	106,9	192,0
E	63,6	-	63,6
F	63,6	78,4	142,0
G	80,3	-	80,3
H	80,3	88,6	168,9
I	86,8	-	86,8
J	86,8	71,4	158,1

ANEXO G - Registos dos valores do ensaio de nevoeiro salino

Tabela G. 1 - Registo do caudal da câmara

Observações	Caudal Médio (ml/h)	Observações	Caudal Médio (ml/h)
Ligou-se a câmara (23/06/09)	-	20° Observação (15/07/09)	1,33
1° Observação (24/06/09 - manhã)	0,7	21° Observação (16/07/09)	1,34
2° Observação (24/06/09 - tarde)	1,86	22° Observação (17/07/09)	1,40
3° Observação (25/06/09)	1,58	23° Observação (1/07/09)	1,53
4° Observação (26/06/09)	1,44	24° Observação (20/07/09)	1,15
5° Observação (27/06/09)	1,54	25° Observação (21/07/09)	1,53
6° Observação (29/06/09)	1,86	26° Observação (22/07/09)	1,48
7° Observação (30/06/09)	1,75	27° Observação (23/07/09)	1,41
8° Observação (01/07/09)	1,75	28° Observação (24/07/09)	1,42
9° Observação (02/07/09)	1,75	29° Observação (25/07/09)	1,50
10° Observação (03/07/09)	1,71	30° Observação (27/07/09)	1,05
11° Observação (04/07/09)	1,63	31° Observação (28/07/09)	1,25
12° Observação (06/07/09)	1,57	32° Observação (29/07/09)	1,40
13° Observação (07/07/09)	1,89	33° Observação (30/07/09)	1,57
14° Observação (08/07/09)	1,57	34° Observação (31/07/09)	1,50
15° Observação (09/07/09)	1,29	35° Observação (01/08/09)	1,50
16° Observação (10/07/09)	0,83	36° Observação (03/08/09)	1,50
17° Observação (11/07/09)	1,11		
18° Observação (13/07/09)	1,06		
19° Observação (14/07/09)	1,22		

ANEXO H -Especificações das tintas estudadas

A informação que seguidamente se apresenta teve como base os dados utilizados ao longo do trabalho. O esquema recomendado corresponde ao esquema utilizado nas chapas a analisar e o rendimento foi calculado em função da espessura desse esquema.

INFORMAÇÃO TÉCNICA

Nome da tinta: PWB09

Identificação Técnica:	Tinta anticorrosiva de base aquosa constituída por pigmentos a base de fosfato de zinco. Classificação como grupo i) segundo a Directiva 2004/42/CE.
Campo de Utilização:	Destina-se a ser utilizado como aplicação directa ao metal como demão de primário.

CONSTANTES FÍSICAS

Especificações

Finura:	20 µm
Viscosidade, medida a 25°C:	75 ± 3 KU
Peso específico, medida a 25°C:	1,196 g/cm ³
Escorrimento:	13
Tempo de secagem:	15 minutos
Cor:	Branco
Acabamento:	Semi-brilho
Brilho: (60°/85°, em vidro)	40,9% / 54,0%

Informações Gerais

% Sólidos em peso	48,29
% Sólidos em volume:	37,01
PVC	20,62
CPVC	58,26
Rendimento teórico:	8,0 m ² /l
COV:	2,37 g/l

PORMENORES DE APLICAÇÃO

Método de aplicação:	Pistola convencional
Diluinte (vol. Max.):	Água (6,5%)
Limpeza de ferramentas:	Água
Espessura do filme, seca:	46 µm
Espessura do filme, húmida:	125 µm
Acabamento recomendado:	Hemucryl Enamel Hi-build 58030

SEGURANÇA

- ✓ Deve-se ter cuidado ao manusear este produto.
 - ✓ Seguir as recomendações apresentadas nos rótulos das embalagens, consultar as respectivas fichas de segurança e seguir a regulamentação local relativa a segurança.
 - ✓ Não ingerir, evitar a inalação de vapores de solventes e de outros componentes da tinta, evitar o contacto com a pele e os olhos, usar sempre equipamento de protecção adequado. Manter fora do alcance das crianças.
 - ✓ Tomar precauções contra o risco de incêndio ou explosão.
 - ✓ Tomar precauções com a protecção do ambiente. Não deitar os resíduos no esgoto.
 - ✓ Utilizar somente em locais bem ventilados.
 - ✓ Conserve a embalagem bem fechada e em local apropriado.
-

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE:

- ✓ A superfície deve estar bem seca, limpa e isenta de corrosão, poeiras e gorduras.
 - ✓ Decapagem por jacto abrasivo ou grau Sa_{2 1/2} é o ideal.
-

CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

Pode ser aplicado directamente sobre as superfícies de aço, como demão de primários.

ESQUEMA RECOMENDADO

Imediatamente a seguir à preparação de superfície, deve-se aplicar uma camada de PWB09, para evitar que o substrato volte a oxidar-se.

Após o tempo necessário de secagem, aplicar outra camada de PWB09.

ESPESSURAS DE FILME

Recomenda-se que seja aplicado a 46 μm secos.

OBSERVAÇÕES

COV – Directiva EU 2004/42/CE:

	Como fornecido	Diluição 6,5% vol.	Limite fase I, 2007	Limite fase II, 2010
COV em g/l	2,37	2,25	140	140

INFORMAÇÃO TÉCNICA

Nome da tinta: PWB14

Identificação Técnica: Tinta anticorrosiva de base aquosa constituída por pigmentos a base de Pigmentan EA. Classificação como grupo i) segundo a Directiva 2004/42/CE.

Campo de Utilização: Destina-se a ser utilizado como aplicação directa ao metal como demão de primário.

CONSTANTES FÍSICAS

Especificações

Finura:	20 μm
Viscosidade, medida a 25°C:	105 \pm 6 KU
Peso específico, medida a 25°C:	1,218 g/cm ³
Escorrimento:	14
Tempo de secagem:	15 minutos
Cor:	Branco
Acabamento:	Semi-brilho
Brilho: (60°/85°, em vidro)	33,4% / 49,7%

Informações Gerais

% Sólidos em peso	48,29
% Sólidos em volume:	37,45
PVC	22,10
CPVC	55,67
Rendimento teórico:	8,0 m ² /l
COV:	2,41 g/l

PORMENORES DE APLICAÇÃO

Método de aplicação:	Pistola convencional
Diluinte (vol. Max.):	Água (6,5%)
Limpeza de ferramentas:	Água
Espessura do filme, seca:	47 μm
Espessura do filme, húmida:	125 μm
Acabamento recomendado:	Hemucryl Enamel Hi-build 58030

SEGURANÇA

- ✓ Deve-se ter cuidado ao manusear este produto.
- ✓ Seguir as recomendações apresentadas nos rótulos das embalagens, consultar as respectivas fichas de segurança e seguir a regulamentação local relativa a segurança.
- ✓ Não ingerir, evitar a inalação de vapores de solventes e de outros componentes da tinta, evitar o contacto com a pele e os olhos, usar sempre equipamento de protecção adequado. Manter fora do alcance das crianças.
- ✓ Tomar precauções contra o risco de incêndio ou explosão.
- ✓ Tomar precauções com a protecção do ambiente. Não deitar os resíduos no esgoto.
- ✓ Utilizar somente em locais bem ventilados.
- ✓ Conserve a embalagem bem fechada e em local apropriado.

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE:

- ✓ A superfície deve estar bem seca, limpa e isenta de corrosão, poeiras e gorduras.
- ✓ Decapagem por jacto abrasivo ou grau Sa_{2 1/2} é o ideal.

CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

Pode ser aplicado directamente sobre as superfícies de aço, como demão de primários.

ESQUEMA RECOMENDADO

Imediatamente a seguir à preparação de superfície, deve-se aplicar uma camada de PWB22, para evitar que o substrato volte a oxidar-se.

Após o tempo necessário de secagem, aplicar outra camada de PWB22.

ESPESSURAS DE FILME

Recomenda-se que seja aplicado a 47 µm secos.

OBSERVAÇÕES

COV – Directiva EU 2004/42/CE:

	Como fornecido	Diluição 6,5% vol.	Limite fase I, 2007	Limite fase II, 2010
COV em g/l	2,41	2,30	140	140

INFORMAÇÃO TÉCNICA

Nome da tinta: PSB06

Identificação Técnica: Tinta anticorrosiva à base de resina alquídica constituída por pigmentos a base de fosfato de zinco. Classificação como grupo i) segundo a Directiva 2004/42/CE.

Campo de Utilização: Destina-se a ser utilizado como aplicação directa ao metal como demão de primário.

CONSTANTES FÍSICAS

Especificações

Finura:	25 μm
Viscosidade, medida a 25°C:	86,8 \pm KU
Peso específico, medida a 25°C:	1,487 g/cm ³
Escorrimento:	>18
Tempo de secagem:	2 horas
Cor:	Vermelho
Acabamento:	Fosco
Brilho: (60°/85°, em vidro)	2,7% / 6,8%

Informações Gerais

% Sólidos em peso	78,00
% Sólidos em volume:	56,54
PVC	47,19
CPVC	55,72
Rendimento teórico:	13,3 m ² /l
COV:	296 g/l

PORMENORES DE APLICAÇÃO

Método de aplicação:	Pistola convencional
Diluinte (vol. Max.):	Xylene (7,5%)
Limpeza de ferramentas:	Xylene
Espessura do filme, seca:	42 μm
Espessura do filme, húmida:	75 μm
Acabamento recomendado:	Hempalin Enamel 52140

SEGURANÇA

- ✓ Deve-se ter cuidado ao manusear este produto.
- ✓ Seguir as recomendações apresentadas nos rótulos das embalagens, consultar as respectivas fichas de segurança e seguir a regulamentação local relativa a segurança.
- ✓ Não ingerir, evitar a inalação de vapores de solventes e de outros componentes da tinta, evitar o contacto com a pele e os olhos, usar sempre equipamento de protecção adequado. Manter fora do alcance das crianças.
- ✓ Tomar precauções contra o risco de incêndio ou explosão.
- ✓ Tomar precauções com a protecção do ambiente. Não deitar os resíduos no esgoto.
- ✓ Utilizar somente em locais bem ventilados.
- ✓ Conserve a embalagem bem fechada e em local apropriado.

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE:

- ✓ A superfície deve estar bem seca, limpa e isenta de corrosão, poeiras e gorduras.
- ✓ Decapagem por jacto abrasivo ou grau Sa_{2 1/2} é o ideal.

CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

Pode ser aplicado directamente sobre as superfícies de aço, como demão de primários.

ESQUEMA RECOMENDADO

Imediatamente a seguir à preparação de superfície, deve-se aplicar uma camada de PSB06, para evitar que o substrato volte a oxidar-se.

Após o tempo necessário de secagem, aplicar outra camada de PSB06.

ESPESSURAS DE FILME

Recomenda-se que seja aplicado a 42 µm secos.

OBSERVAÇÕES

COV – Directiva EU 2004/42/CE:

	Como fornecido	Diluição 7,5% vol.	Limite fase I, 2007	Limite fase II, 2010
COV em g/l	296	348	600	500

INFORMAÇÃO TÉCNICA

Nome da tinta: PSB22

Identificação Técnica: Tinta anticorrosiva à base de resina alquídica constituída por pigmentos a base de *Pigmentan* 465 M. Classificação como grupo i) segundo a Directiva 2004/42/CE.

Campo de Utilização: Destina-se a ser utilizado como aplicação directa ao metal como demão de primário.

CONSTANTES FÍSICAS

Especificações

Finura:	25 μm
Viscosidade, medida a 25°C:	92,7 \pm KU
Peso específico, medida a 25°C:	1,541 g/cm ³
Escorrimento:	>25
Tempo de secagem:	30 minutos
Cor:	Vermelho
Acabamento:	Fosco
Brilho: (60°/85°, em vidro)	2,3% / 8,4%

Informações Gerais

% Sólidos em peso	78,00
% Sólidos em volume:	56,81
PVC	47,77
CPVC	54,94
Rendimento teórico:	13,3 m ² /l
COV:	307 g/l

PORMENORES DE APLICAÇÃO

Método de aplicação:	Pistola convencional
Diluyente (vol. Max.):	Xylene (7,5%)
Limpeza de ferramentas:	Xylene
Espessura do filme, seca:	43 μm
Espessura do filme, húmida:	75 μm
Acabamento recomendado:	Hempalin Enamel 52140

SEGURANÇA

- ✓ Deve-se ter cuidado ao manusear este produto.
- ✓ Seguir as recomendações apresentadas nos rótulos das embalagens, consultar as respectivas fichas de segurança e seguir a regulamentação local relativa a segurança.
- ✓ Não ingerir, evitar a inalação de vapores de solventes e de outros componentes da tinta, evitar o contacto com a pele e os olhos, usar sempre equipamento de protecção adequado. Manter fora do alcance das crianças.
- ✓ Tomar precauções contra o risco de incêndio ou explosão.
- ✓ Tomar precauções com a protecção do ambiente. Não deitar os resíduos no esgoto.
- ✓ Utilizar somente em locais bem ventilados.
- ✓ Conserve a embalagem bem fechada e em local apropriado.

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE:

- ✓ A superfície deve estar bem seca, limpa e isenta de corrosão, poeiras e gorduras.
- ✓ Decapagem por jacto abrasivo ou grau Sa_{2 1/2} é o ideal.

CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

Pode ser aplicado directamente sobre as superfícies de aço, como demão de primários.

ESQUEMA RECOMENDADO

Imediatamente a seguir à preparação de superfície, deve-se aplicar uma camada de PSB22, para evitar que o substrato volte a oxidar-se.

Após o tempo necessário de secagem, aplicar outra camada de PSB22.

ESPESSURAS DE FILME

Recomenda-se que seja aplicado a 43 µm secos.

OBSERVAÇÕES

COV – Directiva EU 2004/42/CE:

	Como fornecido	Diluição 7,5% vol.	Limite fase I, 2007	Limite fase II, 2010
COV em g/l	307	361	600	500

INFORMAÇÃO TÉCNICA

Nome da tinta: PSB32

Identificação Técnica: Tinta anticorrosiva à base de resina alquídica constituída por pigmentos a base de *Pigmentan E*. Classificação como grupo i) segundo a Directiva 2004/42/CE.

Campo de Utilização: Destina-se a ser utilizado como aplicação directa ao metal como demão de primário.

CONSTANTES FÍSICAS

Especificações

Finura:	25 µm
Viscosidade, medida a 25°C:	101,4 ± KU
Peso específico, medida a 25°C:	1,564 g/cm ³
Escorrimento:	>25
Tempo de secagem:	30 minutos
Cor:	Vermelho
Acabamento:	Fosco
Brilho: (60°/85°, em vidro)	2,5% / 6,8%

Informações Gerais

% Sólidos em peso	78,00
% Sólidos em volume:	56,76
PVC	47,66
CPVC	54,58
Rendimento teórico:	13,3 m ² /l
COV:	311 g/l

PORMENORES DE APLICAÇÃO

Método de aplicação:	Pistola convencional
Diluinte (vol. Max.):	Xylene (7,5%)
Limpeza de ferramentas:	Xylene
Espessura do filme, seca:	43 µm
Espessura do filme, húmida:	75 µm
Acabamento recomendado:	Hempalin Enamel 52140

SEGURANÇA

- ✓ Deve-se ter cuidado ao manusear este produto.
- ✓ Seguir as recomendações apresentadas nos rótulos das embalagens, consultar as respectivas fichas de segurança e seguir a regulamentação local relativa a segurança.
- ✓ Não ingerir, evitar a inalação de vapores de solventes e de outros componentes da tinta, evitar o contacto com a pele e os olhos, usar sempre equipamento de protecção adequado. Manter fora do alcance das crianças.
- ✓ Tomar precauções contra o risco de incêndio ou explosão.
- ✓ Tomar precauções com a protecção do ambiente. Não deitar os resíduos no esgoto.
- ✓ Utilizar somente em locais bem ventilados.
- ✓ Conserve a embalagem bem fechada e em local apropriado.

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE:

- ✓ A superfície deve estar bem seca, limpa e isenta de corrosão, poeiras e gorduras.
- ✓ Decapagem por jacto abrasivo ou grau Sa_{2 1/2} é o ideal.

CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

Pode ser aplicado directamente sobre as superfícies de aço, como demão de primários.

ESQUEMA RECOMENDADO

Imediatamente a seguir à preparação de superfície, deve-se aplicar uma camada de PWB32, para evitar que o substrato volte a oxidar-se.

Após o tempo necessário de secagem, aplicar outra camada de PWB32.

ESPESSURAS DE FILME

Recomenda-se que seja aplicado a 43 µm secos.

OBSERVAÇÕES

COV – Directiva EU 2004/42/CE:

	Como fornecido	Diluição 7,5% vol.	Limite fase I, 2007	Limite fase II, 2010
COV em g/l	311	367	600	500