



**ISEL**

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

## **Otimização dos métodos de dispersão de tintas aquosas**

**DANIELA PATRÍCIA GONÇALVES CARVALHO**

Licenciada em Engenharia Química e Biológica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química e  
Biológica – Perfil de Processos Químicos

Orientador (es):

Mestre Ana Pereira

Doutor José Coelho

Júri:

Presidente: Doutor Rui Manuel Gouveia Filipe

Vogais:

Doutora Susana Paula dos Santos Carvalho Piçarra

Doutora Ângela Maria Pereira Martins Nunes

Mestre/Especialista Ana Filipa Pereira

**Janeiro 2024**

## **Otimização dos métodos de dispersão de tintas aquosas**

**DANIELA PATRÍCIA GONÇALVES CARVALHO**

Licenciada em Engenharia Química e Biológica

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química e Biológica – Perfil de Processos Químicos

Orientador (es):

Mestre Ana Pereira

Doutor José Coelho

Júri:

Presidente: Doutor Rui Manuel Gouveia Filipe

Vogais:

Doutora Susana Paula dos Santos Carvalho Piçarra

Doutora Ângela Maria Pereira Martins Nunes

Mestre/Especialista Ana Filipa Pereira

**Janeiro 2024**

## Resumo

O processo de fabrico de uma tinta divide-se essencialmente em três etapas sendo elas a pré-mistura, a dispersão e o acabamento. Nesta dissertação, o foco do trabalho é a etapa de dispersão. A dispersão da tinta é um processo altamente complexo e refere-se à distribuição dos pigmentos e cargas ao longo de um meio líquido e que consiste na redução do tamanho de partícula dos pigmentos através de mecanismos químicos, físicos e forças mecânicas. Pretende-se que a diminuição dos aglomerados de partículas seja o maior possível, pois isso aumentará a qualidade da dispersão e o desempenho dos pigmentos e cargas.

Assim a análise das matérias-primas chave para ajudar na dispersão (aditivos dispersantes), que consistem em diferentes substâncias químicas, foram estudadas em diferentes dosagens, tendo sido delineado um plano experimental com as diferentes substâncias químicas em diferentes proporções e identificou-se os ensaios que contribuem para a verificação de uma correta dispersão para além da caracterização normal das tintas.

Uma das matérias-primas responsável por propriedades como poder de cobertura, brancura, resistência e durabilidade das tintas é o dióxido de titânio. Esta matéria-prima trata-se de um pigmento muito utilizado nas tintas, é um sólido que tem de ser disperso num meio aquoso de forma a alcançar um tamanho de partícula para que as características acima referidas obtenham a sua maior eficácia. Assim, a dispersão do dióxido de titânio, entre outros componentes, é uma etapa fundamental no fabrico de tintas.

Fabricaram-se três tintas diferentes, sendo uma delas uma tinta de interior para tetos, uma tinta de acabamento para interior/exterior e uma tinta plástica aquosa para paredes interiores. O estudo foi feito de forma idêntica para todas, estudando as mesmas substâncias químicas. Relativamente às quantidades de substâncias químicas estudadas estas sofreram alterações, para as duas primeiras tintas foram estudadas exatamente as mesmas quantidades, a segunda tinta foi ainda preparada com uma combinação dos melhores dispersantes e dos melhores molhantes/dispersantes tendo sido ajustadas as quantidades ao teor em sólidos. Finalmente uma última tinta foi estudada através de uma combinação de dispersantes em quantidades adaptadas ao teor em sólidos. Todas as tintas fabricadas foram caracterizadas e comparadas com o seu respetivo padrão de fábrica.

Verifica-se que de uma forma geral foi obtida uma boa dispersão em todas as tintas, de acordo com os resultados obtidos. As características essenciais que nos permitem identificar se a dispersão foi completa são a opacidade em seco (propriedade em que o dióxido de titânio contribui mais) e os testes de distribuição de tamanho de partículas, sendo que a análise por difração a laser não foi conclusiva.

De uma maneira genérica, pode-se concluir que os melhores dispersantes são diferentes de acordo com as tintas a preparar, uma vez que as mesmas apresentam componentes diferentes, distintas formulações e conseqüentemente, díspares interações químicas.

**Palavras-Chave:** Dióxido de titânio; Tintas aquosas; Processo de Dispersão; Dispersante

## **Abstract**

The paint manufacturing process is essentially divided into three stages: pre-mixing, dispersing and finishing. In this dissertation, the focus is on the dispersion stage. Paint dispersion is a highly complex process and refers to the distribution of pigments and fillers throughout a liquid medium. It consists of reducing the particle size of the pigments through chemical and physical mechanisms and mechanical forces. The aim is to reduce particle agglomerates as much as possible, as this will increase the quality of the dispersion and the performance of the pigments and fillers.

Therefore, the analysis of critical raw materials to help with dispersion (dispersant additives), which consist of different chemical substances, was studied in different dosages. An experimental plan was drawn up with the different chemical substances in different portions and the tests that contribute to correct dispersion were identified, in addition to the routine characterization of the paints.

One of the raw materials responsible for properties such as covering power, whiteness, resistance and durability of paints is titanium dioxide. This raw material is pigment widely used in paints. A solid must be dispersed in an aqueous medium to reach a particle size so that the above-mentioned characteristics are most effective. Thus, the dispersion of titanium dioxide, among other components, is a fundamental stage in manufacturing paints.

Three different paints were manufactured: an interior paint for ceilings, a finishing paint for interior/exterior and an aqueous plastic paint for interior walls. The study was carried out the same way for all of them, studying the same chemical substances. About the quantities of chemical substances studied, were adjusted. For the first two paints, the same quantities were studied, while the second paint was prepared with a combination of the best dispersants and the best wetting/dispersing agents, and the quantities were adjusted to the solids content. Finally, the last paint was studied using a combination of dispersants in quantities adapted to the solids content. All the paints manufactured were characterized and compared with their respective factory standard.

Based on the obtained results, it can be concluded that good dispersion was achieved in all of the paints. Dry opacity, which is mostly contributed by titanium dioxide, and particle size distribution tests are the main characteristics that allow us to identify whether the dispersion was complete, while laser diffraction analysis was inconclusive and could not provide any conclusive evidence.

It is evident that the best dispersants for paint preparation differ depending on the specific components, formulations and chemical interactions involved.

**KeyWords:** Titanium dioxide; Aqueous paints; Dispersion process; Dispersant

## Índice

Resumo.....	3
Abstract .....	5
1. Enquadramento.....	15
1.1. A Empresa.....	16
1.2. Objetivo do projeto.....	16
2. Introdução .....	18
2.1. Tinta .....	18
2.2. Componentes de uma tinta .....	18
2.2.1. Pigmentos.....	18
2.2.2. Cargas.....	21
2.2.3. Veículo fixo, Resinas .....	22
2.2.4. Solventes e Diluentes .....	22
2.2.5. Aditivos .....	23
a) Biocidas.....	24
b) Secantes.....	25
c) Agentes anti pele .....	25
d) Estabilizadores do comportamento dos revestimentos expostos à luz solar .....	25
e) Molhantes e dispersantes.....	26
e.1. Tipos de dispersantes .....	28
e.1.1. Dispersantes de baixo peso molecular.....	28
e.1.2. Dispersantes de alto peso molecular .....	29
f) Agentes tixotrópicos e anti sedimento.....	30
g) Espessantes.....	31
h) Agentes Anti Espuma.....	31
i) Reguladores de pH .....	33
2.3. Etapas de produção de tinta.....	33
2.3.1. Dispersão de pigmentos e cargas.....	33
2.3.1.1. Processo de dispersão.....	34
2.3.1.2. Parâmetros que afetam o processo de dispersão.....	35
2.3.1.3. Etapas do processo de dispersão .....	37
a) Fase 1 – Humectação: .....	37
b) Fase 2 - Dispersão: .....	38
c) Fase 3 - Estabilização:.....	38
2.3.1.4. Eficiência de dispersão .....	42
2.4. Principais propriedades de tintas de interior e exterior .....	43

3.	Metodologias Experimentais de Preparação das Tintas .....	44
3.1.	Método de Fabrico utilizado .....	47
4.	Metodologias Experimentais de Caracterização das Tintas .....	50
4.1.	Testes Gerais de caracterização do produto .....	50
4.1.1.	Viscosidade Stormer .....	50
4.1.2.	Viscosidade ICI.....	50
4.1.3.	Viscosidade Brookfield .....	51
4.1.4.	pH.....	52
4.1.5.	Massa Volúmica.....	53
4.1.6.	Determinação dos teores de matérias voláteis e não voláteis.....	53
4.1.7.	Poder de cobertura de uma película seca – Método da Espessura constante .....	54
4.1.8.	Índice de Brancura – Método do Computador de cor .....	55
4.1.9.	Brilho.....	55
4.1.10.	Avaliação da dispersão.....	56
4.1.11.	Observação visual do filme .....	56
4.1.12.	Avaliação da opacidade em húmido.....	56
4.1.13.	Absorção de água – Tintas não flexíveis.....	57
4.1.14.	Salpicos .....	58
4.1.15.	Avaliação do tempo aberto e do tempo de secagem.....	60
4.2.	Testes Gerais às Bases.....	61
4.2.1.	Teste da Molhagem Sistema CTS .....	61
4.2.2.	Inspeção de Bases Sistema CTS.....	62
4.2.3.	Teste de Compatibilidade Sistema CTS.....	62
4.2.4.	Reprodução de Cor.....	63
4.3.	Testes de análise da distribuição de tamanho das partículas .....	63
4.3.1.	Microscópio ótico.....	63
4.3.2.	Microscopia Eletrónica de Transmissão.....	63
4.3.3.	Difração a laser.....	64
4.4.	Teste de Estabilidade.....	65
4.5.	Testes para determinação de quantidade ótima de dispersante .....	65
5.	Resultados e Discussão .....	67
5.1.	Tinta A .....	67
5.1.1.	Resultados por Difração a laser para MP's: .....	71
5.1.2.	Resultados por Difração a laser para as Tintas: .....	73
5.1.3.	Resultados de Viscosidade ICI:.....	78
5.1.4.	Resultados de Opacidade em seco: .....	78

5.1.5.	Resultados de Brancura:.....	79
5.1.6.	Resultados de Opacidade em húmido: .....	80
5.1.7.	Resultados de Outras Propriedades: .....	80
5.1.8.	Resultados de Estabilidade:.....	84
5.1.9.	Resultados de Secagem BK: .....	86
5.2.	Tinta B – Branco .....	87
5.2.1.	Resultados de Viscosidade ICI:.....	90
5.2.2.	Resultados de Brancura:.....	91
5.2.3.	Resultados de Opacidade em seco: .....	92
5.2.4.	Resultados de Opacidade em húmido: .....	92
5.2.5.	Resultados de Viscosidade ICI:.....	93
5.2.6.	Resultados de Brancura:.....	94
5.2.7.	Resultados de Opacidade em seco: .....	95
5.2.8.	Resultados de Opacidade em húmido: .....	95
5.2.9.	Resultados de Estabilidade:.....	96
5.2.10.	2ªFase: .....	98
5.2.10.1.	Resultados de Viscosidade ICI:.....	99
5.2.10.2.	Resultados de Opacidade em Seco:.....	99
5.2.10.3.	Resultados de Brancura:.....	100
5.2.10.4.	Resultados de Opacidade em Húmido: .....	100
5.2.10.5.	Resultados de Outras Propriedades:.....	100
5.2.10.6.	Resultados de Secagem BK:.....	104
5.2.10.7.	Resultados de Estabilidade:.....	105
5.2.11.	Método de teste para determinação de quantidade ótima de dispersante: .....	107
5.2.11.1.	Resultados Viscosidade ICI: .....	108
5.2.11.2.	Resultados de Brancura:.....	109
5.2.11.3.	Resultados de Opacidade em Seco:.....	109
5.2.11.4.	Resultados de Opacidade em Húmido: .....	110
5.2.11.5.	Resultados de Outras Propriedades:.....	110
5.2.11.6.	Resultados de Secagem BK:.....	115
5.2.11.7.	Resultados de Estabilidade:.....	115
5.3.	Tinta B – Base.....	117
5.3.1.	Resultados de Viscosidade ICI:.....	118
5.3.2.	Resultados de Opacidade em Seco:.....	119
5.3.3.	Resultados de Força: .....	119
5.3.4.	Resultados de Outras Propriedades: .....	120

5.3.5.	Resultados de Molhagem e Reprodução de Cor: .....	122
5.3.6.	Resultados de Compatibilidades: .....	123
5.3.7.	Resultados de Estabilidade:.....	124
5.3.8.	Resultados de Secagem BK: .....	126
5.4.	Tinta C – Branco .....	126
5.4.1.	Resultados de Viscosidade ICI:.....	127
5.4.2.	Resultados de Opacidade em Seco:.....	128
5.4.3.	Resultados de Brancura:.....	128
5.4.4.	Resultados de Opacidade em Húmido: .....	129
5.4.5.	Resultados de Outras Propriedades:.....	129
5.4.6.	Resultados de Secagem BK: .....	134
5.4.7.	Resultados de Estabilidade:.....	134
5.5.	Tinta C – Base.....	136
5.5.1.	Resultados de Viscosidade ICI:.....	138
5.5.2.	Resultados de Opacidade em Seco:.....	138
5.5.3.	Resultados de Força: .....	139
5.5.4.	Resultados de Outras Propriedades:.....	139
5.5.5.	Resultados de Molhagem e Reprodução de Cor: .....	141
5.5.6.	Resultados de Compatibilidades: .....	142
5.5.7.	Resultados de Secagem BK: .....	144
5.5.8.	Resultados de Estabilidade:.....	144
6.	Conclusões .....	147
7.	Referências bibliográficas .....	149
8.	Anexos.....	151
8.1.	Resultados globais da Tinta A 1ªfase .....	151
8.2.	Resultados globais da Tinta B - Branco 1ªfase.....	154
8.3.	Resultados globais da Tinta B - Branco Otimizada .....	158
8.4.	Resultados globais da Tinta B - Base 1ªfase .....	159
8.5.	Resultados globais da Tinta C - Branco 1ªfase.....	160
8.6.	Resultados globais da Tinta C - Base 1ªfase .....	161

## Índice de Figuras

Figura 1 - Componentes de uma tinta .....	18
Figura 2 – Dispersão Sem aditivo Dispersante: mistura inicial (esquerda); adição dos pigmentos e cargas dificultada (direita).....	26

Figura 3 - Dispersão Com aditivo Dispersante: adição do dispersante (esquerda);dispersão facilitada (direita) .....	27
Figura 4 - Estabilidade a longo prazo.....	27
Figura 5 – Compatibilidade sem dispersante e com dispersante, respetivamente.....	28
Figura 6 - Diferentes comportamentos consoante as curvas de variação da Viscosidade com a Razão de Corte .....	30
Figura 7 - Defeitos numa película causados pela espuma.....	32
Figura 8 - Forma de atuar de um aditivo Anti Espuma em tintas aquosas: bolas vermelhas correspondem ao anti espuma, as linhas vermelhas são o trajeto percorrido pelo anti espuma e as bolas azuis correspondem ao surfactante. ....	32
Figura 9 - Esquema das etapas de produção de tinta.....	33
Figura 10 - Processo de Dispersão .....	35
Figura 11 - Exemplo de um dispersor e de um disco, respetivamente .....	35
Figura 12 – Vórtice criado pela rotação do disco.....	36
Figura 13 – Modelo de dimensionamento da geometria da panela em relação ao diâmetro do disco .....	37
Figura 14 – Pigmentos floculados e Pigmentos estabilizados.....	38
Figura 15 - Mecanismos de estabilização.....	39
Figura 16 - Repulsão eletrostática onde a laranja é a partícula de pigmento, a azul a carga negativa e a bege a carga positiva do aditivo dispersante .....	40
Figura 17 - Impedimento estéreo onde a laranja temos a partícula de pigmento e a cauda e cabeça fazem parte do aditivo. ....	40
Figura 18 - Aditivos que funcionam por impedimento estéreo com uma cauda e uma cabeça ..	40
Figura 19 - Estabilização mista .....	41
Figura 20 - a) Adição do pigmento ao meio líquido; b) Moléculas do dispersante orientam-se para a superfície das partículas; c) Aglomerados são separados; d) Estabilização .....	41
Figura 21- Dispersor de Tintas constituído por motor elétrico e um eixo vertical onde é colocado a hélice .....	47
Figura 22 - Hélice de mistura.....	47
Figura 23 - Hélice de corte.....	47
Figura 24 – Pré-mistura.....	48
Figura 25 - Após adição de molhantes, dispersantes, cargas e pigmentos .....	48
Figura 26 - Aspeto da tinta no final do fabrico .....	48
Figura 27 - Viscosímetro Stormer e a respetiva hélice .....	50
Figura 28 - Viscosímetro Cone & Plate .....	51
Figura 29 - Fusos do Viscosímetro Brookfield .....	52
Figura 30 - Viscosímetro Brookfield .....	52
Figura 31 - Medidor de pH.....	52
Figura 32 - Densímetro .....	53
Figura 33 – Aparelho MA45 da Sartorius .....	54
Figura 34 - Carta de Morest e aplicação de opacidade.....	55
Figura 35 - Medidor de Brilho .....	56
Figura 36 - Criptómetro de fundo Preto e Branco e cunha .....	57
Figura 37 - Classificação Salpicos: c) 4; d) 3.....	59
Figura 38 - Classificação de salpicos: a) 6; b) 5.....	59
Figura 39 - Classificação Salpicos: e) 2; f) 1 .....	60
Figura 40 - Secagem BK: Realização do teste e Análise dos tempos de secagem.....	61
Figura 41 - Imagens TEM de TiO <sub>2</sub> na fase rutilo (adaptado) .....	64
Figura 42 - Imagens TEM de TiO <sub>2</sub> na fase anátase (adaptado).....	64

Figura 43 – Equipamento Mastersizer 3000.....	65
Figura 44 – Estufa de 40°C onde são guardados os testes de estabilidade.....	65
Figura 45 – Teste de Necessidade de dispersante .....	66
Figura 46 - Gráfico de barras da Opacidade em Seco Tinta A.....	69
Figura 47 - Gráfico de barras da Brancura Tinta A.....	69
Figura 48 - Gráfico de barras da Viscosidade ICI Tinta A.....	70
Figura 49 - Gráfico de barras da Opacidade em húmido Tinta A .....	70
Figura 50 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de TiO <sub>2</sub> .....	71
Figura 51 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Emulsão .....	71
Figura 52 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Carbonato 1 .....	72
Figura 53 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Carbonato 2.....	72
Figura 54 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Silicato de alumínio 2 .....	72
Figura 55 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Silicato 2 .....	73
Figura 56 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Sulfato.....	73
Figura 57 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 43.....	74
Figura 58 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 42.....	74
Figura 59 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 4.....	75
Figura 60 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 7.....	75
Figura 61 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 18.....	75
Figura 62 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 47.....	76
Figura 63 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 48.....	76
Figura 64 - Gráfico de Dispersão da Viscosidade ICI da Tinta A.....	78
Figura 65 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em Seco Tinta A .....	78
Figura 66 - Gráfico de Dispersão de Brancura Tinta A .....	79
Figura 67 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em húmido Tinta A .....	80
Figura 68- Gráfico de Viscosidade Stormer Tinta A .....	81
Figura 69 - Gráfico de pH Tinta A.....	81
Figura 70 - Gráfico de densidade Tinta A.....	82
Figura 71 - Gráfico de teor de sólidos Tinta A.....	82
Figura 72 - Gráfico de Lacagem Tinta A .....	83
Figura 73 - Gráfico de Salpicos Tinta A .....	83
Figura 74 - Gráfico de absorção de água da Tinta A.....	84
Figura 75 - Gráfico de Brilho a 85° Tinta A.....	84
Figura 76 - Gráfico de Viscosidade Stormer Teste Estabilidade Tinta A .....	85
Figura 77 - Gráfico de Viscosidade ICI Teste Estabilidade Tinta A.....	85
Figura 78 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Teste Estabilidade Tinta A.....	86
Figura 79 - Gráfico de barras de Brancura Tinta B Branco .....	89
Figura 80 - Gráfico de barras de Opacidade em Seco Tinta B Branco .....	89
Figura 81 - Gráfico de barras de Opacidade em húmido Tinta B Branco .....	89
Figura 82 - Gráfico de barras de Viscosidade ICI Tinta B Branco .....	89
Figura 83 - Gráfico de Dispersão de Viscosidade ICI Tinta B Branco – Molhante + Dispersante .....	90
Figura 84 - Gráfico de Dispersão de Brancura Tinta B Branco – Molhante + Dispersante.....	91
Figura 85 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em Seco Tinta B Branco – Molhante + Dispersante.....	92
Figura 86 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em húmido Tinta B Branco – Molhante + Dispersante.....	92
Figura 87 - Gráfico de Dispersão de Viscosidade ICI Tinta B Branco - Dispersante.....	93
Figura 88 - Gráfico de Dispersão de Brancura Tinta B Branco - Dispersante .....	94

Figura 89 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em Seco Tinta B Branco - Dispersante .....	95
Figura 90 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em húmido Tinta B Branco - Dispersante.....	95
Figura 91 - Gráfico de Viscosidade Stormer Teste Estabilidade Tinta B Branco .....	96
Figura 92 - Gráfico de Viscosidade ICI Teste Estabilidade Tinta B Branco .....	97
Figura 93 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Teste Estabilidade Tinta B Branco .....	97
Figura 94 - Gráfico de Viscosidade ICI Tinta B Branco - 2ªfase .....	99
Figura 95 - Gráfico de Opacidade em Seco Tinta B Branco - 2ªfase .....	99
Figura 96 - Gráfico de Brancura Tinta B Branco - 2ªfase .....	100
Figura 97 - Gráfico de Opacidade em húmido Tinta B Branco -2ªfase.....	100
Figura 98 – Gráfico de Viscosidade Stormer Tinta B Branco – 2ªfase .....	101
Figura 99 - Gráfico de Brilho Tinta B - Branco - 2ªfase .....	101
Figura 100 - Gráfico de Densidade Tinta B - Branco - 2ªfase.....	102
Figura 101 - Gráfico de pH Tinta B - Branco - 2ªfase .....	102
Figura 102 - Gráfico de Teor de sólidos Tinta B - Branco - 2ªfase.....	103
Figura 103 - Gráfico de Lacagem Tinta B - Branco - 2ªfase.....	103
Figura 104 - Gráfico de Salpicos Tinta B - Branco - 2ªfase.....	104
Figura 105 - Gráfico de Absorção de água da Tinta B - Branco - 2ªfase .....	104
Figura 106 - Gráfico de Viscosidade Stormer Teste Estabilidade Tinta B - Branco 2ªFase .....	105
Figura 107 - Gráfico de Viscosidade ICI Teste Estabilidade Tinta B - Branco 2ªFase.....	106
Figura 108 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Teste Estabilidade Tinta B - Branco 2ªFase.	106
Figura 109 - Gráfico de Necessidade de dispersante .....	107
Figura 110 - Gráfico de Viscosidade ICI Tinta B - Branco otimizada.....	108
Figura 111 - Gráfico de Brancura Tinta B - Branco otimizada.....	109
Figura 112 - Gráfico de Opacidade Tinta B - Branco otimizada .....	109
Figura 113 - Gráfico de Opacidade em húmido Tinta B - Branco otimizada .....	110
Figura 114 - Gráfico de Viscosidade Stormer Tinta B - Branco otimizada .....	110
Figura 115 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Tinta B - Branco otimizada.....	111
Figura 116 - Gráfico de densidade Tinta B - Branco otimizada.....	111
Figura 117 - Gráfico de pH de Tinta B - Branco otimizada .....	112
Figura 118 - Gráfico de Teor de Sólidos Tinta B - Branco otimizada .....	112
Figura 119 - Gráfico de Brilho Tinta B - Branco otimizada .....	113
Figura 120 - Gráfico de Lacagem Tinta B - Branco otimizada .....	113
Figura 121 - Gráfico de Salpicos Tinta B - Branco otimizada .....	114
Figura 122 - Gráfico de Absorção de água Tinta B - Branco otimizada .....	114
Figura 123 - Gráfico de Viscosidade Stormer Teste Estabilidade Tinta B - Branco Otimizado	116
Figura 124 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Teste Estabilidade Tinta B - Branco Otimizado	116
Figura 125 - Gráfico de Viscosidade ICI Teste Estabilidade Tinta B - Branco Otimizado .....	117
Figura 126 - Gráfico de Viscosidade ICI Tinta B Base .....	118
Figura 127 - Gráfico de Opacidade em Seco Tinta B Base.....	119
Figura 128 - Gráfico de Força Tinta B Base .....	119
Figura 129 - Gráfico de Viscosidade Stormer Tinta B Base.....	120
Figura 130 - Gráfico de Teor de sólidos Tinta B Base.....	120
Figura 131 - Gráfico de Densidade Tinta B Base .....	121
Figura 132 - Gráfico de pH Tinta B Base .....	121
Figura 133 - Gráfico de Viscosidade Stormer da Cor Tinta B Base .....	122
Figura 134 - Gráfico de estabilidade Viscosidade Stormer Tinta B – Base.....	124
Figura 135 - Gráfico de estabilidade Viscosidade ICI Tinta B – Base .....	125
Figura 136 - Gráfico de estabilidade Viscosidade Brookfield Tinta B – Base.....	125

Figura 137 - Gráfico de Viscosidade ICI da Tinta C - Branco.....	127
Figura 138 - Gráfico de Opacidade em Seco da Tinta C - Branco.....	128
Figura 139 - Gráfico de Brancura da Tinta C – Branco .....	128
Figura 140 - Gráfico de Opacidade em húmido da Tinta C - Branco .....	129
Figura 141 - Gráfico de Viscosidade Stormer da Tinta C – Branco .....	129
Figura 142 - Gráfico de brilho da Tinta C – Branco .....	130
Figura 143 - Gráfico de Teor de sólidos da Tinta C - Branco.....	130
Figura 144 - Gráfico de Absorção de água da Tinta C – Branco .....	131
Figura 145 - Gráfico de Densidade da Tinta C – Branco .....	131
Figura 146 - Gráfico de pH da Tinta C – Branco.....	132
Figura 147 - Gráfico de Lacagem da Tinta C – Branco .....	132
Figura 148 - Gráfico de Salpicos da Tinta C – Branco .....	133
Figura 149 - Gráfico de Viscosidade Stormer Teste Estabilidade Tinta C – Branco.....	134
Figura 150 - Gráfico de Viscosidade ICI Teste de Estabilidade Tinta C – Branco.....	135
Figura 151 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Teste Estabilidade Tinta C – Branco .....	136
Figura 152 - Gráfico de Viscosidade ICI Tinta C – Base .....	138
Figura 153 - Gráfico de Opacidade em Seco Tinta C - Base .....	138
Figura 154 - Gráfico de Força Tinta C - Base.....	139
Figura 155 - Gráfico de Densidade Tinta C - Base .....	139
Figura 156 - Gráfico de pH Tinta C - Base .....	140
Figura 157 - Gráfico de Viscosidade Stormer Tinta C - Base.....	140
Figura 158 - Gráfico de Teor de sólidos Tinta C – Base.....	141
Figura 159 - Gráfico de Viscosidade Stormer da Cor Tinta C – Base .....	142
Figura 160 - Gráfico de Viscosidade Stormer Estabilidade Tinta C – Base .....	144
Figura 161 - Gráfico de Viscosidade ICI Estabilidade Tinta C – Base.....	145
Figura 162 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Estabilidade Tinta C - Base .....	145

## Índice de Tabelas

Tabela 1- Tintas Fabricadas .....	44
Tabela 2 - Dispersantes estudados, sua natureza química, teor de sólidos e quantidades recomendadas e utilizadas .....	45
Tabela 3 – Tabela de Conversão de D em Rendimento para $K = 0.002$ .....	57
Tabela 4 - Fabricos para Tinta A e respetivas quantidades percentuais de dispersante .....	67
Tabela 5 - Teste 2ª Fase para Tinta A .....	87
Tabela 6 - Fabricos para tinta B - Branco .....	87
Tabela 7 – Fabricos de 2ªfase para Tinta B - Branco .....	98
Tabela 8 - Resultados Secagem BK Tinta B - Branco .....	105
Tabela 9 - Quantidade percentuais de m+d e d em Tinta B - Branco otimizada.....	108
Tabela 10 - Resultados de Secagem BK Tinta B - Branco otimizada.....	115
Tabela 11 - Fabricos para Tinta B - Base.....	117
Tabela 12 - Resultados da Molhagem e Reprodução de Cor para Tinta B - Base .....	122
Tabela 13 - Resultados Compatibilidades Tinta B - Base.....	123
Tabela 14 - Resultados Secagem BK Tinta B - Base .....	126
Tabela 15 - Fabricos de tintas para Tinta C - Branco.....	126
Tabela 16 - Resultados de Secagem BK Tinta C - Branco.....	134
Tabela 17- Fabricos de tintas para Tinta C - Base .....	136
Tabela 18 - Resultados de Molhagem e Reprodução de Cor para Tinta C - Base .....	141

Tabela 19 - Resultados de Compatibilidades Tinta C - Base .....	142
Tabela 20 - Resultados de Secagem BK Tinta C - Base .....	144
Tabela 21 - Resultados Globais Tinta A 1ªfase.....	151
Tabela 22 - Resultados globais Tinta B - Branco 1ªfase .....	154
Tabela 23 - Resultados globais Tinta B - Branco com melhores m+d e d 1ªfase.....	157
Tabela 24 - Resultados globais Tinta B - Branco otimizada.....	158
Tabela 25 - Resultados globais Tinta B -Base com melhores m+d e d 1ªfase .....	159
Tabela 26 - Resultados globais Tinta C - Branco 1ªfase .....	160
Tabela 27 - Resultados Globais Tinta C - Base 1ªfase .....	161

## 1. Enquadramento

A temática das tintas é um tópico em permanente desenvolvimento, sendo que os seus primeiros registos datam há cerca de 25 mil anos, com as primeiras pinturas rupestres feitas pelo Homem. Com o passar do tempo houve o grande desenvolvimento da tecnologia das tintas.

Atualmente existe cada vez mais a necessidade de valorizar bens materiais e, assim, surgem as tintas como uma forma de colmatar essa necessidade. As tintas são um dos componentes que mais contribuem para o aspeto decorativo na realização de ambientes mais agradáveis e atrativos, para proteção e para aumentar a longevidade de algumas estruturas como edifícios, habitações, pontes, entre outros. Cerca de 55 % dos revestimentos produzidos mundialmente são usados para decorar e proteger novas construções, bem como para manter estruturas existentes, incluindo edifícios residenciais, comerciais e fábricas. Outros 35 % dos revestimentos são usados para decorar e/ou proteger produtos industriais. <sup>[1]</sup>

O mercado de tintas e vernizes em Portugal, ao contrário do que acontece a nível global, é um mercado muito concentrado, com as 5 maiores empresas, que incluem algumas multinacionais, a representar 53 % do mercado total (*Amadeus Global Report, 2017*). <sup>[2]</sup>

Os padrões tradicionais de crescimento foram interrompidos em 2020 devido à pandemia de COVID-19. A procura por revestimentos em 2020 caiu ligeiramente nos Estados Unidos, aumentou na Europa Ocidental, tendo diminuído igualmente em cerca de 10 % no Japão. Espera-se que cada mercado cresça, com taxas médias de crescimento anuais de cerca de 2 % no período de 2020 a 2025. <sup>[1]</sup>

Tem havido nos últimos anos um aumento significativo da consciencialização quanto à necessidade de proteção do meio ambiente sendo que a indústria de tintas de revestimentos à base de água deve de crescer de US\$ 75.2 bilhões em 2022 para US\$ 111.10 bilhões em 2030, correspondendo a uma taxa de crescimento anual de 5.72 % durante esse período. <sup>[3]</sup>

O uso de tintas decorativas contribui para a emissão de COV's para a atmosfera e está calculado que dá origem a cerca de 550 000 toneladas de emissões o que representa cerca de 3 % das emissões totais na União Europeia. <sup>[4]</sup>

A indústria de tintas está ativamente à procura de progressos, dirigindo muito dos seus esforços de investigação e desenvolvimento para o objetivo de redução do uso de compostos orgânicos voláteis. As principais opções para a redução dos COV'S são: substituição dos produtos de base solvente por produtos de base aquosa e redução do teor de solvente nos produtos de base solvente, sempre que os produtos aquosos não atinjam a qualidade exigida pelos consumidores.

[4]

Os aditivos, que são usados em níveis baixos nas formulações de tintas, fornecem propriedades desejáveis como melhorar o cheiro, melhorar a dispersão e melhorar as propriedades antibacterianas que, de outra forma, a tinta poderia não ter, etc.

Como a indústria de tintas e revestimentos continua sob pressão das regulamentações ambientais, os fabricantes de revestimentos e tintas estão a reformular continuamente os produtos. Como resultado, a procura por novos aditivos continua a aumentar. O mercado mundial de aditivos para tintas deve ultrapassar US\$ 6 bilhões nos próximos anos. <sup>[5]</sup>

## **1.1. A Empresa**

A empresa Tintas Robbialac SA, fundada em 1931 pertence ao grupo *Cromology*, um dos líderes mundiais na área das Tintas Decorativas.

Desenvolve a sua atividade em quatro grandes áreas de negócio: Tintas Decorativas, Isolamento Térmico, Proteção e Manutenção e Repintura Automóvel.

Opera atualmente com uma fábrica em Lisboa e um armazém no Montijo e uma vasta rede de distribuição com mais de 1500 postos de venda, entre a qual se incluem uma rede integrada de 59 lojas próprias e cerca de 100 revendedores exclusivos. <sup>[6]</sup>

É detentora de um importante portefólio de produtos e marcas muito prestigiadas, das quais se destacam VIP, Viero, Classidur, Cuprinol e Hammerite.

A Robbialac foi o primeiro fabricante a introduzir em Portugal a nova geração de tintas de emulsão (plásticas) com o REP (*Robbialac Emulsion Paint*) e foi a pioneira do mercado particular ao introduzir, nos anos sessenta, as tintas tixotrópicas Magicote e nos anos setenta COLORIZER, o primeiro sistema de tintagem de tintas “decorativas” no mercado nacional. Ainda nos anos setenta introduziu as tintas texturadas, como a Tartaruga, e mais tarde as tintas flexíveis lisas, como o Robbiflex.

Todos estes produtos e muitos outros igualmente conhecidos como Super Rep, Rep, Stucomat, Charme, SMP, constituem autênticos marcos na indústria de tintas em Portugal. <sup>[7]</sup>

O objetivo fundamental da empresa é gerar valor através da excelência e inovação em produtos e serviços de alta qualidade que respondam às necessidades e expectativas de clientes, colaboradores e fornecedores. Tem como missão oferecer ao cliente as melhores e mais eficientes soluções, antecipando as suas necessidades em termos de decoração, e tornando as suas casas mais confortáveis e inovadoras. <sup>[6]</sup>

## **1.2. Objetivo do projeto**

Esta dissertação de mestrado foi realizada em parceria com a Robbialac e teve como principal objetivo estudar a etapa de dispersão do processo de fabrico de tintas aquosas. Pretende-

se otimizar a dispersão de dióxido de titânio, fazendo variar o dispersante e as suas quantidades percentuais a ser utilizadas na formulação e analisar as propriedades de cada tinta, quantificando o impacto que as referidas variações tiveram no índice de qualidade do produto.

## 2. Introdução

### 2.1. Tinta

A Tinta, recorrendo à norma portuguesa NP 41, é definida como composição pigmentada líquida, pastosa ou sólida que, quando aplicada em camada fina sobre uma superfície apropriada, é convertível ao fim de certo tempo, numa película sólida, contínua, corada e opaca. <sup>[4]</sup>

As tintas podem ser de base aquosa ou de base solvente. As tintas aquosas têm como solvente a água que é um solvente inorgânico, já as tintas de base solvente são formuladas com solventes orgânicos. A vantagem de tintas de base aquosa reside na segurança e em termos ecológicos. Neste trabalho, irá ser estudado apenas tintas aquosas.

### 2.2. Componentes de uma tinta

As tintas são constituídas por vários componentes que estão em constante interação quer física quer quimicamente. Dependendo da escolha da formulação, podemos obter variadas tintas com características diferentes. O esquema representado a seguir apresenta os diversos componentes de uma tinta. <sup>[4]</sup>

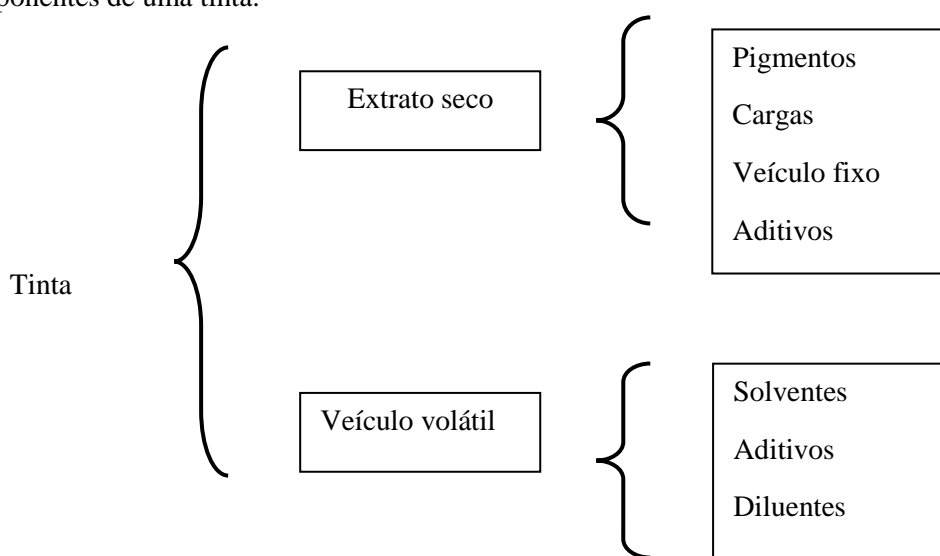


Figura 1 - Componentes de uma tinta <sup>[4]</sup>

#### 2.2.1. Pigmentos

Segundo a norma portuguesa NP 41 pigmentos são substâncias sólidas, em geral finamente divididas, normalmente insolúveis no veículo, usadas na preparação de tintas com o fim de lhes conferir cor e opacidade ou certas características especiais. <sup>[4]</sup>

As características dos pigmentos devem-se à combinação de dois efeitos: absorção e difração da luz visível. A absorção de um determinado comprimento de onda no espectro da luz visível corresponde à capacidade de um pigmento conferir uma tonalidade à tinta onde foi

incorporado, enquanto o fenómeno de difração de luz visível confere à tinta a capacidade de esta se tornar mais ou menos opaca. Resumidamente, a cor de um pigmento é fundamentalmente influenciada pela sua estrutura química e a opacidade é fundamentalmente influenciada pelo índice de refração da luz. <sup>[4,8]</sup>

Para além de proporcionar as propriedades óticas necessárias, os pigmentos contribuem para a resistência à intempérie, para o brilho, para a proteção anticorrosiva, impermeabilidade, devendo ter um custo adequado às exigências de preço dos materiais em que vão ser incorporados e devem ser compatíveis com o meio ambiente e não nocivos para a saúde humana. <sup>[4,8]</sup>

Em termos químicos os pigmentos são classificados em:

- Inorgânicos – pigmentos cuja molécula é constituída por um óxido metálico ou por um sal metálico de um ácido inorgânico. Exemplos: óxido de cobalto (azul), óxido de crómio (verde), óxidos de ferro (amarelos, vermelhos e pretos), dióxido de titânio (branco), cromatos e sulfatos de chumbo, entre outros.
- Orgânicos – pigmentos cuja molécula é orgânica podendo ou não ser encontrados na Natureza. Exemplos: pigmentos azo insolúveis (amarelos, laranjas e vermelhos), pigmentos azo precipitados sob a forma de sais metálicos (escarlates, vermelhos e bordeaux), pigmentos de ftalocianina (azuis e verdes), pigmentos de antraquinona (amarelos, laranjas, violetas e azuis), entre outros. <sup>[4]</sup>

A grande diferença entre os dois tipos de pigmento reside na cor e no brilho. Pigmentos orgânicos possuem cores mais vivas e mais brilhantes, no entanto no que diz respeito à opacidade, estabilidade térmica, entre outras propriedades obtêm piores resultados. Os pigmentos inorgânicos têm uma melhor dispersão, maior poder de cobertura e têm geralmente um custo muito menor que os pigmentos orgânicos, mas apresentam um rendimento em termos de poder tintorial menor. Não obstante, apesar do facto de os pigmentos orgânicos terem alto poder tintorial pode ser um problema operacional dado que um pequeno erro na adição do pigmento orgânico na produção da tinta pode mudar completamente a sua cor ou tonalidade. <sup>[8, 10]</sup>

O pigmento mais usado é o dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), que confere cor branca e trata-se do pigmento que vai ser estudado mais aprofundadamente neste trabalho.

Os pigmentos de dióxido de titânio são pigmentos brancos com um efeito ótico baseado predominantemente na dispersão de luz não seletiva e com um teor de  $\text{TiO}_2$  de pelo menos 80 %. Os pigmentos de dióxido de titânio estão disponíveis nas modificações anástase e rutilo. <sup>[9]</sup>

A característica mais significativa é a dispersão da luz. Os pigmentos de titânio têm o maior poder de dispersão de todos os pigmentos brancos. Tanto o tamanho das partículas quanto

a sua distribuição e o estado de distribuição do pigmento no meio contribuem significativamente para o desenvolvimento das propriedades óticas. [9]

Existe ainda um outro tipo de pigmentos que são os pigmentos anticorrosivos. Estes são pigmentos cuja propriedade específica é a de se oporem à corrosão eletroquímica do metal pelo meio ambiente. Os principais são: alumínio, óxido de ferro micáceo, mínio de chumbo: tetróxido de chumbo ( $Pb_3O_4$ ,  $2PbO.PbO_2$ ), silicocromato básico de chumbo, cromato de zinco, tetraoxicromato de zinco, cromato de estrôncio, fosfato de zinco e zinco em pó. [4]

Principais características dos pigmentos orgânicos e inorgânicos:

- Cor

Para a determinação da cor final de um pigmento, a sua composição química é o fator de maior importância. A cor resulta de uma absorção seletiva e consequente reflexão de comprimentos de onda específicos do espectro de luz visível. [4]

- Força do corante

Esta característica mede a capacidade do pigmento transmitir cor e, por isso, descreve uma das mais importantes qualidades óticas dos pigmentos. Com esta característica é possível saber quantas partes de pigmento branco são necessárias para se conseguir uma dada intensidade de cor. Quanto maior for a quantidade necessária maior é o poder corante do pigmento em questão. [4]

- Facilidade de dispersão

É essencial assegurar uma boa e correta dispersão dos pigmentos no veículo da tinta, para obter o rendimento máximo do pigmento e para que se possa garantir que tenha a máxima durabilidade possível, boa estabilidade em armazém, bom brilho e bom comportamento durante a aplicação. [4]

- Poder de cobertura

O poder de cobertura de um produto pigmentado é a sua capacidade maior ou menor para dissipar a cor ou as diferenças de cor do substrato.

Os dois fatores mais importantes que influenciam esta capacidade são a diferença do índice de refração entre o pigmento e o veículo utilizado na formulação da tinta e o tamanho de partícula do pigmento.

De todos os pigmentos brancos conhecidos, o  $TiO_2$  tem o índice de refração mais elevado e permite obter, portanto, a maior diferença de índices de refração possível. Quanto maior essa

diferença de índices de refração, mais difícil é para a luz chegar ao substrato e mais opaca é a tinta. [4]

Para que se consiga o ótimo em termos de difração de luz o tamanho médio de partícula do TiO<sub>2</sub> deverá estar compreendido entre 200 e 400 nm, com uma distribuição de tamanhos de partícula a mais pequena possível. À medida que o tamanho de partículas do pigmento baixa, maior se torna o número dessas mesmas partículas, bem como de superfícies a contribuir para reflexão e refração, uma vez que a capacidade de dispersar a luz de uma dada quantidade de pigmento vai tender a ser aprimorada. Se a dimensão da partícula for muito reduzida em relação ao comprimento de onda de luz, a frente de onda passa ao redor e não através dela e desse modo não ocorre dispersão de luz. [4,11]

### 2.2.2. Cargas

São definidas pela NP 41 como substâncias que sob a forma de partículas mais ou menos finas, de fraco poder de cobertura, insolúveis nos veículos, são empregues como constituintes de tintas com o fim de lhes modificar determinadas propriedades, entre as quais: preço, permeabilidade da película, resistência química, brilho, sedimentação, resistência à abrasão, comportamento anticorrosivo e viscosidade. [4]

Distinguem-se dos pigmentos pois têm índices de refração inferiores, assim consequentemente, têm inferior poder de cobertura. As cargas pelo facto de terem índices de refração muito próximos do ligante, dispersam muito pouco a luz, contribuindo para um baixo poder de cobertura de uma tinta. [8]

Os tipos de cargas mais usadas são o carbonato de cálcio (ou calcite), dolomite, barita (sulfato de bário), talco (silicato de alumínio e magnésio hidratado), caulino (ou *China Clay*, é um silicato de alumínio), sílica (SiO<sub>2</sub>), mica (silicato de potássio e alumínio hidratado) e diatomite. [4,8]

Todas estas cargas apresentam características diferentes, como o tamanho da partícula, a sua geometria, a sua cor, o preço e tal influencia o comportamento dos produtos.

Relativamente à cor, as cargas podem ser mais brancas ou mais acinzentadas, dependendo do tipo de carga com que estamos a trabalhar e, dentro do mesmo tipo, da quantidade de impurezas que contêm, assim, cargas mais acinzentadas podem dificultar a obtenção de brancos puros. Agora, em relação à distribuição do tamanho das partículas, otimizando o espaçamento entre as partículas de TiO<sub>2</sub> é possível aumentar o número de partículas que funcionam efetivamente como centros dispersores da luz e, assim, aumentar a opacidade de uma tinta sem aumentar a quantidade empregue desse pigmento. A substituição de uma carga com um tamanho médio de partícula de 6 µm por uma com 2 µm conduz, geralmente, a um aumento de opacidade o que pode permitir melhorar a qualidade do produto em causa ou, mantendo a qualidade inicial, reduzir a quantidade

de TiO<sub>2</sub> utilizada. Para ser possível otimizar o espaçamento das partículas de TiO<sub>2</sub>, aumentando ainda mais a dispersão da luz e, portanto, a opacidade, seria necessário utilizar cargas com tamanho médio de partícula inferior a 0.5 µm. Alguns estudos feitos por produtores de TiO<sub>2</sub> indicam que o espaçamento ótimo e um aumento máximo da dispersão ocorrem quando se utilizam partículas com tamanho médio entre 0.1 e 0.2 µm. [4]

Um dos parâmetros mais importantes para descrever a quantidade de constituintes sólidos presentes numa tinta é a Concentração de Pigmentos em Volume (PVC). O PVC é definido, em percentagem, como a razão entre o volume de pigmentos e cargas pelo volume de matéria não volátil (pigmento e veículo), tal pode ser calculado através da **Equação (1)** e o CPVC é definido como a Concentração Crítica de Pigmento em Volume para o nível de pigmentação em que existe a quantidade exata de veículo para preencher os espaços deixados livres entre as partículas de pigmento. Acima do CPVC não existe resina suficiente para preencher esses espaços e a porosidade da película aumenta significativamente. [9]

$$PVC (\%) = \frac{\text{volume (pigmento)} + \text{volume (cargas)}}{\text{volume (pigmento)} + \text{volume (cargas)} + \text{volume (ligante)}} \times 100 \quad (1)$$

### 2.2.3. Veículo fixo, Resinas

Um dos componentes mais importantes do veículo fixo de uma tinta é constituído pelos óleos e resinas que o compõem.

Recorrendo á NP 41 obtemos como definição para veículo fixo, um conjunto de componentes das tintas, vernizes ou produtos similares que permitem a formação da película sólida. [4]

O veículo fixo ou também conhecido como ligante, são geralmente resinas ou mistura de resinas que são responsáveis pela ligação das cargas e pigmentos, garantindo a coesão da tinta. O ligante é um componente determinante no fabrico de tintas, pois confere propriedades mecânicas como elasticidade, resistência à alcalinidade, à intempérie, à radiação ultravioleta, confere brilho, aderência ao substrato, e resistência ao “*blocking*”. Em tintas de base aquosa os ligantes dão designados por emulsão. [8]

Temos como exemplos de resinas, as resinas fenólicas, alquídicas, de silicone, de poliéster, epóxi, acrílicas, de poliuretano, entre outras. [4,12,13,14,15]

### 2.2.4. Solventes e Diluentes

Os solventes e diluentes são uma parte integrante das tintas e são necessários para se obter as características ótimas de utilização da tinta. Permitem não só fabricar a tinta como posteriormente facilitar a sua aplicação no substrato.

De acordo com a NP 41 temos as seguintes definições:

Solventes – líquidos voláteis nas condições normais de secagem, são capazes de dissolver o veículo fixo de tintas e vernizes. <sup>[4]</sup>

Diluentes – líquidos voláteis, parcial ou totalmente miscíveis com o veículo, que são adicionados a uma tinta ou verniz, durante o processo de fabrico ou no momento da aplicação, de forma a reduzir a viscosidade. <sup>[4]</sup>

Os solventes de uma tinta têm muitas funções sendo que as duas principais são: dissolver a resina e proporcionar uma solução clara e homogénea e permitir obter a viscosidade adequada, é de extrema importância na velocidade de secagem de uma tinta. Um desajuste na sua velocidade poderá provocar má aplicabilidade, menor dureza, pior proteção, aparecimento de “escorridos” que alteram assim o aspeto final pretendido. Se a secagem for muito rápida a película de pintura não fica uniformemente nivelada e pode não penetrar o suficiente nos poros do suporte, produzindo falta de aderência entre o sistema de pintura e a superfície a pintar. Se a secagem é muito lenta a pintura pode escorrer em superfícies verticais e não cobrir convenientemente. <sup>[4,8]</sup>

O diluente é igualmente importante, uma vez que favorece a redução da viscosidade de uma tinta de modo a conferir uma ótima fluidez na sua aplicação. A utilização de um diluente desadequado pode alterar completamente o comportamento de um produto. Se utilizar-se uma quantidade insuficiente pode conduzir à formação de “casca de laranja” e se se utilizarem quantidades excessivas ou diluentes não recomendados, podem formar-se zonas enevoadas que alteram o aspeto final pretendido. <sup>[4]</sup>

Os Solventes e diluentes podem interferir em certas características, tais como: poder solvente; volatilidade; cheiro; toxicidade; ponto de inflamação e preço.

### **2.2.5. Aditivos**

Os aditivos são as matérias-primas que são utilizadas em menor quantidade na formulação de uma tinta. Contudo contribuem positivamente para facilitar o fabrico, melhorar a estabilidade da tinta na embalagem, facilitar a aplicação e resolver defeitos que possam aparecer na película de tinta. <sup>[4]</sup>

São definidos pela NP 41 como substâncias incorporadas em pequena percentagem nas tintas, vernizes e produtos similares com o fim de lhes alterar acentuadamente determinadas características. <sup>[4]</sup>

Os aditivos são usualmente agrupados pela função que cumprem e não pela composição química ou forma física de apresentação. <sup>[4]</sup>

Alguns dos aditivos mais comuns são:

- a) Biocidas (Bactericidas ou Fungicidas e algicidas)
- b) Secantes

- c) Agentes anti pele
- d) Estabilizadores do comportamento dos revestimentos expostos à luz solar
- e) Molhantes e dispersantes
- f) Agentes tixotrópicos e anti sedimento
- g) Agentes Anti Espuma
- h) Reguladores de pH

**a) Biocidas**

Os Biocidas têm como finalidade impedir a decomposição dos produtos por ataque de fungos, bactérias ou algas. As tintas de base aquosa são suscetíveis de ataque e degradação por microrganismos, nomeadamente por bactérias.

Os efeitos da degradação biológica são facilmente detetáveis tais como mau cheiro, perda de viscosidade, descoloração e algumas complicações menos visíveis como a fratura das cadeias moleculares compridas dos polímeros, tornando as tintas facilmente atacáveis por fungos e bolores. <sup>[4]</sup>

Assim, de forma a proteger as tintas são utilizados os aditivos antimicrobianos que têm como função impedir a degradação da tinta durante a armazenagem e proteger o substrato aplicado. Estes são divididos em dois tipos diferentes: Bactericidas e Fungicidas e Algicidas.

A estabilidade da tinta depende do grau de contaminação das matérias-primas utilizadas, nível de higiene da área onde a tinta foi fabricada, intervalo de tempo decorrido entre a fabricação e o enchimento, etc. <sup>[4]</sup>

As fontes potenciais de contaminação numa fábrica são o ar (pó), as matérias-primas, os resíduos que ficam no equipamento e as próprias pessoas. Existem boas práticas que ajudam a manter as instalações em bom estado tais como: manter equipamentos de produção, tanques, tubagens, máquinas de enchimento sempre bem limpos, matérias-primas e produtos intermédios devem estar sempre tapados para evitar a contaminação, a água e outras matérias-primas devem ser regularmente inspecionadas. <sup>[4]</sup>

Num caso ideal, isto é, o caso em que a tinta se apresenta estéril antes da adição do biocida com que a vamos proteger, podemos esperar uma boa estabilidade para períodos superior a dois anos. <sup>[4]</sup>

Assim, para se obter uma estabilidade longa em armazém para os produtos acabados é necessário utilizar-se matérias-primas estéreis, cuidar da área de produção, cumprindo as boas práticas de higiene e utilizar-se um bom biocida nas quantidades adequadas. <sup>[4]</sup>

## **b) Secantes**

Secantes são aditivos que são utilizados com o intuito de acelerar o processo de secagem da tinta. Este é adicionado para acelerar a evaporação do solvente e promover a formação de uma película seca mais rapidamente. <sup>[16]</sup> São divididos em três categorias funcionais: Secantes catalíticos, Secantes de reticulação e Secantes auxiliares. <sup>[4]</sup>

## **c) Agentes anti pele**

A solidificação dos óleos e das resinas alquílicas com formação de película é devida a uma oxidação pelo oxigênio do ar.

A pele é resultado de uma formação de película prematura à superfície da tinta, no interior da lata e pode originar perda de qualidade das tintas, porque parte da película formada pode cair e misturar-se com a tinta originando partículas que, se não forem removidas, causam imperfeições depois de aplicada; a pele retém uma parte importante dos secantes e, portanto, quando é removida origina perda de secagem da restante tinta. <sup>[4]</sup>

## **d) Estabilizadores do comportamento dos revestimentos expostos à luz solar**

É cada vez maior a exigência da durabilidade e o aspeto estético dos revestimentos independentemente das condições de exposição a que estão sujeitos.

Os veículos orgânicos utilizados nas tintas são, como a generalidade dos materiais orgânicos, instáveis em presença do oxigênio. <sup>[4]</sup>

É utilizada a adição de absorvedores de luz UV que absorvem a radiação nos comprimentos de onda compreendidos entre 290 e 35 nm e convertem essa radiação absorvida em calor e/ou compostos amínicos, estabilizadores de HALS (*hindered amine light stabilizers*), que diminuem a geração e propagação de radicais livres responsáveis pela degradação dos materiais poliméricos. <sup>[4]</sup>

É, ainda, essencial que tenham sido otimizados os outros constituintes das tintas no que respeita à durabilidade.

O dióxido de titânio é um dos componentes que pode afetar de forma significativa a durabilidade das tintas, pois absorve a luz UV e transforma parte da energia dos fótons absorvidos em energia eletroquímica que provoca a alteração dos polímeros e dos pigmentos orgânicos utilizados, originando perda de flexibilidade e alteração de cor dos revestimentos. <sup>[4]</sup>

A forma anástase do dióxido de titânio é a forma que mais luz UV absorve. Já a forma rutilo é menos prejudicial e os produtores de dióxido de titânio têm feito esforços para diminuir a fotoatividade desta forma do dióxido de titânio recorrendo ao revestimento das partículas de pigmento com materiais que ajudem a conseguir esse objetivo. <sup>[4]</sup>

O dióxido de titânio tem a particularidade de ser excelente como absorvedor de luz UV e, como tal, compete com os absorvedores de luz UV orgânicos, tendo como vantagem o facto de não se consumirem ou degradarem com a exposição à intempérie. [4]

### e) Molhantes e dispersantes

Agentes molhantes e dispersantes são aditivos de extrema importância, são estes aditivos que permitem obter uma dispersão ótima das cargas e pigmentos.

Os Molhantes diminuem a tensão superficial das partículas sólidas na fase líquida. [8]

Aditivos molhantes podem ser definidos como substâncias que permitem reduzir o ângulo de contato entre o pigmento e a solução de resinas e como resultado, acelera a velocidade de penetração do líquido dentro das estruturas dos aglomerados. A característica mais importante destes aditivos é a sua estrutura surfactante, em que são combinados numa molécula elementos estruturais polares e hidrofílicos juntamente com elementos estruturais não polares e hidrofóbicos constituídos por cadeias hidrocarbónicas. Devido a esta mesma estrutura, esses compostos são ativos em nível de interface, isto é, os aditivos molhantes migram para a interface da solução de pigmento/resinas. Quimicamente, estes aditivos podem ser classificados em iónicos ou não iónicos, de acordo com o segmento polar que é incorporado dentro da molécula. [17]

Aditivos dispersantes adsorvem a superfície do pigmento trazendo forças de repulsão consideráveis entre as partículas dos pigmentos, mantendo as partículas afastadas e, assim, reduzindo a tendência para floculação descontrolada. [17]

Os benefícios proporcionados são: redução da viscosidade da base do moinho, usabilidade a longo prazo e compatibilidade aprimorada. [18]

Nas primeiras figuras observamos que sem aditivo a incorporação do pigmento é muito difícil uma vez que a viscosidade é muito alta (**Figura 2**), quando se adiciona o dispersante observa-se uma melhor incorporação devido ao facto de este conseguir baixar a viscosidade para uma melhor incorporação minimizando a interação das partículas, **Figura 3**, devido à sua estrutura e funcionalidades. [18]



*Figura 2 – Dispersão Sem aditivo Dispersante: mistura inicial (esquerda); adição dos pigmentos e cargas dificultada (direita) [18]*



*Figura 3 - Dispersão Com aditivo Dispersante: adição do dispersante (esquerda); dispersão facilitada (direita) <sup>[18]</sup>*

A tinta necessita de manter as suas propriedades e de estar pronta para uso após armazenamento prolongado, para isso a utilização do aditivo dispersante pode ter um forte impacto na sua estabilidade a longo prazo, tal pode ser observado na **Figura 4**. A primeira amostra exhibe uma estabilização de pigmento muito pobre, onde a fase líquida é separada da fase sólida. Na segunda amostra, onde já foi utilizado um bom aditivo dispersante, a estabilização é boa uma vez que a ligeira separação de fases existente é devido à elevada diferença de densidade. Os melhores resultados de estabilização a longo prazo são obtidos quando um aditivo dispersante é um aditivo reológico, onde não é observável nenhuma separação. <sup>[18]</sup>



*Figura 4 - Estabilidade a longo prazo <sup>[18]</sup>*

A compatibilidade depende da estabilização do pigmento, que é conseguida com o uso do dispersante, este envolve as partículas pois as suas cadeias laterais apresentam boa solubilidade e compatibilidade com o meio circundante. Na figura seguinte temos uma compatibilidade melhorada utilizando o dispersante: <sup>[18]</sup>



Figura 5 – Compatibilidade sem dispersante e com dispersante, respetivamente <sup>[18]</sup>

Assim, aditivos dispersantes têm um impacto positivo na eficiência de produção, no tempo de dispersão, na estabilidade da tinta durante um longo período de tempo e um impacto significativo em propriedades como intensidade de cor, brilho e poder de cobertura.

### **e.1. Tipos de dispersantes**

Existem diversos tipos de dispersantes, no entanto, na maioria das dispersões de pigmentos só se utilizam os dispersantes de baixo peso molecular (não poliméricos) e os dispersantes de alto peso molecular (poliméricos).

#### **e.1.1. Dispersantes de baixo peso molecular**

Os dispersantes orgânicos de baixo peso molecular podem ser aniônicos, catiónicos ou não iónicos.

Os aniônicos e os catiónicos destinam-se a partículas eletricamente carregadas, como são os casos dos pigmentos inorgânicos. Os dispersantes aniônicos são eficazes em sistemas aquosos porque ao dissociarem-se na água adsorvem-se à partícula pelo anião formado (cabeça), ficando o grupo hidrofílico (cauda) orientado para a água. Posteriormente, os aniões adsorvidos nas partículas promovem a estabilização da dispersão pela repulsão eletrostática. Os dispersantes catiónicos são eficientes em meios orgânicos (em meios aquosos podem provocar a floculação das partículas). Estes adsorvem-se às partículas carregadas negativamente pelo catião (cabeça), ficando com a cauda, constituída por hidrocarbonetos, voltada para o meio orgânico da dispersão. Os dispersantes não iónicos têm uma forma diferente de se adsorverem que lhes confere uma maior eficiência. No caso de os pigmentos serem de natureza orgânica, a parte oleofílica da molécula de dispersante não iónico adsorve-se na superfície da partícula dos pigmentos, ficando o grupo hidrofílico voltado para fora, o que forma uma camada hidratada que protege a partícula e confere estabilidade à dispersão. <sup>[19]</sup>

### **e.1.2. Dispersantes de alto peso molecular**

Os dispersantes poliméricos têm um maior peso molecular, comparativamente com os dispersantes referidos anteriormente. A cauda da molécula do dispersante é neste caso uma cadeia longa, o que traz benefícios na estabilização das dispersões. Desde que haja adsorção de dispersantes na superfície das partículas de pigmento, os dispersantes poliméricos são mais eficientes que os dispersantes de baixo peso molecular. Os dispersantes poliméricos podem ser não iónicos, aniónicos ou catiónicos (ou ainda anfotéricos). Devido às partículas de pigmentos inorgânicos estarem carregadas eletricamente, estas possuem bastantes locais que podem adsorver aniónica ou cationicamente os dispersantes iónicos.

Para além destas adsorções iónicas, podem dar-se outros mecanismos que contribuem para a ligação entre as partículas de pigmento e os dispersantes (neste caso não iónicos), cujos mecanismos envolvem ligações de hidrogénio, interações hidrofóbicas e ainda forças moleculares. As ligações de hidrogénio constituem o principal mecanismo de adsorção dos dispersantes não iónicos nos pigmentos orgânicos, isto deve-se ao facto destes pigmentos serem bastante inertes.

Os dispersantes poliméricos podem tratar-se dos mais variados tipos de homopolímeros e copolímeros (bloco, ramificado, aleatório e alternado). Os homopolímeros e os copolímeros dispersantes que contenham uma cadeia longa o suficiente para proporcionar a estabilização estereoquímica da dispersão, e ainda um ou mais grupos funcionais de ancoragem nas suas moléculas, podem ser chamados de “hiperdispersantes”. Os “hiperdispersantes” contêm nas suas moléculas grupos funcionais de ancoragem que adsorvem na superfície das partículas de pigmento e uma cadeia longa (que pode ser solvatada pelo meio líquido da dispersão), suficientemente grande para garantir a estabilização da dispersão.

Os dispersantes de baixo peso molecular são distinguidos por proporcionarem uma melhor molhagem do pigmento, por sua vez os dispersantes poliméricos garantem uma melhor estabilização da dispersão. No entanto, com o uso de “hiperdispersantes” (dispersantes poliméricos que contêm grupos funcionais de ancoragem) é possível estabilizar e molhar mais eficientemente as partículas de pigmento da dispersão. <sup>[19]</sup>

Os aditivos dispersantes *standard* usados na indústria de tintas são polifosfatos e poliácridatos como o potássio, sódio ou sal amoníaco. Os aditivos dispersantes baseados em polieletrólitos para sistemas aquosos são aditivos dispersantes puros e não possuem virtualmente propriedades umectantes de pigmento. <sup>[17]</sup>

## f) Agentes tixotrópicos e anti sedimento

A reologia é a ciência que estuda como os materiais se deformam e fluem sob a influência de forças externas.

A viscosidade é o parâmetro reológico mais utilizado, traduz a resistência do fluido ao escoamento e é função da intensidade da tensão de corte aplicada, sendo também dependente da temperatura.

Quando a viscosidade de uma substância não varia com diferentes razões de corte, como é o caso da água, podemos afirmar que estas substâncias apresentam um comportamento Newtoniano. Quando isto não acontece e a viscosidade varia consoante a razão de corte, dizemos que a substância apresenta um comportamento Não-Newtoniano. Este último comportamento pode ser considerado pseudoplástico se a viscosidade diminuir com o aumento da razão de corte ou pode ser considerado dilatante se existir um aumento da viscosidade com o aumento da razão de corte: ver **Figura 6**. A grande maioria das tintas de base aquosa apresenta um comportamento Não-Newtoniano Pseudoplástico. <sup>[4]</sup>

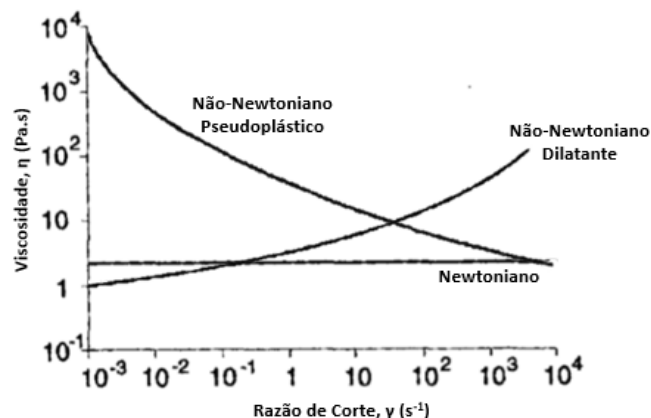


Figura 6 - Diferentes comportamentos consoante as curvas de variação da Viscosidade com a Razão de Corte <sup>[20]</sup>

O comportamento reológico pode, sobretudo no caso das tintas e em condições de baixas razões de corte, ser influenciado pelo facto de se fazer ou não uma agitação intensa do líquido antes da medição e pode, também, ser influenciado pela decisão de se fazerem variar os valores da razão de corte de uma forma ascendente ou descendente. Quando um produto se comporta desta maneira nós dizemos que é um produto Tixotrópico. <sup>[4]</sup>

O comportamento tixotrópico das tintas é uma mais-valia porque nos permite obter bom desempenho em algumas circunstâncias:

- Valores de viscosidade baixos para altas razões de corte (durante a aplicação) facilitam o espalhamento e melhoram a facilidade de aplicação;

- Valores de viscosidade altos para baixas razões de corte (durante a armazenagem, transporte e após a aplicação) previnem a sedimentação dos pigmentos e a formação de escorridos. <sup>[4]</sup>

Este comportamento é, vulgarmente, provocado pela introdução na formulação dessas tintas de aditivos tixotrópicos. Estes aditivos não são os únicos componentes de uma formulação a determinar o comportamento da tinta. Como é previsível os solventes, veículos, cargas e pigmentos também influenciam este comportamento tixotrópico. <sup>[4]</sup>

Os solventes, veículos, cargas e pigmentos influenciam fundamentalmente a viscosidade para valores elevados da razão de corte e influenciam, portanto, as propriedades no momento da aplicação. <sup>[4]</sup>

Os aditivos tixotrópicos influenciam fundamentalmente a viscosidade para valores intermediários e baixos da razão de corte e nesta região têm uma forte influência sobre o espalhamento, sedimentação e tendência para escorrer de uma tinta. <sup>[4]</sup>

Durante o período em que as tintas permanecem armazenadas os pigmentos e as cargas tendem a sedimentar e a formar, com o decorrer do tempo, um depósito duro no fundo da lata. Durante a aplicação, sobretudo quando estamos em presença de superfícies inclinadas ou verticais, ocorrem com frequência escorridos. Uma viscosidade mais elevada para baixos valores da razão de corte é suficiente, em princípio, para resolver estes problemas e isso consegue-se com a utilização desses aditivos. <sup>[4]</sup>

#### **g) Espessantes**

Os espessantes proporcionam a viscosidade adequada para a dispersão e moagem dos pigmentos através de uma combinação de mecanismos. Os espessantes podem ser divididos, quanto à sua natureza, em orgânicos e inorgânicos, sendo que os primeiros são mais diversificados. Estes podem ainda ser divididos em de origem natural ou sintéticos, podem ser iónicos ou não iónicos, se são solúveis em água e se apresentam um comportamento associativo. O comportamento de um espessante define-se como associativo caso este seja solúvel ou dilate em água. O espessante deve ainda contar com a presença de grupos hidrofóbicos que conferem aos espessantes um comportamento semelhante aos surfactantes, devido às interações hidrofóbicas geradas entre moléculas. A interferência na reologia da tinta dos espessantes não associativos assenta numa ocupação de volume, sendo esta um interação física com os restantes componentes da tinta ao invés de química, como se observa nos associativos. <sup>[8]</sup>

#### **h) Agentes Anti Espuma**

Durante o fabrico uma das preocupações é a formação de espumas e que posteriormente é visível na aplicação, como podemos observar na **Figura 7**.

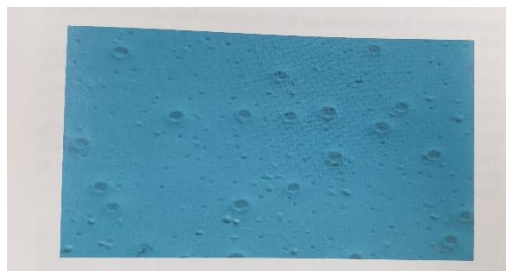


Figura 7 - Defeitos numa película causados pela espuma <sup>[4]</sup>

A espuma pode definir-se como um sistema constituído por duas fases, uma líquida e outra gasosa, em que a fase gasosa está intimamente dispersa de uma forma estável na fase líquida. <sup>[4]</sup>

As tintas de base aquosa utilizam muitos aditivos que, para além de cumprirem funções específicas, tendem a produzir como efeito lateral e não desejável a estabilização do ar, que naturalmente é incorporado na tinta durante o fabrico ou na aplicação, sob a forma de espuma. <sup>[4]</sup>

Para destruir essa espuma, um aditivo denominado Anti Espuma deve ser utilizado. Este aditivo tem como objetivo entrar na lamela da espuma e distribuir-se no seu interior de uma forma contínua até que a elasticidade da lamela diminua e esta se rompa. Assim, todo o ar incorporado na tinta durante o fabrico e na aplicação deve libertar-se rapidamente de modo a que não fiquem defeitos na película de tinta seca. A forma como o Anti Espuma atua está esquematizado na figura seguinte. <sup>[4,21]</sup>



Figura 8 - Forma de atuar de um aditivo Anti Espuma em tintas aquosas: bolas vermelhas correspondem ao anti espuma, as linhas vermelhas são o trajeto percorrido pelo anti espuma e as bolas azuis correspondem ao surfactante. <sup>[4]</sup>

Assim, os aditivos Anti Espuma devem:

- Eliminar a formação de espuma durante o fabrico, enchimento, fabrico da cor e aplicação da tinta.
- Não devem provocar floculação de pigmentos, instabilidade da emulsão de resina, ou provocar o aparecimento de defeitos de superfície como olhos de peixe ou aparecimento de partículas por dispersar na película seca da tinta.
- Não devem interferir de forma negativa na aceitação dos corantes dos sistemas de afinação de cor.

- Devem manter a sua atividade por períodos de tempo não inferiores aos estabelecidos para a estabilidade em armazém da tinta.
- A tensão superficial do aditivo deve ser menor que a tensão superficial da tinta.
- A solubilidade do aditivo na tinta deve ser pequena, mas o aditivo deve ser, na mesma, facilmente dispersável. <sup>[4]</sup>

### i) Reguladores de pH

O modo como dispersantes, espessantes e a emulsão atuam depende do pH do meio. Os reguladores de pH têm como função conferir à tinta o pH pretendido. Exemplos de agentes neutralizantes como NaOH, KOH e amónia. <sup>[11]</sup>

## 2.3. Etapas de produção de tinta

Depois de abordados os componentes de uma tinta, passaremos para o processo de fabrico de uma tinta. Deste processo fazem parte três partes essenciais do processo sendo elas a pré-mistura, a dispersão e o acabamento. Na figura seguinte está esquematizado todas as etapas de produção de uma tinta. <sup>[8]</sup>

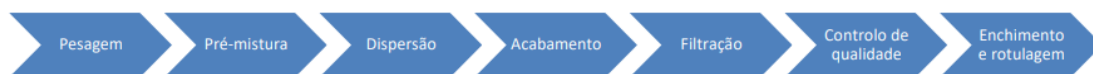


Figura 9 - Esquema das etapas de produção de tinta <sup>[8]</sup>

De todas as etapas supracitadas, a dispersão é a etapa mais importante para este trabalho uma vez que é nesta fase que são dispersos os pigmentos e cargas. Estes são, muitas vezes, insolúveis tanto em água como noutro tipo de solventes e, dessa forma, criam aglomerados que precisam de ser desaglomerados para que a tinta possua um aspeto liso, uma cor uniforme e uma boa opacidade.

### 2.3.1. Dispersão de pigmentos e cargas

Inicialmente começa-se por pesar as matérias-primas utilizadas numa primeira fase que são geralmente água, biocidas, coalescentes e anti espumas e de seguida dá-se uma pré-mistura dessas matérias-primas com recurso ao dispersor.

Depois da pré-mistura dos componentes líquidos, ocorre a integração dos componentes sólidos da tinta. É nesta altura que os pigmentos são incorporados na mistura líquida. Estes são normalmente fornecidos em forma de pó, são aglomerados de partículas primárias de pigmento que em contacto com o solvente não se dissolvem. Como tal, é necessário dispersar estes aglomerados, para que as partículas de pigmento se distribuam de forma homogénea na tinta.

Uma dispersão trata-se, então, de um sistema polidisperso, onde as partículas, dispersas no meio líquido, apresentam tamanhos e formas não uniformes. Durante esta etapa promove-se, então, a desagregação de aglomerados de pigmento. Aumentar a área específica da partícula, diminuindo o tamanho dos aglomerados é, particularmente importante, dado que, este aspeto está intimamente relacionado com características como a tonalidade, poder de cobertura e força corante do pigmento. Obter uma dispersão ótima garante, conseqüentemente, uma melhoria de tonalidade, poder de cobertura e força corante, pois tiramos um maior partido do poder tintorial do pigmento, refletindo-se num maior desenvolvimento da cor. As dispersões são sistemas complexos que requerem uma variedade de equipamentos e ferramentas para as conseguir descrever.<sup>[8]</sup>

No caso da dispersão de pigmentos, os aglomerados de pigmento são quebrados pelo impacto e forças de cisalhamento, que levam idealmente a partículas primárias (ou seja, partículas de pigmento de menor dimensão). Durante este processo, é fornecida energia ao sistema de tinta e, portanto são formadas partículas menores, com uma maior interface com a resina. O sistema esforça-se então para sair deste estado energizado, para voltar para ao estado anterior de baixa energia: os pigmentos bem distribuídos juntam-se para formar estruturas maiores, que são conhecidas como floculados. Isto reflete-se, por exemplo, em baixo poder de tingimento, perda de brilho e reologia alterada. Em termos de estrutura, os floculados são muito similares aos aglomerados; entretanto, o espaço intersticial entre as partículas de pigmentos fica ocupado com solução de resinas e não pelo ar.<sup>[17]</sup>

#### **2.3.1.1. Processo de dispersão**

O processo de dispersão refere-se aos mecanismos químicos e físicos que decorrem durante a fase de dispersão, após a incorporação dos pigmentos no líquido até ao momento no qual a dispersão está pronta. Em termos práticos, o processo de dispersão refere-se à distribuição dos pigmentos e cargas ao longo do meio líquido contínuo, em que simultaneamente dá-se a redução do tamanho dos aglomerados de partícula (**Figura 10**). Pretende-se que a diminuição dos aglomerados de partículas seja o maior possível, pois isso aumentará a qualidade da dispersão e o desempenho dos pigmentos e cargas.<sup>[8]</sup>



Figura 10 - Processo de Dispersão <sup>[4]</sup>

Se a etapa de moagem do pigmento não for otimizada, podem ocorrer vários defeitos tais como floculação, perda do brilho, mudança na cor, separação das partículas e sedimentação. <sup>[17]</sup>

Os dispersores mecânicos são o equipamento mais usado neste processo. Os dispersores são constituídos por um motor elétrico de velocidade variável onde é colocada no eixo vertical a hélice que roda a alta velocidade. Os dentes do disco estão dobrados para cima e para baixo, alternadamente e ligeiramente inclinados na direção da rotação, para que o líquido se mova em torno do eixo e tangencialmente para fora (disco “Cowles”). O dispersor usado neste trabalho foi um *DISPERMAT*. Um exemplo de um dispersor e da hélice é apresentado na figura seguinte. <sup>[8, 22]</sup>

Quando se está a fazer bem a dispersão a pasta (mistura dos componentes iniciais de uma tinta juntamente com a adição dos pigmentos e cargas) tem um aspeto “liso”, enquanto se a formulação da pasta não estiver bem dispersa esta terá um aspeto granuloso e o tempo de dispersão tenderá a ser muito maior. <sup>[22]</sup>



Figura 11 - Exemplo de um dispersor e de um disco, respetivamente <sup>[8]</sup>

### 2.3.1.2. Parâmetros que afetam o processo de dispersão

- Duração do processo de dispersão

Uma pasta de dispersão, a velocidades suficientemente altas, está dispersa na totalidade dentro de um curto intervalo de tempo, que pode normalmente variar entre 15 a 60 minutos dependendo do tipo e quantidade de pigmentos e cargas. [8]

- Temperatura

Durante o processo de dispersão, e devido ao uso de altas velocidades, a energia mecânica transferida para a pasta de dispersão, aumenta a sua temperatura.

Temperaturas muito elevadas podem alterar as características de certas matérias-primas sensíveis ao calor, provocando uma evaporação mais rápida dos solventes mais voláteis e baixando a viscosidade originando, assim, um movimento mais rápido e alterando o formato do vórtice, tornando-se este mais aberto, podendo levar à projeção de produto para fora da panela de fabrico e dificultando a dispersão. [22]

Desta forma, deve-se ter em atenção a temperatura durante o processo e se necessário utilizar algo que possa arrefecer a panela de fabrico.

- Efeito “*Doughnut*”

Garantir que a pasta de dispersão descreve uma trajetória em torno do disco de acordo com efeito “*doughnut*” é muito importante, uma vez que este garante que a potência mecânica máxima está a ser transferida para a pasta de dispersão, e que esta está a ser agitada de tal forma que todos os aglomerados de partículas passam pelo disco. Este efeito desenvolve-se quando a pasta de dispersão descreve trajetórias circulares acima e abaixo do disco, tal como se pode observar na **Figura 12**. [8]

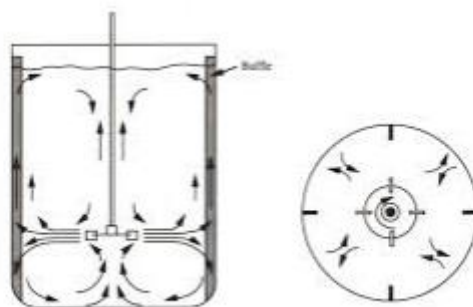


Figura 12 – Vórtice criado pela rotação do disco [8]

O efeito “*doughnut*” é grandemente influenciado pela reologia da pasta de dispersão e pelo volume desta na panela de fabrico.

- Correlações geométricas

Para garantir os melhores resultados do processo de dispersão é necessário que a geometria da panela de fabrico, o diâmetro do disco e a distância deste à base da panela se relacionem. Existem, portanto, configurações e dimensões para que estes requisitos sejam

cumpridos. Considerando “D” o diâmetro do disco, está esquematizado na **Figura 13** o modelo de dimensionamento da geometria da panela em relação ao diâmetro do disco. [8]

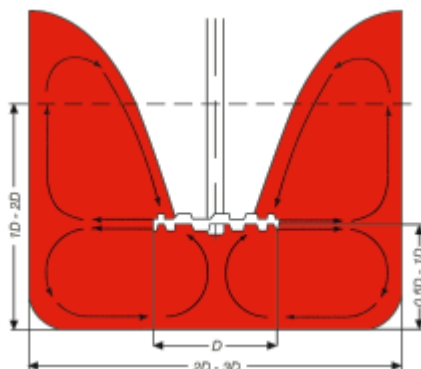


Figura 13 – Modelo de dimensionamento da geometria da panela em relação ao diâmetro do disco [8]

- Velocidade periférica

A velocidade periférica do disco é outro fator determinante para uma dispersão eficaz, uma vez que a ação dispersante do disco se baseia em forças de corte. Deste modo, é necessário atingir velocidades suficientemente altas para que seja possível dispersar o pigmento. No entanto, é importante salientar que velocidades periféricas demasiado altas podem prejudicar a eficácia da dispersão. A velocidade periférica indicada nos modos operatórios da unidade fabril para efetuar a dispersão varia entre 18 m a 23 m/s. Esta pode ser calculada a partir do diâmetro do disco e da velocidade angular (número de rotações por minuto) usando a seguinte expressão: [8]

$$V = \frac{\pi \times n \times D}{60} \quad (2)$$

Onde V é a velocidade periférica (m/s), n a velocidade angular (rpm) e D o diâmetro do disco (m).

### 2.3.1.3. Etapas do processo de dispersão

Existem três fases do processo de dispersão: humectação, dispersão e estabilização. [18]

#### a) Fase 1 – Humectação:

O pigmento sólido deve ser incorporado ao meio líquido, ou seja, à mistura inicial dos componentes água, biocidas, coalescentes e anti espumas.

Quando nenhum aditivo de dispersão é usado haverá apenas um humedecimento fraco, ou seja, os aglomerados de pigmento flutuam ou afundam no meio líquido. O ar nos aglomerados estabiliza-os impedindo-os de serem destruídos por forças mecânicas.

A superfície do pigmento é hidrofóbica, não se molha no meio líquido, adicionando o aditivo dispersante, já se consegue a humectação.

Sem molhar, a dispersão dificilmente é possível em condições críticas.

Quando o aditivo dispersante é adicionado à pré-mistura líquida antes do pigmento em pó, as suas moléculas orientam-se rapidamente para a superfície dos aglomerados, permitindo a sua humectação e incorporação à fase líquida. De seguida, os aglomerados são destruídos por forças mecânicas. As novas superfícies de partículas acessíveis são molhadas pelo aditivo de dispersão. O processo de humedecimento continua durante toda a etapa de dispersão.

Neste processo, a tensão superficial do líquido circundante é um parâmetro importante. Quanto menor a tensão superficial de um líquido, melhor esse líquido é capaz de molhar superfícies como superfícies de pigmento.

Os aditivos dispersantes reduzem a tensão superficial e permitem a humectação de um pigmento em pó. <sup>[18]</sup>

### **b) Fase 2 - Dispersão:**

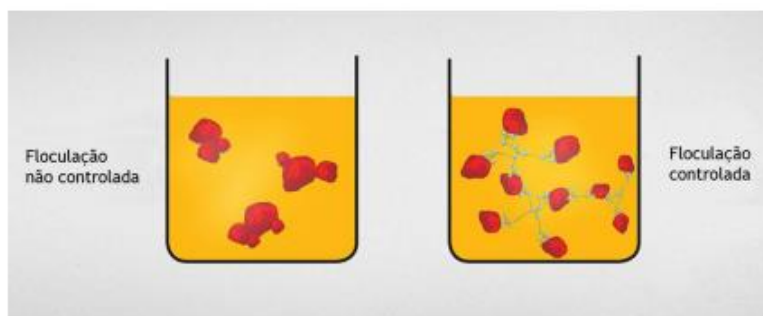
Na etapa de dispersão ou moagem, os aglomerados são destruídos por forças mecânicas, levando a inúmeras novas partículas menores. O processo de humedecimento está relacionado com a tensão superficial da fase líquida e com a capacidade do aditivo dispersante permitir um humedecimento rápido. É assim que o aditivo dispersante aumenta a eficácia da etapa de moagem. <sup>[18]</sup>

### **c) Fase 3 - Estabilização:**

No final da dispersão, o sistema é altamente instável, uma vez que a fase sólida e a fase líquida tendem a separar-se. Desta forma, é imperativo garantir a estabilidade do sistema, de modo a preservar o estado de distribuição das partículas. Como tal, é necessário encontrar mecanismos capazes de impedir os fenómenos de floculação e posterior sedimentação.

O aditivo dispersante estabiliza as partículas separadas evitando a floculação. <sup>[8]</sup>

A diferença entre pigmentos floculados e pigmentos estabilizados está esquematizado na **Figura 14**.



*Figura 14 – Pigmentos floculados e Pigmentos estabilizados <sup>[17]</sup>*

Dadas as diferenças na natureza química dos sistemas, existem diferentes mecanismos de estabilização do pigmento, sendo eles a estabilização eletrostática, a estabilização estereoquímica ou a estabilização mista, tal como observado na figura seguinte. [18]

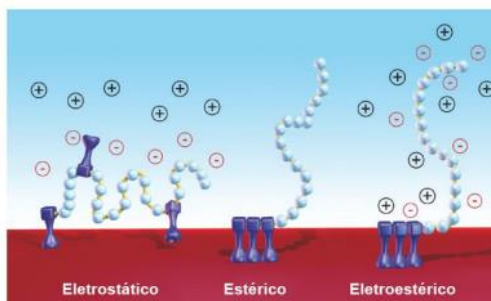


Figura 15 - Mecanismos de estabilização [23]

Qual dos tipos de estabilização usar está relacionado com o PVC da tinta em análise. Tintas com baixo PVC as partículas de pigmento encontram-se relativamente separadas e, nestas condições, o melhor método para estabilizar a dispersão é utilizar a estabilização eletrostática. Para tintas de alto PVC, próximas do CPVC ou com PVC acima desse valor, é impossível evitar o contacto das partículas entre si e, nesse caso, a melhor maneira de estabilizar a dispersão é utilizar o impedimento estéreo. [4]

A **estabilização eletrostática** pode ser usada apenas em sistemas à base de água. O aditivo dispersante dissocia-se em catiões e aniões. A carga eletrostática estabiliza as partículas de pigmento, dificultando a sua floculação, mantendo-se à distância. A floculação é um fenómeno que decorre de forças atrativas de *Van-der-Waals* entre as partículas. Para estabilizar um sistema em relação à floculação, são necessárias forças de repulsão entre partículas que contrariem as anteriores. Os aditivos dispersantes são usados para este efeito. Estes adsorvem à superfície das partículas de pigmento, conferindo forças de repulsão necessárias para impedir a floculação. Partículas sólidas dispersas em meio líquido possuem carga negativa. Os aditivos podem influenciar significativamente a carga da superfície da partícula do pigmento e suprimir a floculação pela geração de forças repulsivas, como referido anteriormente. Este tipo de estabilização está esquematizado a seguir. [8, 17, 18]

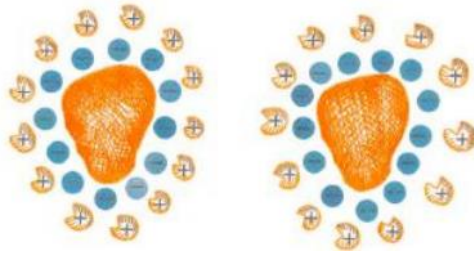


Figura 16 - Repulsão eletrostática onde a laranja é a partícula de pigmento, a azul a carga negativa e a beje a carga positiva do aditivo dispersante <sup>[4]</sup>

A **estabilização estereoquímica** de partículas de pigmento pode ser usada na maioria dos sistemas aglutinantes, independentemente da sua tecnologia. Em termos simples, o aditivo dispersante cria uma camada polimérica entre as partículas de pigmento que impedem a floculação. Neste método de estabilização, os aditivos que funcionam por impedimento estéreo possuem dois tipos de estruturas, um ou mais grupos com afinidade para os pigmentos e outro que possui cadeias compatíveis com os polímeros utilizados como veículo nas tintas. O aditivo usado é um polímero de cadeia longa que adsorve à superfície da partícula de pigmento. São estas mesmas cadeias longas de polímero que fazem a estabilização do sistema de dispersão, uma vez que mantêm as partículas de pigmento afastadas umas das outras. Esta estabilização é reforçada ainda pelo facto de as cadeias interagirem com o veículo de tal forma que se cria uma película à volta das partículas, encapsulando-as, o que dificulta ainda mais a aproximação das partículas e assim, a floculação. Este tipo de estabilização é usado em produtos que possuem cadeias de polímeros compatíveis. <sup>[4, 18]</sup>

A demonstração desta estabilização encontra-se na figura seguinte.

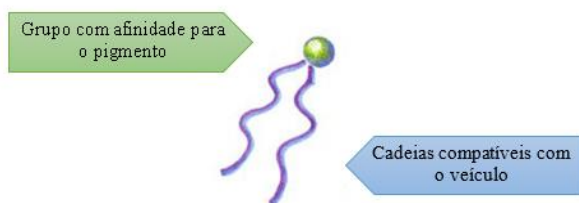


Figura 18 - Aditivos que funcionam por impedimento estéreo com uma cauda e uma cabeça <sup>[4]</sup>

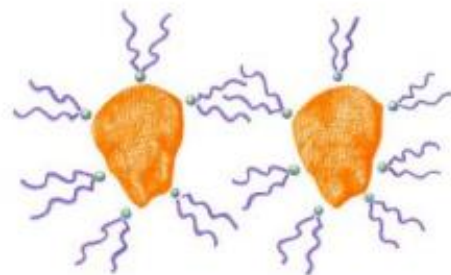


Figura 17 - Impedimento estéreo onde a laranja temos a partícula de pigmento e a cauda e cabeça fazem parte do aditivo. <sup>[4]</sup>

A **estabilização mista** é uma combinação de estabilização eletrostática e estereoquímica, esquematizado na **Figura 19**. Este mecanismo funciona apenas em sistemas aquosos. <sup>[18]</sup>

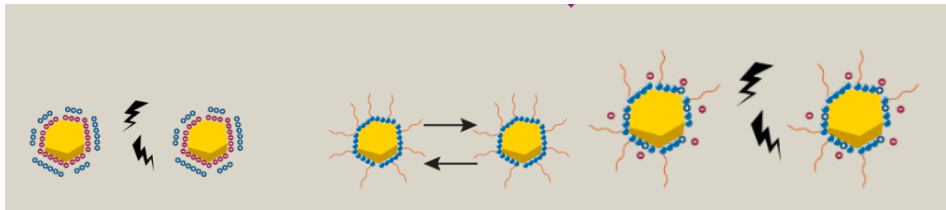


Figura 19 - Estabilização mista <sup>[18]</sup>

A dispersão e estabilização do pigmento são essenciais para obter um revestimento de alta qualidade.

Após estabilização, é finalizado o processo de dispersão e este está esquematizado na figura seguinte.

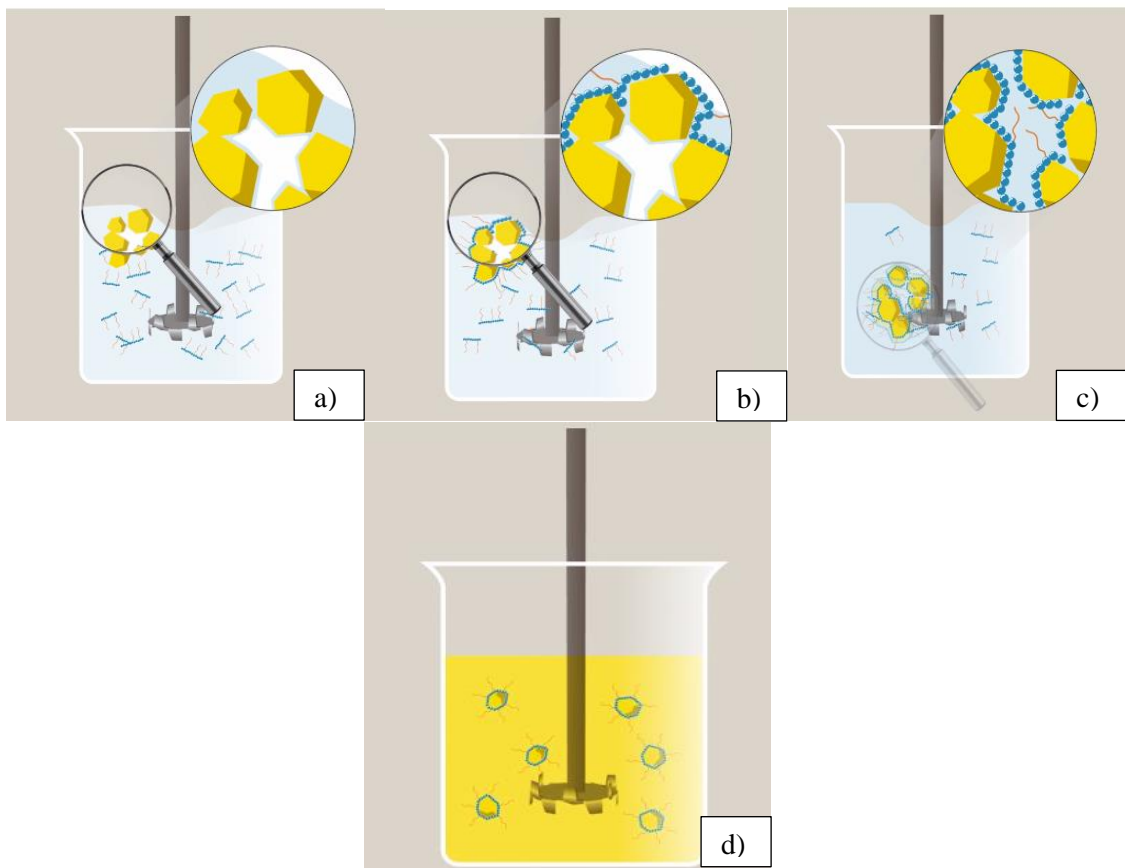


Figura 20 - a) Adição do pigmento ao meio líquido; b) Moléculas do dispersante orientam-se para a superfície das partículas; c) Aglomerados são separados; d) Estabilização <sup>[18]</sup>

#### 2.3.1.4. Eficiência de dispersão

A eficiência de dispersão de partículas de pigmento num sistema é regida por duas propriedades-chave:

1. A dispersão é forte quando a diferença do índice de refração da partícula e da matriz é grande

O índice refrativo de aglutinantes usados em revestimentos e tintas é de cerca de 1.55. O  $\text{TiO}_2$  é de preferência usado porque o pigmento não absorve luz visível e tem um alto índice de refração. Quanto maior for a diferença entre o índice de refração da tinta e do ar, mais difícil é para a luz chegar ao substrato, e mais opaca é a tinta. <sup>[24, 25]</sup>

2. O tamanho das partículas de dispersão

Para um comprimento de onda específico de luz, existe um ótimo em relação ao tamanho das partículas. As partículas dão eficiência máxima de dispersão quando o diâmetro das partículas é cerca de metade do comprimento de onda da radiação eletromagnética que está espalhada. Isso implica que partículas com um diâmetro de cerca de 280 nm dispersam luz visível, com comprimento de onda 380-700 nm, de forma mais eficiente. <sup>[24]</sup>

As partículas de  $\text{TiO}_2$  devem ser separadas umas das outras e distribuídas uniformemente sobre o sistema a fim de obter a dispersão ideal de cada partícula primária de  $\text{TiO}_2$ . Aglomerados de partículas ou partículas muito próximas produzem menor difração da luz do que o mesmo número de partículas devidamente espaçadas. A existência de partículas muito próximas pode dever-se aos meios utilizados para dispersar o pigmento que pode não ser o mais adequado e assim, os aglomerados de partículas não foram destruídos, ou pode ter havido uma nova formação de aglomerados porque foram atraídas umas pelas outras durante a armazenagem e/ou fase de secagem ou então as partículas estavam muito próximas e assim permaneceram durante a fase de secagem. Uma vez otimizado o espaçamento entre partículas de dióxido de titânio, consegue-se aumentar o número de partículas que funcionam efetivamente como centros dispersores da luz, aumentando então a opacidade de tinta sem que o seja preciso fazer em relação à quantidade empregue do pigmento. <sup>[4, 11, 24]</sup>

Baseados nestas considerações há duas vias para melhorar a eficácia da dispersão. A primeira é obter um tamanho de partícula mais pequeno e a segunda é encontrar maneira de garantir que a dispersão é completa, isto é, todos os aglomerados são desfeitos e que durante a fase de secagem não há floculação, isto é, reaglomeração das partículas primárias para formar novos aglomerados. <sup>[4, 11]</sup>

## **2.4. Principais propriedades de tintas de interior e exterior**

Embora as tintas de interior e exterior a nível de aspeto não apresentem grandes diferenças, elas apresentam propriedades e propósitos muito diferentes. Os requisitos necessários para uma tinta de exterior são muito diferentes dos necessários para uma tinta de interior.

Ambas as tintas são constituídas pelos mesmos componentes principais, as tintas para interior e exterior têm solventes e pigmentos semelhantes; no entanto, a tinta de exterior pode conter mais pigmento e a principal diferença entre ambas encontra-se nos aditivos e resinas. As tintas de exterior e interior são formuladas para suportarem ambientes completamente diferentes. <sup>[26]</sup>

As tintas podem ser classificadas de acordo com o seu grau de brilho em essencialmente três grupos: tintas mate, tintas acetinadas e tintas brilhantes. <sup>[11]</sup>

Por outro lado, as tintas são classificadas consoante o substrato em que devem ser aplicadas, como por exemplo: tintas para madeira; tintas para metal; tintas para pavimentos; tintas para tetos; tinta para telhas e tintas de fachadas. <sup>[6]</sup>

Numa tinta de exterior espera-se uma elevada resistência contra a radiação UV, resistência ao crescimento de fungos e que seja resistente à humidade. Também não devem de perder ou alterar a cor e deve ser resistente a grandes variações de temperatura sem apresentar fissuras. <sup>[26]</sup>

Numa tinta de interior as propriedades pretendidas são completamente diferentes e o seu objetivo é mais para fins estéticos e decorativos. Embora necessitam de propriedades como a facilidade de manutenção, capacidade de lavagem, prevenção da humidade, resistência a manchas, resistência à esfrega e devem de ter um baixo ou nenhum COV para preservar a qualidade do ar em casa. <sup>[26]</sup>

Assim, embora as tintas sejam semelhantes, elas diferem nas suas propriedades, propósitos e usos.

Atualmente, já existem algumas tintas mais versáteis, que tanto podem ser aplicadas em exterior como em interior, podendo servir qualquer um dos dois propósitos.

### **3. Metodologias Experimentais de Preparação das Tintas**

Neste capítulo, irá ser apresentado o método de fabrico das tintas, os tipos de tintas e dispersantes estudados, assim como as diversas quantidades percentuais dos aditivos dispersantes e será apresentado os testes gerais realizados a todas as tintas.

Foram estudados 3 produtos diferentes, com diferentes características, sendo que 2 dos produtos (Tinta B e Tinta C) foi feito o estudo no Branco e em Bases, perfazendo um total de 5 tintas estudadas com um total de 146 fabricos. A tinta B e C foi estudado o seu Branco e a sua Base 1000.

As diferentes tintas utilizadas e as suas principais características serão apresentadas na **Tabela 1**.

*Tabela 1- Tintas Fabricadas*

<b>Tinta</b>	<b>Tipo de Tinta</b>	<b>Grau de brilho</b>	<b>Utilização recomendada</b>	<b>Rendimento (m<sup>2</sup> /L/ demão)</b>
A	Aquosa	Mate	Tetos	10 – 12
B	Aquosa de acabamento	Acetinado	Paredes Interior e Exterior	10 – 15
C	Aquosa; Plástica	Acetinado	Paredes Interior	11 - 15

Os dispersantes utilizados para as diferentes variantes fabricadas para cada tinta encontram-se na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Dispersantes estudados, sua natureza química, teor de sólidos e quantidades recomendadas e utilizadas

Dispersante	Polímero	Sal de Neutralização	Sistema	Iônico	Tipo de Estabilização	Molhante	pH	Teor de sólidos (%)	Quantidade recomendada (%)
1	Copolímero de anidrido maleico		WB/SB		Eletrostática	Não	10	25	0.7-1.0
2	Poliacrilato	Amónia	WB	Sim	Eletrostática	Não	7	40	0.1-0.5
3	Policarboxilato	Potássio		Sim	Eletrostática	Não	8	40	0.6-1.0
4	Segmentos de poliéter e um esqueleto hidrofóbico		WB	Não	Estereoquímica	Sim	5-7	99 – 100	0.2-1.0
5	Poliacrilato	Sódio	WB	Sim	Eletrostática	Não	8	40	0.2-0.5
6	Policarboxilato	Amónia	WB/SB		Eletrostática	Não	9.5	30	0.5-1.0
7	Éster fosfórico		WB/SB	Sim		Sim	3	97	0.5-10 Com base no peso de pigmento
8	Copolímero em bloco de alto peso molecular		WB		Estereoquímica	Sim		40	10-12 Com base no pigmento

9			WB/SB	Não		Sim	5-7	90	0.1-0.6
10	Copolímero de Acrilato com grupos afínicos de pigmento		WB		Estereoquímica	Sim		40	2.5-7.5 Com base no pigmento
11	Alto peso molecular		WB/SB		Eletrostática	Sim	3-4	100	2-3 Com base no pigmento
12	Copolímero carboxi-funcional	Amónia	WB/SB		Eletrostática	Não	8	41	0.2-0.5
13	Copolímero carboxi-funcional hidrofóbico médio	Sódio	WB/SB	Aniónico	Eletrostática	Não	10	25	0.4-2.0
14	Polímero carboxi-funcional	Sódio	WB	Aniónico	Eletrostática	Não	8.5	45	0.2-1.0
15			WB/SB	Aniónico	Eletrostática	Sim	6-7.5	100	1-4% Com base no pigmento

(WB – Water Based; SB – Solvent Based)

### 3.1. Método de Fabrico utilizado

O fabrico de uma tinta consiste na adição de diversas matérias-primas diferentes. O fabrico é feito numa panela de inox ou numa lata de tinta com a capacidade para 1 Litro ou mais dependendo da quantidade a fabricar. O fabrico é realizado num dispersor, como está exemplificado na figura seguinte.



*Figura 21- Dispersor de Tintas constituído por motor elétrico e um eixo vertical onde é colocado a hélice*

O fabrico divide-se em duas fases, a dispersão e a homogeneização. Em cada fase é utilizada uma hélice diferente, numa primeira fase utiliza-se a hélice de corte e numa segunda fase a hélice de mistura, ilustradas nas seguintes figuras.



*Figura 23 - Hélice de corte*



*Figura 22 - Hélice de mistura*

Na primeira fase as velocidades de rotação da hélice são as mais elevadas do processo de fabrico, uma vez que esta fase tem como função desfazer os aglomerados de partículas e separar as partículas primárias para que não se aglomerem novamente. É necessário que durante todo o

processo de fabrico, principalmente nesta primeira fase, que a hélice faça um vórtice, de forma a garantir uma perfeita dispersão. Também a altura da hélice dentro da lata de fabrico pode contribuir para a maior uniformização desta mesma dispersão, tal como dito anteriormente no subcapítulo **Etapas de produção de tinta – Parâmetros que afetam o processo de dispersão**.

Na maioria das formulações é nesta fase que existe uma grande porção de água, coalescentes, biocidas, anti espumas e espessantes na forma sólida. Esta mistura, representada na **Figura 24**, tem de ficar bem dispersa porque caso contrário estes agregados que se formam, não conseguem desfazer-se e irão aparecer no produto final e possivelmente na aplicação, o que não é o pretendido. Posteriormente são adicionados os molhantes e os dispersantes e, de seguida as cargas e os pigmentos. Esta segunda mistura também tem de ficar perfeitamente dispersa (**Figura 25**).



*Figura 24 – Pré-mistura*



*Figura 25 - Após adição de molhantes, dispersantes, cargas e pigmentos*

Esta mistura obtida é descarregada para a lata final onde já se encontra a emulsão e o anti espumas. Esta nova fase é a fase da homogeneização, onde se utiliza a hélice de mistura que tem como função misturar e homogeneizar as restantes matérias-primas a adicionar, que são os últimos aditivos como espessantes e biocidas e para finalizar adiciona-se a água final.



*Figura 26 - Aspeto da tinta no final do fabrico*

Depois de fabricada a lata é mantida na sala de humidade e temperatura constantes ( $a \pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) para no dia seguinte iniciar-se os testes.

## 4. Metodologias Experimentais de Caracterização das Tintas

### 4.1. Testes Gerais de caracterização do produto

Neste capítulo encontram-se os testes realizados neste estudo com uma descrição do seu procedimento de ensaio. Os testes como viscosidades e pH são realizados a uma temperatura e humidade controladas ( $\pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) assim como as aplicações que necessitam de secar uma vez que as propriedades alteram-se com a temperatura. Todos os procedimentos de ensaio são realizados sobre procedimento interno.

#### 4.1.1. Viscosidade Stormer

De forma a estudar a reologia da tinta mediu-se a sua viscosidade de *Stormer*. Esta viscosidade é medida usando um equipamento designado por Viscosímetro *Stormer* representado na **Figura 27**. Este aparelho mede a deformação de um fluido (neste caso de uma tinta) quando submetida a um determinado esforço, que neste caso é a medição da massa necessária para manter a hélice em rotação constante quando submersa na tinta. Esta viscosidade aplica uma tensão de corte considerada baixa a média e recria uma condição de agitação da tinta em lote e o seu valor é dado em unidades de *Krebs* (KU). O valor máximo medido por este viscosímetro é de 140 KU.

Antes de medirmos a viscosidade temos de nos certificar que a tinta se encontra a uma temperatura de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , uma vez que a temperatura é um parâmetro que influencia bastante as viscosidades. A sua medição é feita recorrendo a uma hélice que fica mergulhada na tinta e é nos dado o valor da viscosidade. Este teste é realizado segundo **PE 1508**.



Figura 27 - Viscosímetro Stormer e a respetiva hélice

#### 4.1.2. Viscosidade ICI

A viscosidade ICI permite-nos perceber qual será o comportamento da tinta quando aplicada, ou seja, recria o ambiente de aplicação da tinta num substrato através de um cone rotativo que assume o papel do instrumento de aplicação (rolo) e um prato estático que por sua

vez representa o substrato onde a tinta será aplicada. Esta viscosidade é obtida através de um viscosímetro *Brookfield Cone & Plate*, representado na **Figura 28**, e os resultados são expressos em *Poises*. Este viscosímetro mede a viscosidade dinâmica que uma tinta apresenta quando submetida a grandes gradientes de velocidade. Obtém-se valores mais elevados que a viscosidade *Stormer* uma vez que são aplicadas tensões de corte de magnitude superior.

Este teste é feito consoante **PE 1505**, em que é realizado, em condições pré-definidas, a 25 °C e a uma velocidade de 750 rpm. Resumidamente, coloca-se uma gota de tinta no viscosímetro, de modo que a amostra cubra a área do cone, baixa-se o cone, carrega-se “*RUN*” e a leitura da viscosidade é dada após estabilização do resultado.



Figura 28 - Viscosímetro Cone & Plate

#### 4.1.3. Viscosidade Brookfield

A viscosidade *Brookfield* é determinada utilizando um equipamento denominado de viscosímetro *Brookfield*, que mede a viscosidade dinâmica, representado na **Figura 30**. Este aparelho mede em diferentes faixas de viscosidade e os resultados são expressos em *centiPoise*. É utilizado este aparelho para tensões de corte elevadas e permite recriar um ambiente de agitação na lata.

Primeiramente temos de selecionar o fuso e velocidades adequadas (obter um torque o mais próximo de 50%), depois é só mergulhar o fuso na tinta e carregar no botão para iniciar a leitura e registar o valor da viscosidade. Este ensaio é realizado tendo em conta o **PE 1506**.



Figura 30 - Viscosímetro Brookfield



Figura 29 - Fusos do Viscosímetro Brookfield

#### 4.1.4. pH

O pH é uma característica que se revela muito importante nos produtos de base aquosa, pois tem uma influência determinante na viscosidade do produto e na sua estabilidade.

A sua determinação tem como objetivo a determinação da alcalinidade ou da acidez da tinta em estudo, este teste é realizado com o auxílio de um medidor de pH, representado na **Figura 31**. Para realizar este teste recorreu-se ao **PE 1720** em que primeiramente é necessário calibrar o aparelho, para isso recorre-se ao eletrodo de referência adequado, lava-se com água destilada e seca-se com papel absorvente. De seguida, este já se encontra pronto para iniciar a sua medição, sendo necessário colocar o eletrodo na amostra de tinta e carregar no “read”. Por fim, regista-se o valor quando este estabilizar. Após finalizar, volta-se a lavar o eletrodo e este é colocado em KCl até próxima utilização.



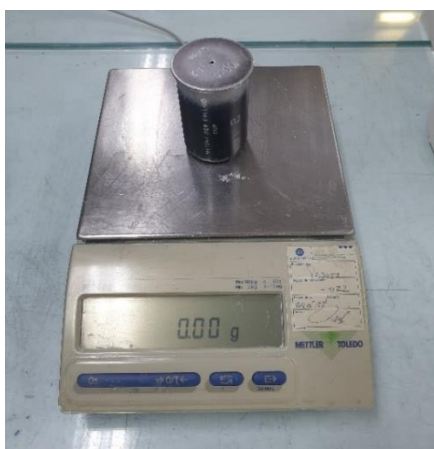
Figura 31 - Medidor de pH

#### 4.1.5. Massa Volúmica

Este teste tem como objetivo determinar a densidade da tinta. A massa volúmica corresponde à relação massa/volume de uma amostra. Por outras palavras, a massa volúmica corresponde à massa que ocupa um determinado volume. Para determinar a densidade recorre-se ao uso de um densímetro com capacidade 100 cc com tampa munida de um orifício de escoamento.

Primeiro pesa-se o densímetro com a tampa incluída numa balança digital com precisão de 0.01 gramas e tira-se a tara. De seguida, encher o densímetro com a amostra de tinta, colocar a tampa e retirar excesso de produto e registar valor da massa. A densidade será a massa a dividir pelo volume do densímetro.

É demonstrado na figura seguinte a execução deste teste, onde recorre ao **PE 1610**.



*Figura 32 - Densímetro*

#### 4.1.6. Determinação dos teores de matérias voláteis e não voláteis

O objetivo deste teste é determinar o teor, em massa e volume, de matérias voláteis e não voláteis de tintas. Este parâmetro afeta a película seca, quantos mais sólidos presentes existirem na tinta, uma maior espessura da camada da tinta seca é formada.

Para determinar teor de matérias não voláteis em peso recorre-se ao **PE 1600**, onde utiliza-se um aparelho de medição (aparelho MA45 da *Sartorius*) em que é colocado uma quantidade mássica de tinta lisa de forma homogénea e carrega-se em “*START*”. O valor é dado no ecrã em percentagem (%) NV.

O equipamento utilizado está representado na figura seguinte.



Figura 33 – Aparelho MA45 da Sartorius

Para determinar o teor de matérias não voláteis em volume é utilizada a seguinte equação:

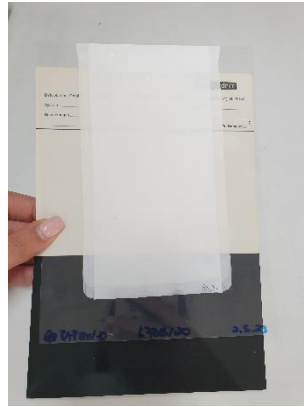
$$NVV = \left(1 - \frac{(100 - NV) \times d_T}{100 \times d_V}\right) \times 100\% \quad (3)$$

Onde NVV é a matéria não volátil em volume, NV é a matéria não volátil em peso (ou seja o teor em sólidos determinado anteriormente),  $d_T$  é a densidade da tinta e  $d_V$  é a densidade dos voláteis da tinta (considera-se  $d_V = 1$ ).

#### **4.1.7. Poder de cobertura de uma película seca – Método da Espessura constante**

A determinação da opacidade permite determinar a razão de contraste de um dado filme de tinta aplicado numa superfície transparente (melinex) que se fixa sobre uma carta de opacidade (carta de *Morest*), ou seja, permite determinar a sua capacidade de obliterar contrastes de cor do substrato.

Para determinar a opacidade é necessário aplicar a tinta num melinex a uma velocidade de 6 cm/s recorrendo a um aplicador de filme automático (*Elcometer 4340 Automatic film Applicator*). A aplicação fica a secar pelo menos 4h na sala de temperatura e humidade constantes e depois de seca mede-se o melinex sobre uma carta de *Morest* no espectrofotómetro e realiza-se duas leituras, uma na zona branca e outra na zona preta, sendo o resultado final a média das duas leituras. O resultado vem em percentagem, %. Este teste é realizado conforme **PE 5545** e na figura seguinte está presente a aplicação de opacidade sob uma carta e *Morest*.



*Figura 34 - Carta de Morest e aplicação de opacidade*

#### **4.1.8. Índice de Brancura – Método do Computador de cor**

O objetivo deste teste é determinar o índice de brancura de um dado filme de tinta. O índice de brancura mede o grau de desvio desta ao branco perfeito, no qual toda a luz é refletida.

Faz-se uma aplicação numa cartolina pequena com trincha, fica a secar em ambiente controlado durante 24h. Depois de seca, faz-se a medição no espectrofotómetro, onde são realizadas duas leituras e o valor final é a médias dessas leituras efetuadas. O resultado é expresso em percentagem, %. Este ensaio é feito recorrendo ao **PE 5600**.

#### **4.1.9. Brilho**

O brilho apresenta-se como a propriedade ótica de uma película seca de tinta, caracterizada pela capacidade de refletir a luz que sobre ela incide. Este teste permite determinar a capacidade refletora que uma película de tinta seca apresenta, quando aplicada sobre um substrato perfeitamente plano.

O teste é realizado tendo em consideração o **PE 5565**, onde começa-se por aplicar a tinta num substrato de vidro recorrendo ao aplicador de filme automático, deixa-se secar 16 a 24h e por fim, efetua-se as medições com o medidor de brilho, onde os valores correspondentes a cada ângulo (20°, 60° e 85°) vem em unidades de brilho. O equipamento está fotografado na **Figura 35**.



*Figura 35 - Medidor de Brilho*

#### **4.1.10. Avaliação da dispersão**

Este teste decorre durante o fabrico e também é avaliado no final. Permite-nos por via visual observar se as partículas estão bem dispersas.

Para isso, é retirado uma amostrado de tinta antes e depois da fase de dispersão e no final do fabrico e com o auxílio de uma espátula espalhar num substrato de vidro para se efetuar a observação da dispersão das partículas. Se não se observar nenhum grão então significa que está bem disperso.

#### **4.1.11. Observação visual do filme**

O objetivo deste teste é observar visualmente o filme de tinta e detetar eventuais defeitos. Esta característica depende dos valores da viscosidade e permite-nos perceber qual o desenho que a tinta fará no substrato a aplicar.

Aplicar o número de demãos da tinta que é indicado na ficha técnica de cada produto em estudo numa cartolina grande a rolo e deixar secar. Depois de seca avaliar a ausência ou presença de defeitos.

A classificação deste teste vai de uma de escala de 1 a 5, onde 1 corresponde a Péssimo e 5 a Muito Bom.

#### **4.1.12. Avaliação da opacidade em húmido**

Este teste permite-nos estimar a opacidade em húmido através do cálculo da espessura e da quantidade necessária para cobrir uma determinada área - o rendimento de uma tinta.

Para realizar este teste é utilizado um Criptómetro de fundo Preto e branco e duas placas superiores em cunha calibradas, com  $K= 0.002$  e  $K= 0.007$ , como está representado na **Figura 36**. A escolha da cunha depende da tinta em estudo. Para tintas de elevada opacidade utilizar  $K=0.002$  e para tintas com menor opacidade escolher  $K=0.007$  (por exemplo, tintas de alta espessura).



Figura 36 - Criptómetro de fundo Preto e Branco e cunha

Depois de selecionada a placa calibrada adequada, coloca-se uma quantidade de tinta no criptómetro sobre a cor correspondente àquela que não desejamos avaliar a opacidade, coloca-se a placa calibrada selecionada sobre a tinta e move-se lentamente a placa sem a separar do criptómetro. Interromper o movimento no instante em que não seja mais possível distinguir, através da tinta, a linha de separação entre a área branca e preta. Por fim, ler na escala que é apresentada na parte superior da cor preta o valor correspondente à extremidade da cunha. Registrar o valor e repetir o procedimento de forma a ter o ensaio em duplicado, tal como descrito no **PE 1852**. Para o cálculo do valor da espessura de filme necessário à obtenção de boa opacidade recorreremos à seguinte equação:

(4)

$$e = D \times K$$

Onde D é a média das leituras dos instantes e K é o fator da cunha.

Depois para calcular o Rendimento recorreremos à tabela de conversão adequada à constante K utilizada no ensaio, **Tabela 3**. Este valor é dado em m<sup>2</sup>/L/demão.

Tabela 3 – Tabela de Conversão de D em Rendimento para K = 0.002

	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	49.9	45.3	41.6	38.4	35.6	33.3	31.9	29.3	27.7	26.3
<b>20</b>	25.0	23.8	22.7	21.7	20.8	19.9	19.2	18.4	17.8	17.2
<b>30</b>	16.7	16.1	15.6	15.1	14.7	14.2	13.8	13.5	13.1	12.8
<b>40</b>	12.5	12.2	11.9	11.6	11.4	11.1	10.9	10.6	10.4	10.2

#### 4.1.13. Absorção de água – Tintas não flexíveis

O objetivo deste ensaio é avaliar o grau de absorção de água de um dado filme de tinta de base aquosa não flexível. Espera-se que se obtenha o menor valor possível. Se uma tinta tem

tendência a absorver água, pode levar à formação de bolhas de água na superfície e posteriormente pode levar ao aparecimento de fissuras na parede, o que não é o desejado pelo consumidor. Portanto, quanto menor for a percentagem de água que uma tinta absorve, melhor qualidade a tinta apresentará.

Para realizar este teste recorreu-se ao **PE 7518** onde é aplicada tinta em dois melinexes e esta fica a secar no mínimo três dias em ambiente controlado para obtermos um peso de película de tinta seca constante. Depois desse tempo de secagem, pesa-se as aplicações e coloca-se dentro de uma caixa de modo a ficar completamente submersas em água durante 24h e, por fim pesa-se. A água absorvida é calculada da seguinte forma:

$$\text{absorção de água (\%)} = \frac{(PF - PM) - (PT - PM)}{(PT - PM)} \times 100 \quad (5)$$

Onde PF é o peso final que corresponde ao peso das películas depois de 24h em água, PM é o peso do melinex e PT é o peso inicial que corresponde ao peso das películas depois de secarem três dias.

#### **4.1.14. Salpicos**

O objetivo deste teste, tal como o nome indica, é avaliar a quantidade de salpicos durante a aplicação da tinta.

A aplicação é feita na vertical num escarapate e colocado um plástico preto por baixo onde, no fim depois de seco, se avalia a quantidade de salpicos, tal como descrito no **PE 1851**.

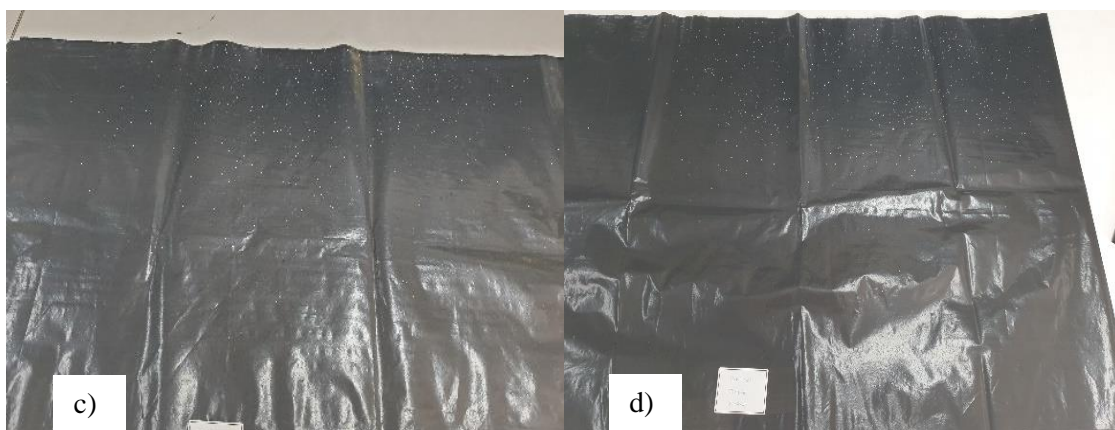
Aplica-se uma quantidade generosa de tinta com o rolo. A aplicação é feita do mesmo modo para todos os fabricos realizados, é utilizada a mesma quantidade de tinta, o mesmo método de aplicar e o mesmo número de passagens com o rolo de modo a ser feita uma correta avaliação.

A avaliação não é totalmente comparativa com a tinta padrão (tinta com formulação utilizada pela empresa) porque as aplicações não são todas feitas nem as tintas são fabricadas na mesma altura.

Relativamente à classificação deste teste, foi feita numa escala de 1 a 6 em que 1 corresponde a imensos salpicos, 2 a muitos, 3 a alguns, 4 a ligeiros, 5 a ligeiríssimos e 6 a nenhuns salpicos, tal pode ser demonstrado nas figuras seguintes.



*Figura 38 - Classificação de salpicos: a) 6; b) 5*



*Figura 37 - Classificação Salpicos: c) 4; d) 3*

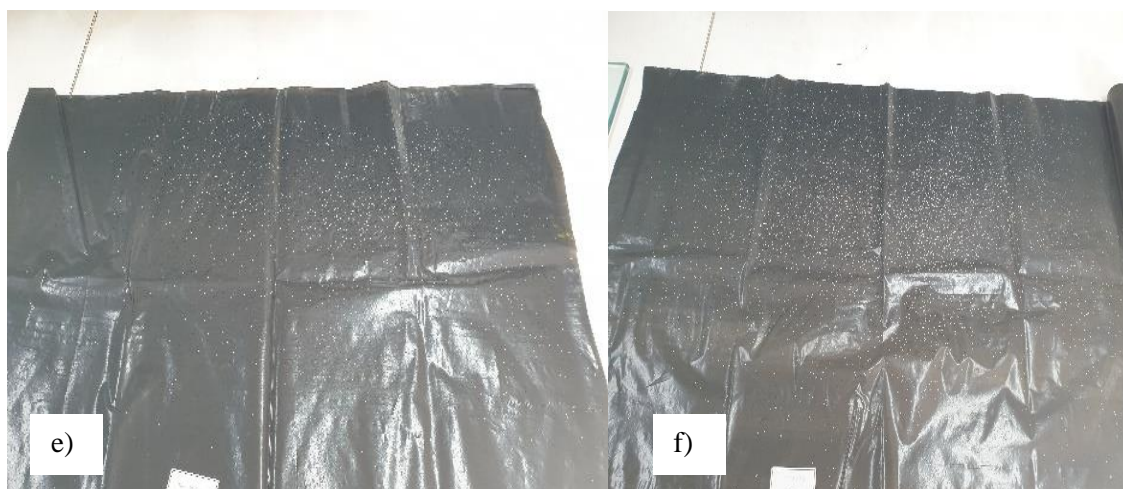


Figura 39 - Classificação Salpicos: e) 2; f) 1

#### 4.1.15. Avaliação do tempo aberto e do tempo de secagem

Este teste tem como objetivo avaliar os tempos de secagem de uma tinta. O tempo aberto de uma tinta corresponde ao tempo em que a tinta ainda se encontra fresca e apresenta uma boa trabalhabilidade, ou seja, é neste período que o aplicador pode fazer correções na aplicação sem que a trincha ou outro material de aplicação deixe marcas e o tempo de secagem corresponde ao tempo em que a tinta se encontra em fase de secagem superficial. O tempo de secagem deve ser o mais rápido possível pois qualquer toque deforma a película de tinta.

Este ensaio é realizado de acordo com o **PE 9116**. É efetuado a aplicação num vidro com dimensões 70 cm x 2.5 cm x 0.5 cm recorrendo a um aplicador tipo “cubo”. Introduce-se imediatamente o vidro no aparelho de secagem BK, baixa-se o pêndulo sobre o vidro e coloca-se um peso cilíndrico de  $\pm 10g$  em cima do pêndulo e liga-se o equipamento. Este equipamento tem uma velocidade de deslocação de 1 cm/min. No final do teste é analisado no vidro os tempos de secagem, onde são deixadas duas marcas pelo pêndulo. Uma na qual a tinta é arrastada pelo pêndulo e outra na qual a tinta é apenas levemente marcada. No instante em que se dá a transição entre os dois tipos de marcas diz-se que se atingiu o tempo aberto. Por outro lado, quando o pêndulo deixa de marcar a tinta considera-se que a secagem superficial terminou. Os resultados são expressos em minutos. Este teste está esquematizado na **Figura 40**.

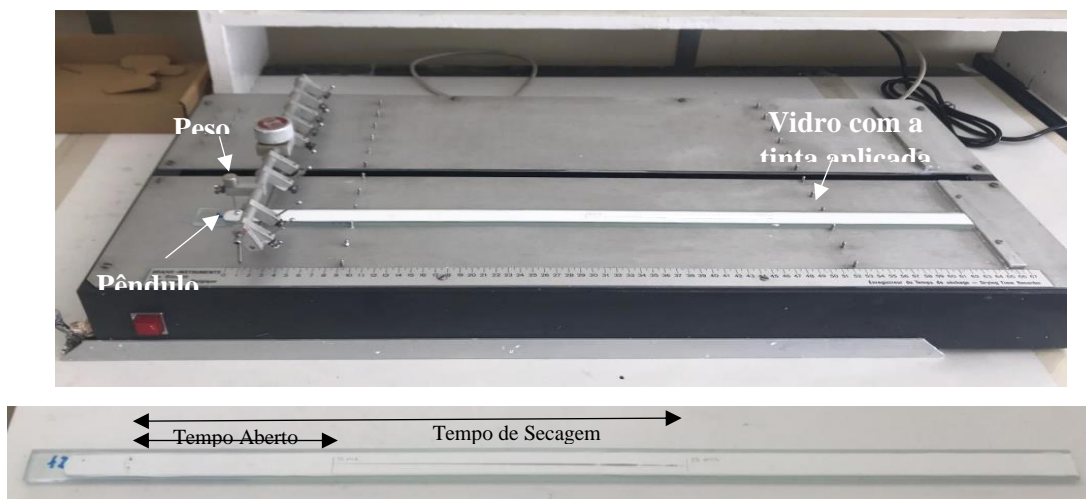


Figura 40 - Secagem BK: Realização do teste e Análise dos tempos de secagem

## 4.2. Testes Gerais às Bases

Neste subcapítulo será apresentado os testes realizados às bases fabricadas. Sendo que foram fabricadas a partir do produto B e C.

Existem três tipos de bases, a base 1000 ou P, a base 4000 ou D e a base 6000 ou TR. A grande diferença entre estas é a tonalidade das cores que é possível fazer. Sendo que a base 1000 é utilizada para fazer cores mais claras e a base 6000 é usada para cores mais fortes.

Para este estudo não nos interessa estudar a base 6000 uma vez que esta não tem dióxido de titânio na sua formulação, pelo que não nos permite avaliar a dispersão do pigmento que é o objetivo desta dissertação.

Os ensaios realizados em bases são feitos tendo em conta o Sistema de Tintagem Corportaitvo (CTS – *Corporate Tinting System*), que corresponde ao conjunto de corantes usados pela empresa.

### 4.2.1. Teste da Molhagem Sistema CTS

Este teste tem como objetivo avaliar até que ponto as bases fabricadas estão suficientemente estabilizadas.

Para avaliarmos o grau de estabilização da base começamos por pesar uma quantidade de base e uma quantidade de corante ocre UY02 para uma lata de 250 mL. De seguida, agita-se a lata no agitador do tipo *Shaker* durante uns minutos. Após a agitação, retira-se uma amostra e volta-se a agitar a lata durante mais uns minutos. Por fim, aplica-se com um aplicador numa cartolina branca as duas amostras de modo que fiquem ligeiramente sobrepostas. Deixa-se secar entre 16 a 24h num ambiente controlado e observa-se visualmente se existe alguma diferença de cor entre as aplicações. Se a base estiver suficientemente estabilizada registar com OK, caso contrário Não OK. Numa análise complementar é efetuado um “*rub-out*” (movimentos circulares

feitos com o dedo) logo após a aplicação de modo a avaliar se existe diferença de cor entre a aplicação e a área friccionada. Este ensaio é realizado de acordo com o **PE 2020**.

#### **4.2.2. Inspeção de Bases Sistema CTS**

Este teste tem como objetivo a comparação da força de bases fabricadas com as respetivas bases padrão.

A metodologia deste ensaio segue o **PE 2022**, em que começa-se por pesar uma quantidade de base (1000 ou 4000) para uma lata de 250 mL e pesa-se também uma quantidade de corante preto UK13. Coloca-se a lata a agitar no agitador *Shaker* durante uns minutos e realiza-se a sua aplicação no aplicador de filme automático utilizando uma cartolina branca e um aplicador. O tempo de secagem da aplicação e o ambiente onde deve de secar depende de cada produto e é indicado na sua ficha, depois da secagem a aplicação é comparada com o padrão por medição espectrofotométrica.

A base será aprovada se o valor medido no espectrofotómetro estiver compreendido no intervalo de  $100 \pm 3$  %.

#### **4.2.3. Teste de Compatibilidade Sistema CTS**

O objetivo é avaliar a compatibilidade da tinta com os corantes do sistema CTS.

Para isso estuda-se sete corantes diferentes. Começa-se por pesar uma quantidade de base para uma lata de 250 mL e de seguida pesa-se uma quantidade de cada corante.

Os corantes a ensaiar são Azul AB48 (Compatibilidade A), Azul UB05 (Compatibilidade B), Amarelo UY02 (Compatibilidade C), Magenta UM07 (Compatibilidade D), Violeta UV08 (Compatibilidade E), Vermelho UR09 (Compatibilidade F), e Preto UK13 (Compatibilidade G).

Depois de pesadas as quantidades de base e corante em cada lata, agita-se no agitador giroscópico durante uns minutos e retira-se uma amostra. O restante produto volta a ir agitar no agitador do tipo *Shaker* durante mais uns minutos. Para a aplicação utiliza-se uma cartolina branca e um aplicador e realiza-se as duas aplicações ligeiramente sobrepostas. Como meio complementar à análise de compatibilidade realizar o “*rub-out*” (friccionar com o dedo em movimentos circulares) em três partes de secagem: logo após a aplicação, decorridos aproximadamente 30 segundos e após 1 minuto. De notar que os tempos de secagem variam consoante o produto e estudo.

Por fim, as aplicações ficam a secar *overnight* num ambiente controlado e observar visualmente se a base é compatível com o corante. A base é compatível com o corante se não se observar diferença na intensidade de cor entre as duas aplicações e se os resultados do “*rub-out*” não evidenciarem diferenças de cor significativas entre as áreas friccionadas e as não friccionadas para as diferentes secagens. Este ensaio é feito consoante **PE 2021**.

#### 4.2.4. Reprodução de Cor

Este teste consiste em realizar uma cor pronta. Inicialmente é aplicada essa numa cartolina pequena a trincha, fica a secar *overnight* e, por fim, compara-se a aplicação com o catálogo da cor correspondente. Se não existir diferença entre a aplicação e a cor no catálogo esta é classificada de OK.

### 4.3. Testes de análise da distribuição de tamanho das partículas

Neste subcapítulo serão abordados testes com o objetivo de analisar as partículas existentes na tinta. Pretende-se avaliar a distribuição do tamanho das partículas e observar a existência de aglomerados e/ou de algum defeito na tinta. Resumidamente, iremos avaliar a dispersão da tinta.

Como cada técnica é baseada num princípio físico particular, um método "perfeito" para determinar a distribuição "verdadeira" do tamanho de grão de sedimento não existe. Portanto não existe uma técnica ótima para medir essa distribuição do tamanho. A escolha da técnica depende do tipo de sedimento e de outros fatores.<sup>[27]</sup>

#### 4.3.1. Microscópio ótico

Utilizou-se um microscópio ótico para analisar a dispersão das tintas. Aplicou-se em substrato de vidro com a menor espessura conseguida (50  $\mu\text{m}$ ) mas não foi possível observar as partículas ao microscópio. Ainda se estudou a hipótese de diluir a tinta para se aplicar e observar, tendo-se efetuado uma diluição de 50 % mas mesmo assim não se conseguiu observar as partículas. Assim, não foi possível obter conclusões com este teste.

#### 4.3.2. Microscopia Eletrónica de Transmissão

Com este teste podemos observar diretamente a dimensão das partículas assim como a sua forma.

As imagens TEM de micro pós de  $\text{TiO}_2$  em fase anátase e rutilo são mostradas nas **Figuras 41 e 42**. Vê-se claramente que os pós de  $\text{TiO}_2$  na fase rutilo consistem tanto em formas esféricas como em formas de haste, mas as partículas de  $\text{TiO}_2$  na fase anátase são na sua maioria pós de morfologia esférica. Além disso, pode estimar-se que a dimensão das partículas das amostras nas são de microescala com o tamanho de grão cerca de 0.3-0.7  $\mu\text{m}$ .<sup>[28]</sup>

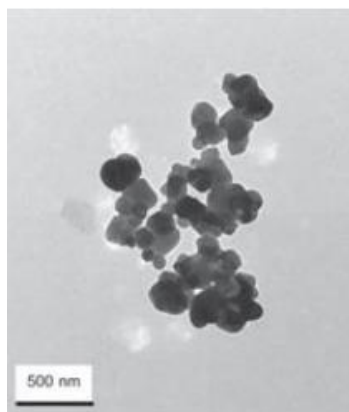


Figura 42 - Imagens TEM de TiO<sub>2</sub> na fase anátase (adaptado) <sup>[28]</sup>

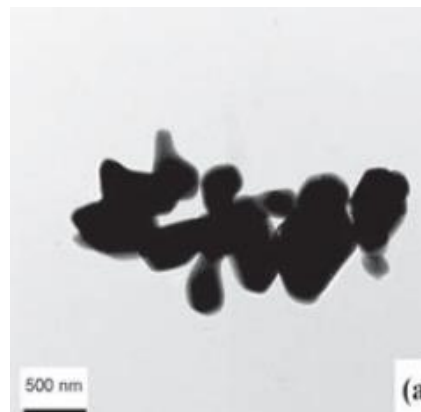


Figura 41 - Imagens TEM de TiO<sub>2</sub> na fase rutilo (adaptado) <sup>[28]</sup>

### 4.3.3. Difração a laser

Com este teste obtemos os valores do tamanho das partículas e a distribuição de tamanho de partículas. Para a análise do tamanho de partícula dos sólidos e tintas utilizou-se o equipamento *Malvern-Mastersizer 3000*, instalado no laboratório da Pharmalab no ISEL.

O *Mastersizer 3000* funciona por difração a laser e define o padrão para fornecer distribuições rápidas e precisas de tamanho de partícula, tanto para dispersões húmidas quanto secas (gama de tamanho de partícula de 3.5 nm – 10 µm). Efetivamente, o equipamento utiliza a técnica de difração laser para medir o tamanho das partículas e a distribuição do tamanho das partículas dos materiais. Para tal, mede a intensidade da luz dispersa quando um feixe de laser passa através de uma amostra de partículas dispersas. Estes dados são depois analisados para calcular o tamanho das partículas que criaram o padrão de dispersão. A técnica de difração do laser possui uma limitação quanto à coloração da amostra, que pode impedir a passagem de luz numa intensidade aceitável, como no caso do petróleo. Além disso, a quantidade de partículas no sistema pode induzir espalhamentos múltiplos, prejudiciais à análise. Por isso, a técnica exige a utilização de um dispersante incolor que dilui a amostra e permite a passagem de luz com intensidade suficiente para assegurar uma análise confiável. O dispersante possui ainda a função de promover a separação dos aglomerados de partículas para evitar erros nas medidas de tamanho, auxiliada pelo ultrassom que faz parte do equipamento.

A teoria de Mie é aplicada quando a partícula possui tamanho menor ou igual ao comprimento de onda da luz incidente e descarta a possibilidade de espalhamentos múltiplos. Os principais parâmetros fornecidos pelas medidas no equipamento são D(4.3), D(0.1), D(0.5) e D(0.9), onde D(4.3) é o diâmetro da esfera que possui o mesmo volume médio das partículas do sistema, D(0.5) é o diâmetro que divide a distribuição ao meio, ou seja, acima e abaixo desse valor estão 50 % do volume total das partículas e D(0.9) é o diâmetro que apresenta 90 % do volume total das partículas do sistema.



*Figura 43 – Equipamento Mastersizer 3000*

#### **4.4. Teste de Estabilidade**

O teste de estabilidade tem como objetivo avaliar se a tinta com o passar do tempo em armazenamento sofre alterações significativas. Este teste pode ser realizado a três temperaturas diferentes: à temperatura ambiente, a 40 °C e a 60 °C. Para cada temperatura a duração do teste varia, sendo que para a estabilidade à temperatura ambiente o teste dura dezoito meses, a 40 °C dura seis meses e a 60 °C dura quinze dias.

Neste estudo foram apenas realizados testes de estabilidade a 40 °C. Para a realização do teste é necessário colocar uma amostra de tinta numa lata de 250 mL, medir as viscosidades e colocar a embalagem em teste na estufa de 40 °C durante os 6 meses. Vai-se avaliando ao fim de um, três e seis meses. Em cada avaliação é registado valores de viscosidade e a observação do aspeto da tinta, se tem depósito, sinérese, gelificação ou floculação. Este teste é efetuado de acordo com **PE 1631**.

Na **Figura 43** está representado este teste.



*Figura 44 – Estufa de 40°C onde são guardados os testes de estabilidade*

#### **4.5. Testes para determinação de quantidade ótima de dispersante**

Este método permite determinar a quantidade necessária de dispersante numa formulação.

Primeiro é necessário determinar a quantidade de água suficiente para molhar uma certa quantidade de pigmento e/ou cargas. O ponto final, também chamado de ponto de molhagem, é alcançado quando a mistura forma uma pasta coesa.

A partir da quantidade de água determinada e da mistura pigmento/cargas, produz-se uma suspensão à qual vai ser adicionado o dispersante. A viscosidade é medida após cada adição de dispersante e a viscosidade mínima alcançada vai ser igual ao requisito de dispersante.

Assim, detalhadamente, é pesado o pigmento e/ou cargas existentes na tinta em estudo, é adicionada a quantidade de água calculada anteriormente e, em seguida, é adicionado 0.1 % de dispersante (com base no peso de pigmento). A dispersão ocorre durante 10 minutos, após arrefecer é medida a viscosidade a 100 rpm no viscosímetro *Brookfield*, onde a seleção do fuso depende da viscosidade da base de moagem. Sob agitação suave, são adicionadas mais porções de 0.1 % de dispersante e a viscosidade é determinada a temperatura constante. Após cada adição agitar com o dispersor durante 2 minutos.

A viscosidade mínima e, portanto, a necessidade de dispersante podem ser deduzidas recorrendo ao gráfico a seguir exemplificado. <sup>[9]</sup>

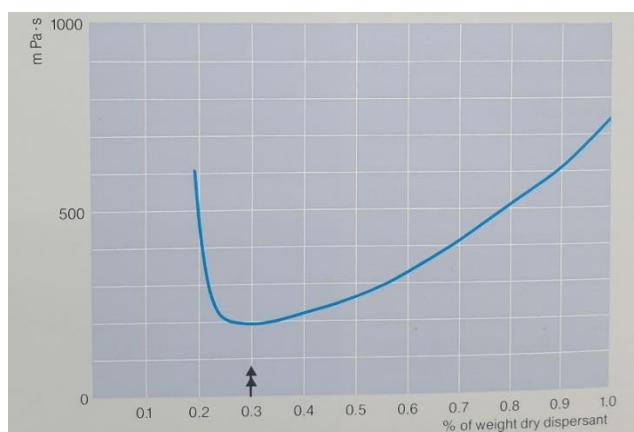


Figura 45 – Teste de Necessidade de dispersante <sup>[9]</sup>

## 5. Resultados e Discussão

Foram estudadas três tintas diferentes em que na sua formulação foram efetuadas variações do tipo de dispersante e da sua quantidade. As alterações foram feitas de forma análoga para todos os produtos, seguindo indicações nas respetivas fichas técnicas das matérias-primas.

Foram realizados vários testes de forma a caracterizar as tintas e, agora, iremos analisar esses resultados.

Numa primeira fase avaliou-se as viscosidades, pH, densidades, teores de sólidos, lacagem, salpicos, absorção de água, brilho, opacidade, brancura e opacidade em húmido e colocou-se em teste de estabilidade. Todos estes testes foram feitos para os três produtos diferentes de forma a poder tirar conclusões acerca do comportamento de cada tinta mantendo os mesmos parâmetros de dispersantes.

Depois de analisados os resultados dessa 1ª fase e escolhidos as melhores variantes, estas seguem para uma segunda fase de testes. Nessa 2ª fase de testes realizou-se o teste de secagem BK. A 3ª e última fase é o teste de distribuição de tamanho de partículas por difração a laser.

Inicialmente os critérios de seleção foram: brancura, opacidade em seco, a opacidade em húmido – rendimento. Após análise dos resultados e exclusão dos dispersantes que originavam valores inferiores, avaliou-se por fim a reologia (viscosidade ICI e salpicos) e os restantes ensaios.

Para as bases estudadas os testes analisados foram as viscosidades, pH, densidades, opacidades, teores de sólidos, molhagem, força, compatibilidades, reprodução de uma cor e colocou-se em teste de estabilidade.

### 5.1. Tinta A

Na tabela seguinte encontra-se a numeração das amostras a que correspondem cada tipo e as quantidades de dispersante. De notar que a amostra 11 é a amostra padrão, ou seja, é a amostra cuja formulação é a usada pela empresa onde foi feito o estudo.

*Tabela 4 - Fabricos para Tinta A e respetivas quantidades percentuais de dispersante*

Dispersante	Quantidade (%)	Amostra
1	0,7	1
	0,85	2
	1	3
2	0,1	4
	0,3	5
	0,5	6
3	0,6	7

	0,8	8
	1	9
<b>4</b>	0,2	10
	<b>0,48</b>	<b>11</b> <b>(Padrão)</b>
	1	12
<b>5</b>	0,2	13
	0,35	14
	0,5	15
<b>6</b>	0,5	16
	0,75	17
	1	18
<b>7</b>	0,11	19
	0,437	20
	1,311	21
	2,185	22
<b>8</b>	2,185	23
	2,404	24
	2,622	25
<b>9</b>	0,1	26
	0,3	27
	0,6	28
<b>10</b>	0,546	29
	1,093	30
	1,639	31
<b>14</b>	0,2	32
	0,45	33
	0,8	34
	1	35
<b>12</b>	0,2	36
	0,3	37
	0,5	38
<b>13</b>	0,4	39
	0,8	40
	1,5	41

	2	42
<b>11</b>	0,437	43
	0,546	44
	0,656	45
<b>15</b>	0,219	46
	0,546	47
	0,874	48

Os resultados referentes aos critérios de seleção para os testes de 1ª fase encontram-se nos gráficos seguintes:



Figura 46 - Gráfico de barras da Opacidade em Seco Tinta A

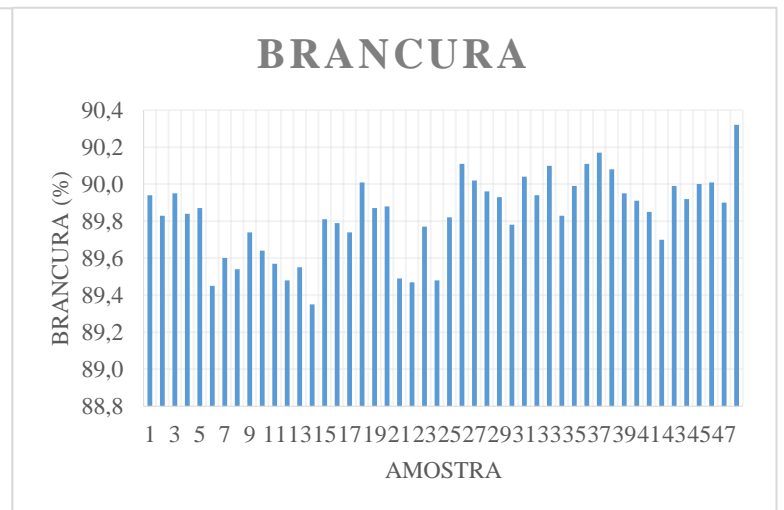


Figura 47 - Gráfico de barras da Brancura Tinta A

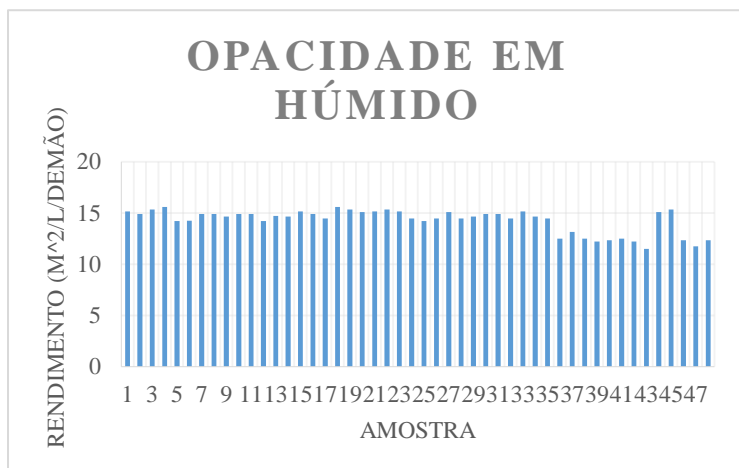


Figura 49 - Gráfico de barras da Opacidade em húmido Tinta A

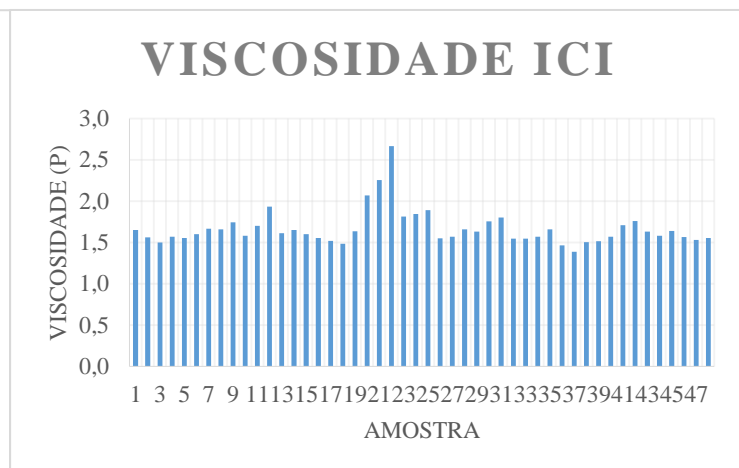


Figura 48 - Gráfico de barras da Viscosidade ICI Tinta A

Da análise dos gráficos, observamos que os valores de brancura e opacidade em seco oscilam muito com o tipo de dispersante e quantidade do dispersante usado. A opacidade em húmido e a viscosidade ICI obtiveram valores com menos oscilações.

Recorrendo a estes gráficos de barras anteriores de opacidade em seco, brancura e de opacidade em húmido observou-se quais os maiores e menores valores e escolheu-se as amostras correspondentes para teste de análise da distribuição do tamanho da partícula para se avaliar o comportamento por difração a laser.

Assim, foram consideradas como as melhores amostras a amostra 4, 7, 18 e a 48. A amostra 4 por ter a maior opacidade em húmido, amostra 7 porque apresenta maior opacidade em seco, a amostra 18 porque possui maior opacidade em húmido e a amostra 48 pois apresenta maior valor de brancura.

As amostras consideradas como piores foram as amostras 42, 43 e 47. A amostra 42 por apresentar o valor mais baixo de opacidade em seco e a sua opacidade em húmido e brancura também são dos valores mais pequenos, a amostra 43 por apresentar valor de opacidade em húmido muito baixo e a amostra 47 porque apresenta um dos menores valores de opacidades em húmido e a sua opacidade em seco também é baixa.

De seguida serão apresentados as curvas de dispersão obtidas por difração a laser.

Os primeiros gráficos referem-se às matérias-primas isoladas desta Tinta A e posteriormente serão apresentados os gráficos correspondentes às amostras escolhidas como melhores e piores para a realização deste teste.

### 5.1.1. Resultados por Difração a laser para MP's:

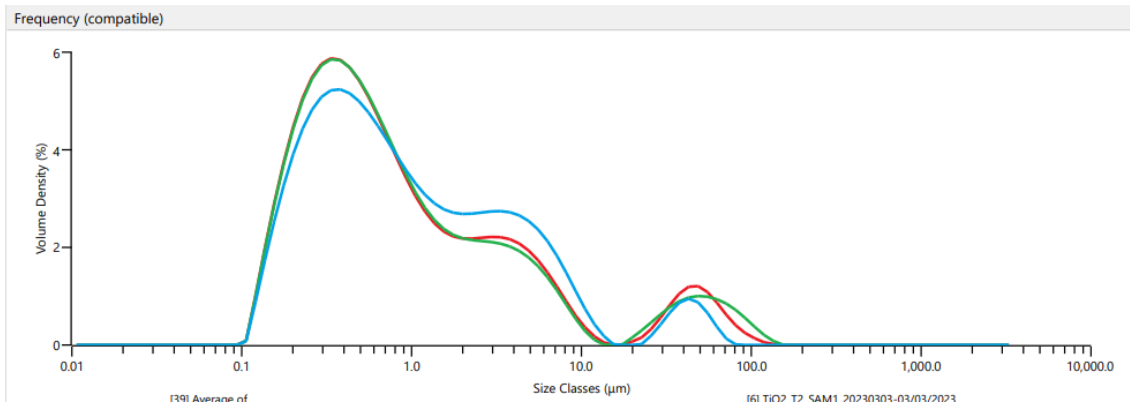


Figura 50 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de  $TiO_2$

Na análise deste gráfico observamos a existência de um pico grande e largo que se encontra no tamanho de aproximadamente  $0.4 \mu m$  que corresponde a 6 % de densidade volumétrica e observamos ainda a existência de mais dois picos que são menores. O diâmetro médio de partículas é de  $0.619 \mu m$ . O diâmetro médio do óxido corresponde às especificações dos fornecedores.

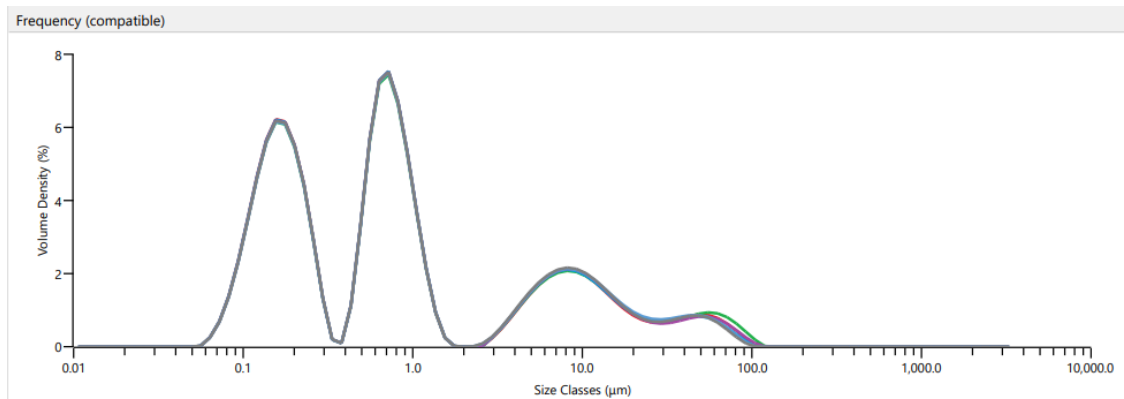


Figura 51 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Emulsão

Observamos a existência de dois picos grandes e estreitos em  $0.2 \mu m$  e em  $0.8 \mu m$  que correspondem a 6 e 8 % de densidade volumétrica, respectivamente. O diâmetro médio das partículas desta matéria-prima é de  $0.643 \mu m$ .

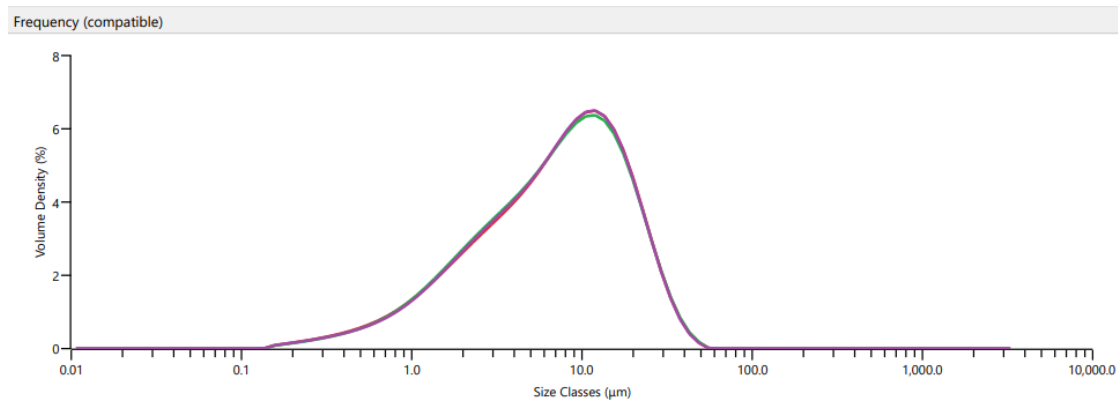


Figura 52 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Carbonato 1

Analisando graficamente observamos um único pico grande, largo e inclinado para a direita com uma densidade volumétrica de 7 % que corresponde ao tamanho de 14 µm. O diâmetro médio destas partículas é de 7.52 µm, demonstrando uma boa homogeneidade do carbonato.

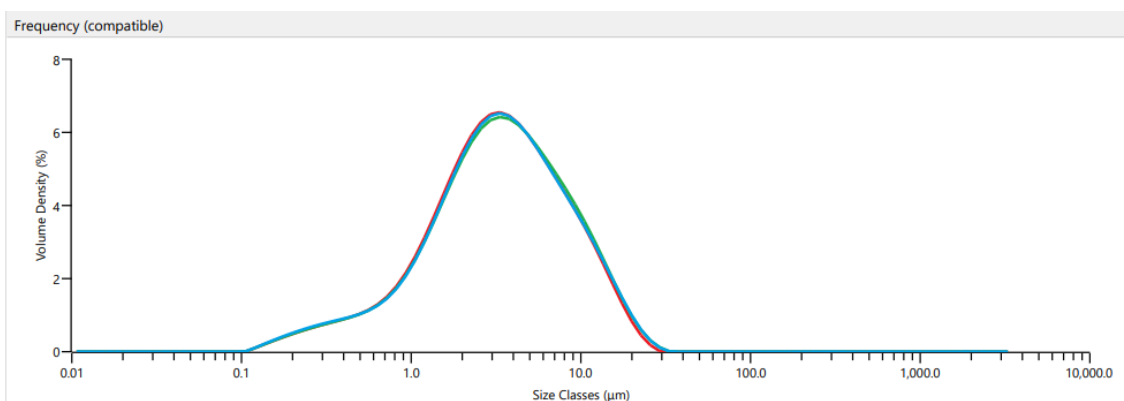


Figura 53 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Carbonato 2

Também neste gráfico só visualizamos um único pico grande, largo e ligeiramente inclinado para a esquerda que corresponde a uma densidade volumétrica de 7 % e a um tamanho de aproximadamente 3.5 µm. O diâmetro médio de partículas é de 3.26 µm.

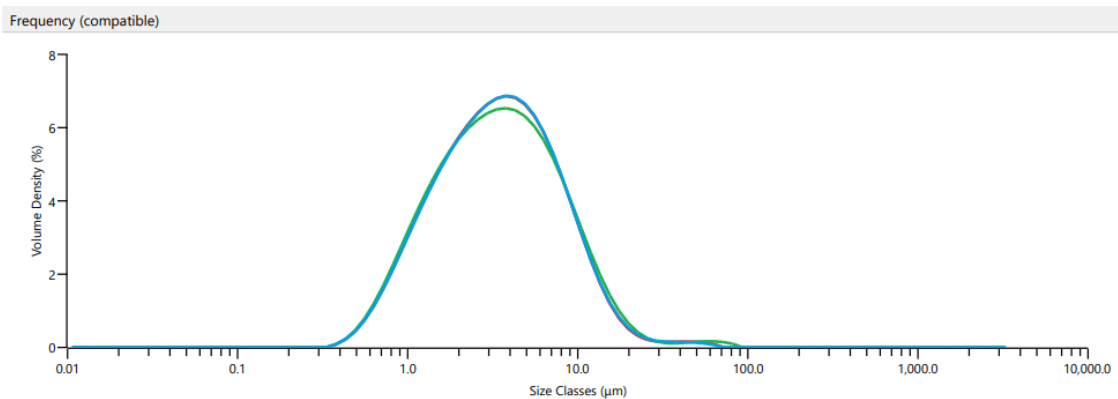


Figura 54 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Silicato de alumínio

Esta matéria-prima também só apresenta um único pico grande e largo em 4  $\mu\text{m}$  que corresponde a 7 % de densidade volumétrica. O diâmetro médio de partículas é de 3.39  $\mu\text{m}$ .

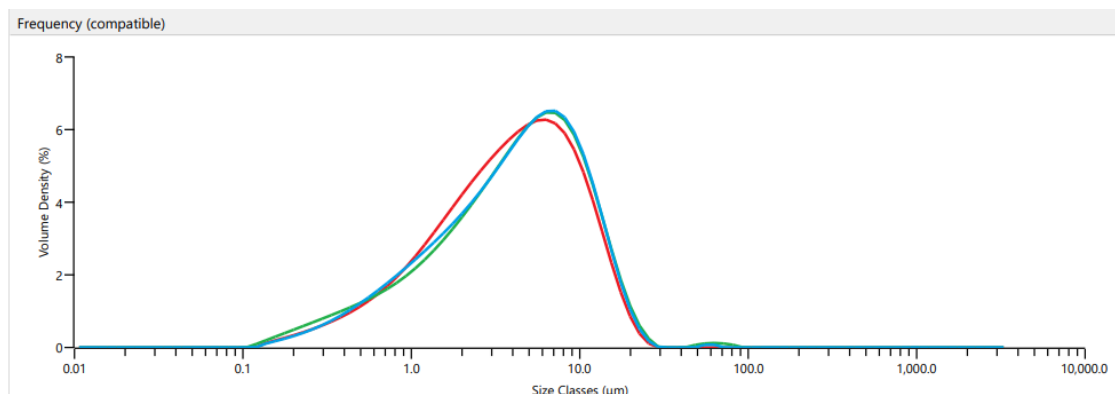


Figura 55 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Silicato 2

Graficamente observamos um único pico grande, largo e inclinado para a direita num tamanho de cerca de 7  $\mu\text{m}$  que corresponde a 6 % de densidade volumétrica. O diâmetro médio de partículas é de 3.99  $\mu\text{m}$ .

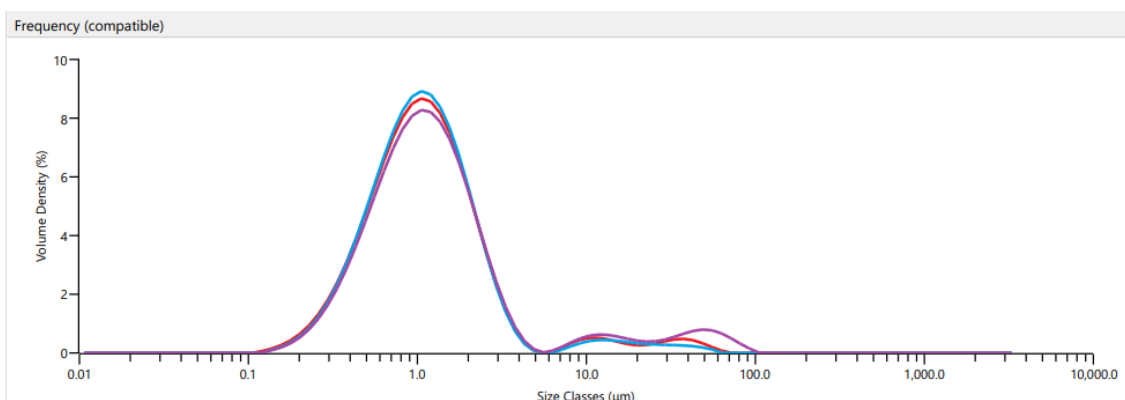


Figura 56 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Sulfato

Analisando o gráfico observamos a existência de três picos, sendo que um deles é um pico grande e largo em aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  e que corresponde a 9 % de densidade volumétrica e ainda a existência dos outros dois picos pequenos. O diâmetro médio de partículas é de 1.05  $\mu\text{m}$ .

Todos os produtos apresentam uma boa homogeneidade e uniformidade no tamanho da partícula.

### 5.1.2. Resultados por Difração a laser para as Tintas:

Agora serão apresentados os gráficos referentes às tintas, onde pretendemos observar a existência de picos e em que gama de tamanhos de partículas ocorre e o aspeto desse pico, se é grande ou pequeno, estreito ou largo.

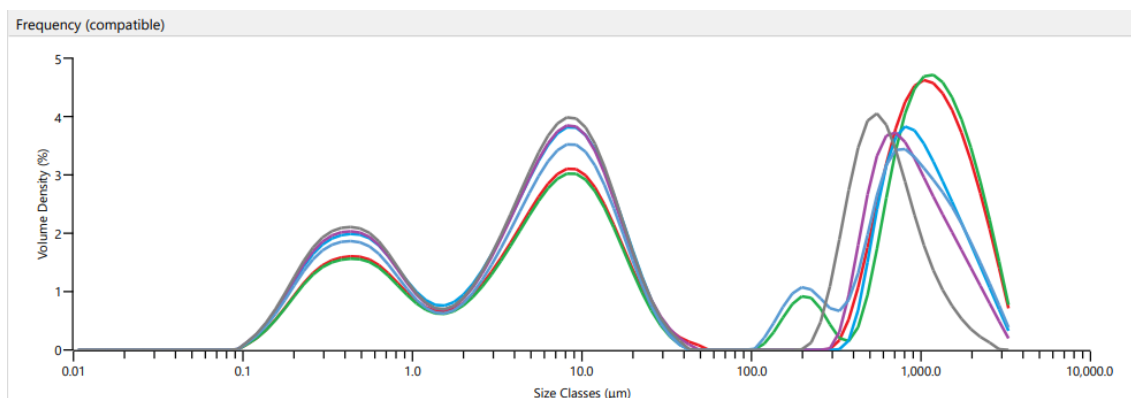


Figura 57 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 43

Observamos a existência de quatro picos, sendo que os dois picos mais à direita após os 100 µm não serão analisados uma vez que as matérias-primas que contribuem para o tamanho das partículas apenas apresentam picos abaixo desse tamanho. Assim, temos dois picos em aproximadamente 0.45 µm e em 9 µm. O 1º pico corresponde às partículas de titânio, sendo um pico pequeno que corresponde a 2 % de densidade volumétrica. O 2º pico corresponde à matéria-prima Silicato 2, onde observamos um pico médio e largo correspondente a 45 % de densidade volumétrica. O diâmetro médio de partículas nesta amostra foi de 16 µm.

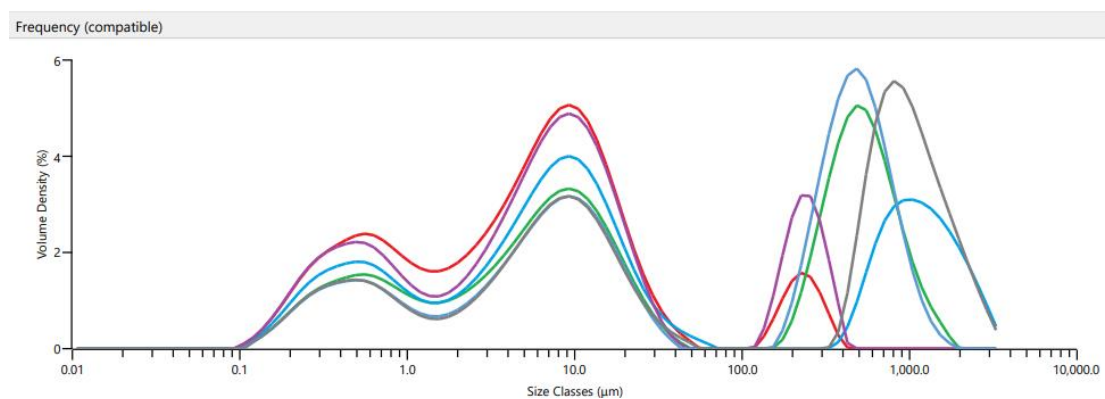


Figura 58 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 42

Analogamente, apenas consideremos os dois primeiros picos em cerca de 0.4 µm e em 10 µm. O 1º pico é um pico pequeno e largo que corresponde a 2 % de densidade volumétrica e indica-nos que este pico pertence à matéria-prima dióxido de titânio. O 2º pico corresponde à matéria-prima Silicato 2 e observamos que é um pico grande e largo que corresponde a 5 % de densidade volumétrica. O diâmetro médio das partículas nesta tinta foi de 5.61 µm.

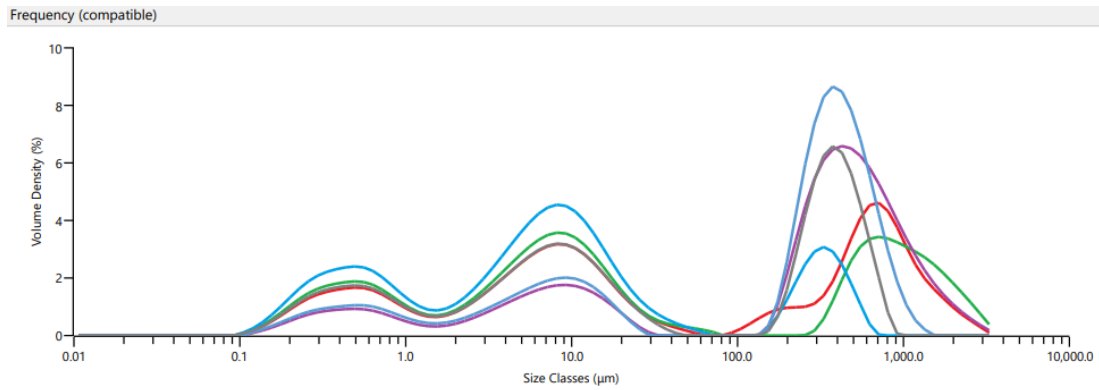


Figura 59 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 4

Graficamente observamos a existência de dois picos em valores próximos dos observados anteriormente nas outras amostras (0.4 e 9 µm) que correspondem exatamente às mesmas matérias-primas dióxido de titânio e Silicato 2. O 1º pico corresponde a uma densidade volumétrica de 2 % e o 2º a 4 %. O diâmetro médio das partículas desta amostra é de 14.6 µm.

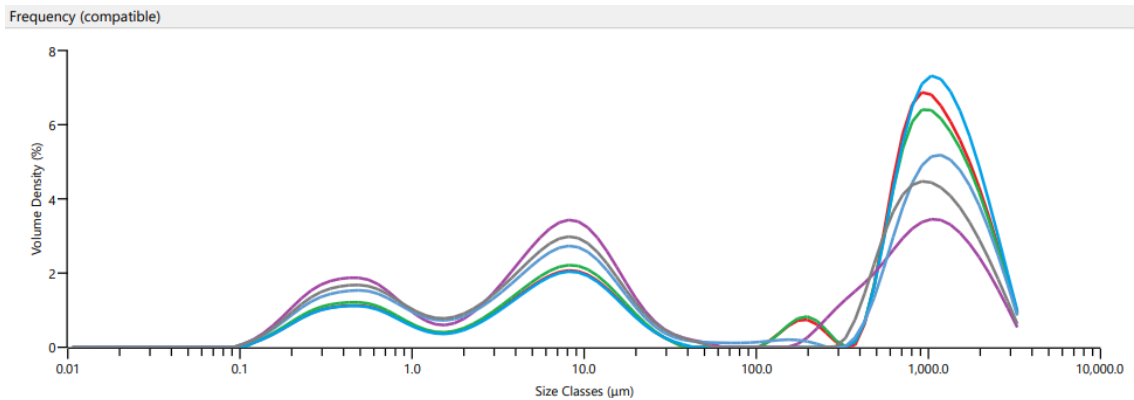


Figura 60 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 7

Exatamente igual ao gráfico anterior, observamos dois picos em 0.4 µm e em 8 µm que correspondem exatamente às mesmas matérias-primas (TiO<sub>2</sub> e Silicato 2) e apresenta os mesmos valores de densidade volumétrica (2 e 4 %). O diâmetro médio das partículas é de 707 µm.

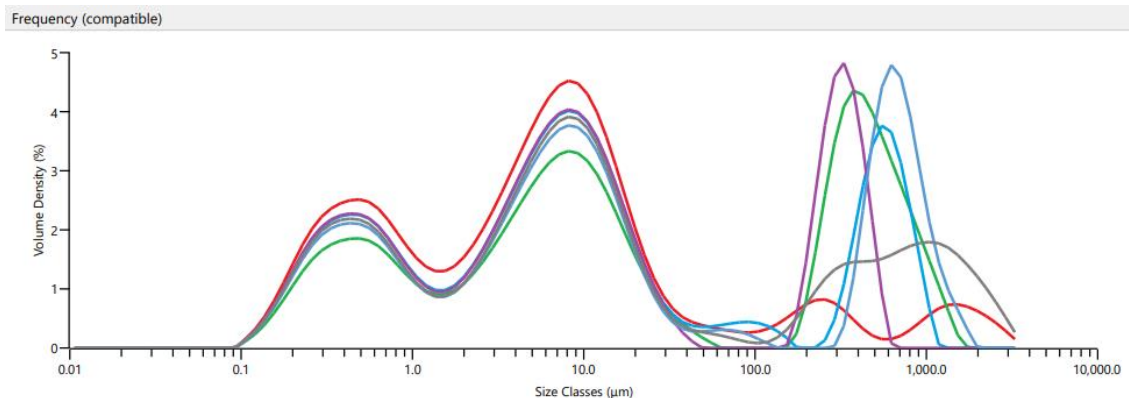


Figura 61 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 18

Analogamente aos gráficos anteriores, as conclusões são exatamente as mesmas. O diâmetro médio das partículas é de 5.56  $\mu\text{m}$ .

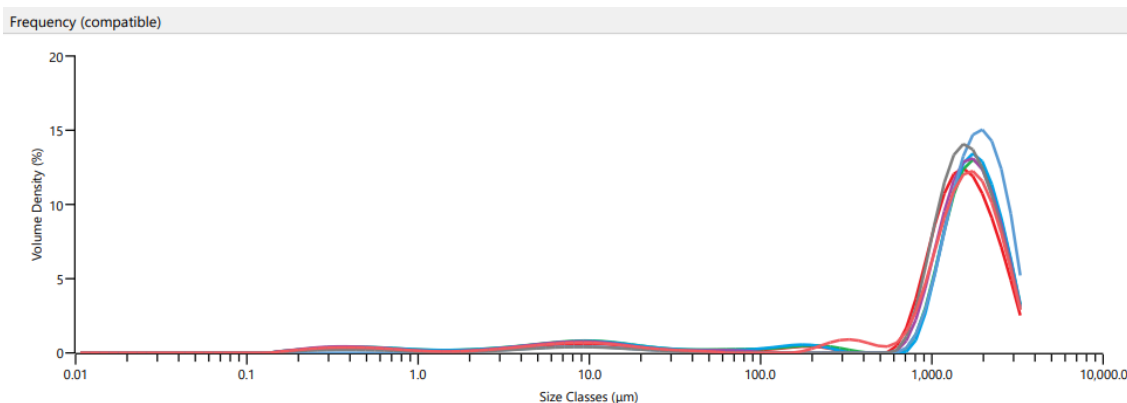


Figura 62 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 47

Graficamente, para esta amostra não observamos picos significativos. O diâmetro das partículas é de 1420  $\mu\text{m}$ .

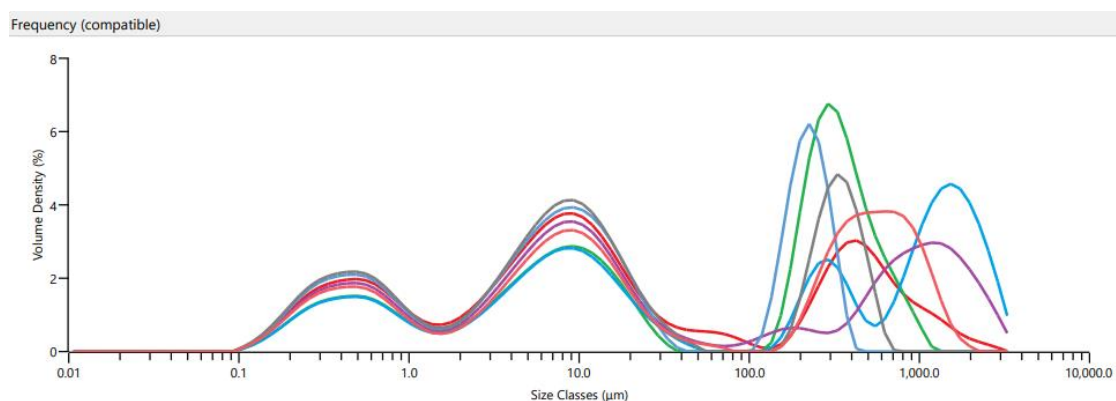


Figura 63 - Gráfico de densidade volumétrica vs tamanho de partícula de Amostra 48

Neste gráfico, voltamos a observar picos correspondentes a  $\text{TiO}_2$  e a Silicato 2 em 0.4  $\mu\text{m}$  e em 9  $\mu\text{m}$ , sendo o 1º pico pequeno e largo e o 2º pico médio e largo. As densidades volumétricas respectivas são de 2 e 4 %. O diâmetro médio das partículas é de 9.68  $\mu\text{m}$ .

Ordenando os valores por ordem decrescente dos diâmetros médios de partículas obtidos para cada amostra, obtemos:

Amostra 47 > Amostra 7 > Amostra 43 > Amostra 4 > Amostra 48 > Amostra 42 > Amostra 18

De uma forma geral, partículas de menor dimensão e uniformemente distribuídas apresentam um maior poder de cobertura. A amostra 47 apresenta valores de opacidade e brancura relativamente baixos como se pode ver mais à frente, sendo que esta amostra é a que apresenta um diâmetro médio de partículas superior por difração a laser, logo seria de esperar que tivesse valores das características mais baixas, o que se confirma. Por outro lado, a amostra 18 deveria de ser a que apresenta valores de opacidades e brancuras mais elevados, tal acontece na sua maioria sendo a amostra com maior opacidade em húmido e de brancura, já a opacidade em seco

também apresenta um valor relativamente elevado. A amostra 42 é a 2ª amostra com um valor de diâmetro de partículas mais baixo, logo seria de esperar uma opacidade relativamente elevada o que não acontece, sendo o pior resultado apresentado. A amostra 7 é a 2ª amostra com maior diâmetro de partículas o que corresponderia a uma opacidade e brancura baixas, tal não acontece, obtendo-se maior valor de opacidade e o menor valor de brancura. A amostra 4 apresenta os mais elevados valores de opacidade em seco e de opacidade em húmido e um valor de brancura baixo, logo deveria de ter um tamanho médio de partículas baixo, o que não acontece, estando esta amostra posicionada no meio da ordem decrescente dos diâmetros de partículas. A amostra 43 apresenta valores de opacidade em seco relativamente elevado, um valor de opacidade em húmido baixo e um valor de brancura elevado, sendo uma das amostras que apresenta maior diâmetro de partículas logo corresponderia um menor valor de opacidade, tal não acontece e portanto deveria de estar posicionada numa outra posição da escala apresentada. A amostra 48 apresenta um diâmetro de partícula relativamente baixo e apresenta valores de opacidades baixos e um valor de brancura elevado, logo para esta amostra também não se confirma o facto de partículas de menor dimensão apresentarem valores de opacidade elevados.

Assim, para algumas amostras confirma-se que quanto menor o diâmetro das partículas, maior será o valor de opacidade, para outras não se confirma, devendo estar numa outra posição dessa sequência de ordem decrescente de tamanhos de partículas apresentada. Tal acontecimento pode dever-se ao facto de as partículas mesmo apresentando um diâmetro médio de partículas baixo podem não estar uniformemente distribuídas e, por isso, os valores de opacidades não corresponderem ao esperado.

De seguida são apresentados os gráficos de dispersão também relativamente aos critérios de seleção, onde série 1 corresponde a dispersante 1 e assim sucessivamente até à série 10 que corresponde ao dispersante 10, a série 11 já corresponde ao dispersante 14, a série 12 corresponde ao dispersante 12, a série 13 corresponde ao dispersante 13, a série 14 corresponde ao dispersante 11 e a série 15 ao dispersante 15. O padrão corresponde ao 2º ponto da série 4.

### 5.1.3. Resultados de Viscosidade ICI:

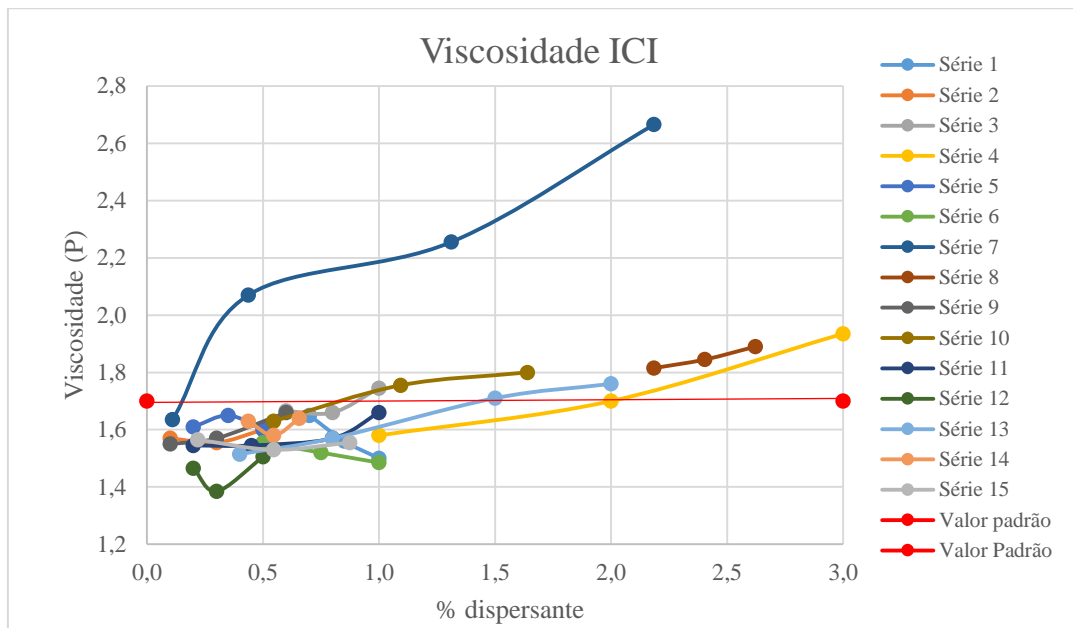


Figura 64 - Gráfico de Dispersão da Viscosidade ICI da Tinta A

Observando o gráfico podemos dizer que as viscosidades no geral estão muito próximas e apresentam um comportamento crescente. Comparando com o valor padrão de 1,7 P, a série 6, 7 e a série 12 apresentam valores ligeiramente mais afastados, no caso da série 7 os valores são mais altos e no caso das séries 6 e 12 são mais baixos.

### 5.1.4. Resultados de Opacidade em seco:

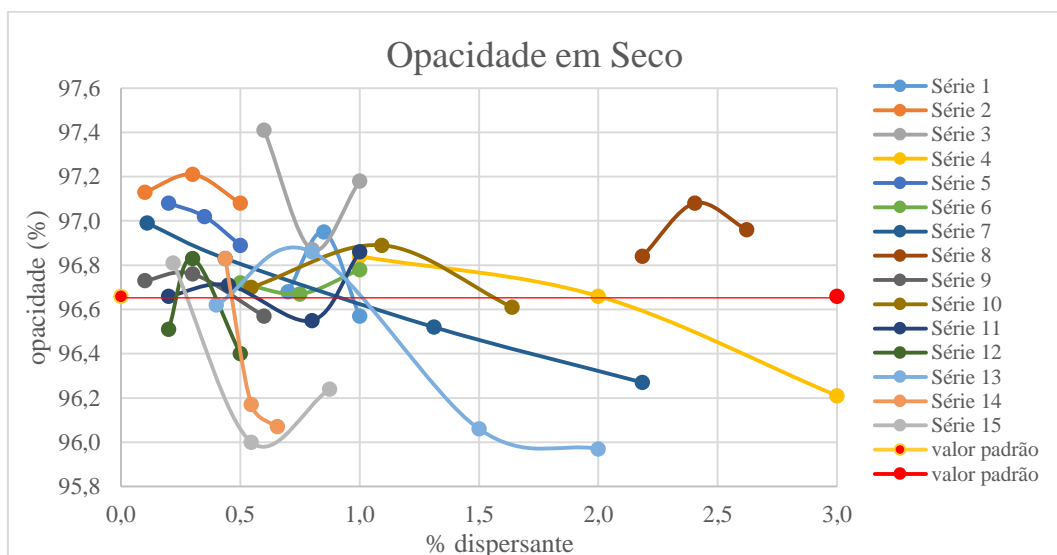


Figura 65 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em Seco Tinta A

Da análise do gráfico da opacidade em seco podemos observar que as séries 1, 2, 8, 9, 10, 12 e 13 apresentam um comportamento crescente de opacidade com a 1ª variação da quantidade

percentual de dispersante mas logo a seguir nas outras variações decresce. As séries 4, 5, 7, 14 apresentam sempre um comportamento decrescente. As séries 3, 6 e 15 apresentam um comportamento inicialmente decrescente e depois aquando da outra variação percentual de dispersante o seu comportamento passa a ser crescente. A série 11 apresenta um comportamento oscilatório, começando por crescer na primeira variação da quantidade de dispersante, aquando da 2ª variação o seu comportamento passa a ser decrescente e, por fim, na última variação cresce novamente.

Comparando os valores das opacidades de cada dispersante isoladamente com o valor padrão de cerca de 97 %, podemos excluir as séries 13, 14 e 15 por apresentarem valores inferiores.

### 5.1.5. Resultados de Brancura:

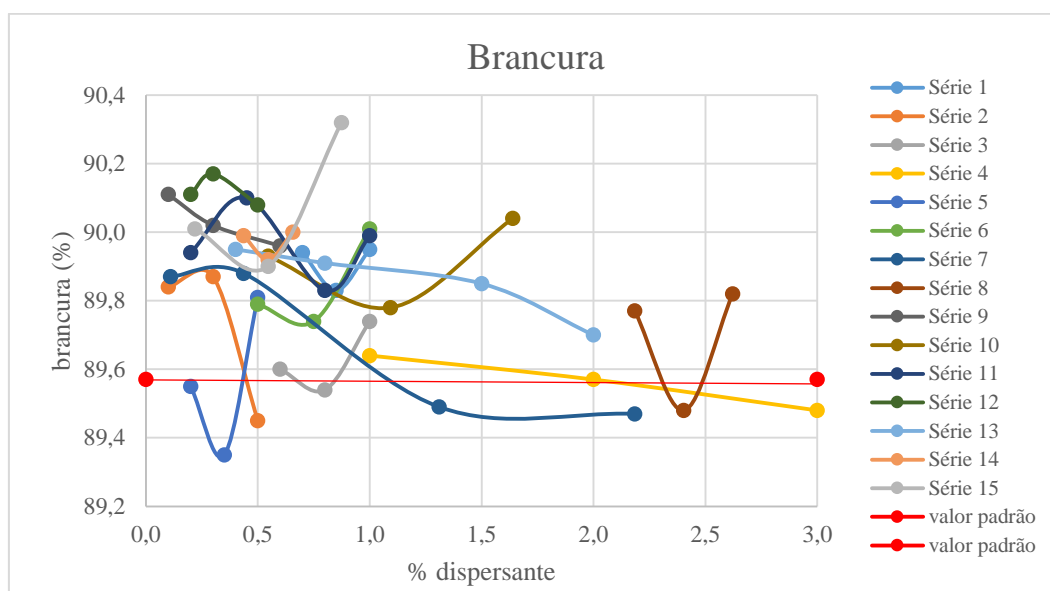


Figura 66 - Gráfico de Dispersão de Brancura Tinta A

As séries 2 e 12 apresentam um comportamento crescente de brancura e aquando da nova variação da quantidade de dispersante decresce. As séries 1, 3, 5, 6, 8, 10, 14 e 15 apresentam um comportamento contrário às séries anteriores, primeiro decresce e depois cresce. A série 11 apresenta um comportamento oscilatório, começa por crescer, de seguida após a 1ª variação da quantidade percentual de dispersante decresce e, por fim, volta a crescer após se aumentar a quantidade de dispersante. As séries 4, 7, 9, 12 e 13 apresentam sempre um comportamento decrescente. Relativamente ao valor padrão da brancura, que é de cerca de 90 %, comparando com os restantes valores verificamos que as séries 2, 4, 5 e 8 apresentam alguns valores de brancura inferiores e a série 7 também apresenta valores inferiores, embora esta série também apresente dois valores de brancura próximos do valor padrão.

### 5.1.6. Resultados de Opacidade em húmido:

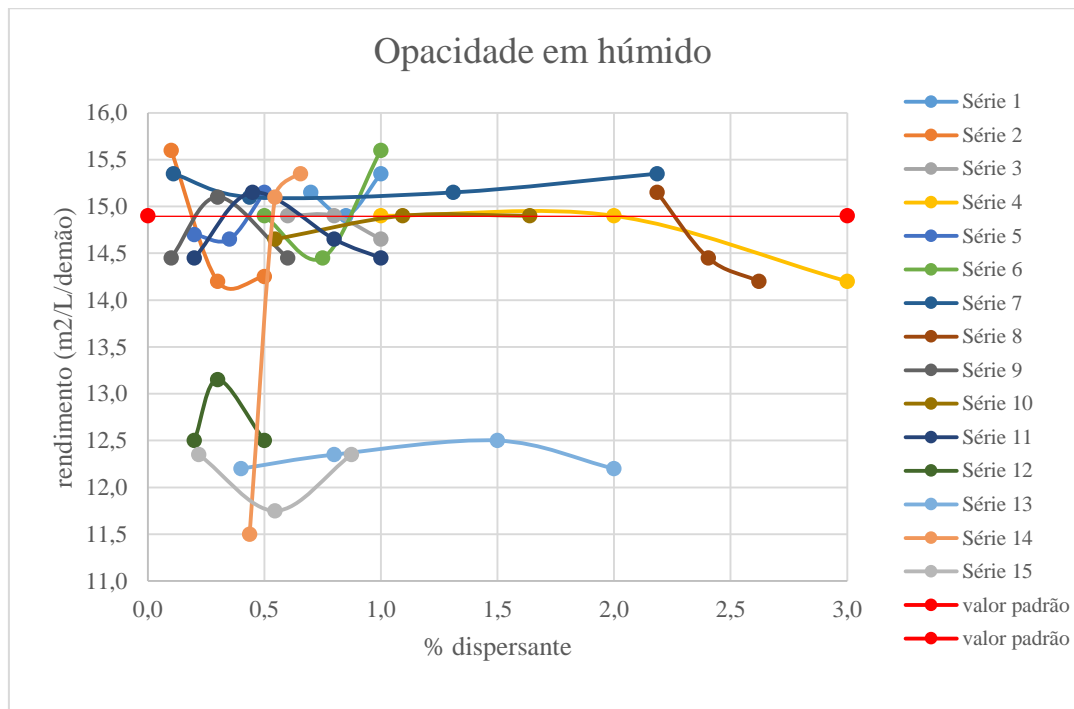


Figura 67 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em húmido Tinta A

Da análise do gráfico observamos que os valores de opacidade em húmido concentram-se entre 12 a 16 m<sup>2</sup>/L/demão. Temos séries que com as variações percentuais de dispersante praticamente não sofrem alteração no valor do rendimento, mantendo-se mais ou menos constantes, essas séries são a 3, 4, 5, 7, 10 e 13. A série 14 apresenta um comportamento crescente e a série 8 contrariamente apresenta um comportamento decrescente. As séries 9, 11 e 12 crescem após a 1ª variação percentual de dispersante e depois decrescem até mais ou menos ao valor inicial após nova variação. A série 2 apresenta um comportamento decrescente e depois mantém-se mais ou menos constante. As séries 1 e 6 apresentam um comportamento mais oscilatório, começando por decrescer e depois após nova variação percentual de dispersante cresce. Por fim, a série 15 inicialmente diminui e depois aumenta até ao valor inicial, mas apresenta um comportamento mais ou menos constante, mantendo-se mais ou menos os mesmos valores de rendimento. Agora, comparativamente ao valor de rendimento padrão de 15 m<sup>2</sup>/L/demão podemos excluir as séries 2, 8, 9, 11, 12, 13 e 15 por apresentarem a maioria dos seus valores abaixo do valor padrão. As séries 4, 6 e 14 também apresentam alguns valores abaixo do valor padrão, sendo que na sua maioria os outros valores de opacidade em húmido são semelhantes ao padrão.

### 5.1.7. Resultados de Outras Propriedades:

Agora, analisando as outras propriedades que serão apresentadas nos gráficos seguintes.

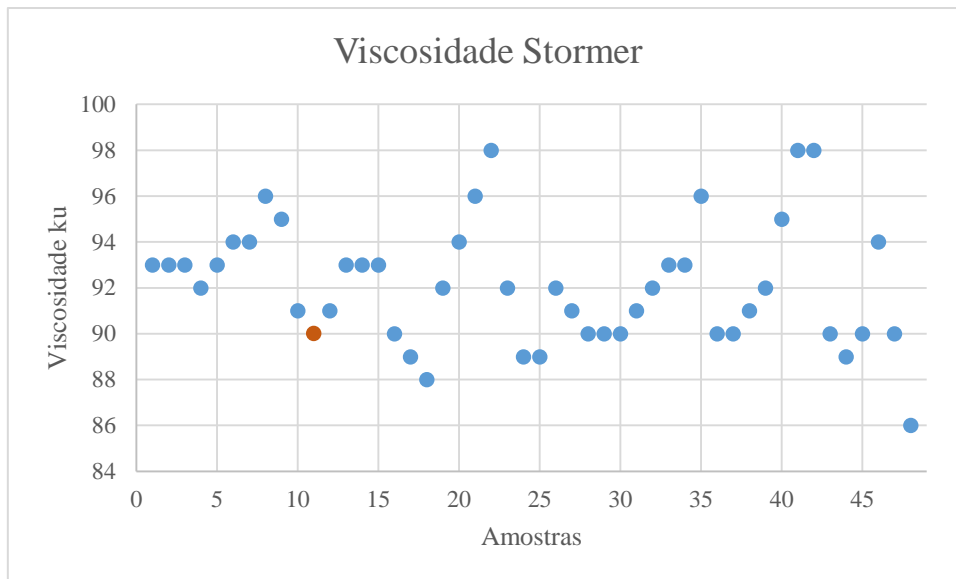


Figura 68- Gráfico de Viscosidade Stormer Tinta A

Graficamente observamos grandes variações na viscosidade. O padrão (cor laranja) apresenta um valor de 90 ku, existem muitas variantes com os valores próximos, temos exceções como as amostras 8, 9, 21, 22, 35, 40, 41 e 42 que apresentam valores superiores com uma diferença de 6 a 8 ku. Também a amostra 48 apresenta um valor distante do valor padrão, sendo este inferior.

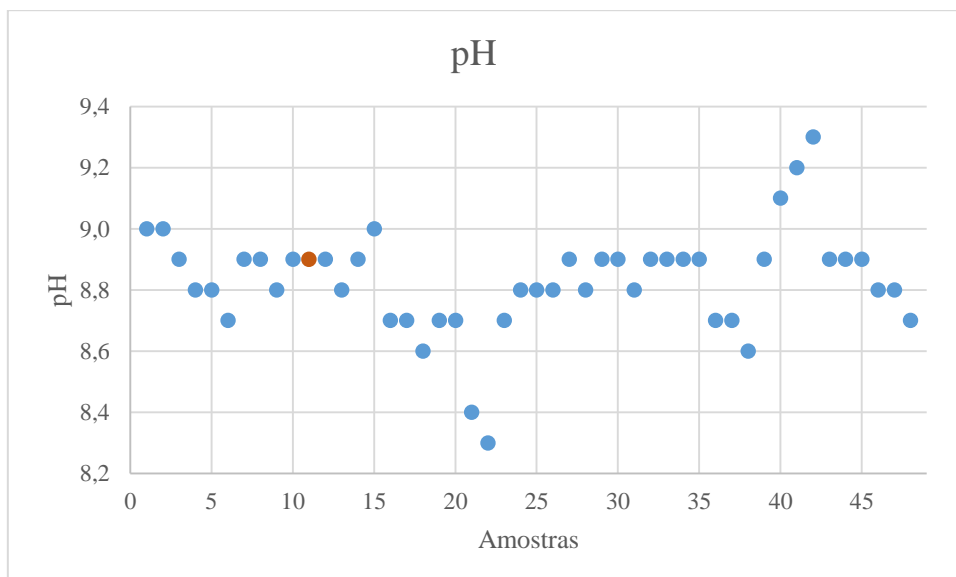


Figura 69 - Gráfico de pH Tinta A

O valor de pH do padrão é de 8,9 (cor laranja). As variantes apresentam valores próximos do valor padrão. Temos a exceção das amostras 18, 21, 22 e 38 que apresentam valores inferiores e as amostras 41 e 42 que apresentam valores superiores.

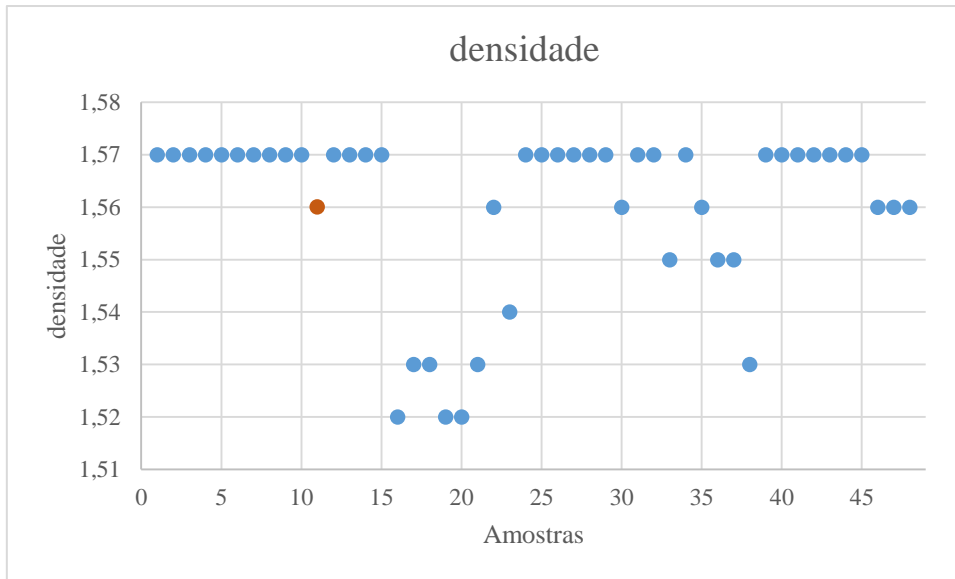


Figura 70 - Gráfico de densidade Tinta A

Em termos de densidade observamos que os valores são muito próximos, exceto as amostras 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 38 que apresentam valores inferiores ao valor padrão (laranja).

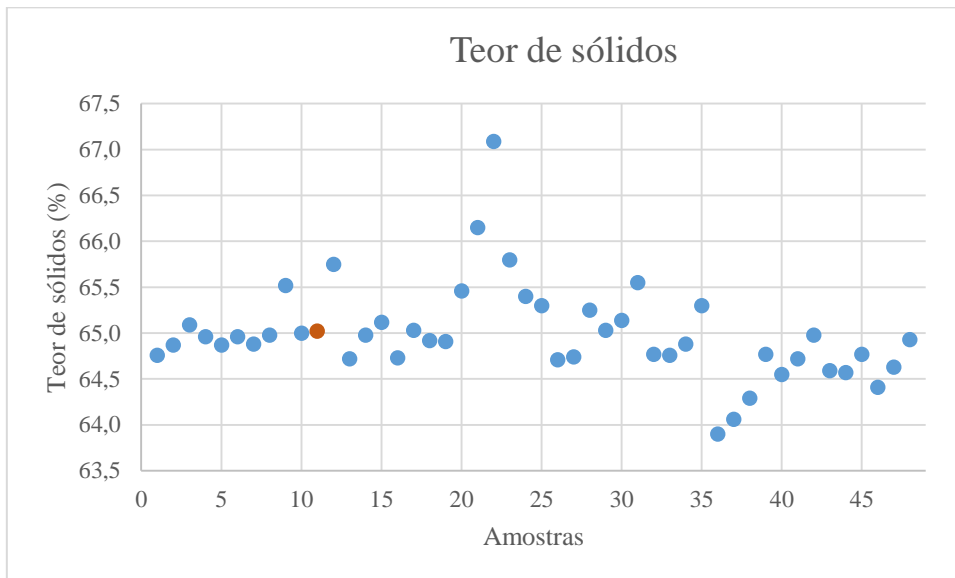


Figura 71 - Gráfico de teor de sólidos Tinta A

Em relação ao teor de sólidos os valores na maioria encontram-se na ordem dos 65 %, existem algumas exceções em que temos valores nos 64 % e nos 67 %.

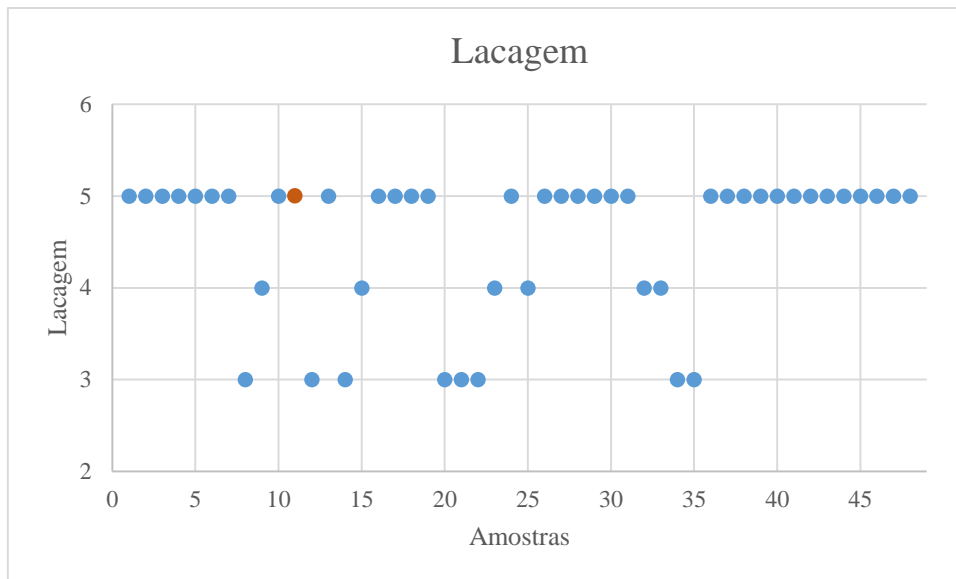


Figura 72 - Gráfico de Lacagem Tinta A

Relativamente à lacagem observamos que existem amostras que lacam pior (classificação 1), sendo elas as amostras 8, 12, 14, 20, 21, 22, 34 e 35. As restantes lacam de forma semelhante ao padrão (laranja) com uma classificação entre 4 e 5 (bom a muito bom).

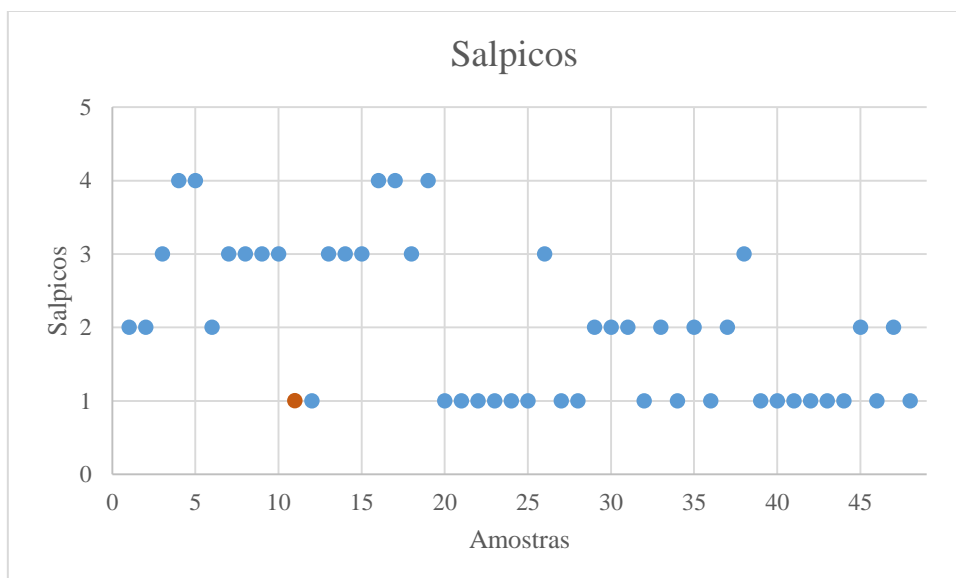


Figura 73 - Gráfico de Salpicos Tinta A

Em relação à propriedade dos Salpicos durante a aplicação, temos resultados bastante diferentes entre as amostras. Existem amostras que salpicam muito e outras que salpicam menos. Durante a aplicação a tinta padrão salpica muito (classificação 1 – imensos salpicos). As amostras neste caso são muito semelhantes ao padrão, existindo as exceções em que salpicam menos, o que é melhor.

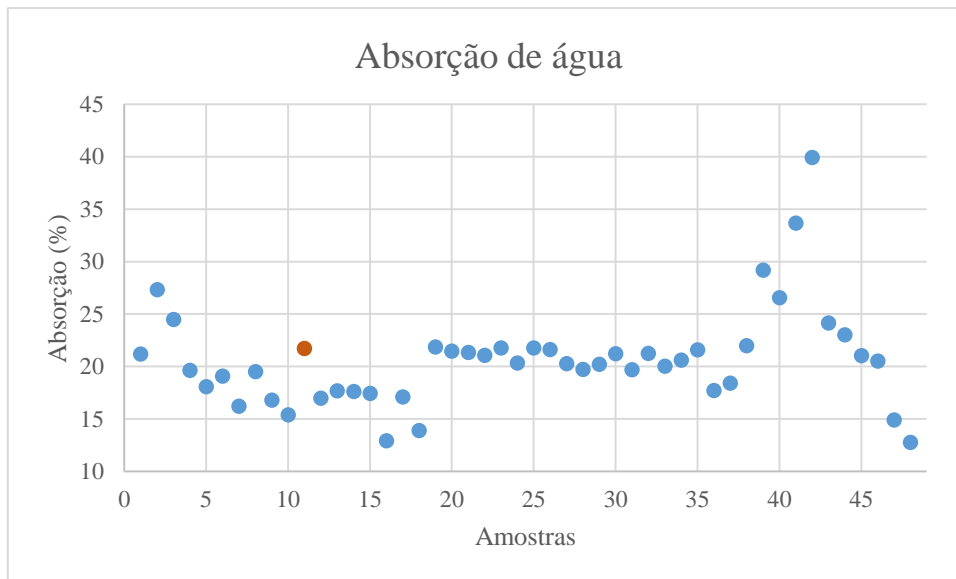


Figura 74 - Gráfico de absorção de água da Tinta A

Quanto à absorção de água, as variantes na sua maioria são muito semelhantes ao padrão. Temos exceções tais como as amostras 41 e 42 que absorvem mais água e as amostras 16, 18 e 48 que absorvem menos água. Quanto menor for a percentagem de água que uma tinta absorver, melhor qualidade a tinta apresentará.

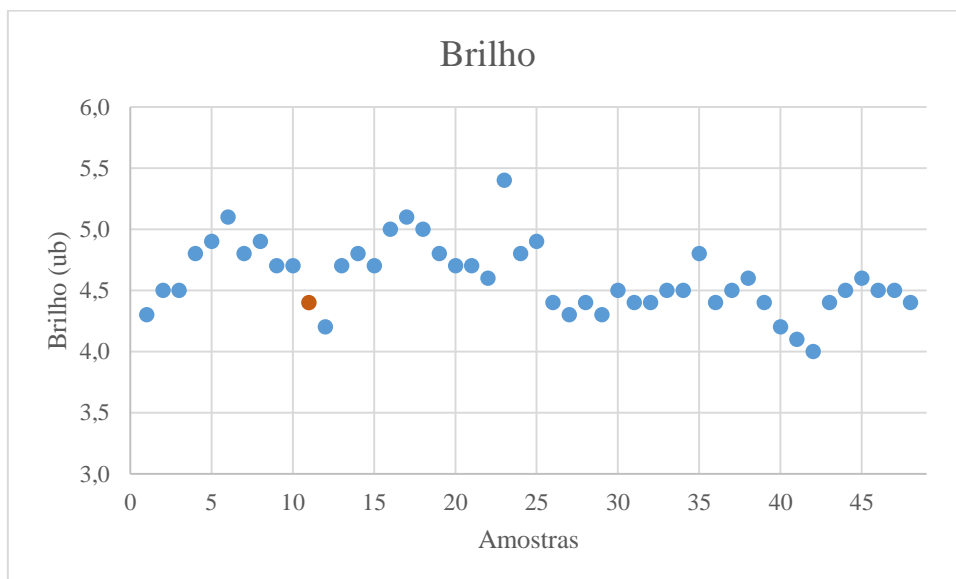


Figura 75 - Gráfico de Brilho a 85° Tinta A

Relativamente aos valores de brilho observamos que estes se encontram todos muito próximos, variando entre 4 e 5 ub.

### 5.1.8. Resultados de Estabilidade:

Analisando a estabilidade deste produto obteve-se os seguintes gráficos:

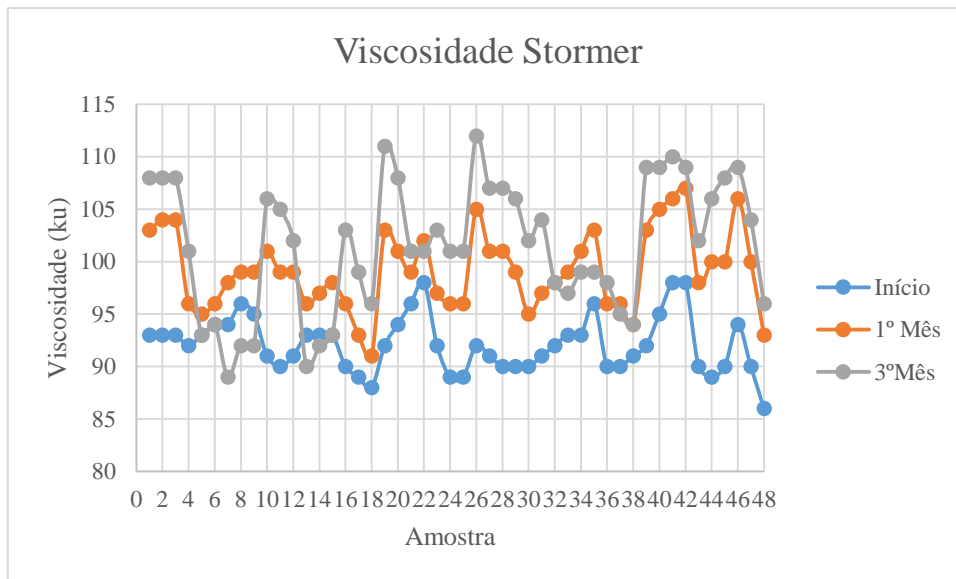


Figura 76 - Gráfico de Viscosidade Stormer Teste Estabilidade Tinta A

Da análise do gráfico relativo às viscosidades *Stormer* observamos que as viscosidades após 1 mês aumentaram, mas não foi um grande aumento. Após 3 meses de estabilidade as viscosidades no geral aumentaram embora exista algumas quebras em algumas amostras. Comparando a variação dos resultados das variantes com o padrão podemos dizer que o comportamento é bastante semelhante.

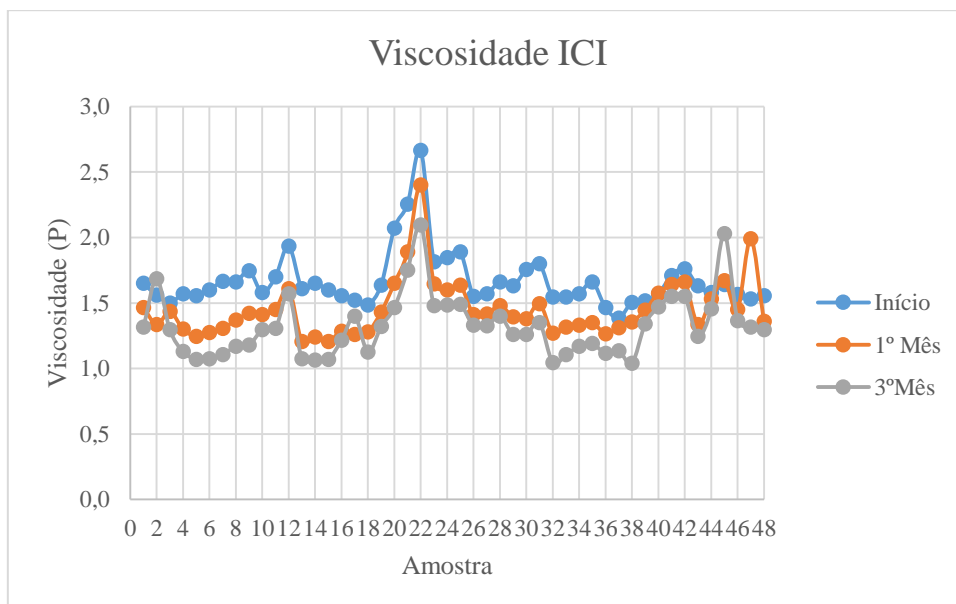


Figura 77 - Gráfico de Viscosidade ICI Teste Estabilidade Tinta A

Pela observação gráfica, vemos que as viscosidades ICI após 1 mês de estabilidade diminuíram. Após 3 meses de estabilidade as viscosidades continuaram a diminuir na generalidade, havendo casos em que se manteve constante comparativamente ao 1ºmês e noutros casos em que houve um aumento da viscosidade (nas amostras 2, 17 e 45).

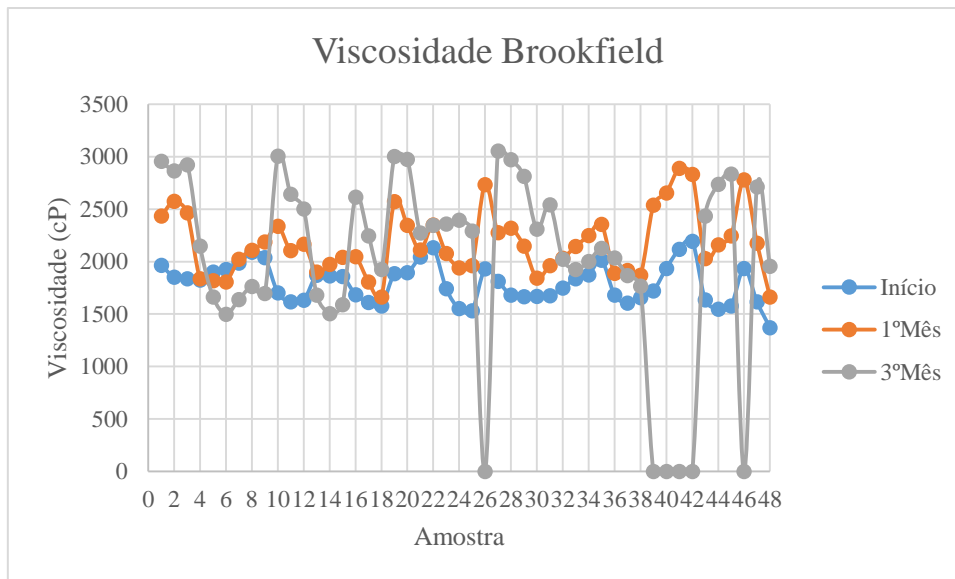


Figura 78 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Teste Estabilidade Tinta A

A viscosidade *Brookfield* é a viscosidade que sofre mais alterações, existindo casos em que esta aumenta significativamente e noutros casos em que se mantém mais ou menos constante. No 3ºmês de estabilidade também existem casos em que a viscosidade aumentou de uma forma significativa que o equipamento *Brookfield* com o fuso 2 a uma velocidade de 100 rpm não consegue ler a viscosidade da amostra, como foi o caso das amostras 26, 39, 40, 41, 42 e 46.

Em termos de aspeto visual das amostras, após 1 mês de estabilidade estas apresentam um aspeto tal como era esperado, sem vestígios de sinerese nem depósito. Após os 3 meses, existe sinais de aparecimento de sinerese, algo que é normal devido ao tempo de armazenamento e à temperatura á qual está armazenada.

Com a análise dos gráficos anteriores e com os resultados da estabilidade do 1ºmês avaliou-se quais as amostras mais promissoras e destas foram realizados testes de 2ªfase. Para uma 2ªfase de testes, começou-se por fazer secagem BK e comparou-se com o padrão. As melhores amostras foram as amostras correspondentes aos dispersantes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 14. Estes foram considerados os melhores uma vez que apresentam bons resultados em todos os ensaios. As amostras correspondentes aos dispersantes 11, 12, 13 e 15 não foram escolhidas porque apresentam resultados baixos em alguns testes tais como opacidade em seco, opacidade em húmido, absorção de água e viscosidade ICI. O teste foi realizado para as amostras que continham as quantidades máximas do dispersante escolhido.

### 5.1.9. Resultados de Secagem BK:

De seguida é apresenta a tabela com os resultados das secagens.

Tabela 5 - Teste 2ª Fase para Tinta A

	Amostr a 11 (Pad rão)	Amostr a 1	Amostr a 6	Amostr a 9	Amostr a 12	Amostr a 15	Amostr a 18	Amostr a 22	Amostr a 25	Amostr a 28	Amostr a 31	Amostr a 35
Secagem BK	8.8 / 19.6	15.4 / 30.2	13.3 / 26.2	14.7 / 30.3	20.7 / 36.5	14.2 / 32.0	20.2 / 34.6	12.0 / 22.6	25.0 / 37.5	18.4 / 33.0	17.0 / 28.7	16.0 / 31.0

Da análise dos tempos de secagem obtidos podemos concluir que existe algumas diferenças comparativamente com o padrão. Em todas as variantes os tempos abertos e os tempos de secagem são superiores. Sendo que as amostras 6, 9, 15 e 22 são as que apresentam um tempo aberto próximo do padrão. Em relação aos tempos de secagem, as amostras 12, 18 e 25 apresentam um tempo de secagem muito superior ao padrão.

## 5.2. Tinta B – Branco

Na tabela seguinte encontra-se a numeração das amostras para este produto a que correspondem cada dispersante e as suas respetivas quantidades percentuais. Analogamente à tinta anterior, existe uma formulação padrão que é a usada pela empresa.

Tabela 6 - Fabricos para tinta B - Branco

Dispersante	Quantidade (%)	Amostra
<b>1</b>	0,7	1
	0,85	2
	1	3
<b>2</b>	0,1	4
	0,3	5
	0,5	6
<b>3</b>	0,6	7
	0,8	8
	1	9
<b>4</b>	0,2	10
	0,48	11
	1	12

<b>5</b>	0,2	13
	0,35	14
	0,5	15
<b>6</b>	0,5	16
	0,75	17
	1	18
<b>7</b>	0,11	19
	0,437	20
	1,311	21
	2,185	22
<b>8</b>	2,185	23
	2,404	24
	2,622	25
<b>9</b>	0,1	26
	0,3	27
	0,6	28
<b>10</b>	0,546	29
	1,093	30
	1,639	31
<b>14</b>	0,2	32
	0,45	33
	0,8	34
	1	35
<b>12</b>	0,2	36
	0,3	37
	0,5	38
<b>13</b>	0,4	39
	0,8	40
	1,5	41
	2	42
<b>11</b>	0,437	43
	0,546	44
	0,656	45
<b>15</b>	0,219	46
	0,546	47

	0,874	48
<b>4 + 5</b>	<b>0.7</b>	<b>49 (Padrão)</b>

Os resultados obtidos referentes apenas aos critérios de seleção indicados anteriormente para o teste de 1ª fase encontram-se nos gráficos seguintes.

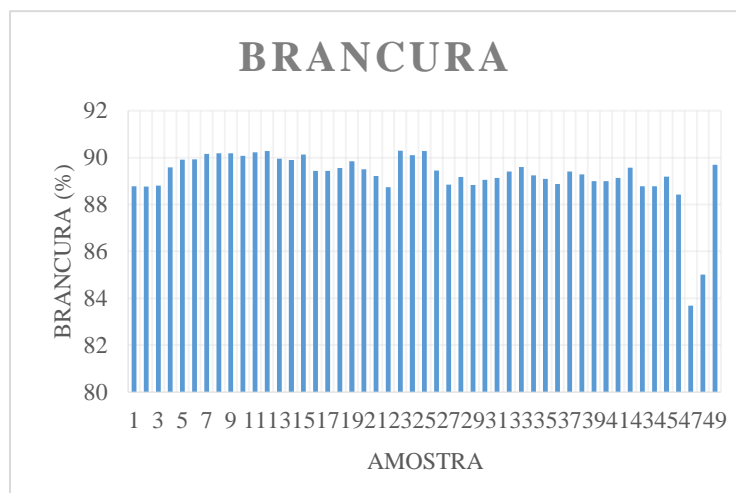


Figura 79 - Gráfico de barras de Brancura Tinta B Branco

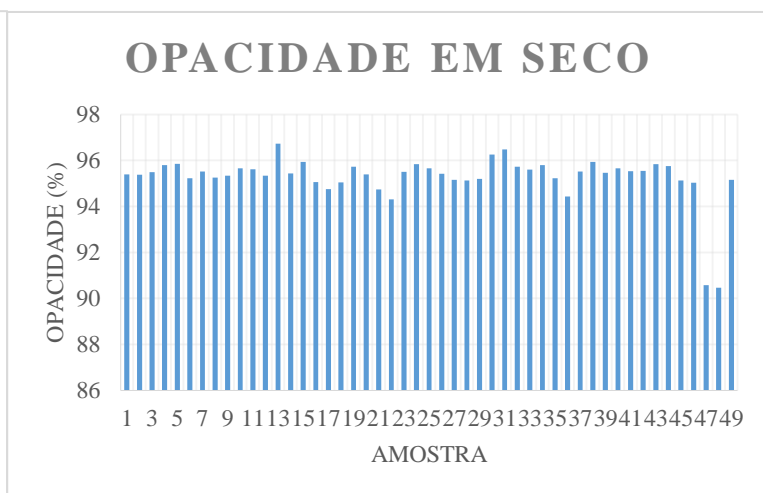


Figura 80 - Gráfico de barras de Opacidade em Seco Tinta B Branco

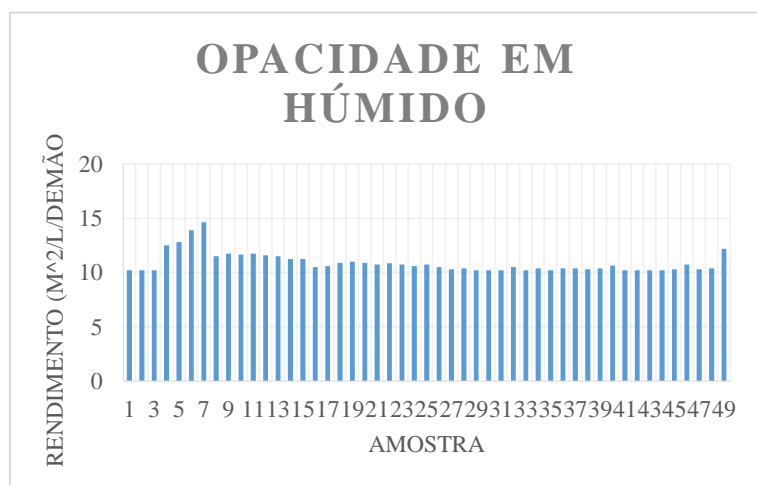


Figura 81 - Gráfico de barras de Opacidade em húmido Tinta B Branco

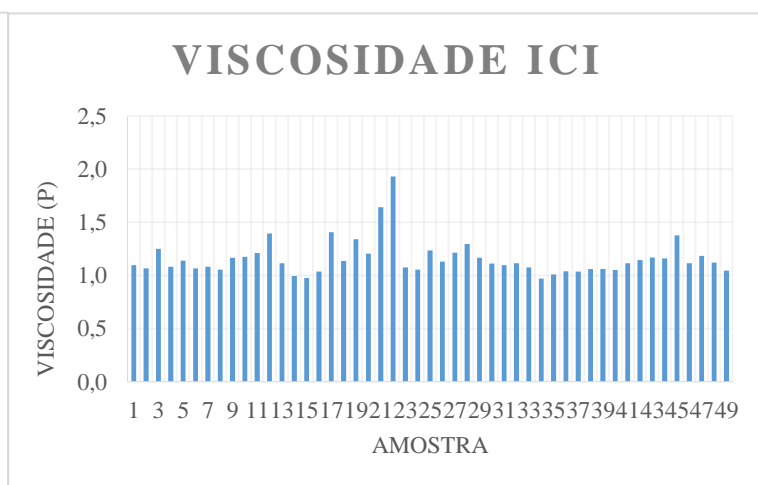


Figura 82 - Gráfico de barras de Viscosidade ICI Tinta B Branco

Numa análise geral destes gráficos observamos que existe uma grande oscilação nos resultados quando se altera o dispersante e a sua quantidade.

Dos resultados obtidos observou-se uma grande instabilidade nos resultados comparativamente ao padrão e tal pode dever-se ao facto de no padrão ser utilizado dois dispersantes, um que atua como molhante/dispersante e outro que atua apenas como dispersante.

Por isso, dos resultados obtidos escolheu-se dentro das variantes estudadas em que se utilizou apenas um dispersante de forma a análise ser comparativa com a tinta anterior, qual o(s)

molhantes/dispersantes melhores e depois qual o(s) dispersantes melhores e efetuou-se o mesmo exercício que o padrão, analisando o comportamento das variantes usando dois dispersantes. Assim, foi feita uma análise aos resultados só dos molhantes/dispersantes e depois de escolhido o melhor, irá-se fixar o dispersante utilizado no padrão e varia-se o molhante/dispersante. Fazendo o mesmo raciocínio, estudou-se quais os melhores dispersantes e fixou-se o molhante/dispersante utilizado no padrão.

De seguida são apresentados os resultados referentes aos molhantes/dispersantes, onde a Série 1 corresponde ao dispersante 4, a série 2 ao dispersante 7, a série 3 ao dispersante 8, a série 4 ao dispersante 9, a série 5 ao dispersante 10, a série 6 ao dispersante 11, a série 7 ao dispersante 15 e a série 8 corresponde ao padrão.

### 5.2.1. Resultados de Viscosidade ICI:

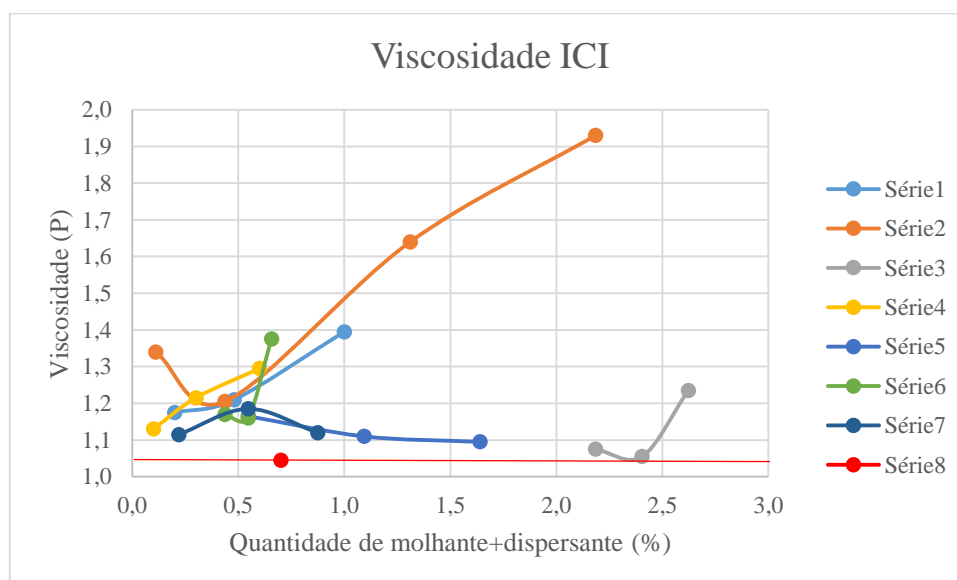


Figura 83 - Gráfico de Dispersão de Viscosidade ICI Tinta B Branco – Molhante + Dispersante

Da análise do gráfico de dispersão, observamos que existe um comportamento diferente para cada dispersante. Maioritariamente a viscosidade aumenta com o aumento da quantidade percentual de molhante/dispersante. Existem algumas exceções como no caso do dispersante 15 (série 7) onde primeiramente a viscosidade aumenta mas a seguir diminui até próximo do valor da quantidade percentual menor; o dispersante 11 (série 6) com o primeiro aumento percentual a viscosidade não sofre grande alteração mas depois com a última variação percentual aumenta; com o dispersante 7 (série 2) inicialmente a sua viscosidade diminui mas depois nas outras variações tende sempre a aumentar; com o dispersante 10 (série 5) as variações percentuais diminuem a viscosidade. Comparativamente com o padrão, os valores da viscosidade ICI deveriam de rondar os 1,04 – 1,1P. Assim, dispersantes como o 4, o 7, o 9 e o 11 são excluídos.

### 5.2.2. Resultados de Brancura:

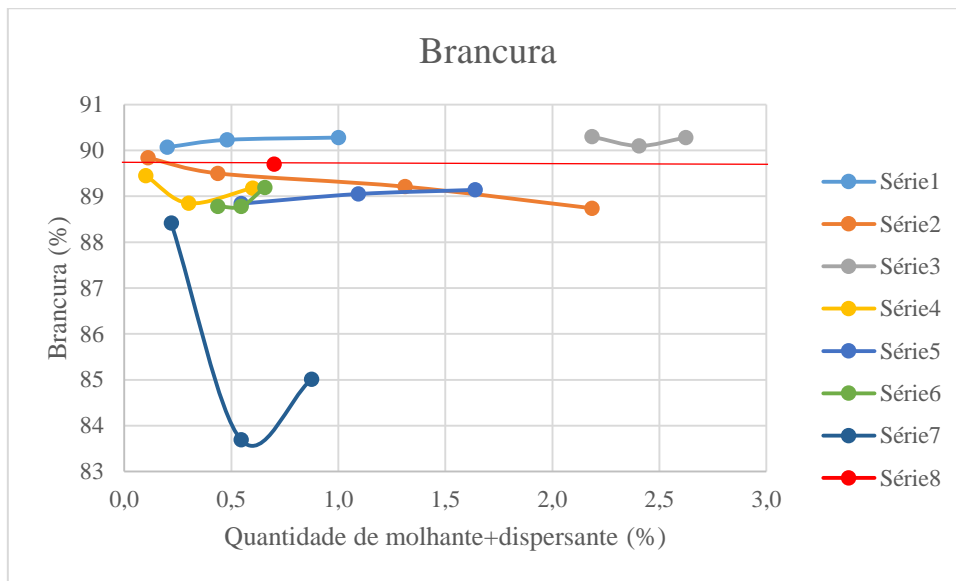


Figura 84 - Gráfico de Dispersão de Brancura Tinta B Branco – Molhante + Dispersante

Relativamente aos valores de brancura observamos que o dispersante 15 (série 7) apresenta um comportamento inicialmente decrescente e depois com a última variação percentual apresenta um comportamento crescente. O dispersante 7 (série 2) apresenta um comportamento sempre decrescente com as variações percentuais de molhante/dispersante. Todos os outros dispersantes têm um comportamento, no geral, crescente. Agora, comparando os valores de brancura das variantes com o do padrão, considerando aceitável brancuras de arredondadamente 90 %, apenas podemos considerar promissor os dispersantes da série 1 e 3, ou seja os dispersantes 4 e 8.

### 5.2.3. Resultados de Opacidade em seco:

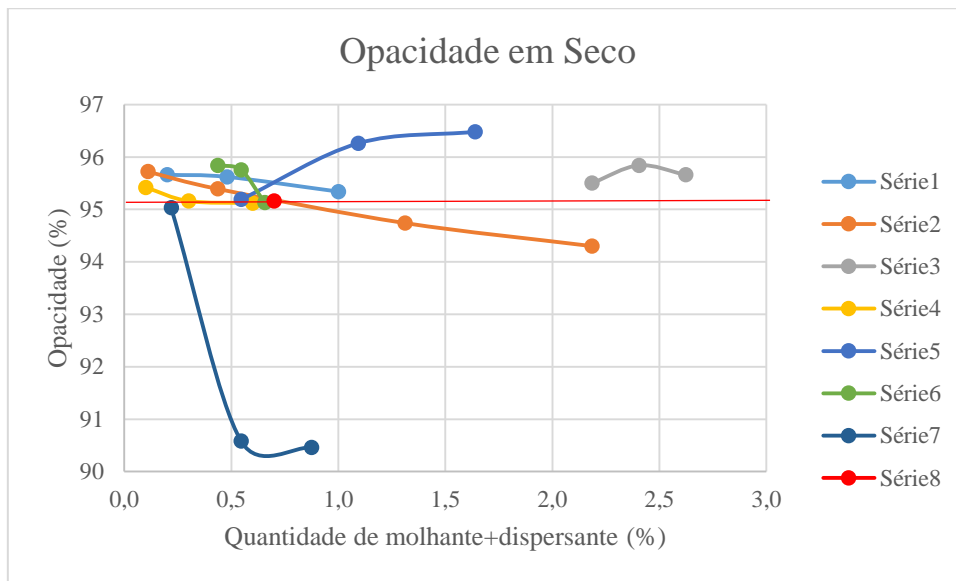


Figura 85 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em Seco Tinta B Branco – Molhante + Dispersante

Pelo gráfico observamos, no geral, um comportamento decrescente dos valores da opacidade para cada molhante/dispersante estudado. Temos a exceção do dispersante da série 5 que tem um comportamento crescente e o dispersante da série 3 que com o aumento da quantidade percentual os valores da opacidade não variam muito. Agora, considerando o valor da opacidade padrão de arredondadamente 95 %, excluimos os dispersantes que correspondem à série 7, ou seja o dispersante 15.

### 5.2.4. Resultados de Opacidade em húmido:

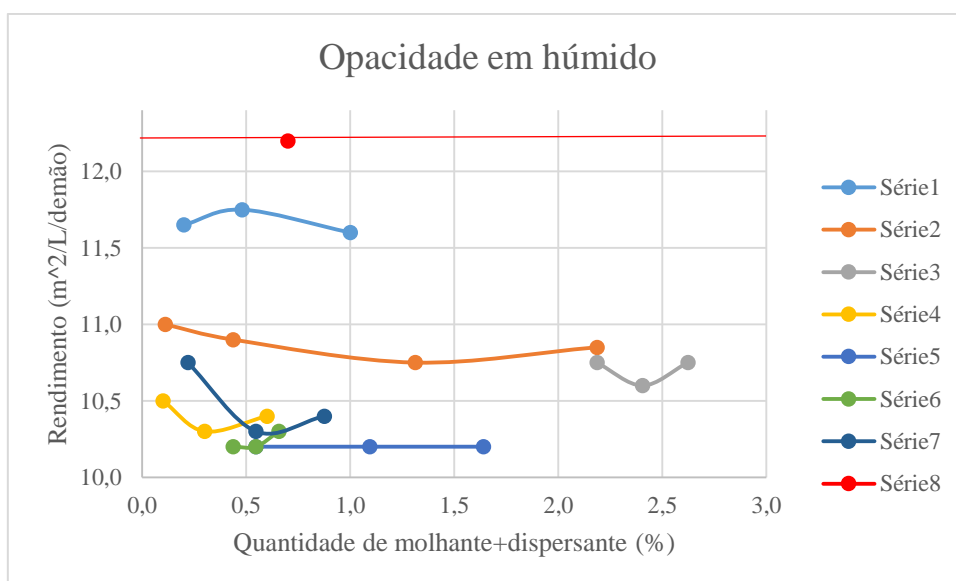


Figura 86 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em húmido Tinta B Branco – Molhante + Dispersante

Em relação ao rendimento, observamos pelo gráfico que todos os dispersantes estudados obtiveram valores inferiores que o padrão, sendo o único dispersante com valores próximos, o dispersante 4 (série 1).

Analisando os resultados para os molhantes/dispersantes apenas poderíamos considerar os dispersantes 4, 8 e 10 por apresentarem bons resultados nos critérios de seleção, ou seja são os que conseguem obter resultados aceitáveis em 2 ou 3 desses critérios (Viscosidade ICI, Brancura, Opacidade em seco e Opacidade em Húmido). Posteriormente, analisando as outras características, excluimos o dispersante 4 por apresentar viscosidade ICI e *Stormer* elevadas. Também o dispersante 10 é excluído por apresentar valores de opacidade em húmido baixos relativamente ao padrão e por apresentar valores de brancura também inferiores ao padrão. Assim, apenas o dispersante 8 foi escolhido, uma vez que com base nos três critérios e tendo em conta os resultados das outras características foi o melhor.

De seguida, será apresentado os gráficos dos dispersantes, onde a série 1 corresponde ao dispersante 1, a série 2 ao dispersante 2, a série 3 ao dispersante 3, a série 4 ao dispersante 5, a série 5 ao dispersante 6, a série 6 ao dispersante 14, a série 7 ao dispersante 12 e a série 8 ao dispersante 13.

### 5.2.5. Resultados de Viscosidade ICI:

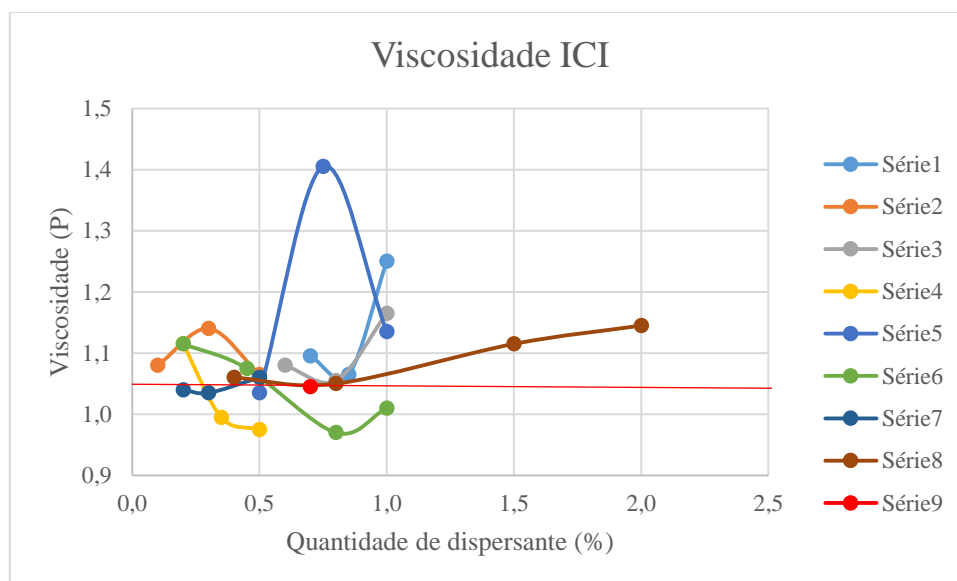


Figura 87 - Gráfico de Dispersão de Viscosidade ICI Tinta B Branco - Dispersante

Analisando o gráfico observamos que os valores de viscosidade ICI encontram-se muito concentrados na mesma gama de valores. As séries 4 e 6 apresentam um comportamento decrescente com as variações percentuais de dispersante. As séries 2 e 5 apresentam um comportamento primeiramente crescente e depois decresce. As outras séries apresentam apenas um comportamento crescente. Comparando com o padrão, sendo o seu valor de 1.045 P, as séries

1 e 5, que correspondem aos dispersantes 1 e 6, são excluídas por apresentarem valores consideravelmente superiores.

### 5.2.6. Resultados de Brancura:

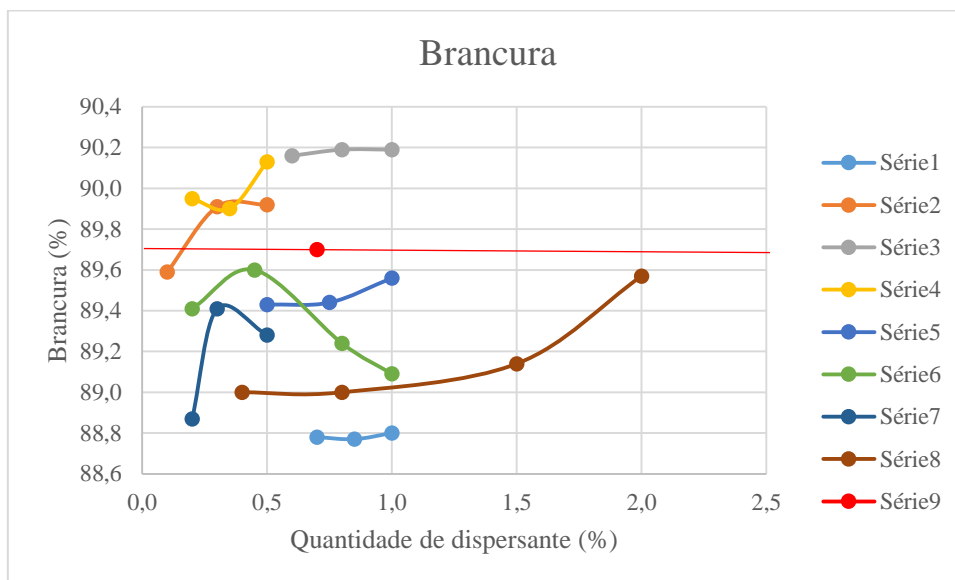


Figura 88 - Gráfico de Dispersão de Brancura Tinta B Branco - Dispersante

Os valores de brancura representados no gráfico encontram-se muito dispersos. Na série 6 para uma percentagem de 2 % de dispersante é onde se consegue obter o melhor valor de brancura. Já para as séries 2, 3 e 4, os valores de brancura encontram-se todos bastante próximos do valor do padrão. Na série 5 o melhor valor é conseguido utilizando 1 % de dispersante. Na série 1 qualquer uma das percentagens estudadas de dispersante obtém-se o mesmo valor de brancura. Na série 6 os valores de brancura inicialmente aumentam e depois decrescem, sendo o melhor valor o correspondente a 0,45 % de dispersante. A série 7 para uma percentagem de dispersante de 0,3 % obtém-se o melhor valor de brancura. Assim, concentrando-nos apenas no valor de brancura padrão que é de cerca de 90 %, excluimos as séries 1, 5, 6, 7 e 8, que correspondem aos dispersantes 1, 6, 14, 12 e 13 respetivamente, por apresentarem valores inferiores.

### 5.2.7. Resultados de Opacidade em seco:

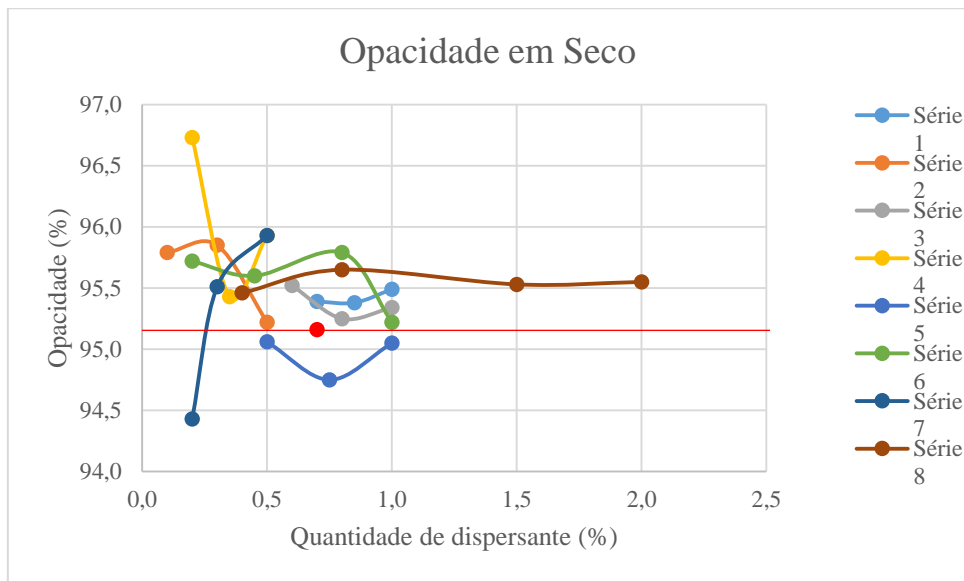


Figura 89 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em Seco Tinta B Branco - Dispersante

Relativamente à opacidade em seco os valores encontram-se concentrados entre os 94 e os 97 %. O valor padrão é de cerca de 95 % e comparando os resultados de todas as séries estas rondam esse valor.

### 5.2.8. Resultados de Opacidade em húmido:

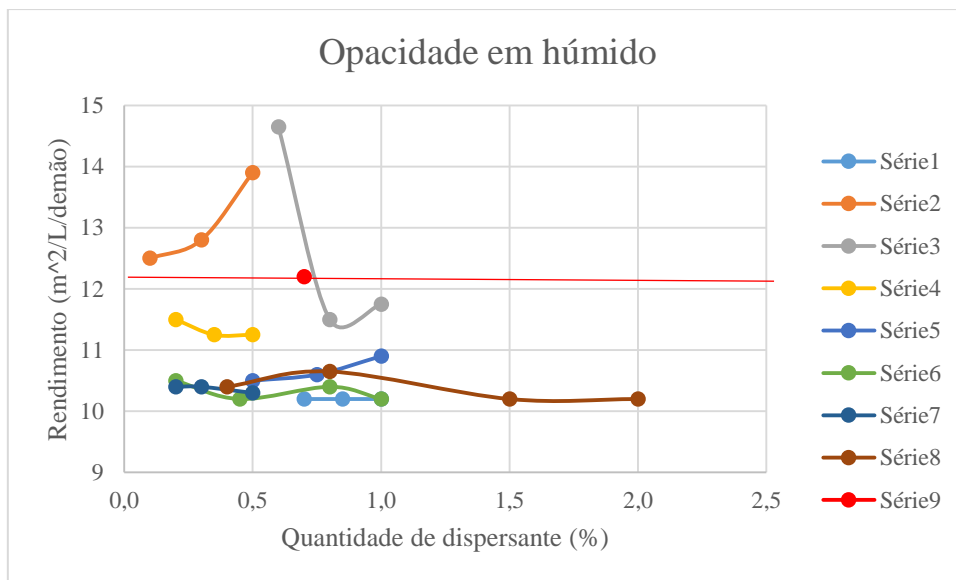


Figura 90 - Gráfico de Dispersão de Opacidade em húmido Tinta B Branco - Dispersante

Os valores da opacidade em húmido rondam os 10 – 15 m<sup>2</sup>/L/demão. O valor padrão é de 12 m<sup>2</sup>/L/demão. Comparando os valores, podemos excluir diversas séries ficando apenas como melhores as séries 2 e 3.

Assim, fazendo uma análise geral de todos os testes efetuados os melhores dispersantes são os dispersantes 1,2,3, 5, 12, 13 e 14. São esses os escolhidos uma vez que estes dispersantes apresentam bons resultados na maioria dos testes todos. Assim, do conjunto de dispersantes apenas é excluído o dispersante 6 por apresentar resultados maus em várias características, tais como viscosidades ICI elevadas, valores de brancura e brilho baixos.

### 5.2.9. Resultados de Estabilidade:

Analisando a estabilidade destas amostras ao fim de 1 mês, podemos concluir que se encontram estáveis sendo que em alguns casos temos o início do aparecimento de sinerese mas tudo normal. Esses casos acontece nos dispersantes 7, 12, 13 e 15. Ao fim de 3 meses de estabilidade as amostras continuam a se encontrarem estáveis, havendo alterações no seu aspeto, como as amostras que após 1 mês já apresentavam sinais de sinerese, ao fim de 3 meses apresentam um ligeiro aumento da sinerese e outras amostras como as amostras 5, 6, 23, 24, 25, 27, 33, 34, 37, 38, 44, 45 e 49 em que houve o aparecimento de sinerese. Em termos de viscosidade ao longo dos 3 meses de estabilidade na maioria dos casos houve um ligeiríssimo aumento e noutros casos houve uma ligeiríssima quebra, tal pode ser visto nos gráficos seguintes.

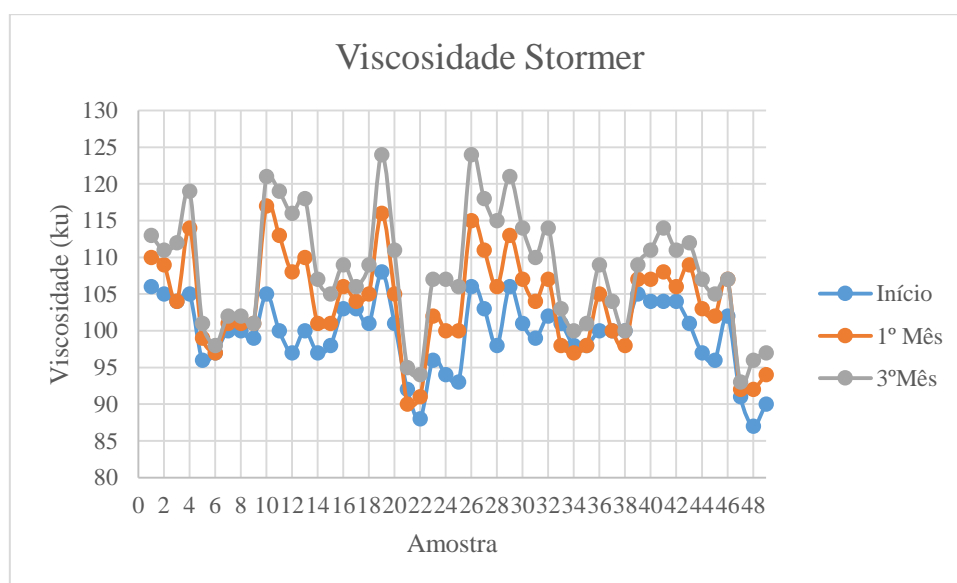


Figura 91 - Gráfico de Viscosidade Stormer Teste Estabilidade Tinta B Branco

Como referido anteriormente a variação da viscosidade *Stormer* após 1 mês de estabilidade não tem uma grande variação. Após 3 meses de estabilidade a viscosidade *Stormer* também não sofreu grandes variações, existindo um ligeiro aumento na maioria dos casos.

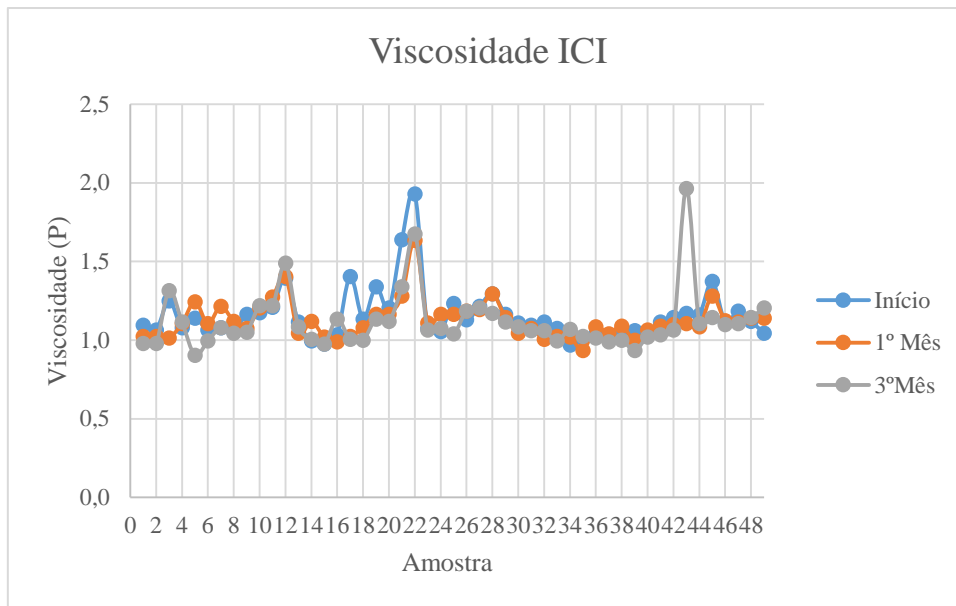


Figura 92 - Gráfico de Viscosidade ICI Teste Estabilidade Tinta B Branco

Relativamente à viscosidade ICI também não apresenta variações significativas. Para as amostras 17, 19, 22 e 45 as viscosidades após 1 e 3 meses de estabilidade diminuíram ligeiramente. Para a amostra 43 houve um aumento da viscosidade de cerca de 1Poise após 3 meses de estabilidade.

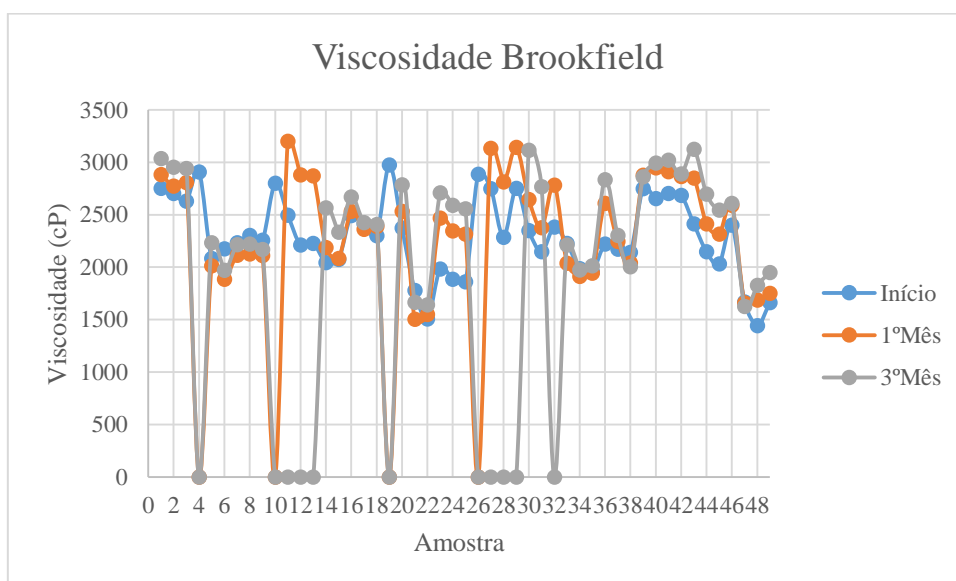


Figura 93 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Teste Estabilidade Tinta B Branco

Em relação à viscosidade *Brookfield*, esta é a que apresenta algumas variações significativas, existem amostras em que temos um grande aumento na viscosidade e, por isso, não é possível determinar o seu valor com o fuso e velocidade utilizadas inicialmente, são exemplo deste caso as amostras 4, 10, 11, 12, 13, 19, 26, 27, 28, 29 e 32, em que graficamente aparecem como tendo viscosidade zero. De resto, as outras amostras apresentam variações muito ligeiras,

sendo que na sua maioria existe um aumento na viscosidade ao longo do tempo de estabilidade. E em termos de aspeto visual encontram-se dentro do esperado, sem depósito e com uma sinerese ligeira.

### 5.2.10. 2ª Fase:

De uma forma simples, a formulação do exercício da escolha de molhante/dispersante e dispersante está esquematizado na tabela seguinte, onde os dispersantes a verde são os que são fixos.

*Tabela 7 – Fabricos de 2ª fase para Tinta B - Branco*

Amostras	m+d	% m+d	d	% d
1	8	0.14	5	0.35
2	4	0.35	1	0.088
3	4	0.35	3	0.14
4	4	0.35	5	0.14
5	4	0.35	14	0.158
6	4	0.35	13	0.088
7	4	0.35	12	0.144
8	4	0.35	2	0.14
9 (Padrão)	4	0.35	5	0.35

Os resultados referentes a estes fabricos encontram-se nos gráficos seguintes, onde a azul são os resultados das variantes (amostras de 1 a 8) e a laranja é o valor padrão (amostra 9).

### 5.2.10.1. Resultados de Viscosidade ICI:

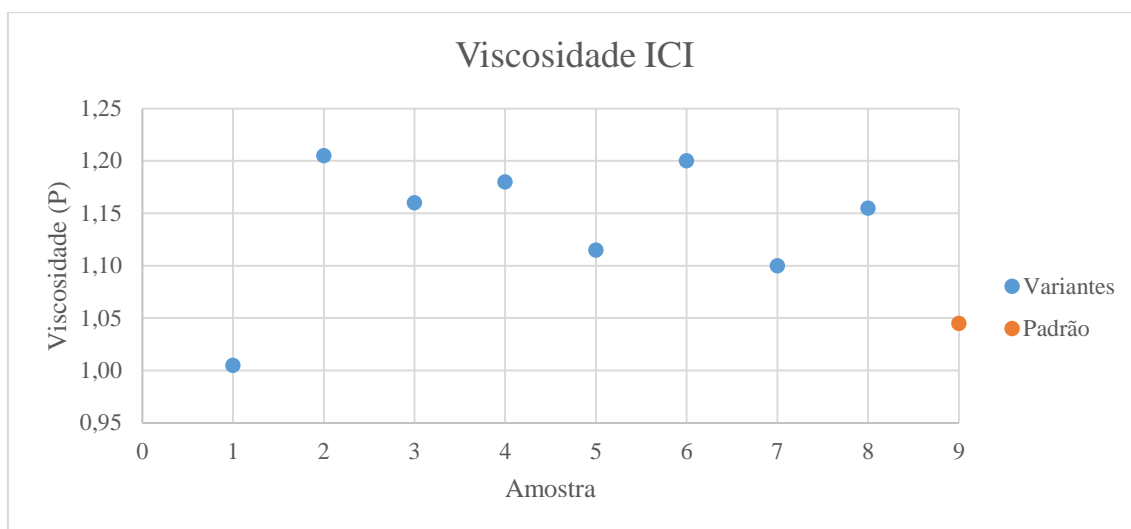


Figura 94 - Gráfico de Viscosidade ICI Tinta B Branco - 2ª fase

Da análise do gráfico observamos que os valores de viscosidade das amostras são superiores ao valor padrão, exceto a amostra 1 que o seu valor é semelhante ao padrão.

### 5.2.10.2. Resultados de Opacidade em Seco:

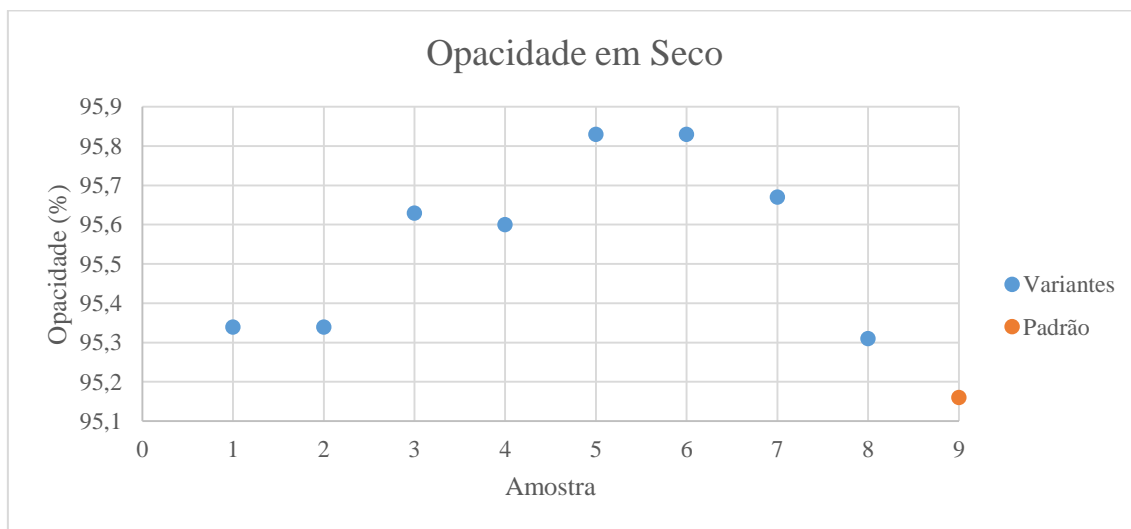


Figura 95 - Gráfico de Opacidade em Seco Tinta B Branco - 2ª fase

Os valores de opacidade são muito semelhantes ao padrão. Todas as variantes obtiveram valores superiores ao padrão.

### 5.2.10.3. Resultados de Brancura:

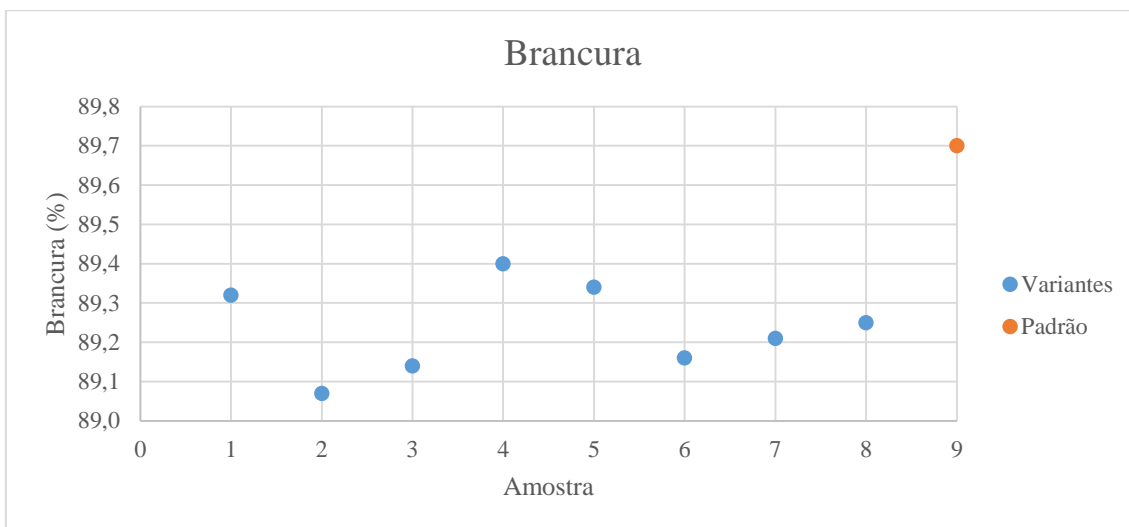


Figura 96 - Gráfico de Brancura Tinta B Branco - 2ª fase

Os valores de brancura são todos inferiores ao valor padrão, sendo uma diferença residual.

### 5.2.10.4. Resultados de Opacidade em Húmido:

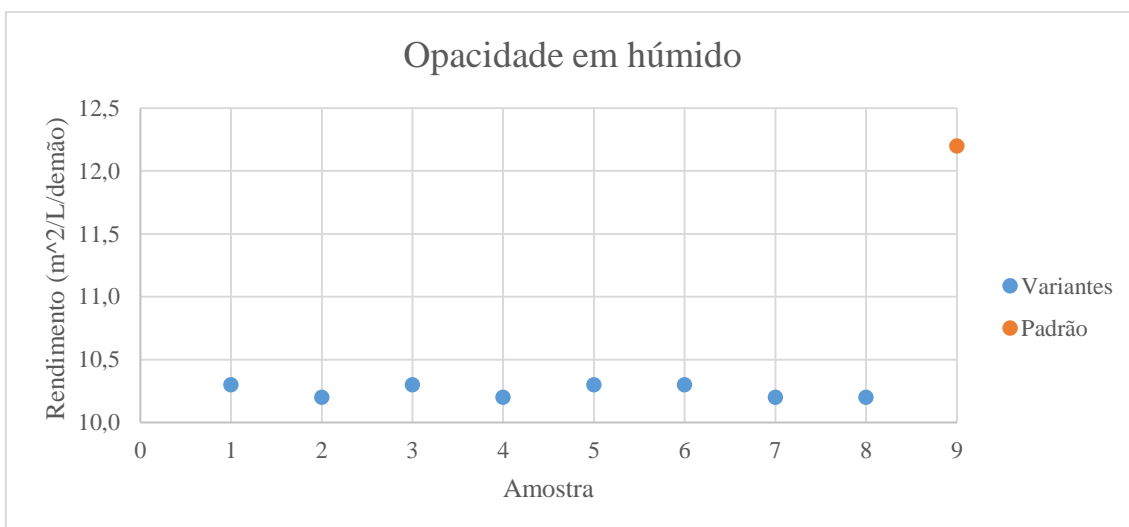


Figura 97 - Gráfico de Opacidade em húmido Tinta B Branco - 2ª fase

Os valores de opacidade em húmido são todos inferiores ao valor padrão, existindo uma diferença de cerca 2 m²/L/demão.

### 5.2.10.5. Resultados de Outras Propriedades:

Analisando outras características como viscosidade *Stormer*, a lacagem, salpicos, absorção de água, brilho e teor em sólidos, obtivemos os seguintes resultados:

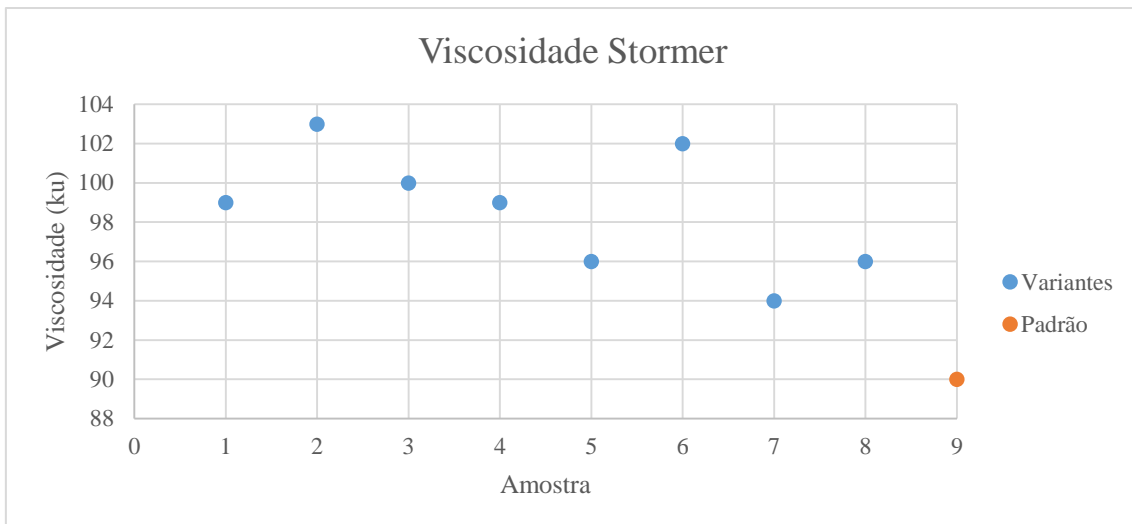


Figura 98 – Gráfico de Viscosidade Stormer Tinta B Branco – 2ª fase

Analisando os resultados graficamente observamos que as viscosidades das variantes são todas superiores á viscosidade do padrão. Sendo que a amostra 7 é a que apresenta um valor mais próximo.

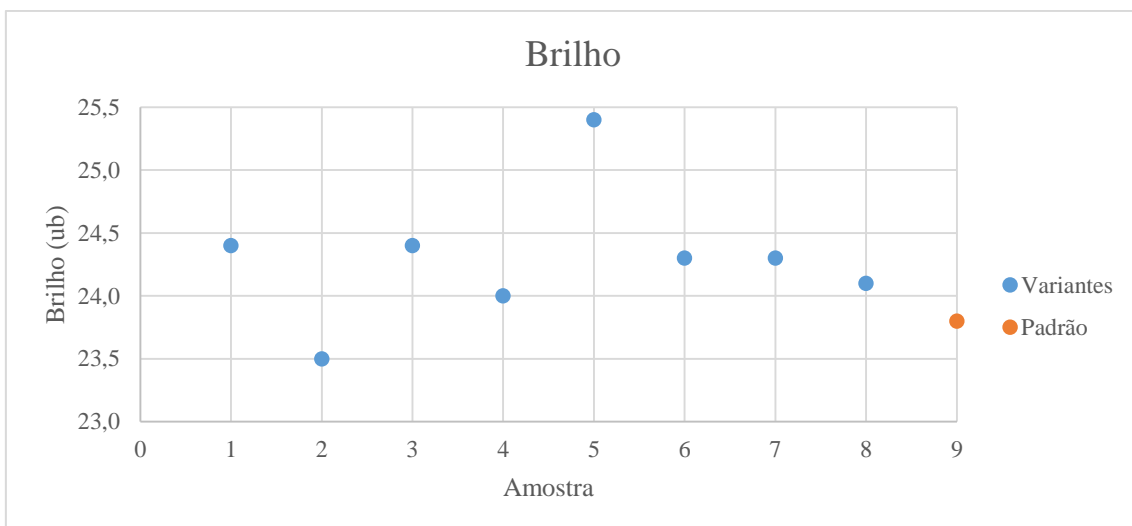


Figura 99 - Gráfico de Brilho Tinta B - Branco - 2ª fase

Quanto ao brilho a 85° obtiveram-se valores bastante semelhantes, que estão compreendidos entre 23 e 26 %. A única amostra que obteve um valor ligeiramente mais elevado que o padrão foi a amostra 5.

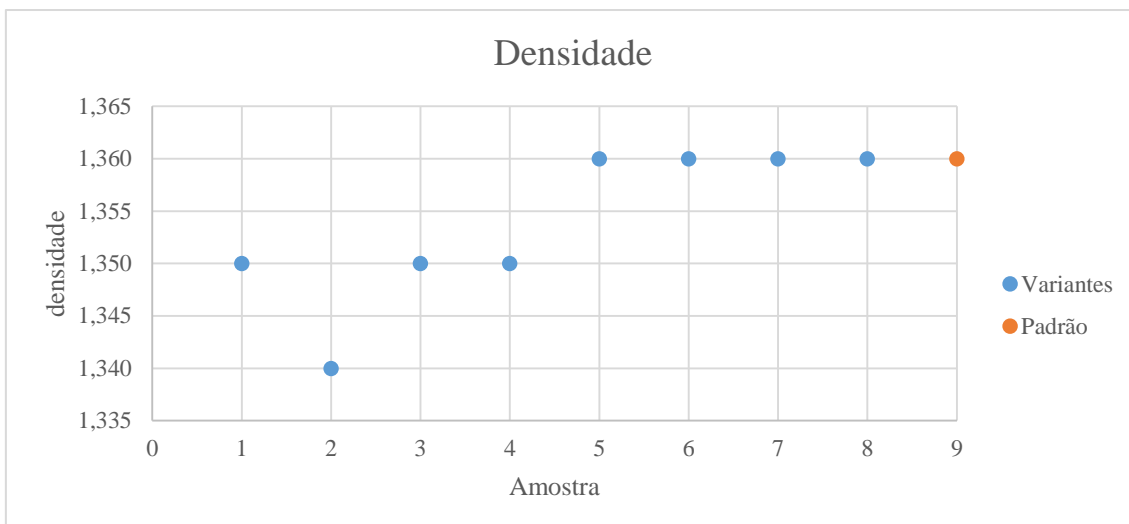


Figura 100 - Gráfico de Densidade Tinta B - Branco - 2ª fase

Relativamente à densidade, todas as amostras obtiveram valores muito próximos do padrão. A amostra 2 obteve um valor ligeiramente inferior.

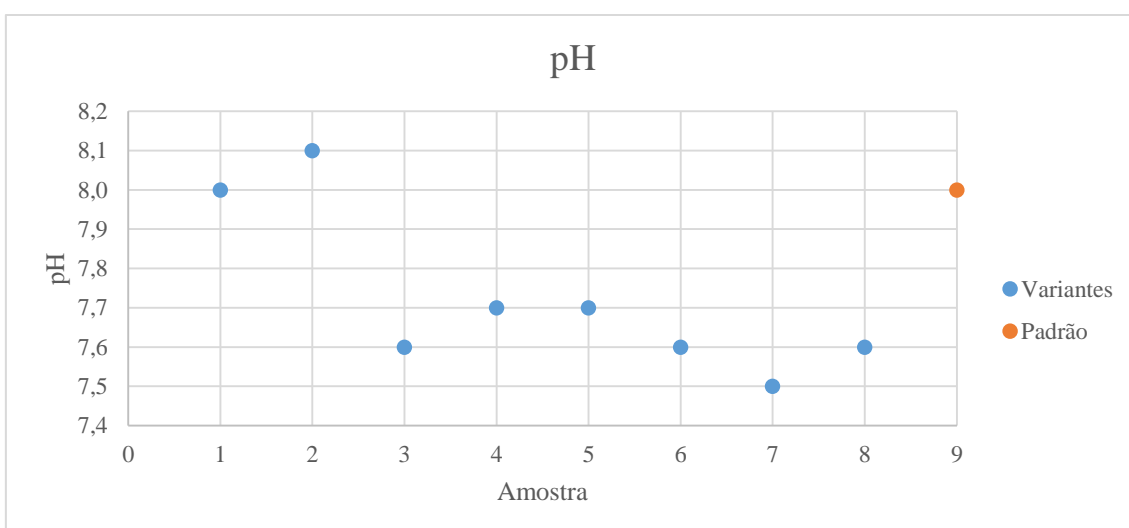


Figura 101 - Gráfico de pH Tinta B - Branco - 2ª fase

Os valores de pH foram os valores que mais oscilações tiveram. Apenas as amostras 1 e 2 obtiveram valores muito idênticos ao padrão. As restantes amostras obtiveram valores de pH inferiores.

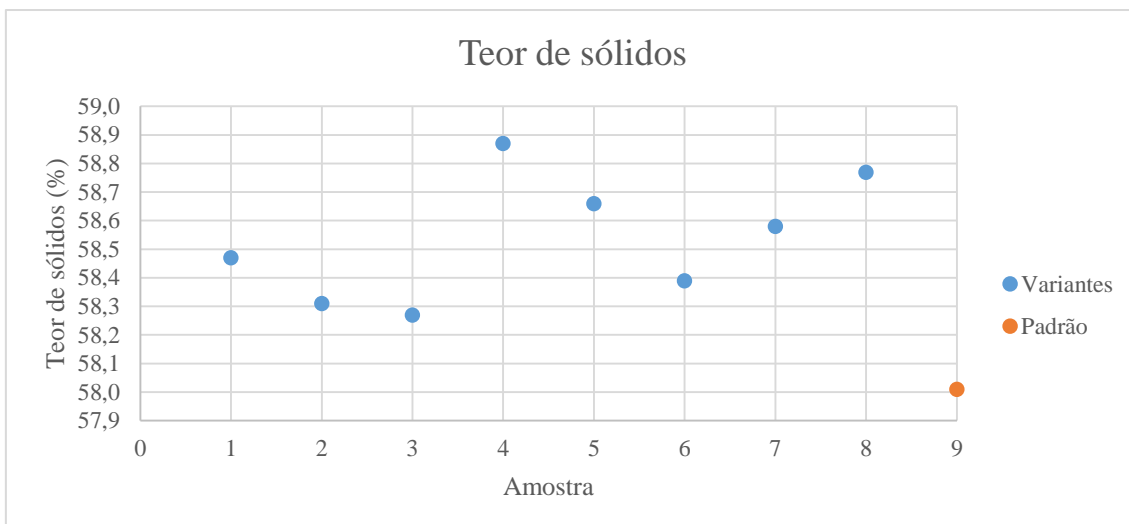


Figura 102 - Gráfico de Teor de sólidos Tinta B - Branco - 2ª fase

Relativamente ao teor em sólidos, todas as amostras obtiveram valores superiores ao valor padrão, sendo que a diferença é residual.

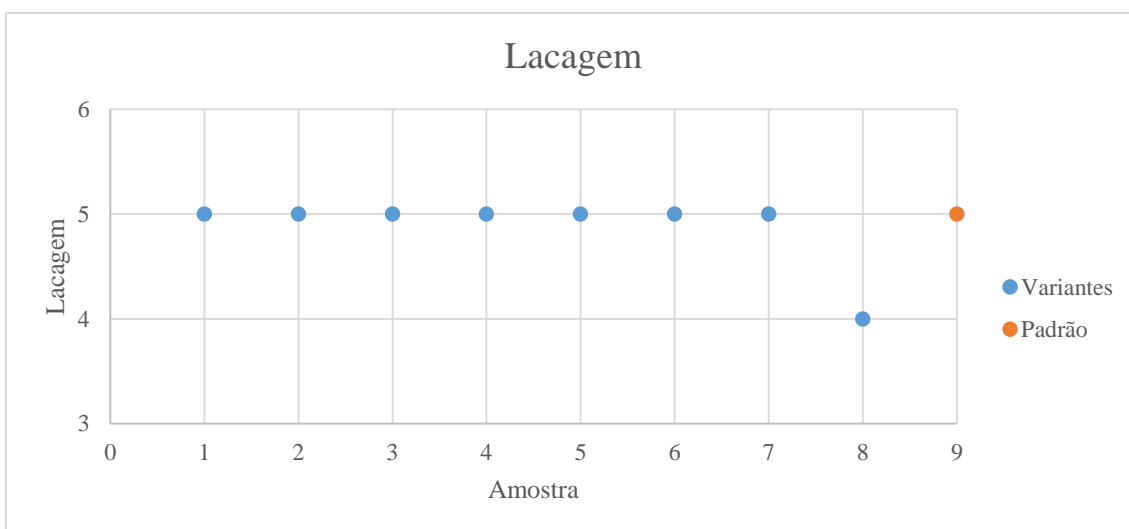


Figura 103 - Gráfico de Lacagem Tinta B - Branco - 2ª fase

Analisando graficamente os resultados referentes á lacagem, observamos que todos os valores são todos muito semelhantes. Temos a exceção da amostra 8 que laca um pouco pior que as outras amostras e que o padrão.

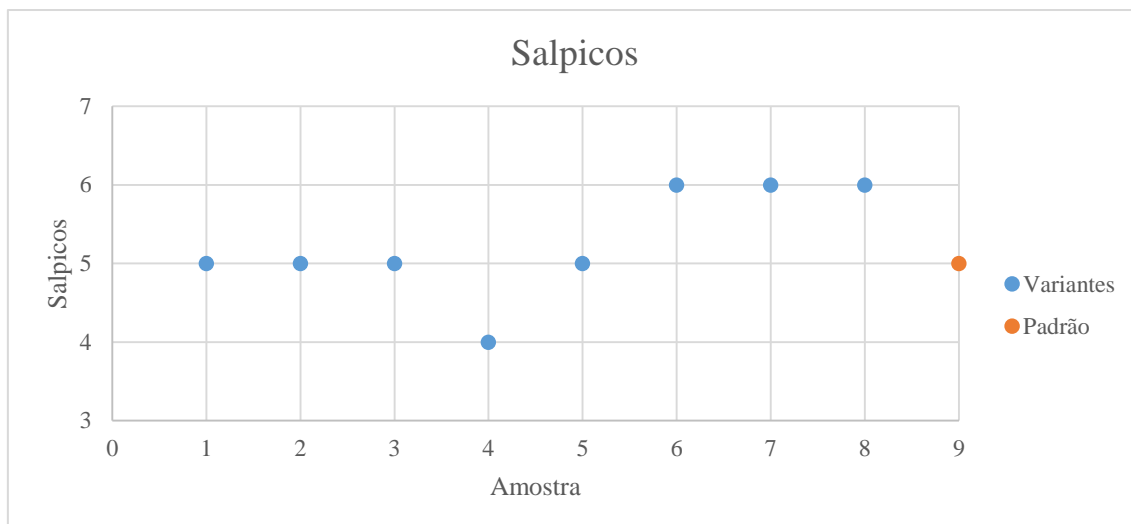


Figura 104 - Gráfico de Salpicos Tinta B - Branco - 2ª fase

Relativamente aos salpicos durante a aplicação, observamos que os resultados são muito semelhantes, existindo a exceção da amostra 4 que salpica um pouco mais. As amostras 6, 7 e 8 foram as melhores.

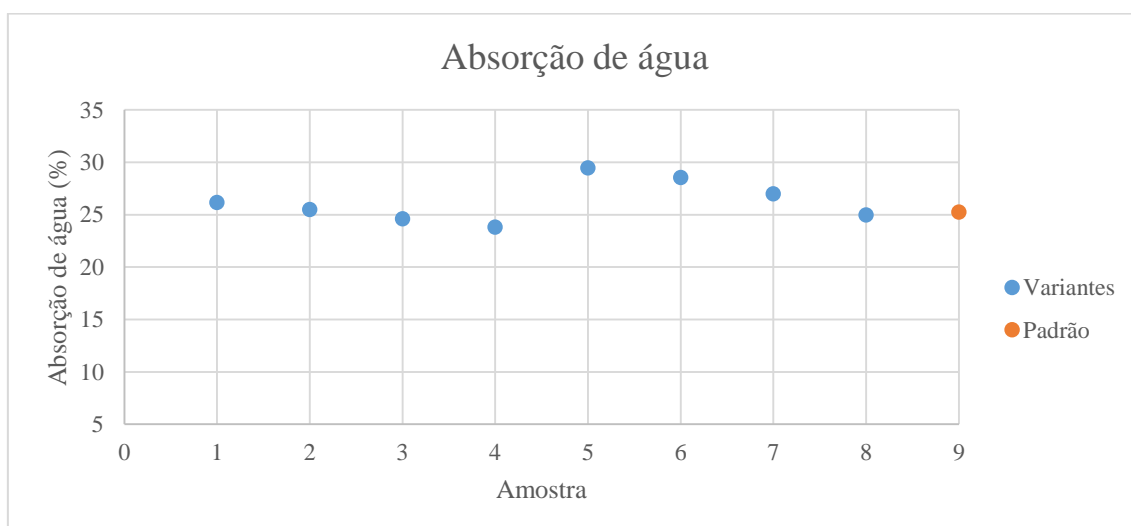


Figura 105 - Gráfico de Absorção de água da Tinta B - Branco - 2ª fase

Analisando os resultados da absorção de água, observamos que se obteve valores muito semelhantes, sendo que a amostra 5 é a que apresenta um maior valor de absorção.

Assim, de uma forma geral todas as variantes obtiveram bons resultados, não sendo excluída nenhuma nesta fase.

Como não foi excluída nenhuma amostra, todas seguem para um teste de 2ª fase que é a Secagem BK.

#### 5.2.10.6. Resultados de Secagem BK:

Os resultados deste teste constam na tabela seguinte:

Tabela 8 - Resultados Secagem BK Tinta B - Branco

	Amostra 9 (Padrão)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 8
Secagem em BK	15.6 / 36.8	19.6 / 41.3	19.0 / 41.2	19.8 / 39.8	17.5 / 35.9	13.1 / 30.2	13.8 / 35.2	16.0 / 35.4	16.2 / 34.2

Analisando os resultados de Secagem BK observamos que os valores são todos muito próximos. As amostras 5 e 6 apresentam um tempo aberto menor que o tempo do padrão. Relativamente aos tempos de secagem, as amostras 4, 5, 6, 7 e 8 apresentam um valor inferior ao valor padrão. Assim, todas as variantes apresentam tempos de secagem semelhantes ao padrão.

#### 5.2.10.7. Resultados de Estabilidade:

Relativamente aos resultados de estabilidade das amostras de 2ª fase, os resultados encontram-se nos gráficos seguintes.

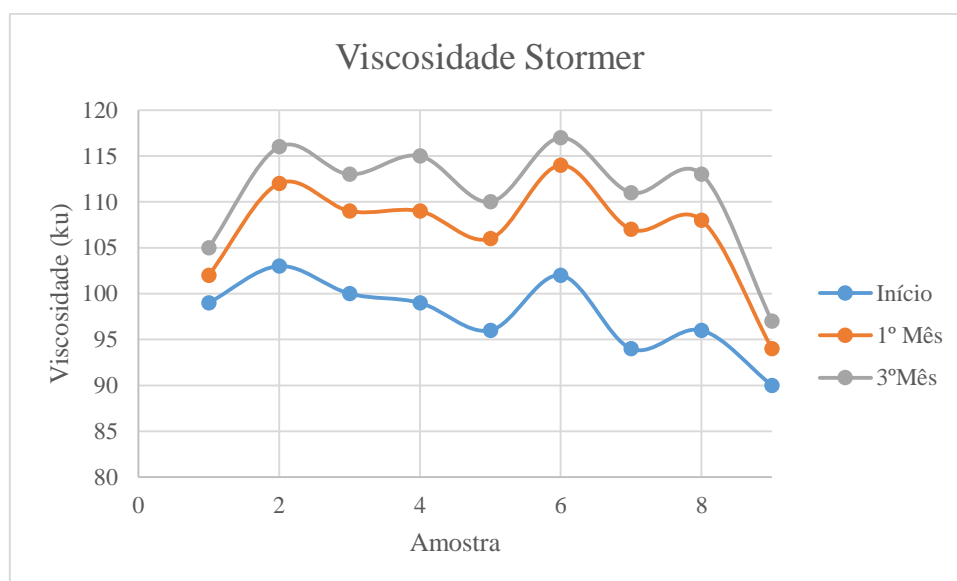


Figura 106 - Gráfico de Viscosidade Stormer Teste Estabilidade Tinta B - Branco 2ª Fase

Analisando a viscosidade *Stormer* após 1 mês de estabilidade, observamos que as viscosidades aumentaram, sendo que as amostras 1 e 9 tiveram um ligeiro aumento. Após 3 meses de estabilidade as conclusões são exatamente as mesmas, sendo que do 1º para o 3º mês o aumento já não foi tão grande comparativamente com as viscosidades iniciais.

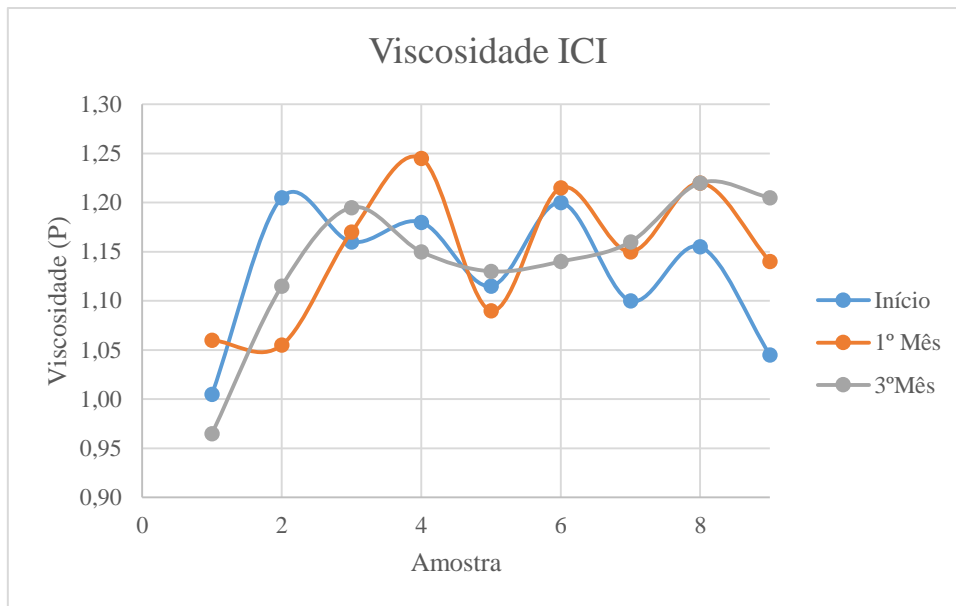


Figura 107 - Gráfico de Viscosidade ICI Teste Estabilidade Tinta B - Branco 2ªFase

Relativamente à viscosidade ICI observamos que estas praticamente não sofreram grande variação comparativamente com os valores iniciais. A amostra 2 foi a que sofreu uma diminuição na viscosidade após 1 e 3 meses de estabilidade. A amostra 9 ao longo dos 3 meses de estabilidade sofreu um maior aumento da viscosidade.

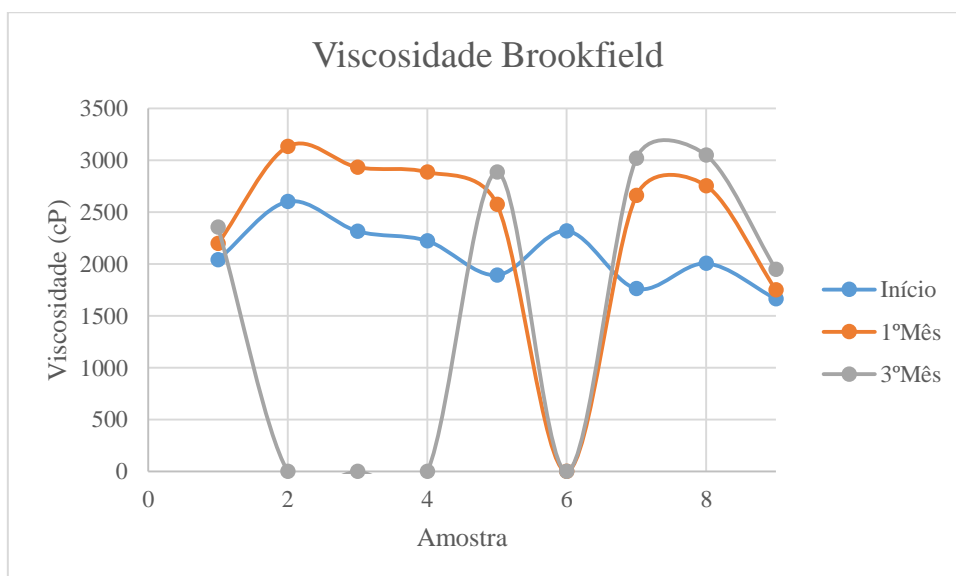


Figura 108 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Teste Estabilidade Tinta B - Branco 2ªFase

Analisando os resultados da viscosidade *Brookfield* após 1 mês de estabilidade, observamos que em todas as amostras a viscosidade aumentou, sendo que nas amostras 1 e 9 o aumento foi ligeiro. De notar que a amostra 6 não apresentou viscosidade zero, mas sim apresentou uma viscosidade elevada, que para o fuso e velocidade utilizados não foi possível determinar o valor. Após 3 meses de estabilidade todas as amostras apresentaram um aumento da viscosidade, sendo que nas amostras 1 e 9 o aumento continuou a ser ligeiro, tal como tinha

acontecido após 1 mês de estabilidade. As amostras 2, 3, 4 e 6 apresentam valores de viscosidades elevados, que para o fuso e velocidades utilizadas não foi possível determinar o valor.

Em relação ao aspeto das amostras e tal como se pretendia, não houve alterações significativas.

### **5.2.11. Método de teste para determinação de quantidade ótima de dispersante:**

Com base nos resultados obtidos das diversas variantes estudadas, foi escolhida a melhor para se realizar o teste da Necessidade de Dispersante, com o objetivo de determinar a quantidade ótima de dispersante a utilizar na formulação.

Assim, optou-se por utilizar a amostra 4 das amostras estudadas na 2ª fase, uma vez que apresenta os melhores resultados e é utilizada exatamente os mesmos dispersantes (dispersantes 4 e 5) que o padrão mas em quantidades diferentes.

O gráfico obtido na realização deste teste foi o seguinte, onde se estudou a quantidade do dispersante 4.

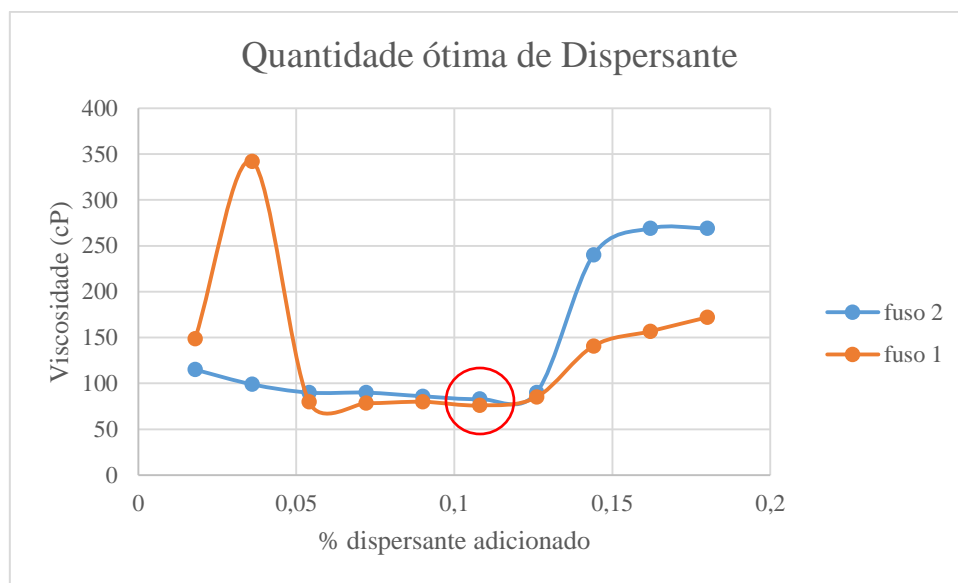


Figura 109 - Gráfico de Necessidade de dispersante

Da análise do gráfico observamos que a quantidade ótima de dispersante a utilizar na formulação corresponde à viscosidade mínima e, neste caso, corresponde a uma quantidade de dispersante de 0.108 % (representado com o círculo vermelho).

Com a quantidade ótima de dispersante determinado, foi fabricada uma variante com essa quantidade e obteve-se os resultados representados nos gráficos seguintes, onde a amostra 1 é o padrão que contém 0.35 % dispersante 4 e 0.35 % dispersante 5, a amostra 2 a variante com as quantidades iniciais (0.35 % dispersante 4 e 0.14 % do dispersante 5) e a amostra 3 a variante com as quantidades otimizadas que contém 0.108 % do dispersante 4 e 0.14 % do dispersante 5, tal está representado na tabela seguinte.

Tabela 9 - Quantidade percentuais de m+d e d em Tinta B - Branco otimizada

Amostras	m+d	% m+d	d	% d
<b>1 (padrão)</b>	4	0.35	5	0.35
<b>2 (Versão estudada na 1ª fase do estudo)</b>	4	0.35	5	0.14
<b>3 (Versão otimizada)</b>	4	0.108	5	0.14

### 5.2.11.1. Resultados Viscosidade ICI:

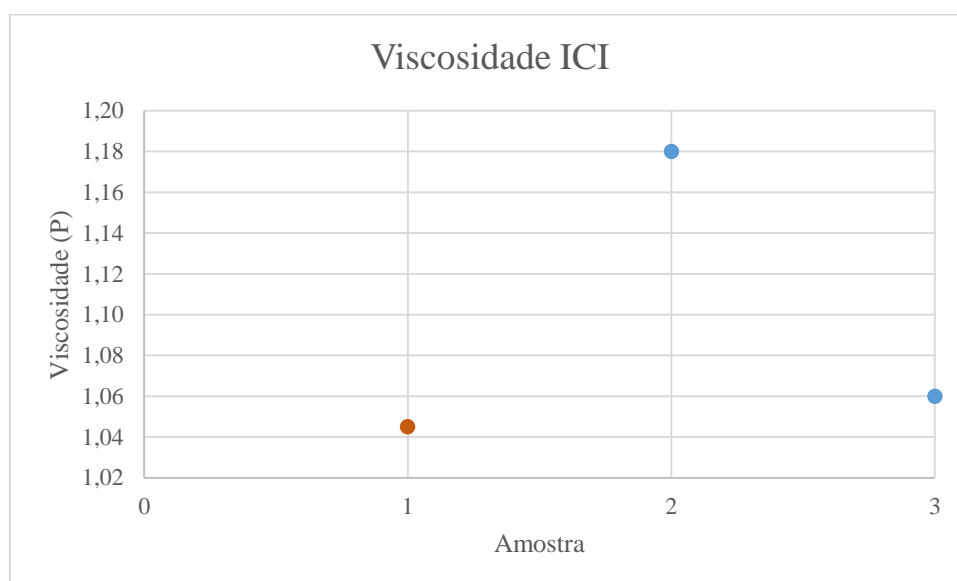


Figura 110 - Gráfico de Viscosidade ICI Tinta B - Branco otimizada

Da análise do gráfico de Viscosidade ICI observamos que diminuindo a quantidade de dispersante 5 a viscosidade aumenta comparando com o valor padrão e diminuindo ambas as quantidades de dispersante 4 e 5 obtemos menor valor de viscosidade, perto do valor padrão.

### 5.2.11.2. Resultados de Brancura:

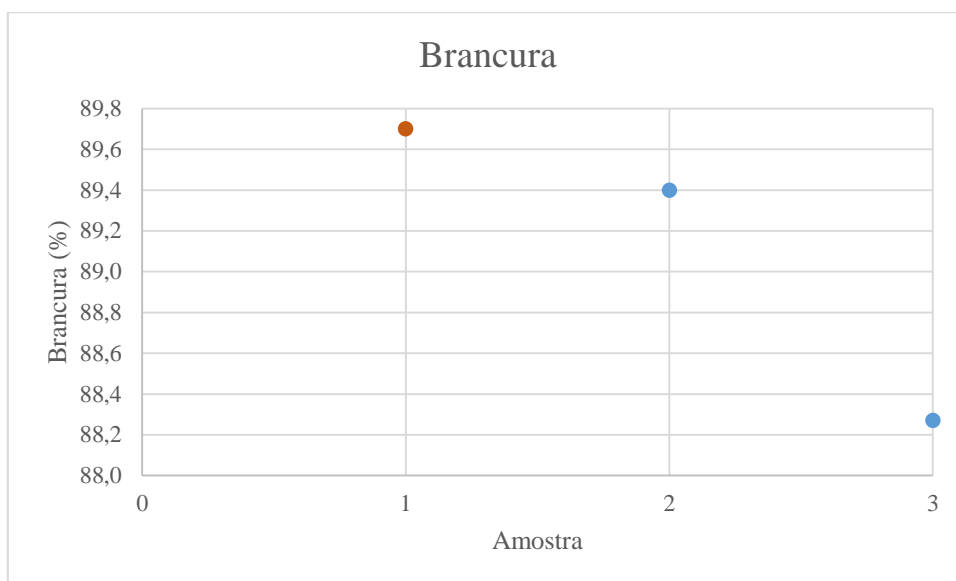


Figura 111 - Gráfico de Brancura Tinta B - Branco otimizada

Comparativamente com o padrão a amostra 2 e 3 apresentam um valor inferior ao valor padrão, diferindo em cerca de 1 a 2 %. A amostra com as quantidades otimizadas foi a que obteve um valor menor.

### 5.2.11.3. Resultados de Opacidade em Seco:

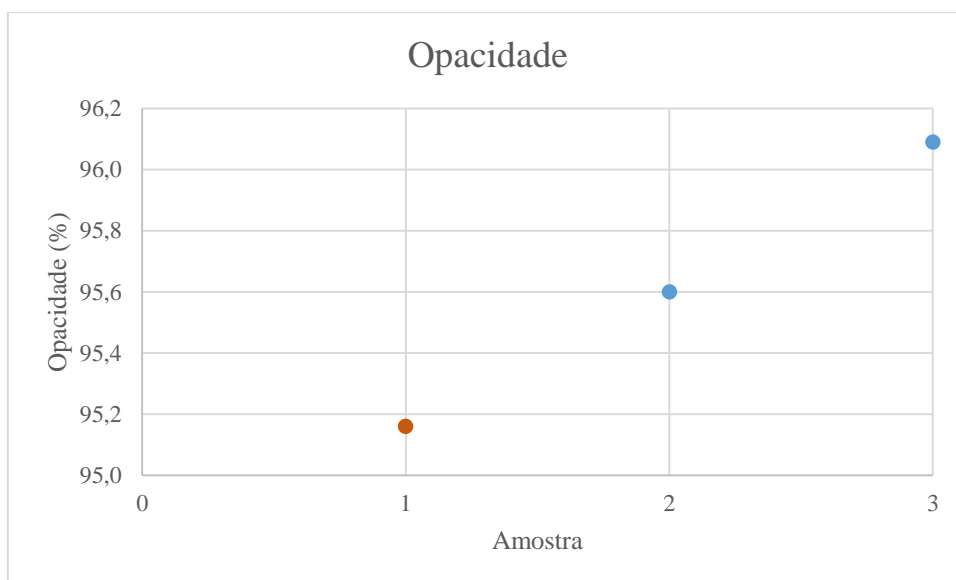


Figura 112 - Gráfico de Opacidade Tinta B - Branco otimizada

Da análise gráfica relativamente aos valores de opacidade, concluímos que com a quantidade ótima de dispersante obtemos maior valor de opacidade.

#### 5.2.11.4. Resultados de Opacidade em Húmido:

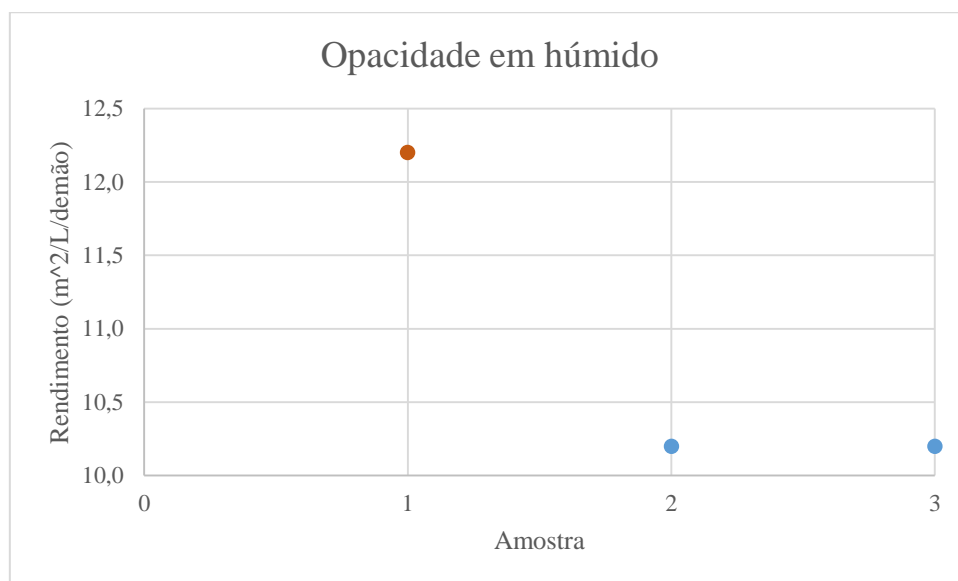


Figura 113 - Gráfico de Opacidade em húmido Tinta B - Branco otimizada

Relativamente à opacidade em húmido tanto a amostra 2 como a amostra 3 apresentam valor inferior ao valor padrão.

#### 5.2.11.5. Resultados de Outras Propriedades:

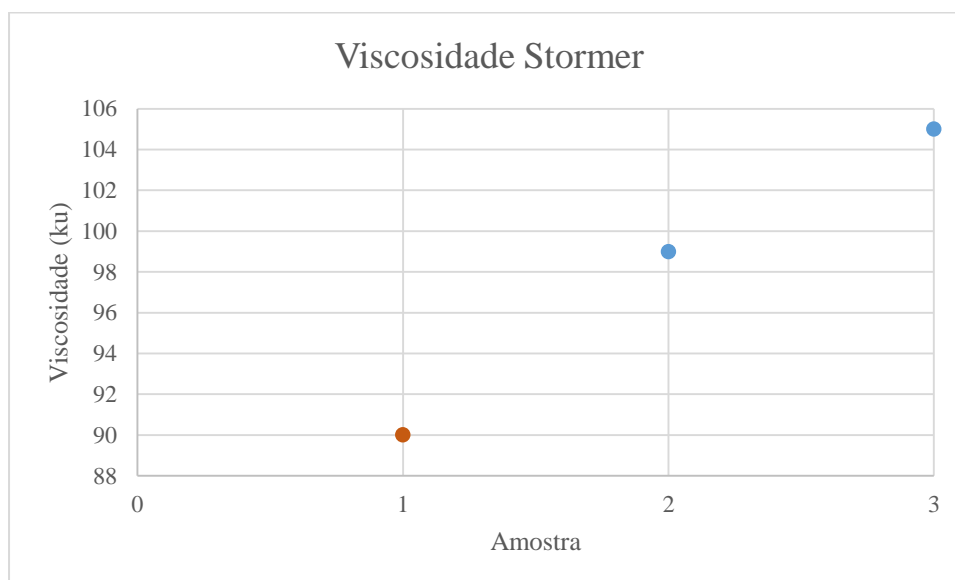


Figura 114 - Gráfico de Viscosidade Stormer Tinta B - Branco otimizada

Observando o gráfico concluímos que a viscosidade *Stormer* aumenta com as variações percentuais de dispersante. Com menor quantidade de dispersante obteve-se maior valor de viscosidade.

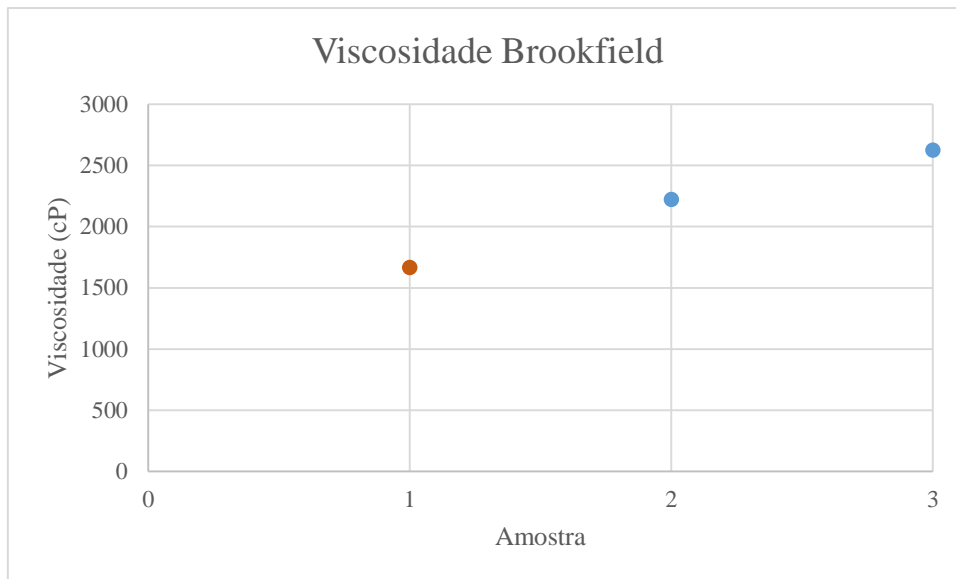


Figura 115 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Tinta B - Branco otimizada

Para esta viscosidade, com as variações percentuais de dispersante a viscosidade Brookfield aumenta.

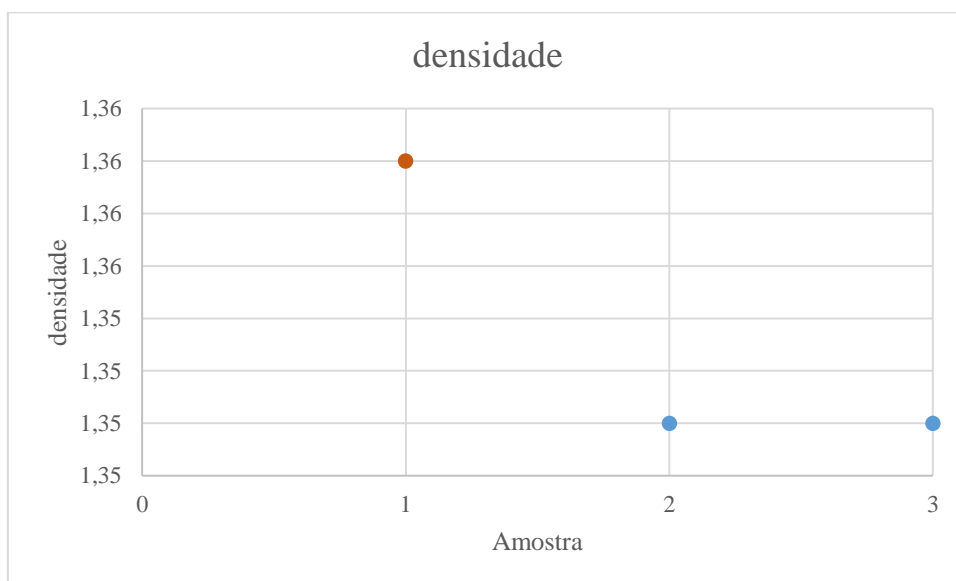


Figura 116 - Gráfico de densidade Tinta B - Branco otimizada

Graficamente observamos que a densidade diminui com as variações percentuais de dispersante mas obtendo um valor muito próximo do valor padrão.

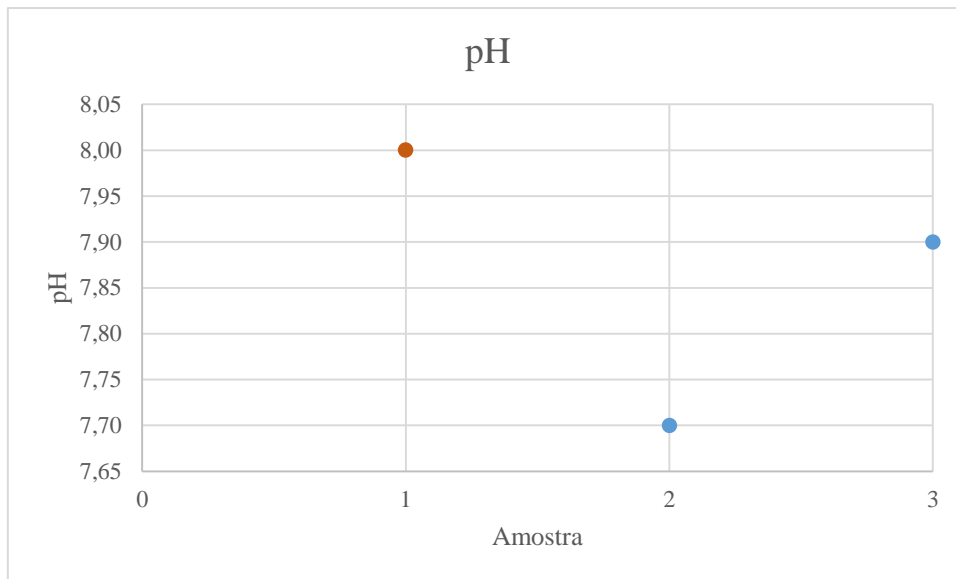


Figura 117 - Gráfico de pH de Tinta B - Branco otimizada

Observando os valores de pH obtidos podemos dizer que o valor de pH da fórmula com a quantidade de dispersante otimizada (amostra 3) obteve um valor bastante próximo do valor padrão e melhor que o valor da amostra 2.

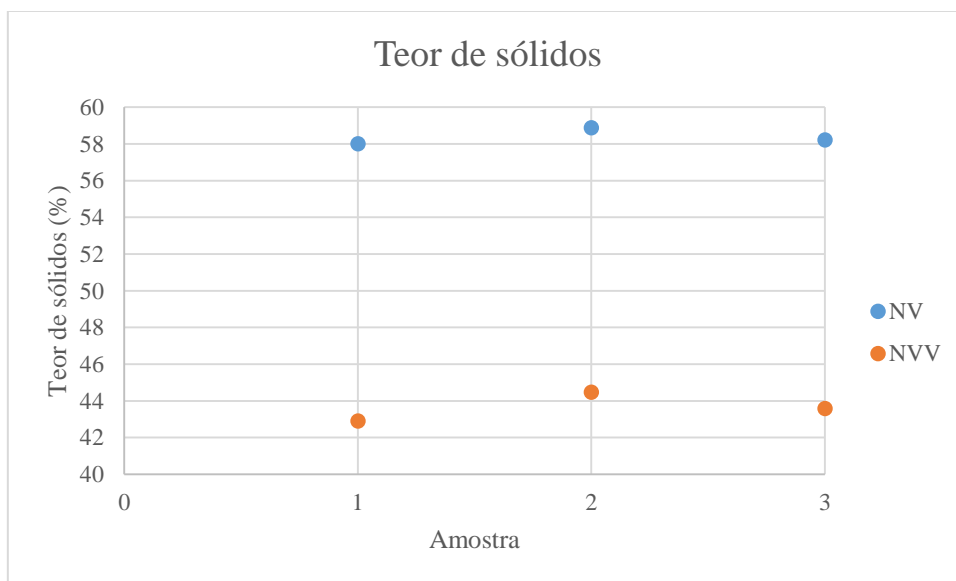


Figura 118 - Gráfico de Teor de Sólidos Tinta B - Branco otimizada

Relativamente ao teor de sólidos observamos que se obteve valores muito semelhantes para todas as amostras. Tendo-se obtido valores na ordem dos 60 % para o teor de sólidos em peso e cerca de 44 % para o teor de sólidos em volume.

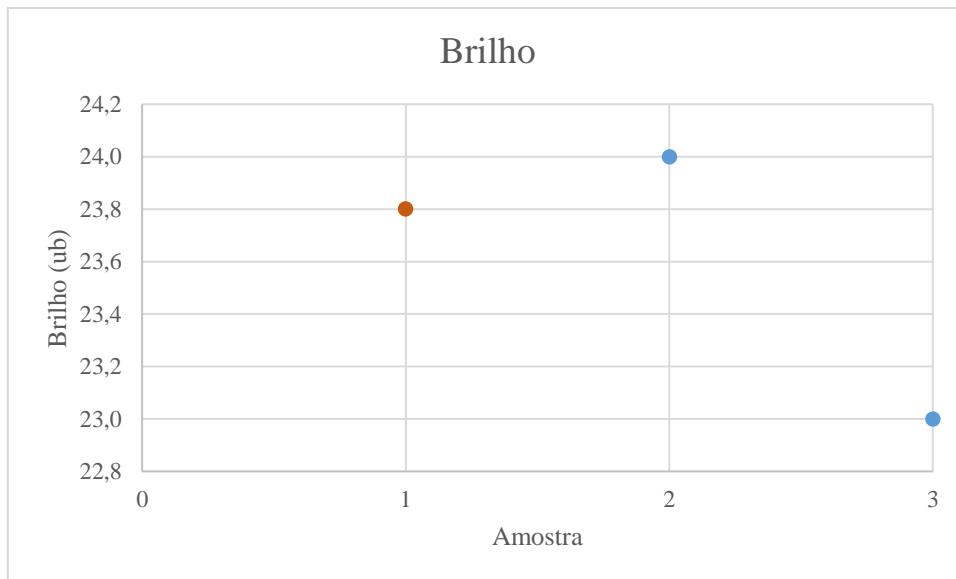


Figura 119 - Gráfico de Brilho Tinta B - Branco otimizada

Em relação aos resultados do brilho a 85° observamos que se obteve um valor menor para a amostra 3, que difere em 1 % relativamente ao valor padrão.

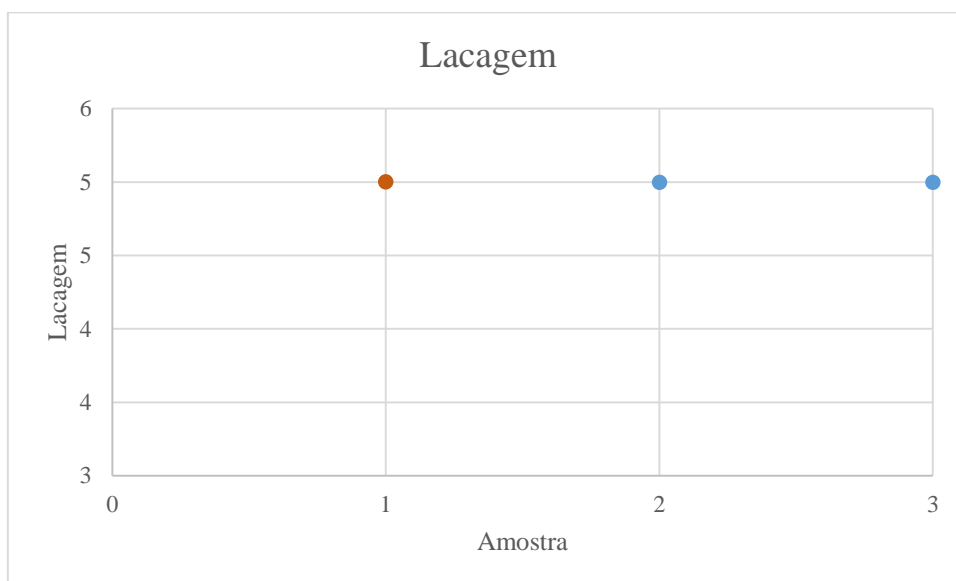


Figura 120 - Gráfico de Lacagem Tinta B - Branco otimizada

Relativamente à lacagem, todas as amostras apresentam uma ótima lacagem.

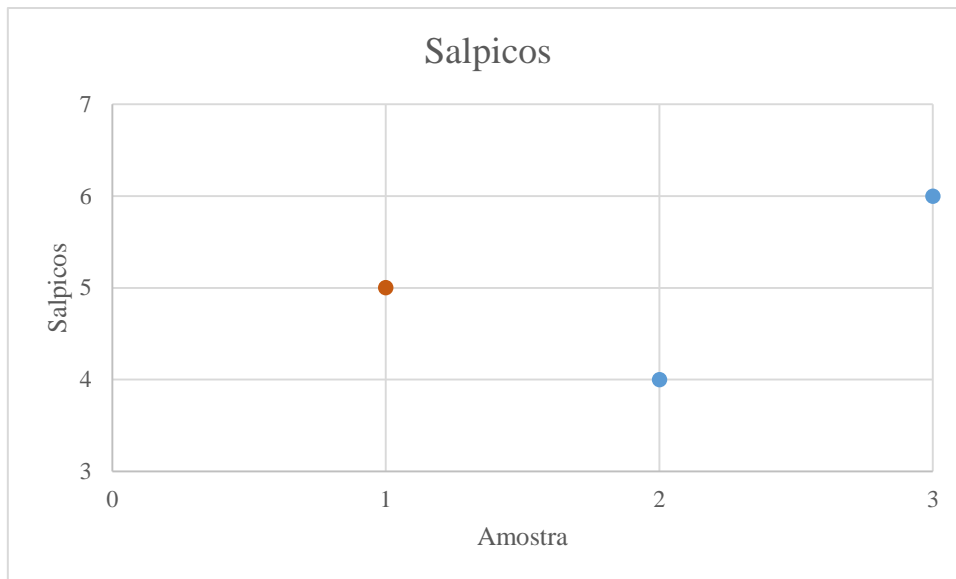


Figura 121 - Gráfico de Salpicos Tinta B - Branco otimizada

Em relação aos resultados do teste de Salpicos, observamos que a amostra com a quantidade ótima de dispersante é a que apresenta menos salpicos durante a aplicação.

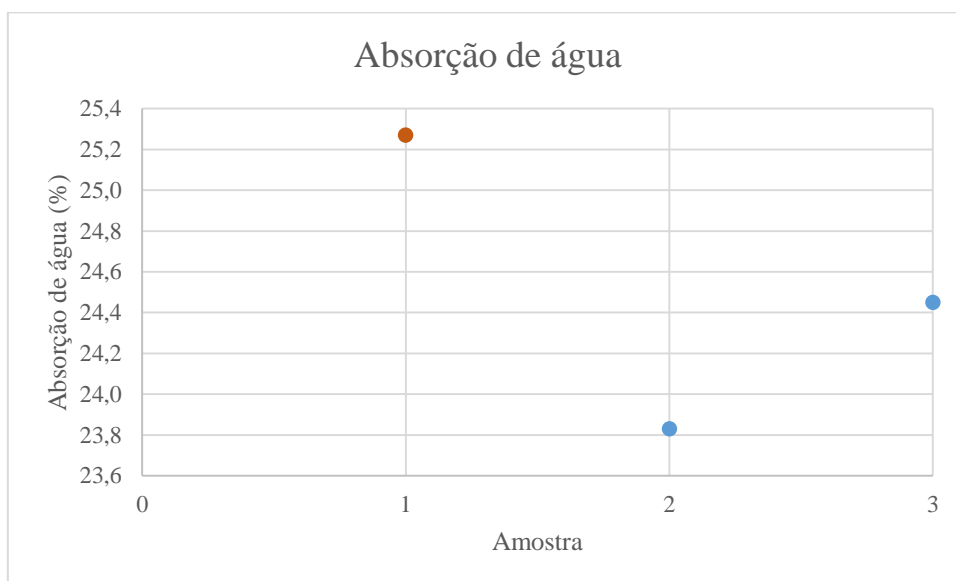


Figura 122 - Gráfico de Absorção de água Tinta B - Branco otimizada

Pela análise gráfica observamos que as amostras 2 e 3 apresentam valores percentuais de absorção de água inferiores ao padrão. A amostra 3 que é a amostra com a quantidade ótima de dispersante, comparativamente com a amostra 2 (fórmula utilizada para otimizar a quantidade de dispersante) obteve um valor de absorção ligeiramente superior, estando ambas a rondar os 24 %.

### 5.2.11.6. Resultados de Secagem BK:

Tabela 10 - Resultados de Secagem BK Tinta B - Branco otimizada

	Amostra 1 (Padrão)	Amostra 2	Amostra 3
Secagem BK	15.6 / 36.8	17.5 / 35.9	9.6 / 18.2

Da análise da tabela observamos que a amostra com a quantidade ótima de dispersante (amostra 3) obteve um valor de tempo aberto e de tempo de secagem menor que o valor padrão e que a amostra 2.

Numa análise geral, a fórmula otimizada apresentou valor de viscosidade ICI bastante próximo do valor padrão e melhor que a amostra 2. Em termos de densidade, pH e teor em sólidos os valores mantiveram-se muito próximos do valor padrão. Em relação ao acabamento, este obteve uma lacagem muito boa e semelhante ao padrão e à amostra 2. Relativamente aos salpicos obteve melhores resultados comparativamente à amostra 2 e ao padrão. Os valores de brancura obtidos tanto para a amostra 2 como para a amostra 3 foram mais baixos que o padrão e comparando apenas a amostra 2 com a amostra 3, a amostra com a quantidade ótima de dispersante obteve um valor de brancura mais baixo. O resultado do brilho foi muito semelhante entre as amostras. A opacidade em húmido não sofreu alteração no valor comparativamente com a amostra 2, embora continue a ser um valor inferior ao valor padrão. Em relação à opacidade em seco, esta obteve um maior valor com a quantidade ótima de dispersante. Relativamente à absorção de água obteve-se menores valores para as amostras 2 e 3. Por fim, a secagem BK para a amostra 3 apresentou valores mais baixos de secagens. Assim, conclui-se que a amostra com a quantidade ótima de dispersante obteve em alguns testes melhores resultados e noutros testes como a secagem BK obteve resultados inferiores ao padrão. Para o caso da opacidade em seco, em que se pretende um bom resultado, consequente de uma boa dispersão, o objetivo foi cumprido.

### 5.2.11.7. Resultados de Estabilidade:

Em relação à sua estabilidade, a amostra otimizada após 1 mês de estabilidade encontra-se a evoluir bem, tal como é possível observar nos gráficos seguintes.

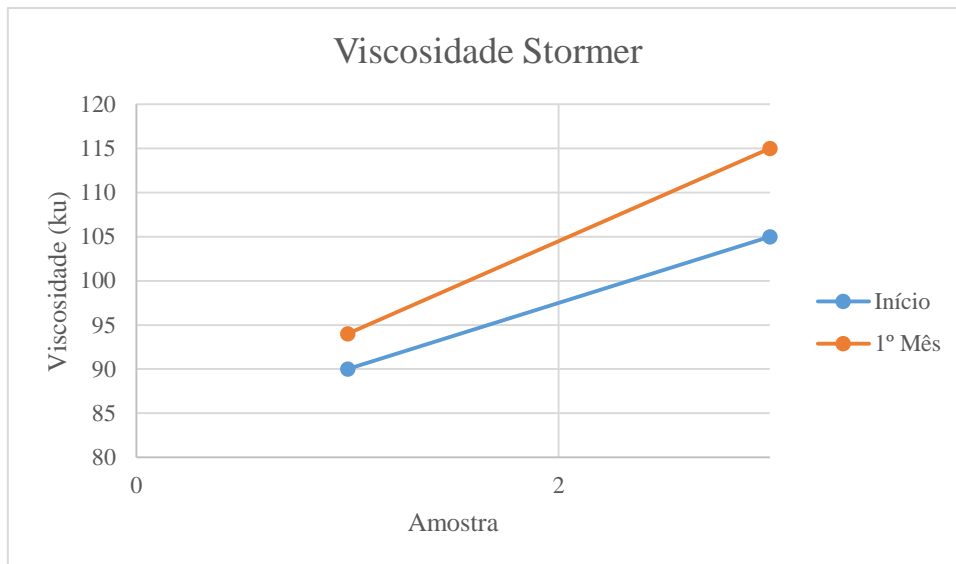


Figura 123 - Gráfico de Viscosidade Stormer Teste Estabilidade Tinta B - Branco Otimizado

Da análise do gráfico de Viscosidade *Stormer* observamos que após 1 mês de estabilidade a viscosidade não sofreu uma grande variação, tendo em ambas as amostras existido uma ligeira subida do seu valor.

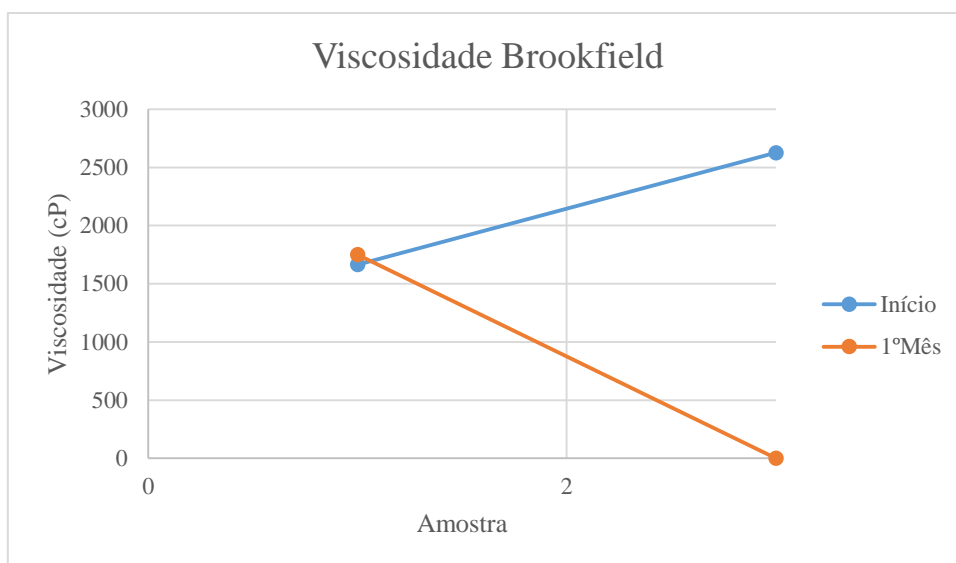


Figura 124 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Teste Estabilidade Tinta B - Branco Otimizado

Relativamente à viscosidade *Brookfield* observamos que após 1 mês de estabilidade o seu valor aumentou, sendo que no padrão a variação é mínima. De notar que o valor da viscosidade da amostra 3 após 1 mês de estabilidade não foi zero, mas sim um valor elevado que para o fuso e velocidades usadas não é possível determinar o seu valor em concreto.

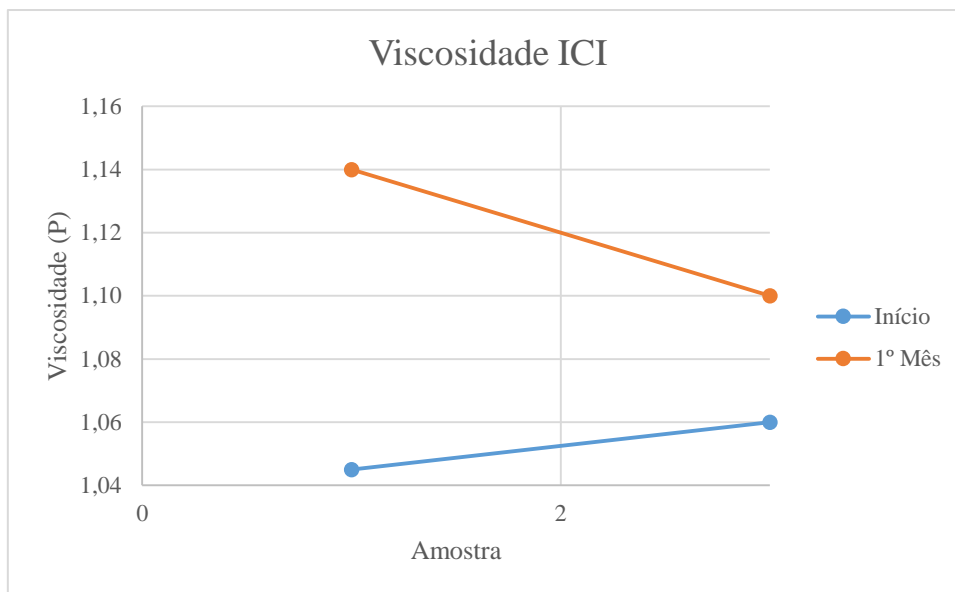


Figura 125 - Gráfico de Viscosidade ICI Teste Estabilidade Tinta B - Branco Otimizado

Quanto à viscosidade ICI, após 1 mês de estabilidade houve um aumento da viscosidade em ambas as amostras, sendo que o aumento é maior no padrão.

### 5.3. Tinta B – Base

Do exercício feito na Tinta B no branco, os molhantes/dispersantes e os dispersantes escolhidos foram exatamente os que foram utilizados para estudar na base, à exceção do dispersante que é fixo que difere da tinta branca para a base.

Na tabela seguinte está esquematizado os dispersantes utilizados na formulação, onde os dispersantes a verde são os que são fixos. Analogamente à tinta anterior, existe uma formulação padrão que é a usada pela empresa.

Tabela 11 - Fabricos para Tinta B - Base

Amostras	m+d	% m+d	d	% d
1 (Padrão)	7	0.35	5	0.37
2	8	0.14	5	0.37
3	7	0.35	1	0.93
4	7	0.35	3	0.148
5	7	0.35	5	0.148
6	7	0.35	14	0.167

<b>7</b>	7	0.35	13	0.093
<b>8</b>	7	0.35	12	0.152
<b>9</b>	7	0.35	2	0.148

Os resultados para este estudo encontram-se nos gráficos e tabelas seguintes, onde o padrão corresponde á cor laranja (amostra 1) e as variantes correspondem à cor azul (amostras de 2 a 9).

### 5.3.1. Resultados de Viscosidade ICI:

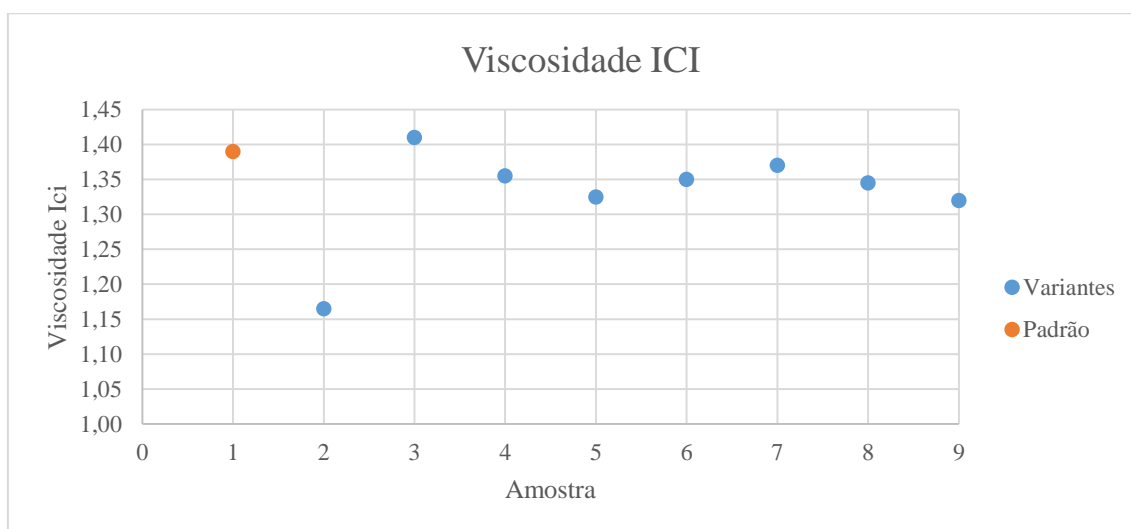


Figura 126 - Gráfico de Viscosidade ICI Tinta B Base

Da análise do gráfico, observamos que os valores das viscosidades encontram-se próximos uns dos outros á exceção da amostra 2 que apresenta um valor mais baixo.

### 5.3.2. Resultados de Opacidade em Seco:

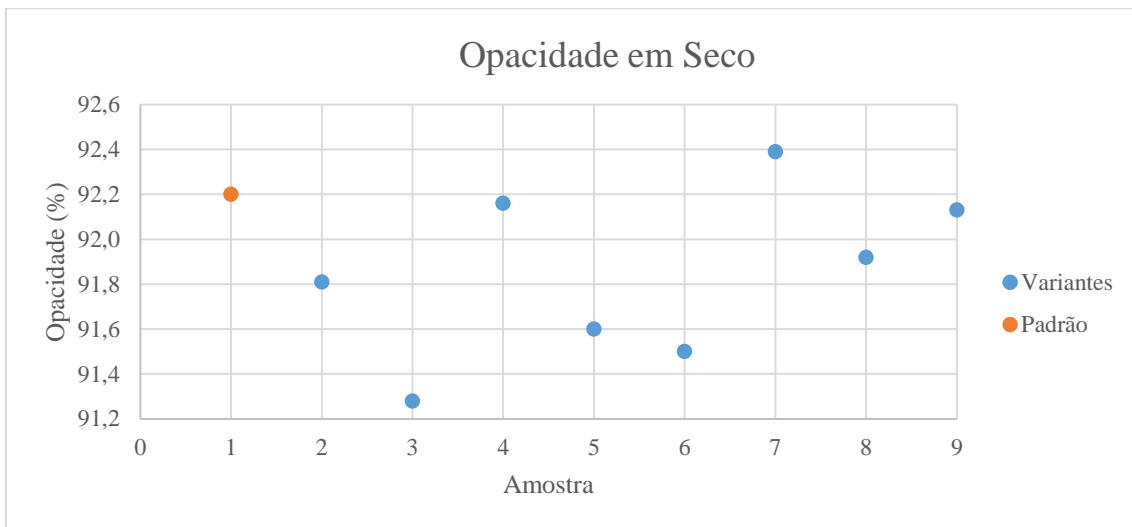


Figura 127 - Gráfico de Opacidade em Seco Tinta B Base

Observando o gráfico, vemos que os valores das opacidades encontram-se próximos uns dos outros. Existe ligeiras diferenças entre as variantes e o padrão, sendo que a maior diferença é de 1 %. A amostra 3 é a que apresenta um valor mais baixo e a amostra 7 a que apresenta um valor maior.

### 5.3.3. Resultados de Força:

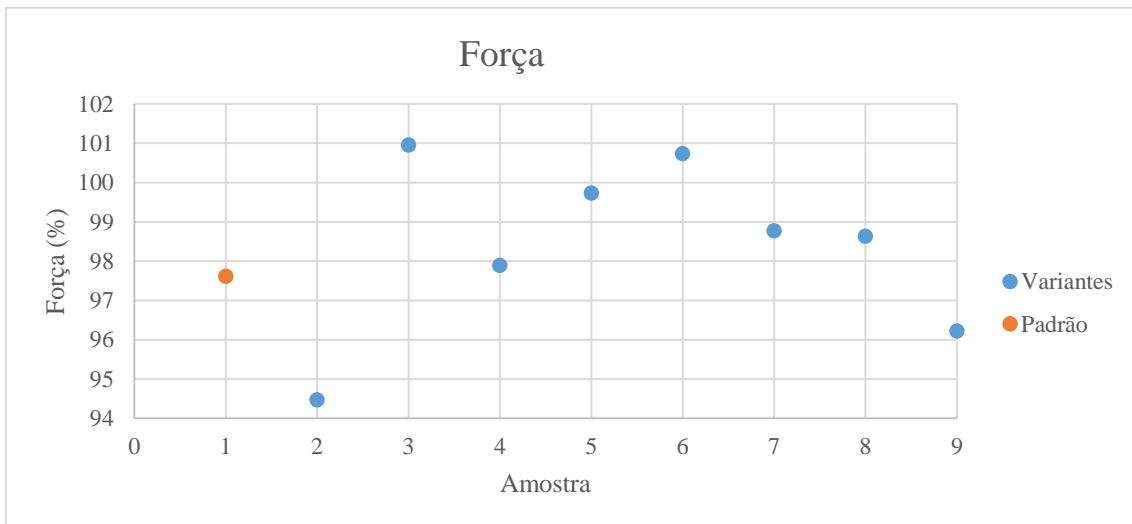


Figura 128 - Gráfico de Força Tinta B Base

Quanto aos valores da Força as amostras 2 e 9 obtiveram um valor fora do intervalo limite de 97-103 %. Todas as outras amostras encontram-se dentro dos valores pretendidos.

### 5.3.4. Resultados de Outras Propriedades:

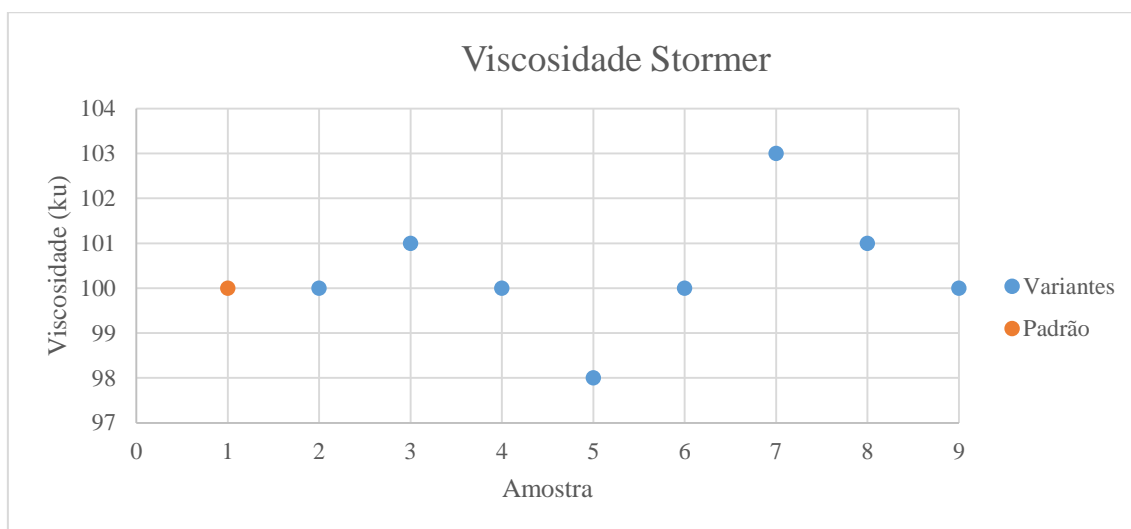


Figura 129 - Gráfico de Viscosidade Stormer Tinta B Base

Graficamente observamos variações na viscosidade *Stormer* de 98 ku a 103 ku. As variantes apresentam valores próximos da viscosidade padrão. Existem amostras em que se obteve o mesmo valor de viscosidade que o padrão, 100 ku, sendo elas as amostras 2,4,6 e 9.

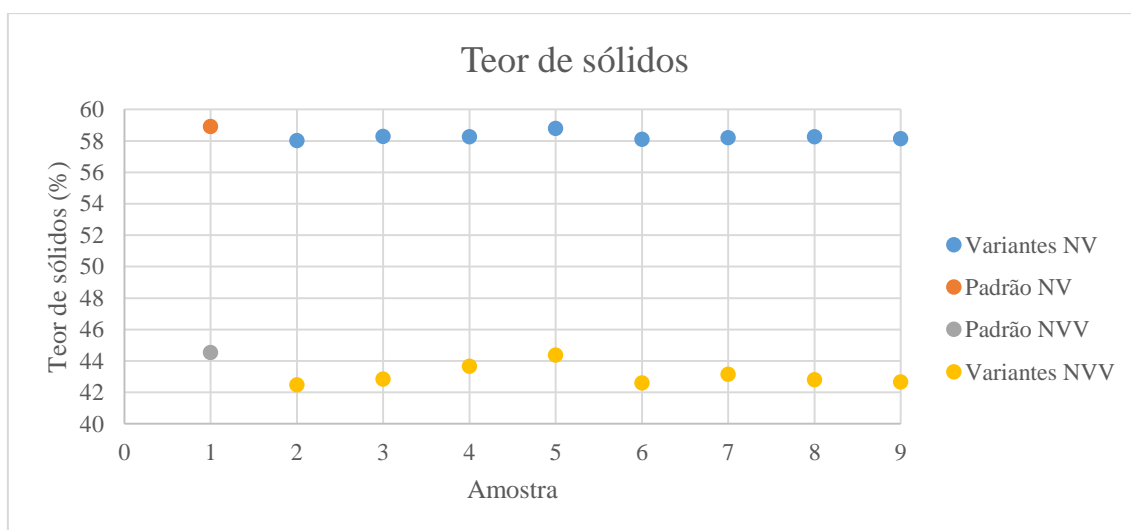


Figura 130 - Gráfico de Teor de sólidos Tinta B Base

Relativamente ao teor de sólidos todas as amostras obtiveram menor teor de sólidos. A amostra 5 foi a que obteve um teor mais próximo do padrão, em que arredondando o valor do padrão obtemos um teor de sólidos em peso de 59 % ao qual a amostra 5 arredondada às unidades também corresponde a 59 %. Todas as outras variantes apresentam valores de cerca 58 %.

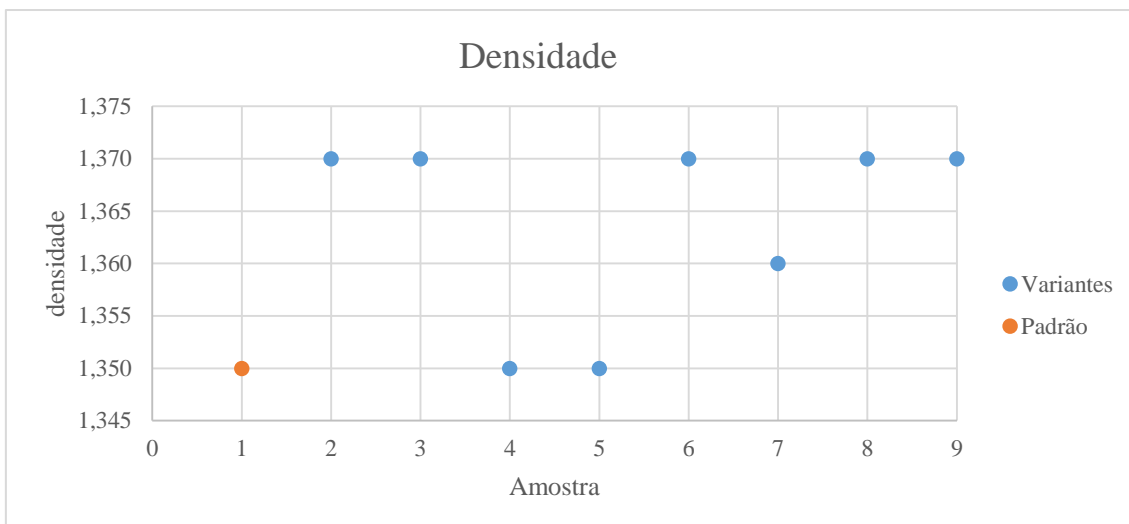


Figura 131 - Gráfico de Densidade Tinta B Base

Analisando os valores de densidade obtidos, observamos que se obteve valores entre 1.35 e 1.37. Sendo que as amostras 4 e 5 obtiveram exatamente o mesmo valor de densidade que o padrão.

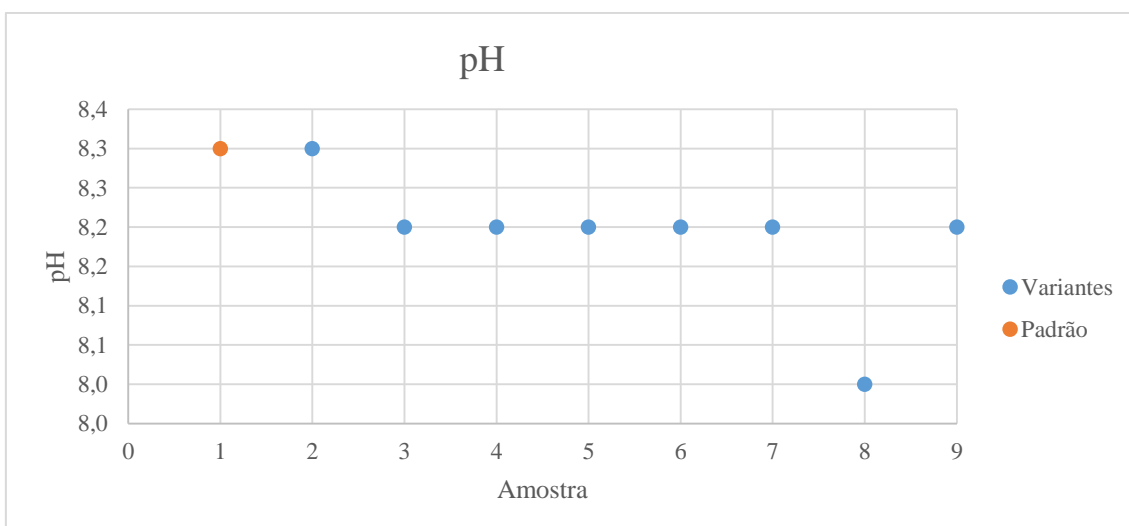


Figura 132 - Gráfico de pH Tinta B Base

Observando os resultados obtidos no gráfico, verificamos que os valores de pH obtidos são todos muito próximos. A amostra 8 foi a que obteve um valor menor e a amostra 2 obteve exatamente o mesmo valor do padrão. Todas as restantes amostras obtiveram o mesmo valor de pH, de 8.2.

### 5.3.5. Resultados de Molhagem e Reprodução de Cor:

Tabela 12 - Resultados da Molhagem e Reprodução de Cor para Tinta B - Base

Amostra	Molhagem	Reprodução de Cor
1 (Padrão)	OK	OK
2	OK	OK
3	OK	OK
4	OK	OK
5	OK	OK
6	OK	OK
7	OK	OK
8	OK	OK
9	OK	OK

Tal como é possível observar na tabela, todas as amostras obtiveram valores OK para a molhagem e para a reprodução de cor. Na reprodução de cor não existe diferença entre as aplicações e a cor no catálogo.

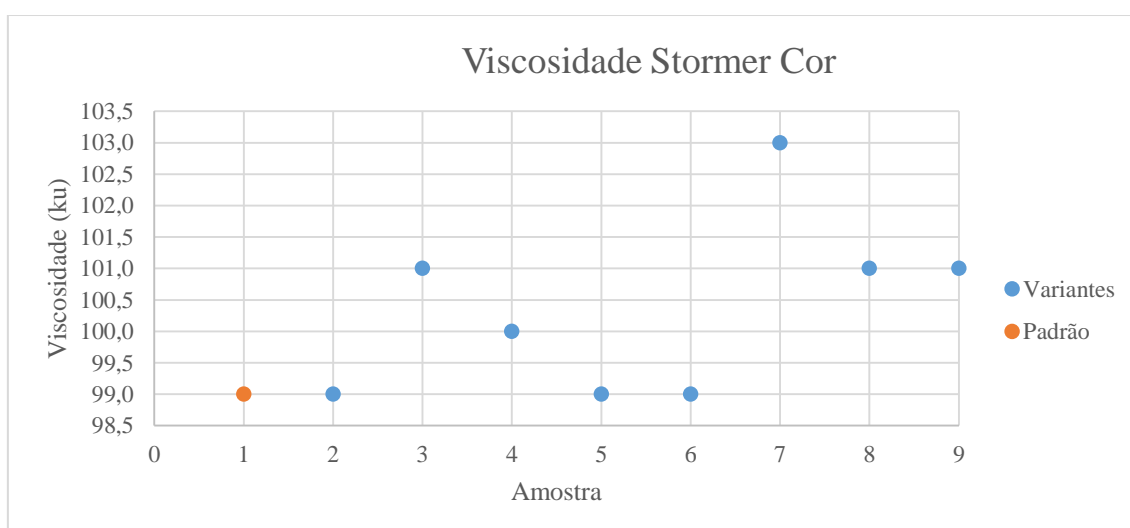


Figura 133 - Gráfico de Viscosidade Stormer da Cor Tinta B Base

Analisando graficamente os resultados, observamos que os valores obtidos foram iguais ou superiores ao valor padrão, não existindo grande variação nos valores.

### 5.3.6. Resultados de Compatibilidades:

Tabela 13 - Resultados Compatibilidades Tinta B - Base

Amostra	Compatibilidades						
	A	B	C	D	E	F	G
1 (Padrão)	OK	OK-	OK	OK-	OK-	OK	OK
2	OK	OK-	OK	OK-	Não OK	OK	OK
3	OK	OK-	OK	OK	OK-	OK	OK
4	OK	OK-	OK	OK	OK-	OK	OK
5	OK	OK	OK	OK	OK-	OK	OK
6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
7	OK	OK	OK	OK	OK-	OK	OK
8	OK	OK	OK	OK	Não OK	OK	OK
9	OK	OK-	OK	OK-	OK-	OK	OK

Em relação às compatibilidades existem variantes que se encontram piores que o padrão. Temos a amostra 2 e a 8 que não têm compatibilidade com o corante UV08 (E), observando-se na aplicação uma ligeira diferença de cor entre a amostra agitada somente no giroscópico e a amostra agitada nos 2 agitadores e diferença de cor nos *rub-outs* realizados. Praticamente na compatibilidade E, todas as amostras apresentam uma ligeira diferença de cor entre os *rub-outs* realizados e a aplicação e daí a classificação ser de OK-. À exceção da amostra 6 que apresentou uma boa compatibilidade com o corante UV08. Existe em todas as variantes e o padrão uma boa compatibilidade com os corantes AB48 (A), UY02 (C), UR09 (F) e com o corante UK13 (G). As compatibilidades com o corante UB05 (B) nas amostras 5, 6, 7 e 8 encontram-se melhores que o padrão. Já as compatibilidades com o corante UM07 (D) encontram-se melhores nas amostras 3, 4, 5, 6, 7 e 8.

Resumidamente, a amostra 2 foi a que apresentou menor viscosidade, um teor de sólidos baixo, o valor da força fora do limite e apresentou incompatibilidade com o corante UV08. A amostra 3 teve menor opacidade, teor em sólidos baixo e compatibilidades semelhantes ao padrão. A amostra 4 é muito semelhante ao padrão, tendo apenas um teor em sólidos baixo. A amostra 5 apresenta um teor de sólidos próximo do padrão e apresenta compatibilidades melhores que o padrão. A amostra 6 e 7 apresentam um teor de sólidos baixo e compatibilidades melhores que o padrão. A amostra 8 apresenta teor em sólidos baixo e incompatibilidade com o corante UV08. Por fim, a amostra 9 apresenta um teor de sólidos baixo, o valor da força fora do limite e compatibilidades semelhantes ao padrão.

Numa análise geral as melhores amostras são 4, 5, 6 e 7. Isto porque apresentam valores muito semelhantes ao padrão, os valores da força encontram-se dentro do limite e em termos de compatibilidades são semelhantes e em alguns casos até são melhores que o padrão. De salientar que a única característica que nestas amostras consideradas como as melhores difere dos valores do padrão é o teor de sólidos. A diferença não chega a 1 %. Contudo a amostra 5 é a que apresenta um teor de matérias voláteis mais próximo do padrão, tendo uma diferença mínima.

### 5.3.7. Resultados de Estabilidade:

Avaliando a estabilidade das amostras desta tinta, obtivemos os seguintes gráficos.

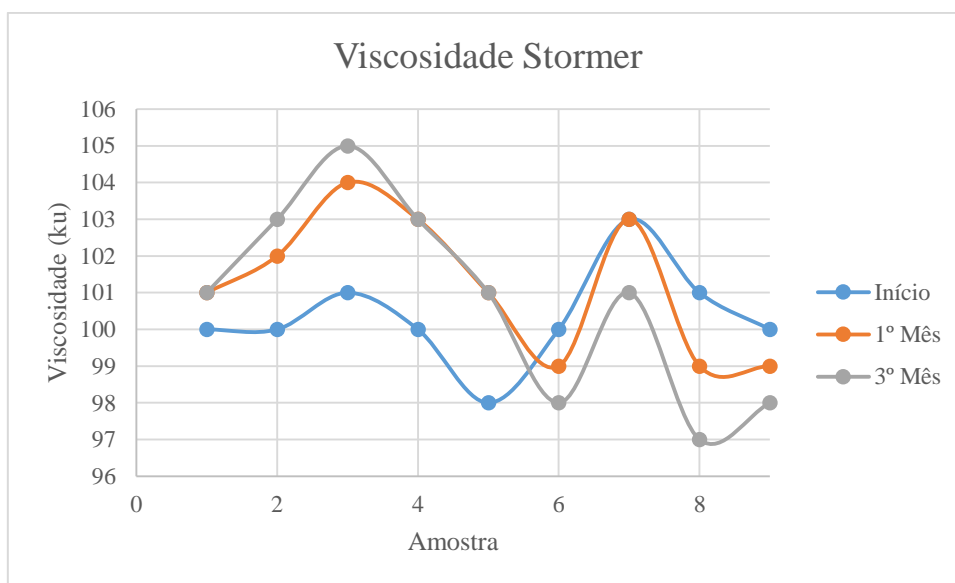


Figura 134 - Gráfico de estabilidade Viscosidade Stormer Tinta B – Base

Analisando o gráfico relativo à viscosidade *Stormer* observamos que as viscosidades após 1 mês de estabilidade variam ligeiramente, existindo amostras em que esta viscosidade aumenta, amostras em que se mantém constante e outras amostras em que a viscosidade diminuiu. A amostra que manteve o seu valor de viscosidade após 1 mês de estabilidade foi a amostra 7. As amostras 6, 8 e 9 foram as que sofreram uma quebra na viscosidade. E nas restantes amostras houve o aumento da viscosidade. Após 3 meses de estabilidade, a variação das viscosidades segue exatamente o mesmo comportamento que após 1 mês de estabilidade. Sendo que as amostras 1, 4 e 5 não houve alteração do valor de viscosidade do 1º mês para o 3º mês de estabilidade.

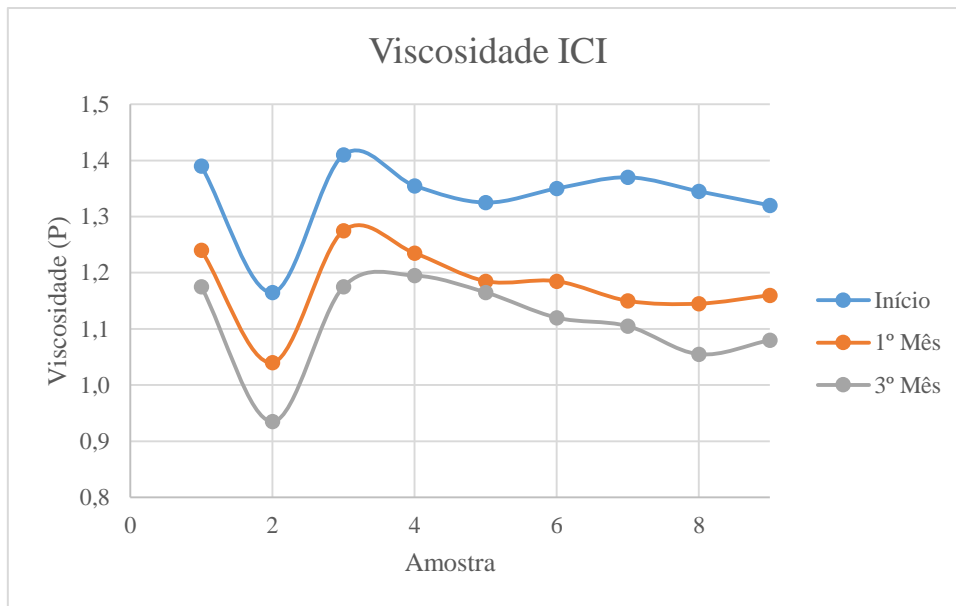


Figura 135 - Gráfico de estabilidade Viscosidade ICI Tinta B – Base

Relativamente à viscosidade ICI após 1 mês de estabilidade esta diminuiu ligeiramente. Após 3 meses de estabilidade, o comportamento é exatamente o mesmo que após 1 mês de estabilidade, tendo a viscosidade diminuído ligeiramente.

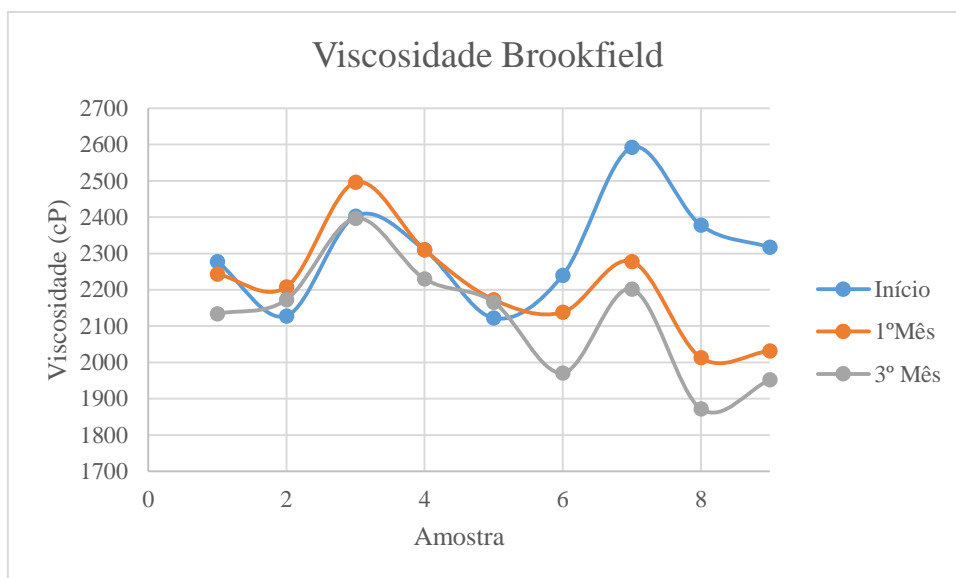


Figura 136 - Gráfico de estabilidade Viscosidade Brookfield Tinta B – Base

Graficamente observamos que as viscosidades das amostras mantiveram-se mais ou menos constantes após 1 mês de estabilidade, à exceção da amostra 7, 8 e 9 em que a viscosidade diminuiu ligeiramente. Após 3 meses de estabilidade, o comportamento das amostras é o mesmo que após 1 mês de estabilidade, onde a maioria das amostras manteve os seus valores contantes e as amostras 6 e 8 continuaram a sofrer uma ligeira diminuição do valor de viscosidade.

Em termos de aspeto todas as amostras as amostras encontram-se a evoluir bem não apresentando sinais de depósito durante o tempo decorrido de armazenamento.

### 5.3.8. Resultados de Secagem BK:

Das amostras escolhidas como melhores, foi realizado um teste de 2ª fase. Os resultados desse teste encontram-se na seguinte tabela.

*Tabela 14 - Resultados Secagem BK Tinta B - Base*

	Amostra 1 (Padrão)	Amostra 4	Amostra 5	Amostra 6	Amostra 7
<b>Secagem BK</b>	17.5 / 34.5	19.5 / 39.5	21.7 / 40.5	23.5 / 39.9	19.0 / 37.0

Analisando os resultados obtidos no teste de Secagem BK observamos que todos os valores de secagem das variantes são superiores ao valor padrão. Assim, todas as amostras são semelhantes ao padrão.

### 5.4. Tinta C – Branco

Para esta tinta as quantidades de dispersantes a utilizar foi otimizada. Na formulação padrão já existente, temos a utilização de um dispersante e de um dispersante/molhante. Seguindo a mesma formulação, foram fabricadas 7 amostras onde se fixou o dispersante e variou-se o molhante/dispersante e fabricou-se mais 8 amostras onde se manteve fixo o molhante/dispersante e variou-se o dispersante. Na tabela seguinte está presente as amostras fabricadas para esta tinta. Analogamente à tinta anterior, existe uma formulação padrão que é a usada pela empresa.

*Tabela 15 - Fabricos de tintas para Tinta C - Branco*

Amostra	m+d	% m+d	d	% d
<b>1 (Padrão)</b>	7	0.24	5	0.24
<b>2</b>	4	0.24	5	0.24
<b>3</b>	7	0.233	5	0.24
<b>4</b>	8	0.096	5	0.24
<b>5</b>	9	0.216	5	0.24
<b>6</b>	10	0.096	5	0.24
<b>7</b>	11	0.24	5	0.24

<b>8</b>	15	0.24	5	0.24
<b>9</b>	7	0.24	1	0.06
<b>10</b>	7	0.24	2	0.096
<b>11</b>	7	0.24	3	0.096
<b>12</b>	7	0.24	5	0.096
<b>13</b>	7	0.24	6	0.072
<b>14</b>	7	0.24	14	0.108
<b>15</b>	7	0.24	12	0.098
<b>16</b>	7	0.24	13	0.06

Os resultados para esta tinta encontra-se nos gráficos e tabelas seguintes, sendo que o padrão corresponde à amostra 1 (cor laranja) e as restantes amostras são as variantes (cor azul.)

#### 5.4.1. Resultados de Viscosidade ICI:

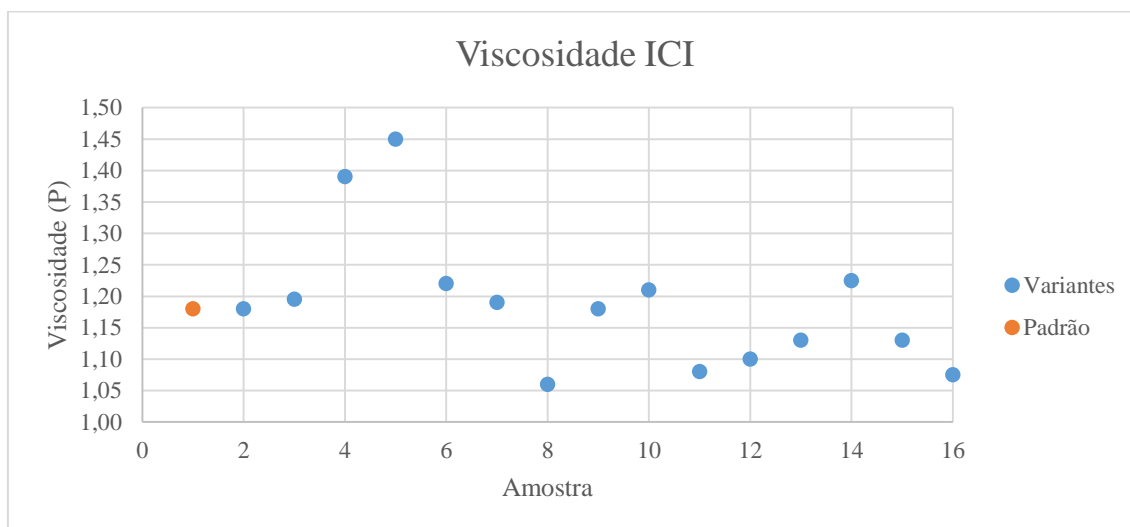


Figura 137 - Gráfico de Viscosidade ICI da Tinta C - Branco

Da observação do gráfico podemos dizer que as viscosidades das variantes variam ligeiramente, existindo valores acima e abaixo da viscosidade do padrão. Também existe variantes cujas viscosidades são muito próximas à do padrão.

### 5.4.2. Resultados de Opacidade em Seco:

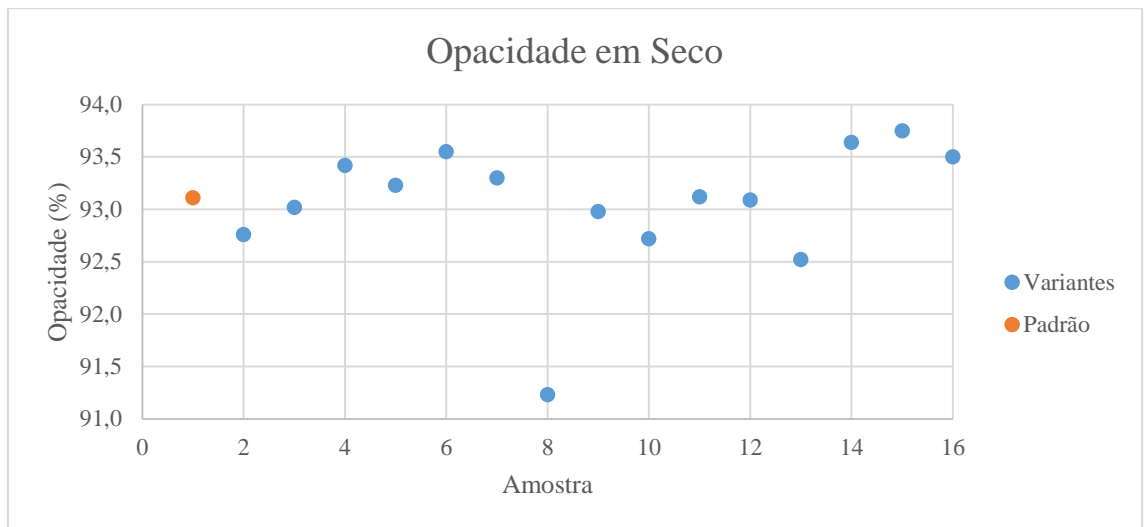


Figura 138 - Gráfico de Opacidade em Seco da Tinta C - Branco

Analisando o gráfico observamos grandes variações nos valores das opacidades, existem valores que decrescem aproximadamente 2 % em relação ao valor padrão. A amostra 8 é a que apresenta um resultado pior.

### 5.4.3. Resultados de Brancura:

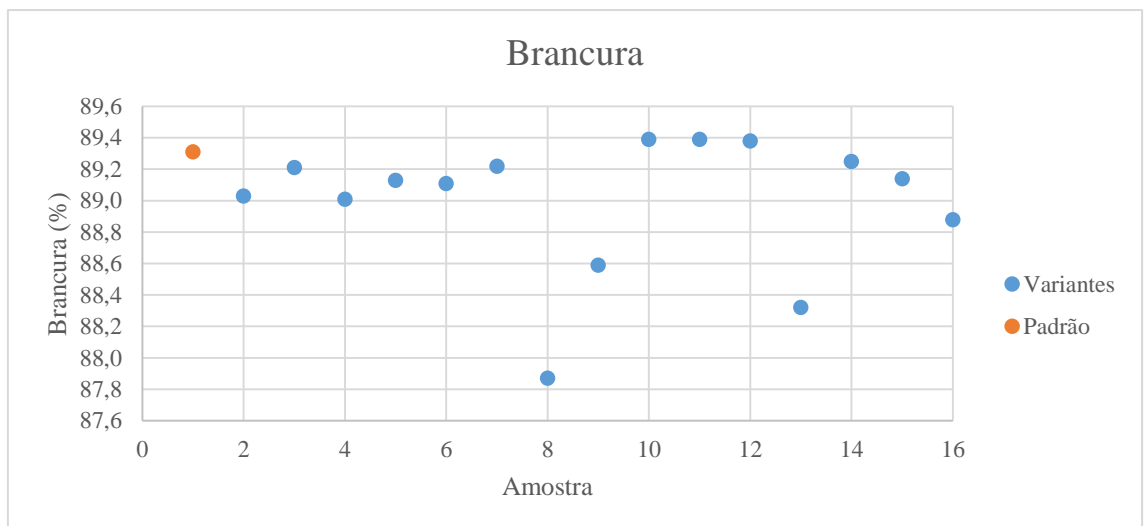


Figura 139 - Gráfico de Brancura da Tinta C - Branco

Graficamente observamos grandes variações nos valores de brancura, a maioria das amostras apresenta valores abaixo do valor padrão. Mais uma vez a amostra 8 é a pior, mas também a amostra 9 e 13 apresentam valores muito distantes do padrão.

#### 5.4.4. Resultados de Opacidade em Húmido:

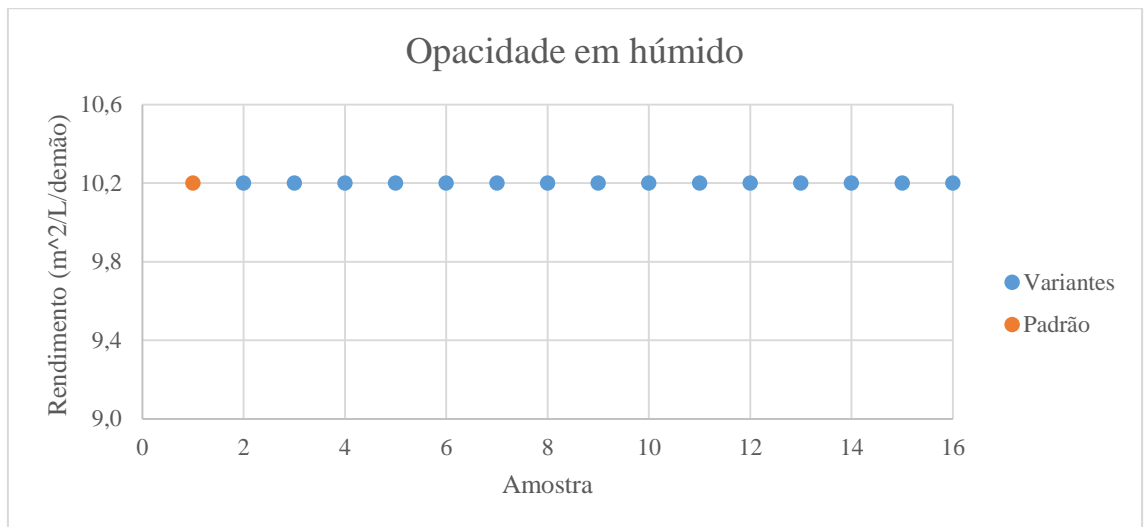


Figura 140 - Gráfico de Opacidade em húmido da Tinta C - Branco

Analisando os resultados, observamos que todas as amostras apresentam o mesmo valor de opacidade em húmido, de 10 m<sup>2</sup>/L/demão.

#### 5.4.5. Resultados de Outras Propriedades:

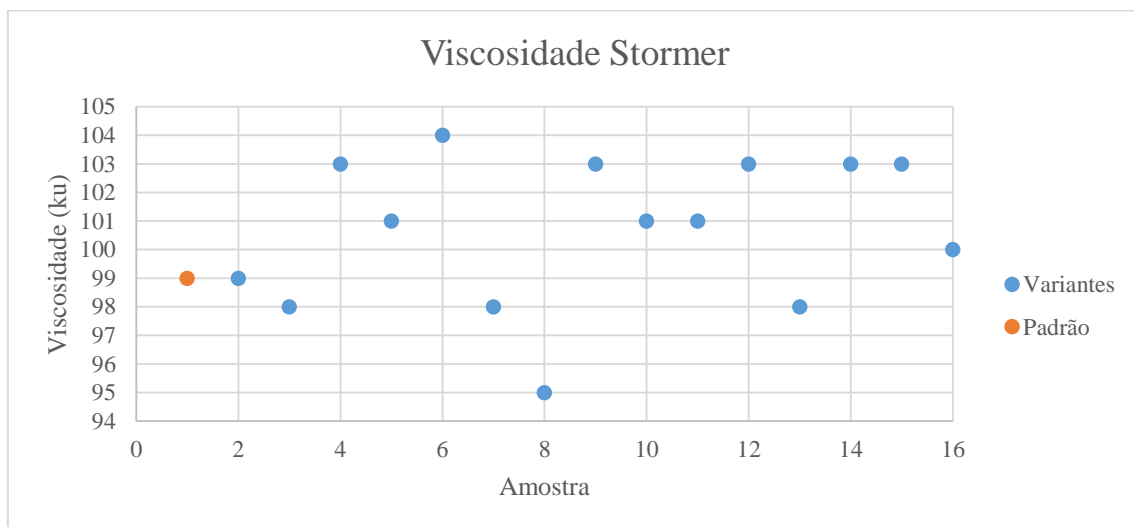


Figura 141 - Gráfico de Viscosidade Stormer da Tinta C - Branco

Podemos dizer que as viscosidades *Stormer* variam de acordo com os dispersantes utilizados. Temos valores superiores ao valor padrão e temos valores inferiores. As amostras que mais se aproximam do padrão são as amostras 2, 4, 7, 13 e 16. A amostra 8 apresenta o valor mais baixo de viscosidade e contrariamente a amostra 6 apresenta o valor mais alto.

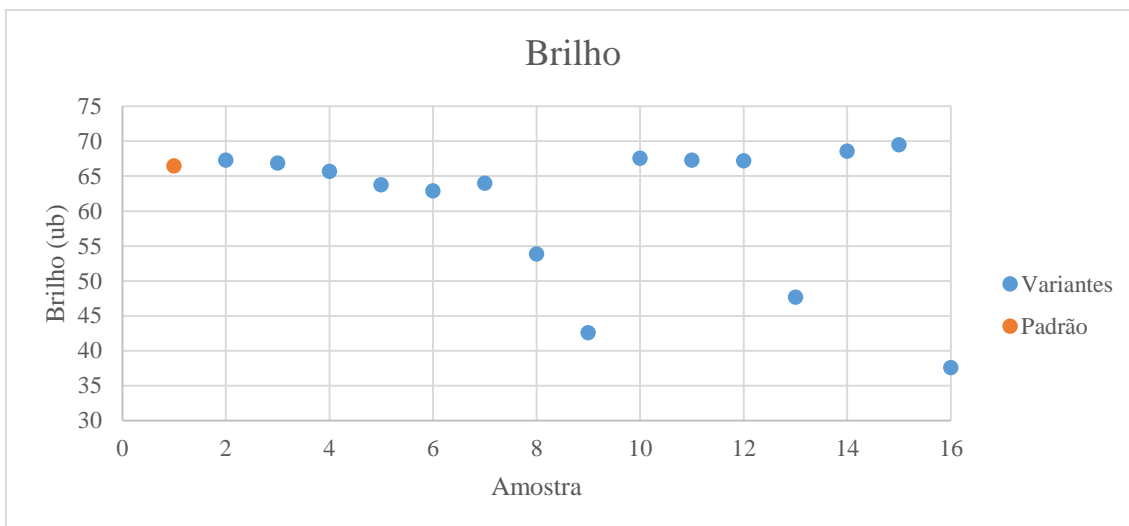


Figura 142 - Gráfico de brilho da Tinta C – Branco

Na maioria as variantes apresentam valores de brilho bastante próximos do valor padrão, à exceção das amostras 8, 9, 13 e 16 que apresentam valores mais baixos.

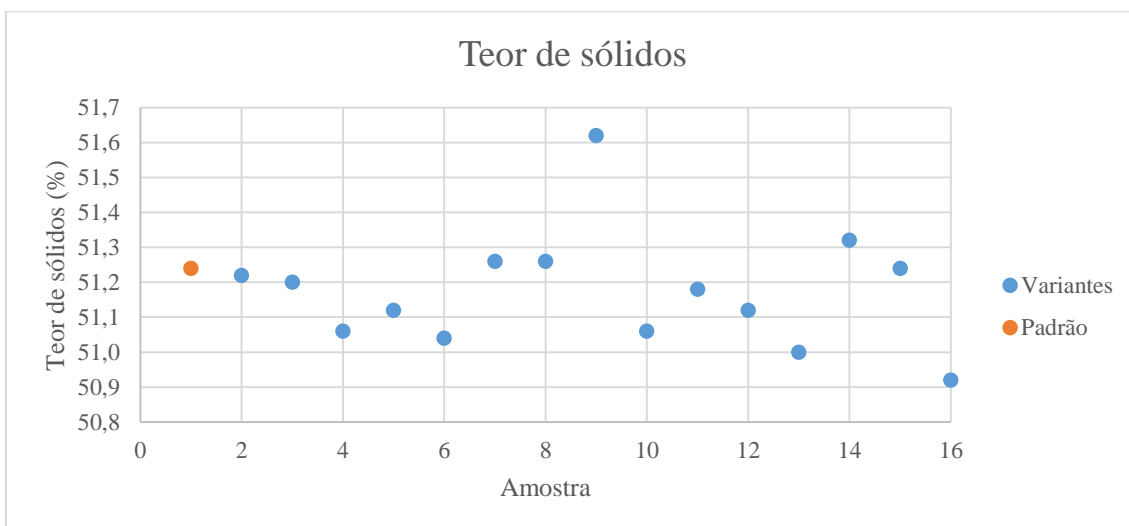


Figura 143 - Gráfico de Teor de sólidos da Tinta C - Branco

Da análise do gráfico, observamos que existe alguma variação nos valores obtidos do teor de sólidos. A amostra 9 apresenta o maior valor de teor de sólidos e a amostra 16 o valor menor. As restantes variantes apresentam valores próximos da amostra padrão.

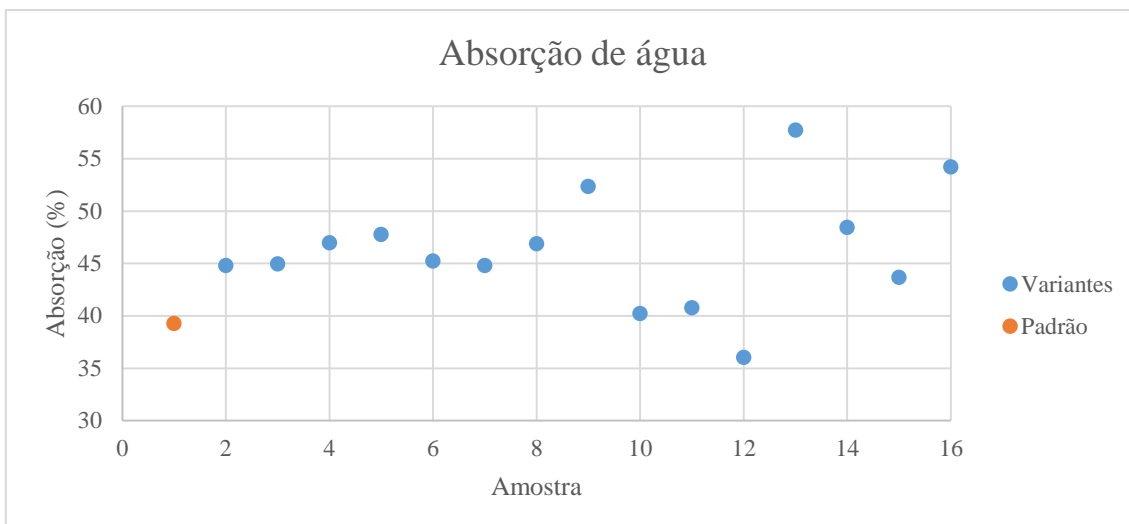


Figura 144 - Gráfico de Absorção de água da Tinta C – Branco

Da análise gráfica podemos concluir que a maioria das variantes apresenta uma percentagem de absorção de água superior ao valor padrão. Temos a exceção das amostras 10, 11 e 12 que apresentam valores próximos da amostra padrão. A amostra 12 ainda apresenta o valor mais baixo de absorção de água. Contrariamente, a amostra 13 é a que apresenta um valor maior.

Em relação aos valores de densidade, pH, lacagem e salpicos encontram-se os resultados nos gráficos seguintes.

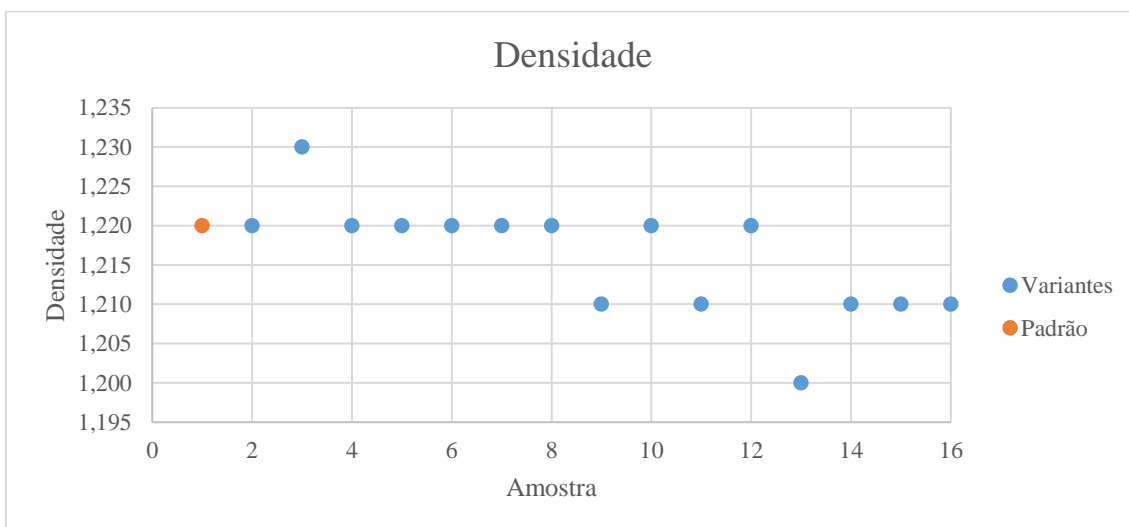


Figura 145 - Gráfico de Densidade da Tinta C – Branco

Os valores de densidade encontram-se todos muito próximos. A amostra que obteve o valor menor foi a amostra 13 e contrariamente, a amostra 3 obteve maior valor.

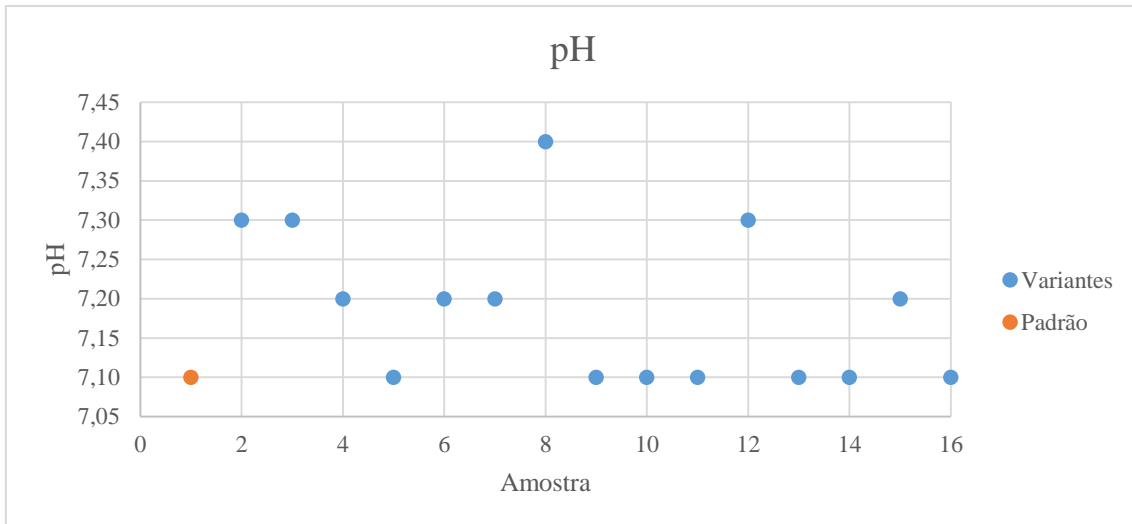


Figura 146 - Gráfico de pH da Tinta C – Branco

Relativamente aos valores de pH estes são muito semelhantes ao valor padrão. A amostra 8 foi a que obteve maior valor.

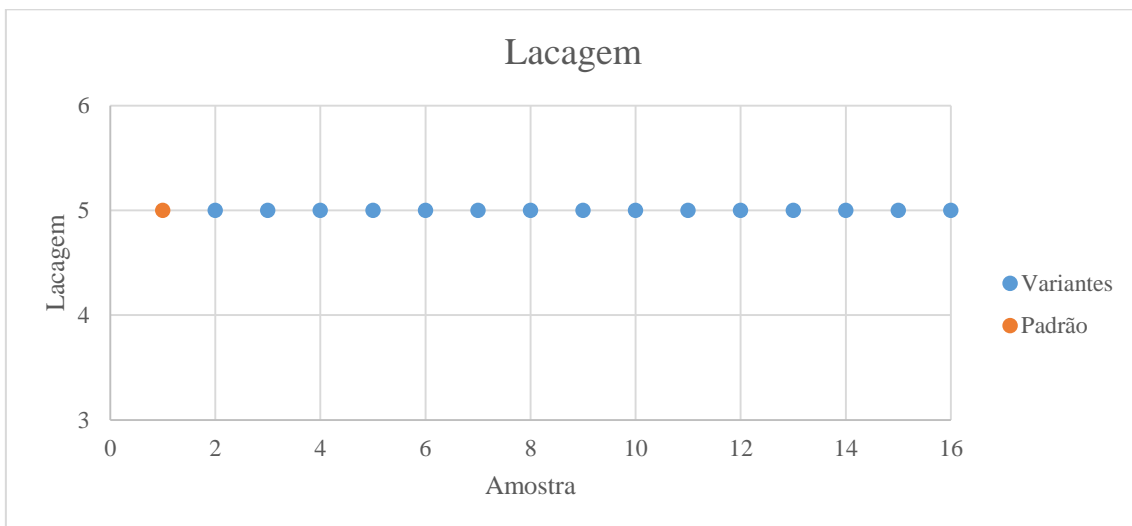


Figura 147 - Gráfico de Lacagem da Tinta C – Branco

Quanto à lacagem, todas as amostras obtiveram uma boa lacagem.

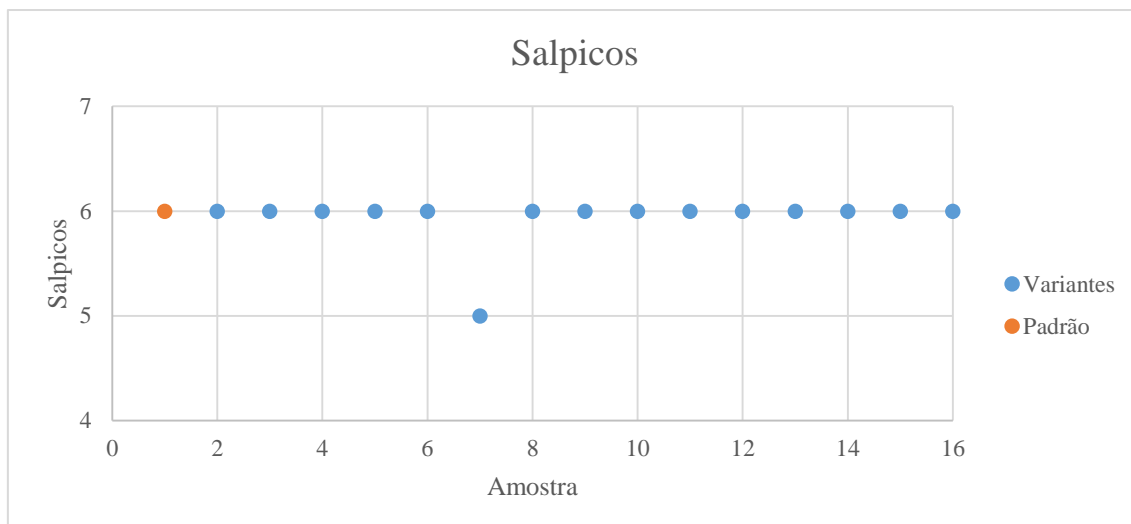


Figura 148 - Gráfico de Salpicos da Tinta C – Branco

Através da análise gráfica é possível observar que todas as amostras obtiveram bons resultados, sendo que amostra 7 é a que salpica ligeiramente mais.

Numa análise geral aos resultados obtidos as amostras que podemos excluir por apresentarem valores bastante diferentes do padrão e das outras variantes são a amostra 8, a 9, a 13 e 16. A amostra 8 apresenta os piores resultados de todos, baixa viscosidade, opacidade, brancura e brilho baixos. A amostra 9 apresenta brancura e brilho baixos e uma má absorção de água. A amostra 13 também é excluída por apresentar valores de brancura, brilho e opacidade baixos e ainda tem um dos piores resultados na absorção de água. A amostra 16 é excluída por apresentar um valor de brilho muito baixo e um valor de absorção de água muito elevado comparativamente com o padrão. As amostras 4 e 5 não são consideradas como melhores uma vez que apresentam um valor de viscosidade ICI muito elevado em relação ao valor padrão e uma absorção de água relativamente elevada, embora as outras propriedades sejam muito semelhantes ao padrão. As melhores amostras são a amostra 2, 3, 6, 7, 10, 11, 12, 14 e 15 por serem muito semelhantes ao padrão, tendo os melhores valores de viscosidade, opacidade e brancura. Embora a amostra 15 tenha sido escolhida como melhor e ter seguido para teste de 2ª fase, esta amostra apresenta um valor de absorção de água elevado e, portanto é um valor preocupante e, por isso, é excluída das melhores amostras.

Assim, temos 4 melhores molhantes/dispersantes e 5 dispersantes estudados. São eles os dispersantes 2, 3, 4, 5, 7, 10, 11, 12 e 14. Dos dispersantes considerados como melhores, foi realizado o teste de Secagem BK, cujos resultados encontram-se na tabela seguinte.

### 5.4.6. Resultados de Secagem BK:

Tabela 16 - Resultados de Secagem BK Tinta C - Branco

	Amostra 1 (Padrão)	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 6	Amostra 7	Amostra 10	Amostra 11	Amostra 12	Amostra 14	Amostra 15
Secagem em BK	16.3 / 36.3	16.2 / 41.2	20.0 / 41.5	17.0 / 39.5	19.0 / 37.5	16.0 / 38.5	18.8 / 43.3	19.5 / 45.5	19.7 / 44.7	18.3 / 41.3

Analisando os resultados de Secagem BK observamos que os tempos são todos muito próximos. A maioria das amostras apresenta um tempo aberto superior ao tempo do padrão, existindo duas exceções que são as amostras 2 e 10 que têm um valor muito semelhante ao padrão. Em relação aos tempos de secagem observamos que todas apresentam tempos superiores ao padrão, sendo que as amostras 2, 3, 11, 12, 14 e 15 apresentam um tempo muito elevado. Assim, as melhores amostras serão as amostras 6, 7 e 10.

### 5.4.7. Resultados de Estabilidade:

Em relação ao teste de estabilidade foram obtidos os seguintes gráficos.

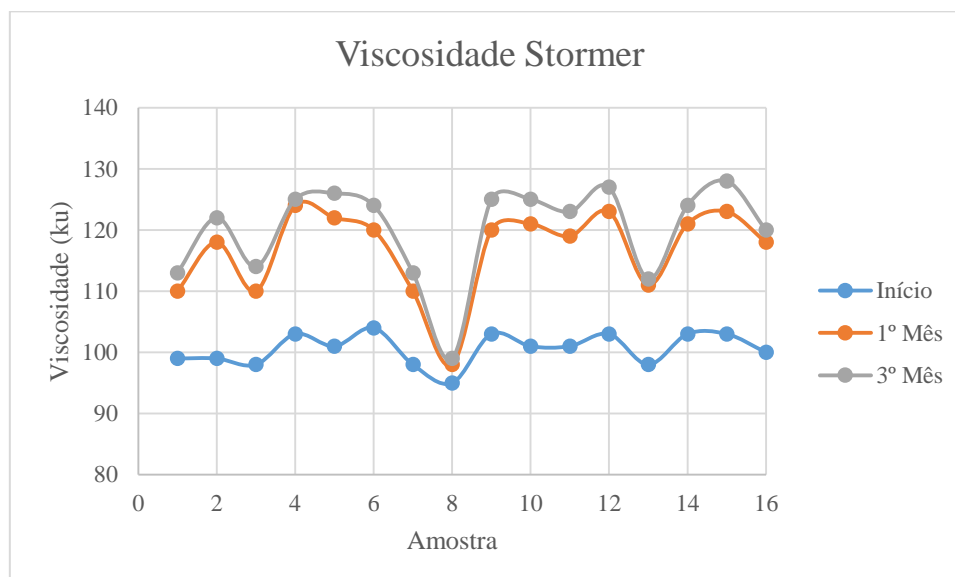


Figura 149 - Gráfico de Viscosidade Stormer Teste Estabilidade Tinta C - Branco

Relativamente às viscosidades *Stormer* observamos que após 1 mês de estabilidade estas aumentaram, exceto a amostra 8 que obteve praticamente o mesmo resultado. Após 3 meses de

estabilidade as variações de viscosidade foram exatamente as mesmas, sendo a amostra 8 a amostra que não sofreu praticamente nenhuma alteração no seu valor. De 1 mês de estabilidade para o 3º mês a variação é quase nula.

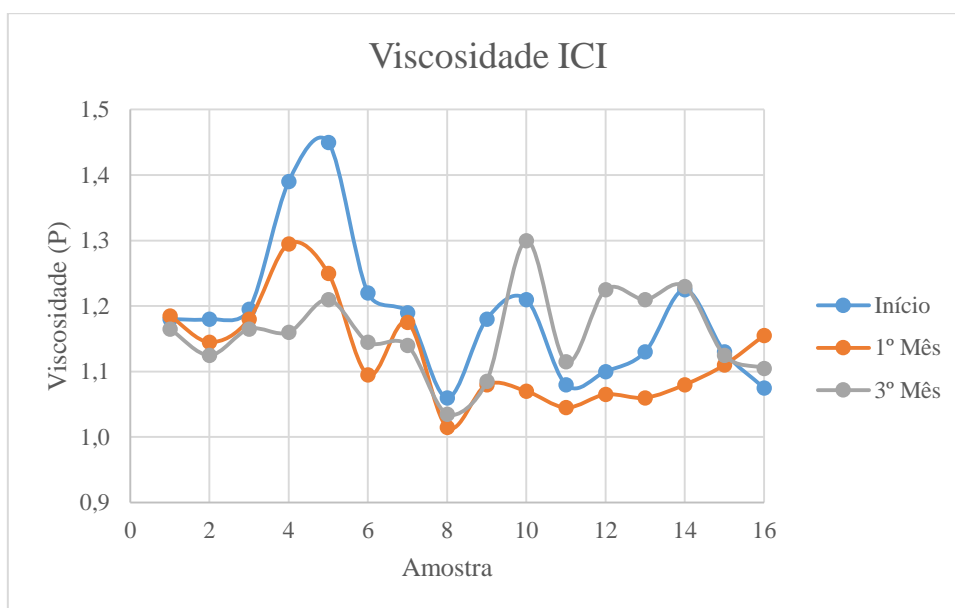


Figura 150 - Gráfico de Viscosidade ICI Teste de Estabilidade Tinta C – Branco

Em relação às viscosidades ICI observamos que estas comparativamente ao valor inicial baixaram ligeiramente e em alguns casos manteve-se praticamente o mesmo valor, após 1 mês de estabilidade. A amostra 16 é a exceção em que houve um ligeiríssimo aumento da viscosidade e amostra 15 em que não sofreu praticamente alteração. Após 3 meses de estabilidade as amostras continuam a baixar ligeiramente as suas viscosidades, com exceção das amostras 10, 11, 12 e 13 que sofreram um aumento. A amostra 14 obteve o valor bastante próximo da sua viscosidade inicial. A amostra 15 após 3 meses de estabilidade continuou a não sofrer praticamente alteração.

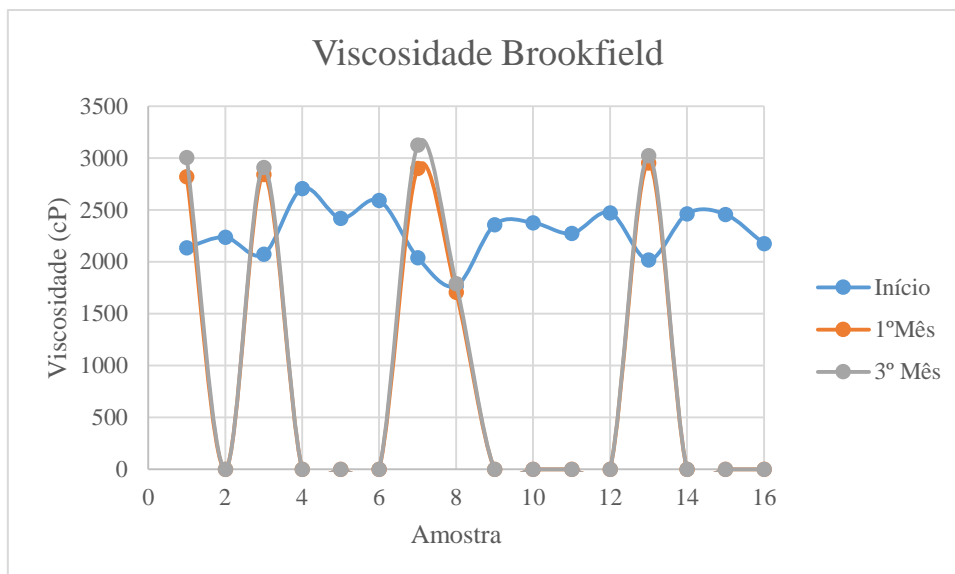


Figura 151 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Teste Estabilidade Tinta C – Branco

As viscosidades *Brookfield* sofreram um aumento após 1 mês de estabilidade, à exceção da amostra 8 que se manteve no mesmo valor. De notar que as amostras que aparecem com viscosidade zero, esse valor não corresponde à viscosidade obtida mas sim a um valor superior ao que o fuso e velocidade escolhidas inicialmente consegue medir. Após 3 meses de estabilidade, o comportamento das amostras é exatamente o mesmo que após 1 mês, mantendo a amostra 8 sem grande alteração.

Visualmente durante o tempo de armazenagem, as amostras apresentam um aspeto dentro do pretendido, sem sinais de depósito ou de gelificação, apresentando apenas o aparecimento de sinerese.

### 5.5. Tinta C – Base

Analogamente à Tinta C Branco, as quantidades de dispersantes a utilizar foi otimizada. Na formulação padrão já existente, temos a utilização de um dispersante e de um dispersante/molhante. Seguindo a mesma formulação, foram fabricadas 7 amostras onde se fixou o dispersante e variou-se o molhante/dispersante e fabricou-se mais 8 amostras onde se manteve fixo o molhante/dispersante e variou-se o dispersante. Na tabela seguinte está presente as amostras fabricadas para esta tinta. Analogamente à tinta anterior, existe uma formulação padrão que é a usada pela empresa.

Tabela 17- Fabricos de tintas para Tinta C - Base

Amostra	m+d	% m+d	d	% d
1 (Padrão)	7	0.24	5	0.24

<b>2</b>	4	0.24	5	0.24
<b>3</b>	7	0.233	5	0.24
<b>4</b>	8	0.096	5	0.24
<b>5</b>	9	0.216	5	0.24
<b>6</b>	10	0.096	5	0.24
<b>7</b>	11	0.24	5	0.24
<b>8</b>	15	0.24	5	0.24
<b>9</b>	7	0.24	1	0.06
<b>10</b>	7	0.24	2	0.096
<b>11</b>	7	0.24	3	0.096
<b>12</b>	7	0.24	5	0.096
<b>13</b>	7	0.24	6	0.072
<b>14</b>	7	0.24	14	0.108
<b>15</b>	7	0.24	12	0.098
<b>16</b>	7	0.24	13	0.06

Os resultados para esta tinta encontram-se nos gráficos e tabelas seguintes, sendo que o padrão corresponde à amostra 1 (cor laranja) e as restantes amostras são as variantes (cor azul.)

### 5.5.1. Resultados de Viscosidade ICI:

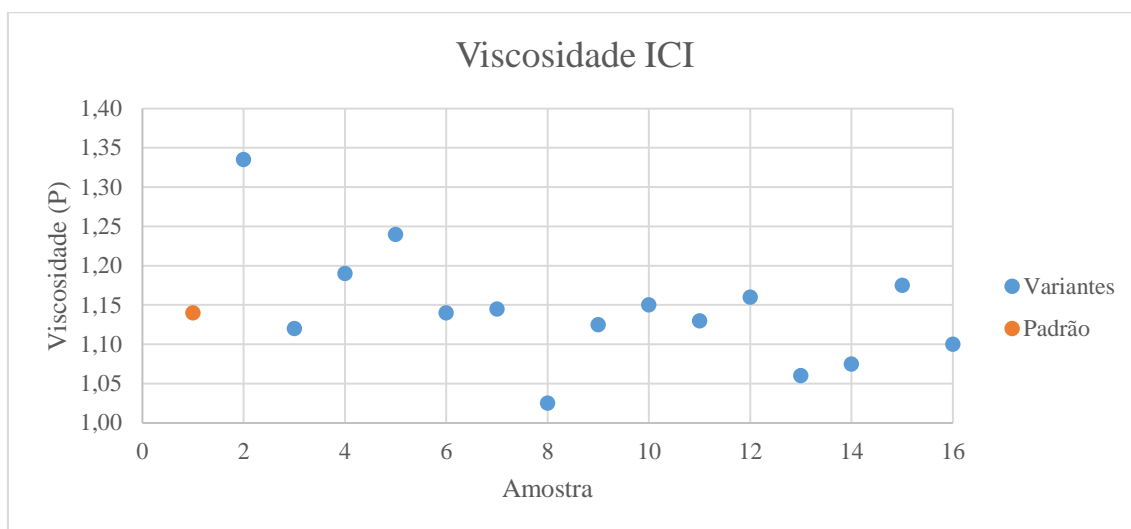


Figura 152 - Gráfico de Viscosidade ICI Tinta C – Base

Da análise gráfica, observamos que todas as amostras obtiveram valores muito semelhantes ao valor padrão, concentrando-se entre 1.00 e 1.30 P.

### 5.5.2. Resultados de Opacidade em Seco:

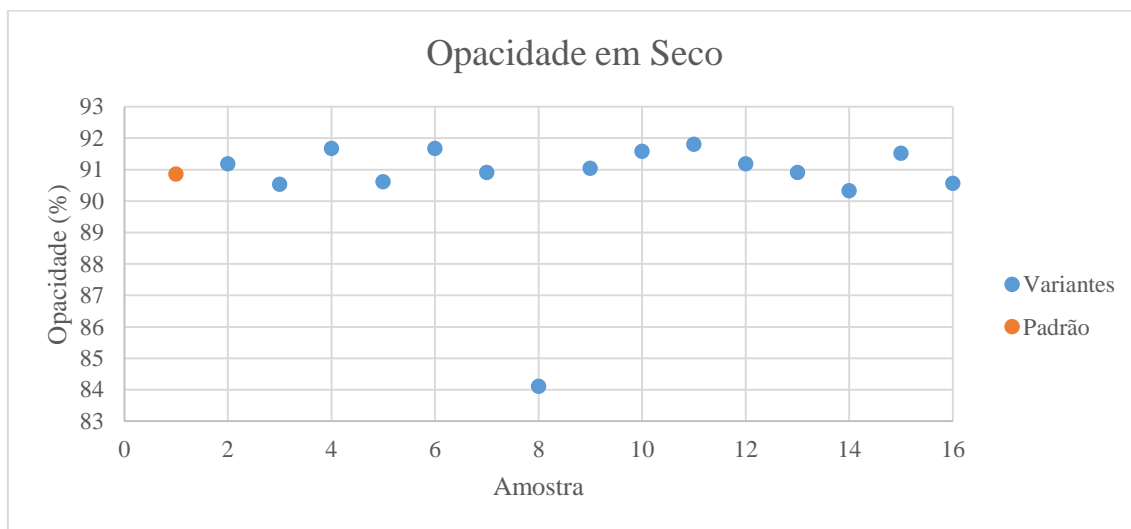


Figura 153 - Gráfico de Opacidade em Seco Tinta C - Base

Graficamente é visível que os valores das variantes são todos muito próximos do valor padrão, exceto a amostra 8 que obteve um valor bastante inferior.

### 5.5.3. Resultados de Força:

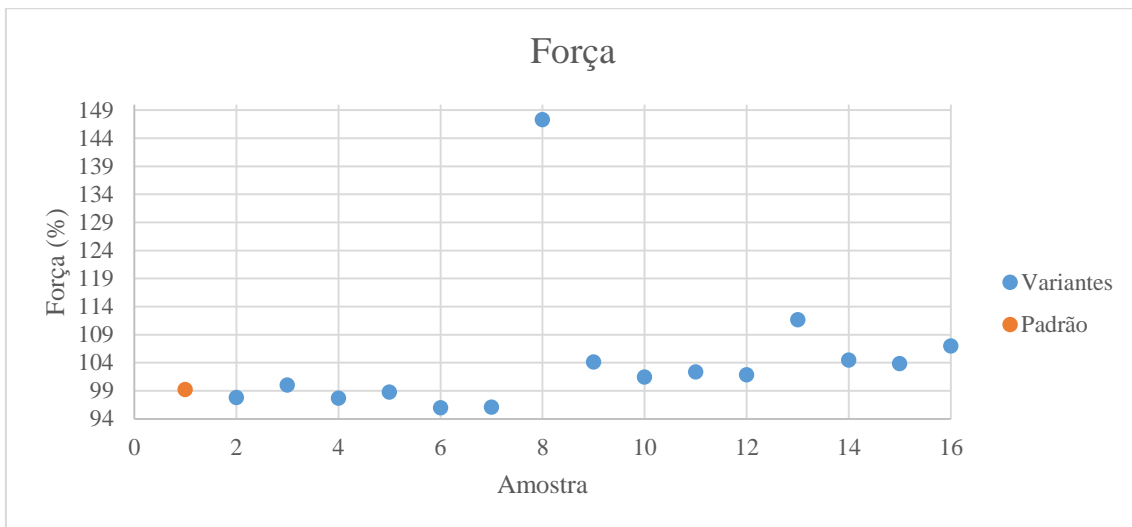


Figura 154 - Gráfico de Força Tinta C - Base

Analisando os valores referentes à Força, podemos concluir que a amostra 8 foi a que obteve o maior valor estando totalmente fora do limite admissível de 97 a 103 %. Também as amostras 6, 7, 9, 13, 14 e 16 apresentam valores fora desse limite. A amostra 15 também apresenta um valor muito ligeiramente acima do limite, não chegando a ser 1 % superior ao limite máximo.

### 5.5.4. Resultados de Outras Propriedades:

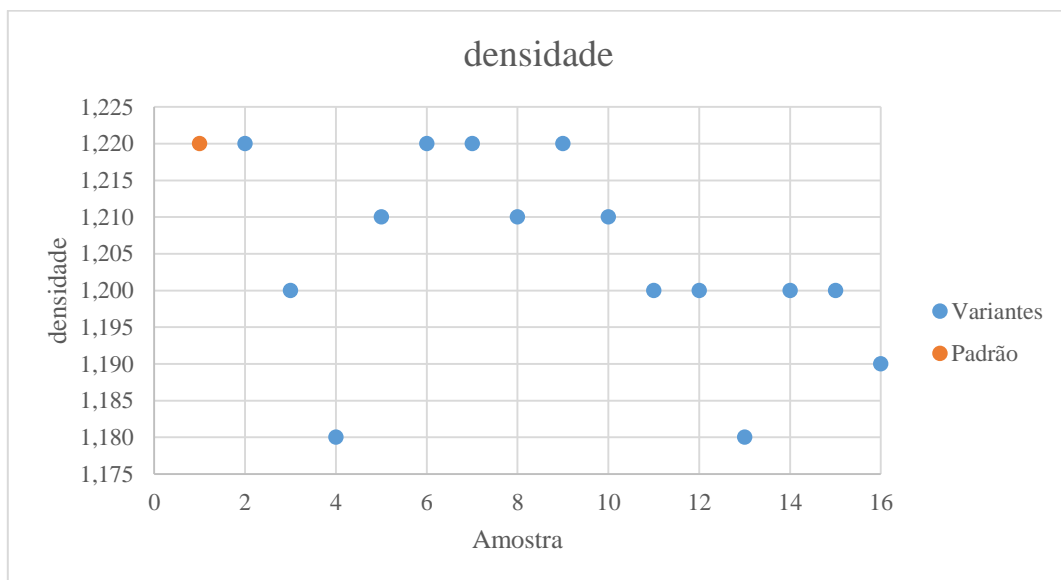


Figura 155 - Gráfico de Densidade Tinta C - Base

Através do gráfico de densidade é possível concluir que os valores de densidade das amostras encontram-se entre 1.18 e 1.22. Existe uma grande variação nos resultados obtidos, sendo que as amostras 2, 6, 7 e 9 obtiveram o mesmo valor que o padrão. As amostras 4, 13 e 16

obtiveram os valores mais baixos. As restantes amostras obtiveram valores inferiores ao padrão mas próximos a este.

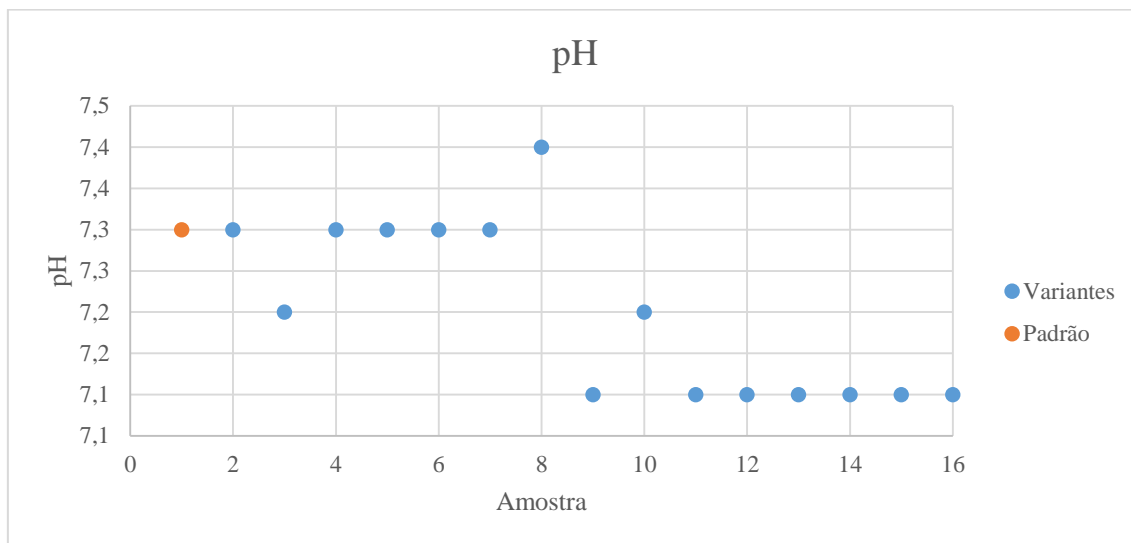


Figura 156 - Gráfico de pH Tinta C - Base

Analisando os resultados obtidos verificamos que os valores encontram-se todos muito próximos. As amostras 2, 4, 5, 6 e 7 foram as que obtiveram exatamente o mesmo valor que o padrão. As amostras 9, 11, 12, 13, 14, 15 e 16 obtiveram valores mais baixos.

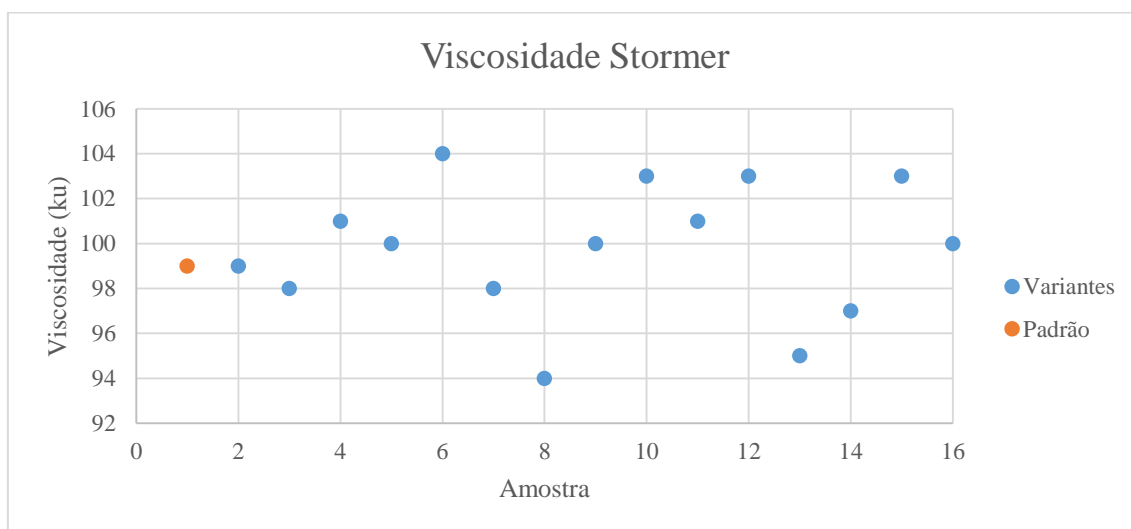


Figura 157 - Gráfico de Viscosidade Stormer Tinta C - Base

Analisando as viscosidades no *Stormer*, observamos que os valores concentram-se entre 94 e 104 ku. A amostra 8 e 13 foram as que obtiveram valores mais baixos, contrariamente as amostras 10, 12 e 15 foram as que obtiveram valores maiores. As variantes que obtiveram valores muito próximos do valor padrão foram as amostras 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11 e 16.

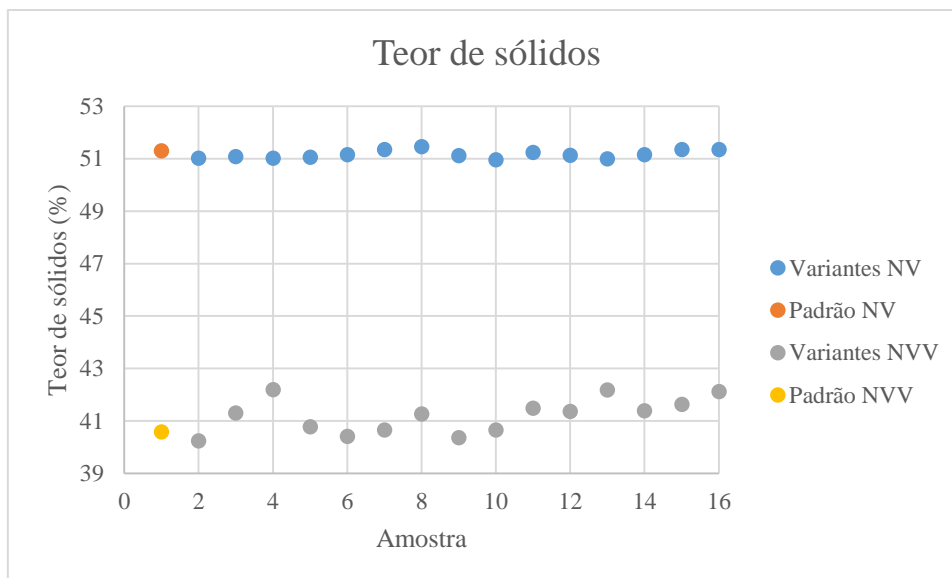


Figura 158 - Gráfico de Teor de sólidos Tinta C – Base

Analisando o gráfico de teor em sólidos observamos que os valores encontram-se todos bastante próximos, a rondar os 51 % de teor em matéria não volátil em peso.

### 5.5.5. Resultados de Molhagem e Reprodução de Cor:

Tabela 18 - Resultados de Molhagem e Reprodução de Cor para Tinta C - Base

Amostra	Molhagem CTS	Reprodução cor
1	OK	OK
2	OK	+ Claro, ligeiro rub-out
3	OK	OK
4	OK	+ Claro, ligeiro rub-out
5	OK	+ Claro, ligeiro rub-out
6	OK	+ Claro, ligeiro rub-out
7	OK	+ Claro, ligeiro rub-out
8	OK	+ Escuro, ligeiro rub-out
9	OK	Ligeiramente + escuro
10	OK	OK
11	OK	OK
12	OK	OK
13	OK	Ligeiramente + escuro
14	OK	OK

15	OK	OK
16	OK	Ligeiramente + escuro

Da análise dos resultados de molhagem observamos que todos estão OK. Relativamente aos resultados da reprodução de cor, observamos que existem variantes em que a cor obtida foi mais clara ou ligeiramente mais escura que a cor presente no catálogo. E, ainda, houve amostras que apresentam um ligeiro *rub-out*. Assim, as amostras que obtiveram resultados próximos do padrão foram as amostras 3, 10, 11, 12, 14 e 15.

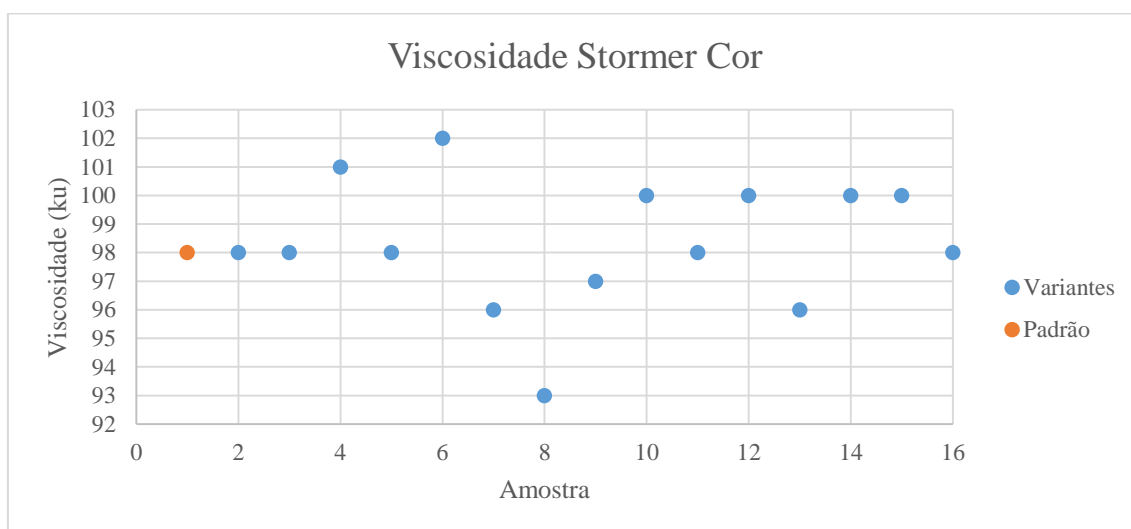


Figura 159 - Gráfico de Viscosidade Stormer da Cor Tinta C - Base

A partir dos resultados presentes no gráfico podemos concluir que as viscosidades da cor pronta para esta Tinta C foram próximos do valor padrão, sendo que a amostra 8 obteve o menor valor. Contrariamente a amostra 4 e 6 obtiveram os maiores valores. Os resultados concentram-se entre 93 a 102 ku. As amostras 2, 3, 5, 11 e 16 obtiveram exatamente o mesmo valor que o padrão.

### 5.5.6. Resultados de Compatibilidades:

Tabela 19 - Resultados de Compatibilidades Tinta C - Base

Amostra	Compatibilidades						
	A	B	C	D	E	F	G
1	OK	OK--	OK	OK	OK-	OK	OK
2	OK	OK--	OK	OK	OK-	OK	OK
3	OK	Não OK	OK	OK	OK-	OK	OK
4	OK	OK--	OK	OK	OK-	OK	OK
5	OK	Não OK	OK	OK	OK-	OK	OK
6	OK	Não OK	OK	OK	Não OK	Não OK	OK

7	OK	Não OK	OK	OK	OK-	Não OK	OK
8	Não OK	Não OK	Não OK	Não OK	Não OK	Não OK	Não OK
9	OK	OK	OK	OK	OK-	OK	OK
10	OK	OK-	OK	OK	OK-	OK	OK
11	OK	OK-	OK	OK	OK-	OK	OK
12	OK	OK-	OK	OK	OK-	OK	OK
13	OK	OK	OK	OK	OK-	OK	OK
14	OK	OK-	OK	OK	OK-	OK	OK
15	OK	OK--	OK	OK	OK-	OK	OK
16	OK	OK-	OK	OK	OK-	OK	OK

Relativamente aos resultados das compatibilidades observamos que o próprio padrão não tem as compatibilidades totalmente OK, a compatibilidade B e E apresentam uns ligeiros *rub-outs*. Essas duas compatibilidades são as mais críticas, foram as que apresentaram resultados piores. As amostras 3 e 5 apresentam uma má compatibilidade com o corante UB05. As amostras 2, 4 e 15 são semelhantes ao padrão. A amostra 6 apresenta uma má compatibilidade com os corantes UB05, UV08 e UR09. A amostra 7 tem uma má compatibilidade com os corantes UB05 e UR09. A amostra 8 foi a pior, esta é não compatível com todos os corantes estudados. As amostras 9 e 13 foram as melhores de todas as amostras, incluindo o padrão, uma vez que estas apresentam uma boa compatibilidade com o corante UB05, algo que o padrão não apresenta de igual forma. As restantes amostras (10, 11, 12, 14 e 16) também são consideradas umas das melhores, apresentando resultados semelhantes ao padrão e até melhores em termos de compatibilidade com o corante UB05.

Assim, numa análise geral as amostras mais promissoras são as amostras 10, 11, 12 e 15. A amostra 3 é excluída por ter má compatibilidade com o corante UB05. A amostra 8 é a pior amostra, apresenta valores baixos de opacidade, uma incompatibilidade com todos os corantes, um valor de força muito acima do limite e uma reprodução de cor muito escura. A amostra 5 apresenta incompatibilidade com o corante UB05 e uma reprodução de cor mais clara e com um ligeiro *rub-out* e, portanto é excluída. A amostra 14 apresenta um valor de força ligeiramente acima do limite e, por isso é excluída, apesar de apresentar boas compatibilidades. A amostra 16 tem boas compatibilidades mas, apresenta o valor de força acima do limite e a sua reprodução de cor é ligeiramente mais escura. As amostras 9 e 13 apresentam as melhores compatibilidades mas apresentam valores de força fora do limite e reprodução de cor ligeiramente mais escura. As amostras 2 e 4 apresentam compatibilidades semelhantes ao padrão e resultados de força dentro dos limites mas as suas reproduções de cor diferem do catálogo, sendo mais claras e com um ligeiro *rub-out*. As amostras 6 e 7 são excluídas por apresentarem um valor de força fora do limite, incompatibilidades com alguns corantes e a reprodução de cor foi mais clara e com um ligeiro

rub-out. A amostra 15 foi considerada como uma das melhores apesar de apresentar um valor de força ligeiramente acima do limite e, por isso, seguiu para testes de 2ª fase, mas não irá ser considerada como promissora.

### 5.5.7. Resultados de Secagem BK:

Das amostras consideradas como melhores, foi efetuado um teste de 2ª fase cujos resultados estão presentes na tabela seguinte.

Tabela 20 - Resultados de Secagem BK Tinta C - Base

	Amostra 1 (Padrão)	Amostra 10	Amostra 11	Amostra 12	Amostra 15
<b>Secagem BK</b>	16.7 / 35.0	20.0 / 40.7	23.0 / 41.5	21.0 / 42.3	19.2 / 38.0

Analisando os resultados de secagens BK, observamos que todas as amostras obtiveram valores muito próximos. Relativamente ao tempo aberto todas as amostras obtiveram valores superiores ao valor padrão, assim como os tempos de secagem. As amostras 10 e 15 são as que têm valores mais próximos do padrão.

### 5.5.8. Resultados de Estabilidade:

Relativamente a estabilidade deste produto, os resultados são apresentados nos gráficos seguintes.

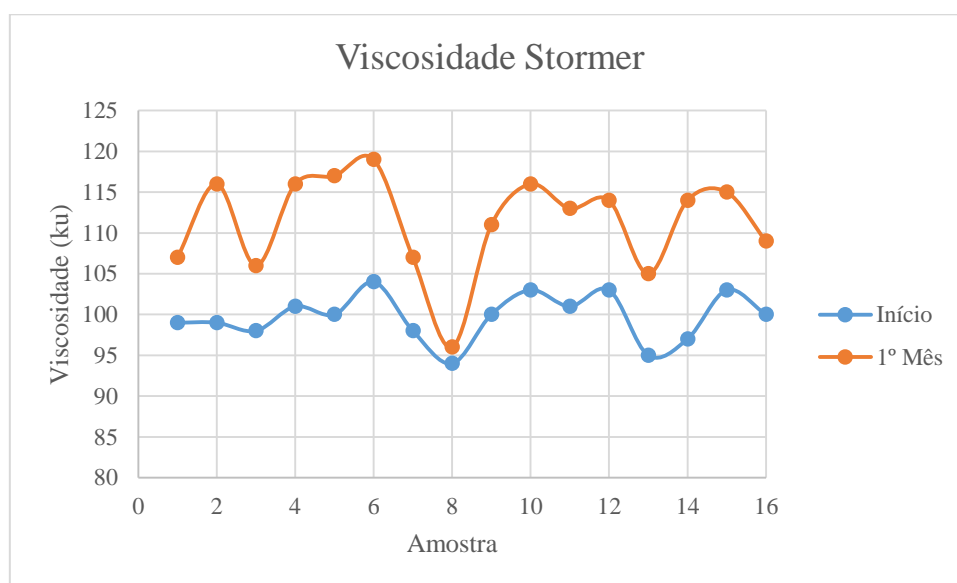


Figura 160 - Gráfico de Viscosidade Stormer Estabilidade Tinta C - Base

Relativamente à viscosidade *Stormer* após 1 mês de estabilidade, observamos que estas aumentaram, exceto a amostra 8 em que a sua viscosidade manteve-se praticamente constante.

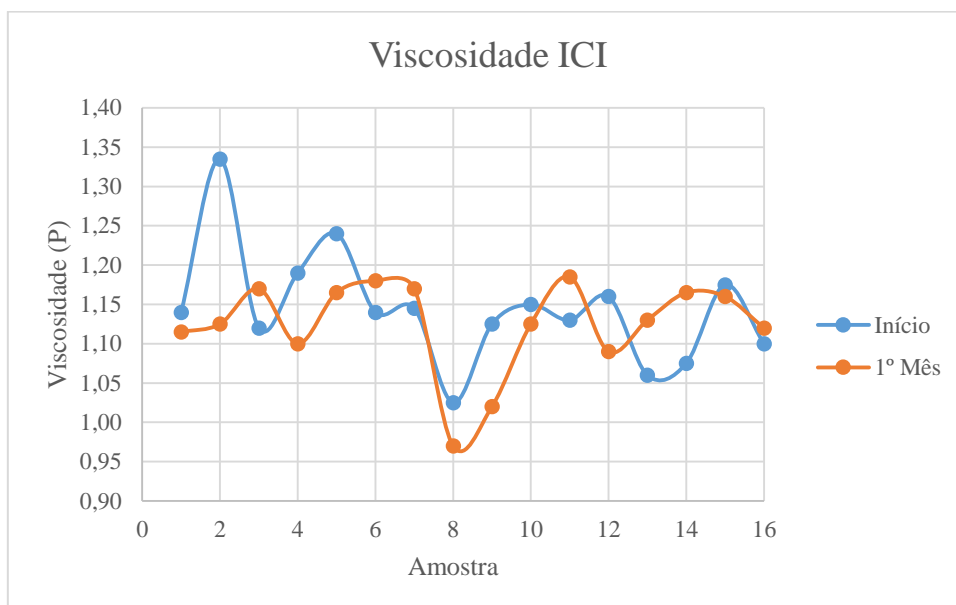


Figura 161 - Gráfico de Viscosidade ICI Estabilidade Tinta C – Base

Em relação à viscosidade ICI observamos que após 1 mês de estabilidade as alterações não foram significativas, mantendo-se na sua maioria praticamente constante. Temos a exceção da amostra 2 em que houve uma maior diminuição da viscosidade e as amostras 4, 5 e 9 em que também sofreram uma diminuição da viscosidade mas uma menor diminuição. Já as amostras 13 e 14 sofreram um ligeiro aumento da viscosidade após 1 mês de estabilidade.

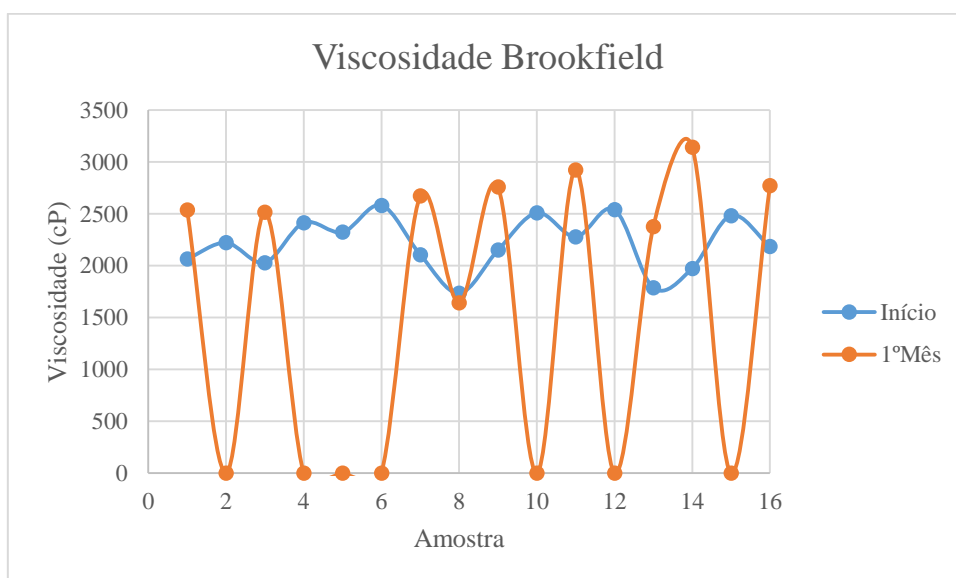


Figura 162 - Gráfico de Viscosidade Brookfield Estabilidade Tinta C - Base

Quanto às viscosidades *Brookfield*, estas após 1 mês de estabilidade aumentaram, exceto a amostra 8 que manteve o seu valor praticamente constante. De salientar que as amostras cujos

valores aparecem como sendo zero, estes não são mesmo os seus valores, visto que as viscosidades aumentaram de tal maneira que o fuso e velocidades usados para a medição das viscosidades não consegue determinar o seu valor.

Em termos de aspeto visual, após o tempo de armazenamento de 3 meses as amostras encontram-se estáveis e dentro do que é pretendido.

## **6. Conclusões**

Em primeiro lugar, é importante referir que o objetivo da presente dissertação – analisar o impacto do processo da dispersão no índice de qualidade do produto – foi atingido.

Diferentes tipos de tintas de base aquosa possuem diferentes sistemas dispersivos o que provoca diferentes resultados do processo de dispersão. Assim, foram estudadas três tintas de diferentes características.

Foram feitas num total 146 tintas, às quais foram realizados diversos testes que permitiram chegar a conclusões acerca do impacto da dispersão no produto final.

Ao estudar a otimização de dispersão do dióxido de titânio, a propriedade estudada mais importante é a sua contribuição para a opacidade da tinta.

A opacidade é influenciada pelo tipo e quantidade de pigmento e cargas utilizadas e tamanho de partícula. Neste caso não se alterou a quantidade de pigmento e de cargas para cada tinta, alterando apenas o dispersante e as suas quantidades. As diferenças que forem apresentadas podem ter sido causadas pelos diferentes tamanhos de partículas que os dispersantes podem apresentar e consequentemente pela sua estabilização.

Os ensaios que permitiram estudar de forma direta se a dispersão foi bem sucedida ou não e aqueles que têm grande impacto na opacidade são os testes correspondentes à distribuição do tamanho de partículas, sendo eles por difração a laser. Para se obter a opacidade ótima, as partículas na película de tinta devem estar completamente dispersas na fase de moagem e devem permanecer dispersas à medida que a tinta seca e se forma a película final. Relativamente ao ensaio por difração a laser, este não foi conclusivo, visto que em algumas tintas que apresentavam valores inferiores de opacidade resultaram em valores médios de partículas muito pequenas no ensaio de difração a laser. Assim, este método de ensaio pode ser interessante para futuros projetos para entender este fenómeno.

As tintas estudadas têm componentes e formulações diferentes, embora não seja possível tirar conclusões genéricas acerca da influência dos dispersantes nos ensaios realizados, podemos concluir que de uma forma geral dispersantes como o 1, 4 e 7 foram os melhores para as três tintas.

O dispersante 5 foi o que obteve piores resultados para as bases. Já o dispersante 7 foi o que afetou mais as bases de tintagem apresentando melhores compatibilidades nas bases ensaiadas.

Os dispersantes 5 e 15 foram os que obtiveram piores resultados na tinta C tanto em Branco como na Base.

Os dispersantes não afetam nos sólidos finais nem na densidade. Também a lacagem de cada tinta não é influenciada pelos diversos tipos de dispersantes estudados.

O pH sofre ligeiras oscilações com as mudanças de dispersantes, sendo que apenas na tinta A, a alteração de dispersante tem influência nos salpicos.

A absorção de água é uma das propriedades que sofre alteração nos seus resultados conforme o dispersante a ser estudado.

O brilho é influenciado pelos dispersantes principalmente nas tintas B e C visto tratarem-se de tintas acetinadas, já na tinta A não existe grande alteração nos resultados.

A opacidade em húmido para as três tintas não sofre grande alteração com a mudança de dispersante. Por outro lado, as propriedades como brancura, viscosidades e opacidades em seco são as que são mais influenciadas pelos dispersantes.

Relativamente ao tipo de dispersantes, nas bases obteve-se bons resultados com dispersantes do tipo éster fosfórico e maus resultados com dispersantes poliacrilatos e com tipo de estabilização eletrostática. Para os brancos obtiveram-se bons resultados com dispersantes do tipo copolímero anidrido maleico, dispersantes com segmentos poliéter e um esqueleto hidrofóbico e com dispersantes de éster fosfórico.

De modo a otimizar a quantidade de dispersante necessário numa formulação para se obter uma boa dispersão e, conseqüentemente obter melhores valores de opacidade foi realizado um teste em que se determinou a quantidade ótima de dispersante a usar. Conclui-se que com a quantidade otimizada de dispersante foi possível obter um valor de opacidade em seco superior ao da tinta padrão, com maior quantidade de dispersante, e as restantes propriedades mantiveram os bons resultados já alcançados. Assim, o objetivo de se obter uma boa dispersão para se alcançar bons resultados de opacidade foi cumprido. Este método de ensaio pode ser interessante para futuros projetos para a obtenção dos melhores resultados de opacidade em seco como consequência de uma boa dispersão.

Assim, existem conclusões que puderam ser tiradas tendo em consideração diferentes tintas uma vez que se conseguiu estudar exatamente os mesmos dispersantes. Tal como demonstrado, estes são fulcrais na estabilização da dispersão, assumindo um papel de extrema importância. Para trabalhos futuros sugere-se a utilização deste estudo para dióxidos de titânio com diferentes tratamentos de superfície, de modo a averiguar se este fator tem um peso significativo na qualidade da dispersão do pigmento e no tipo e quantidade de dispersante utilizado. Também poderia ser interessante testar a influência do tempo de dispersão na eficiência dos dispersantes, visto que a otimização do tempo de dispersão poderia conduzir à diminuição de gastos energéticos no fabrico de tintas. Ainda seria interessante aprofundar o teste de distribuição de tamanho de partículas por difração a laser, para se conseguir perceber se existe uma relação entre os diferentes tamanhos de partículas e resultados de propriedades como a opacidade. Assim, como seria interessante averiguar o teste de TEM para observar os aglomerados de partículas presentes na tinta após a dispersão de modo a avaliar se esta foi bem sucedida. Por fim, para projetos futuros também seria de interesse recorrer ao método de teste de determinação da quantidade ótima de dispersante a utilizar numa formulação de tinta, garantindo uma boa dispersão.

## 7. Referências bibliográficas

- [1] “Paint and Coatings Industry Overview”, Chemical Economics Handbook, 2021. [Online]. Disponível em: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/products/paint-and-coatings-industry-chemical-economics-handbook.html> (Acesso a 05/05/2023)
- [2] “Evolução do Mercado de Tintas”, Tintas & Pinturas, 2011. [Online]. Disponível em: <https://tintasepintura.pt/evolucao-do-mercado-das-tintas/> (Acesso a 05/05/2023)
- [3] Mandaokar, Anshula, “Global Water-based Coatings Market Overview”, Market Research Future, 2023. [Online]. Disponível em: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/water-based-coatings-market-5742> (Acesso a 05/05/2023)
- [4] Nogueira, J. L. “Noções básicas de Tintas e Vernizes”, Volume I, Edição ARCP – Associação Rede Competência em Polímeros, Porto, 2008. Páginas 37-39, 82-83, 89-94, 99-105, 110, 112-118, 125-174, 176-178.
- [5] Wright, Tim, “Growing Paint Additives Market”, Coatings World, 2012. [Online]. Disponível em: [https://www.coatingsworld.com/issues/2012-01/view\\_features/growing-paint-additives-market/7908](https://www.coatingsworld.com/issues/2012-01/view_features/growing-paint-additives-market/7908) (Acesso a 05/05/2023)
- [6] “Tintas Robbialac SA.” [Online]. Disponível em: [https://loja.tintasrobbialac.pt/pt/tintas-robbialac-sa/sobre-nos\\_208.html](https://loja.tintasrobbialac.pt/pt/tintas-robbialac-sa/sobre-nos_208.html) (Acesso a 15/04/2023)
- [7] “Tintas do Mundo - Robbialac”, Tintas & Pinturas, 2011. [Online]. Disponível em: <https://tintasepintura.pt/tintas-do-mundo-robbialac/> (Acesso a 06/05/2023)
- [8] Santo, Raquel Maria de Almeida Espírito, “Impacto do Processo de Dispersão no índice de qualidade do produto”, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Julho 2019 (Acesso a 14/02/2023)
- [9] Heinz Dörr and Dr. Franz Holzinger, Titanium Dioxide in Emulsion Paints, Optimal Formulation for Quality and Efficiency, Editor Kronos International, inc. 1990, páginas 19, 34, 41-43, 49, 59-60
- [10] Raicher, Marcos, “Avanços no Segmento de pigmentos inorgânicos”, Color Net. [Online]. Disponível em: <http://www.colornet.com.br/portal/news/41-colornet-news.html> (Acesso a 07/05/2023)
- [11] Alua, Pedro Miguel Neves de Carvalho, “Otimização da opacidade de Tintas Aquosas”, Dissertação de Mestrado, IST, Julho 2012. (Acesso a 30/01/2023)
- [12] “O que é, quais os tipos e onde são utilizadas as resinas Epóxi”, Plástico Virtual. [Online]. Disponível em: <https://plasticovirtual.com.br/o-que-e-quais-os-tipos-e-onde-sao-utilizadas-as-resinas-epoxi/> (Acesso a 20/06/2023)
- [13] “Entenda o que são as resinas fenólicas”, Ecycle. [Online]. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/entenda-o-que-sao-as-resinas-fenolicas/> (Acesso a 20/06/2023)
- [14] “Guia de Seleção de Resinas e Intermediários de Silicone”, The Dow Chemical Company, 2018 [Online]. Disponível em: <https://www.dow.com/content/dam/dcc/documents/pt-br/catalog-selection-guide/25-799-silicone-resins-intermediates-selection-guide.pdf> (Acesso a 20/06/2023)
- [15] “Resina”, Embrapol. [Online]. Disponível em: <http://www.embrapol.com.br/resina.html> (Acesso a 21/06/2023)

- [16] “Secante”, Tintas & Pinturas. [Online]. Disponível em: <https://tintasepintura.pt/glossario/secante/> (Acesso a 20/06/2023)
- [17] “Aditivos Umectantes e Dispersantes”, ALTANA BYK, 2012 [Online]. Disponível em: <https://ebooks.byk.com/pt/wetting-and-dispersing/sugestoes-e-dicas-praticas/> (Acesso a 16/05/2023)
- [18] “Dispersion of Pigments – Part 1”, Campus Coatino, EVONIK. [Online Course]. Disponível em: <https://welcome.coatinocampus.com/#/online-courses/3635e7e0-e356-474e-a9cf-8e26d85e61da> (Acesso a 09/01/2023)
- [19] Santos, Fábio Filipe Batalha, “Estudos Reológicos de dispersões de pigmentos em N,N-Dimetilacetamida”, Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Setembro 2014. (Acesso a 13/06/2023)
- [20] Almeida, Patrícia de Andrade, “Investigação e Desenvolvimento de tintas com emulsões Etilénicas vs Estireno Acrílicas vs Vinilo Acrílicas”, Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa, Setembro 2019. (Acesso a 15/06/2023)
- [21] “Defoamer Basics”, Campus Coatino, EVONIK. [Online Course]. Disponível em: <https://welcome.coatinocampus.com/#/online-courses/3644e12a-477c-4051-847b-4326a9508e83> (Acesso a 19/06/2023)
- [22] Nogueira, J. L. “Noções básicas de Tintas e Vernizes”, Volume III, Edição ARCP – Associação Rede Competência em Polímeros, Porto, 2008. Páginas 60-71
- [23] Primo, Catarina Bastos, “Estudo da Influência da concentração e tipo de dispersantes no desempenho de uma tinta aquosa”, Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Julho 2017. (Acesso a 04/07/2023)
- [24] Beetsma, Jochum, “Titanium Dioxide Pigment for paints & coatings – complete guide”, Specialchem, 17 Setembro 2020. [Online]. Disponível em: <https://coatings.specialchem.com/selection-guide/titanium-dioxide> (Acesso a 28/03/2023)
- [25] Malheiro, Sílvia Filipa Valverde, “Estudo de Características de Tintas Aquosas”, Dissertação de Mestrado, Universidade do Porto, Junho 2016. (Acesso a 26/06/2023)
- [26] Mistry, Kinjal, “Difference between interior and exterior paint”, 2017. [Online]. Disponível em: <https://gharpedia.com/blog/difference-interior-and-exterior-paint/> (Acesso a 15/05/2023)
- [27] Goossens, Dirk, “Techniques to measure grain-size distributions of loamy sediments: a comparative study of ten instruments for wet analysis”, Journal compilation, International Association of Sedimentologists, 2007. (Acesso a 25/02/2023)
- [28] Thamaphat, Kheamrutai, Limsuwan, Pichet and Ngotawornchai, Boonlaer, “Phase Characterization of TiO<sub>2</sub> Powder by XRD and TEM”, 2008. (Acesso a 25/02/2023)

## 8. Anexos

### 8.1. Resultados globais da Tinta A 1ª fase

Tabela 21 - Resultados Globais Tinta A 1ª fase

Amostr a	Viscosidade Stormer (ku)	Viscosidade Cone&Plate (P)	Viscosidade Brookfield (cP)	Densidade	pH	NV (%)	NVV (%)	Brancura (%)	Brilho 60° (ub)	Brilho 85° (ub)	Opacidade (%)	Lacagem	Salpicos	Espessura (µm)	Opacidade em húmido $\eta$ (m <sup>2</sup> /L/demão)	Absorção de água (%)
1	93	1,650	1965	1,57	9,0	64,76	44,67	89,94	2,1	4,3	96,68	5	2	66	15,15	21,19
2	93	1,560	1853	1,57	9,0	64,87	44,85	89,83	2,1	4,5	96,95	5	2	67	14,90	27,32
3	93	1,500	1837	1,57	8,9	65,09	45,19	89,95	2,1	4,5	96,57	5	3	65	15,35	24,49
4	92	1,570	1824	1,57	8,8	64,96	44,99	89,84	2,1	4,8	97,13	5	4	64	15,60	19,63
5	93	1,555	1901	1,57	8,8	64,87	44,85	89,87	2,1	4,9	97,21	5	4	70	14,20	18,07
6	94	1,600	1926	1,57	8,7	64,96	44,99	89,45	2,1	5,1	97,08	5	2	69	14,25	19,10
7	94	1,665	1987	1,57	8,9	64,88	44,86	89,6	2,1	4,8	97,41	5	3	67	14,90	16,22
8	96	1,660	2090	1,57	8,9	64,98	45,02	89,54	2,1	4,9	96,87	3	3	67	14,90	19,51
9	95	1,745	2038	1,57	8,8	65,52	45,87	89,74	2,1	4,7	97,18	4	3	69	14,65	16,79
10	91	1,580	1702	1,57	8,9	65,00	45,05	89,64	2,1	4,7	96,84	5	3	67	14,90	15,40
<b>11</b>	<b>90</b>	<b>1,700</b>	<b>1616</b>	<b>1,56</b>	<b>8,9</b>	<b>65,02</b>	<b>45,43</b>	<b>89,57</b>	<b>2,1</b>	<b>4,4</b>	<b>96,66</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>67</b>	<b>14,90</b>	<b>21,69</b>
12	91	1,935	1632	1,57	8,9	65,75	46,23	89,48	2,1	4,2	96,21	3	1	70	14,20	16,97
13	93	1,610	1872	1,57	8,8	64,72	44,61	89,55	2,1	4,7	97,08	5	3	68	14,70	17,69
14	93	1,650	1866	1,57	8,9	64,98	45,02	89,35	2,1	4,8	97,02	3	3	69	14,65	17,63
15	93	1,600	1859	1,57	9,0	65,12	45,24	89,81	2,1	4,7	96,89	4	3	66	15,15	17,44
16	90	1,555	1686	1,52	8,7	64,73	46,39	89,79	2,1	5,0	96,72	5	4	67	14,90	12,94
17	89	1,520	1610	1,53	8,7	65,03	46,50	89,74	2,1	5,1	96,67	5	4	69	14,45	17,10
18	88	1,485	1578	1,53	8,6	64,92	46,33	90,01	2,1	5,0	96,78	5	3	64	15,60	13,90

19	92	1,635	1885	1,52	8,7	64,91	46,66	89,87	2,1	4,8	96,99	5	4	65	15,35	21,88
20	94	2,070	1894	1,52	8,7	65,46	47,50	89,88	2,1	4,7	96,83	3	1	66	15,10	21,46
21	96	2,255	2045	1,53	8,4	66,15	48,21	89,49	2,1	4,7	96,52	3	1	66	15,15	21,34
22	98	2,665	2134	1,56	8,3	67,09	48,66	89,47	2,1	4,6	96,27	3	1	65	15,35	21,09
23	92	1,815	1744	1,54	8,7	65,80	47,33	89,77	2,2	5,4	96,84	4	1	66	15,15	21,78
24	89	1,845	1552	1,57	8,8	65,40	45,68	89,48	2,1	4,8	97,08	5	1	69	14,45	20,33
25	89	1,890	1533	1,57	8,8	65,30	45,52	89,82	2,1	4,9	96,96	4	1	70	14,20	21,78
26	92	1,550	1933	1,57	8,8	64,71	44,59	90,11	2,1	4,4	96,73	5	3	69	14,45	21,61
27	91	1,570	1814	1,57	8,9	64,74	44,64	90,02	2,1	4,3	96,76	5	1	66	15,10	20,29
28	90	1,660	1680	1,57	8,8	65,25	45,44	89,96	2,1	4,4	96,57	5	1	69	14,45	19,72
29	90	1,630	1667	1,57	8,9	65,03	45,10	89,93	2,1	4,3	96,70	5	2	69	14,65	20,21
30	90	1,755	1670	1,56	8,9	65,14	45,62	89,78	2,1	4,5	96,89	5	2	67	14,90	21,22
31	91	1,80	1674	1,57	8,8	65,55	45,91	90,04	2,1	4,4	96,61	5	2	67	14,90	19,71
32	92	1,545	1750	1,57	8,9	64,77	44,69	89,94	2,1	4,4	96,66	4	1	69	14,45	21,26
33	93	1,545	1837	1,55	8,9	64,76	45,38	90,10	2,1	4,5	96,71	4	2	66	15,15	20,05
34	93	1,570	1875	1,57	8,9	64,88	44,86	89,83	2,1	4,5	96,55	3	1	69	14,65	20,61
35	96	1,660	2013	1,56	8,9	65,30	48,87	89,99	2,2	4,8	96,86	3	2	69	14,45	21,60
36	90	1,465	1680	1,55	8,7	63,90	44,05	90,11	2,1	4,4	96,51	5	1	80	12,50	17,71
37	90	1,385	1606	1,55	8,7	64,06	44,29	90,17	2,1	4,5	96,83	5	2	76	13,15	18,41
38	91	1,505	1658	1,53	8,6	64,29	45,36	90,08	2,1	4,6	96,40	5	3	80	12,50	21,98
39	92	1,515	1722	1,57	8,9	64,77	44,69	89,95	2,1	4,4	96,62	5	1	82	12,20	29,19
40	95	1,570	1936	1,57	9,1	64,55	44,34	89,91	2,1	4,2	96,86	5	1	81	12,35	26,57
41	98	1,710	2118	1,57	9,2	64,72	44,61	89,85	2,1	4,1	96,06	5	1	80	12,50	33,68
42	98	1,760	2195	1,57	9,3	64,98	45,02	89,70	2,1	4	95,97	5	1	82	12,20	39,95
43	90	1,630	1635	1,57	8,9	64,59	44,41	89,99	2,1	4,4	96,83	5	1	87	11,50	24,15
44	89	1,580	1546	1,57	8,9	64,57	44,37	89,92	2,1	4,5	96,17	5	1	66	15,10	23,04

45	90	1,640	1578	1,57	8,9	64,77	44,69	90,00	2,1	4,6	96,07	5	2	65	15,35	21,03
46	94	1,565	1936	1,56	8,8	64,41	44,48	90,01	2,1	4,5	96,81	5	1	81	12,35	20,53
47	90	1,530	1616	1,56	8,8	64,63	44,82	89,90	2,2	4,5	96,00	5	2	85	11,75	14,91
48	86	1,555	1370	1,56	8,7	64,93	45,29	90,32	2,1	4,4	96,24	5	1	81	12,35	12,76

## 8.2. Resultados globais da Tinta B - Branco 1ª fase

Tabela 22 - Resultados globais Tinta B - Branco 1ª fase

Amostr a	Viscosidade Stormer (ku)	Viscosidade Cone&Plate (P)	Viscosidade Brookfield (cP)	Densid e	pH	NV (%)	NVV (%)	Branc ura (%)	Bril ho 60° (ub)	Bril ho 85° (ub)	Opaci dade (%)	Lac agem	Sal pic os	Espess ura (µm)	Opacidade em húmido η (m <sup>2</sup> /L/demã o)	Absorção de água (%)
1	106	1,095	2752	1,36	7,8	58,15	43,08	88,78	4,9	22,9	95,39	5	5	98	10,20	25,43
2	105	1,065	2704	1,36	7,8	58,42	43,45	88,77	5,1	24,2	95,38	5	6	98	10,20	26,83
3	104	1,250	2630	1,36	7,8	58,81	43,98	88,80	4,9	23,3	95,49	5	6	98	10,20	26,37
4	105	1,080	2909	1,35	7,7	57,99	43,29	89,59	6,2	22,6	95,79	5	6	80	12,50	23,95
5	96	1,140	2083	1,35	7,9	58,10	43,44	89,91	5,5	21,5	95,85	5	6	78	12,80	23,95
6	97	1,065	2176	1,35	8,0	57,95	43,23	89,92	4,8	22,0	95,22	5	5	71	13,90	24,53
7	100	1,080	2234	1,35	8,0	58,04	43,35	90,16	5,9	23,8	95,52	5	6	69	14,65	28,17
8	100	1,055	2304	1,35	8,1	58,19	43,56	90,19	5,8	23,9	95,25	5	6	87	11,50	24,13
9	99	1,165	2259	1,36	8,2	58,18	43,12	90,19	6,2	24,7	95,34	5	6	85	11,75	24,05
10	105	1,175	2800	1,35	7,6	59,23	44,96	90,07	6,1	22,9	95,66	5	6	85	11,65	22,33
11	100	1,210	2496	1,35	7,6	58,11	43,45	90,23	6,5	23,1	95,62	5	5	85	11,75	24,33
12	97	1,395	2211	1,35	7,6	58,79	44,37	90,28	8,0	26,4	95,34	5	5	86	11,60	27,57
13	100	1,115	2227	1,36	7,9	58,47	43,52	89,95	6,7	23,4	96,73	5	6	87	11,50	11,81
14	97	0,995	2045	1,35	8,0	58,12	43,46	89,90	6,4	23,2	95,43	5	5	89	11,25	27,27
15	98	0,975	2074	1,36	8,1	57,97	42,84	90,13	6,0	23,1	95,93	5	5	89	11,25	27,93
16	103	1,035	2493	1,35	7,6	58,21	43,58	89,43	4,7	18,6	95,06	5	5	95	10,50	17,02
17	103	1,405	2413	1,34	7,7	57,76	43,4	89,44	4,4	19,4	94,75	5	5	94	10,60	17,65
18	101	1,135	2301	1,34	7,8	58,07	43,81	89,56	4,1	19,4	95,05	5	5	92	10,90	17,62
19	108	1,340	2976	1,35	7,6	57,96	43,25	89,84	5,9	23,0	95,72	5	6	91	11,00	19,19

20	101	1,205	2374	1,35	7,5	57,96	43,25	89,5	5,8	16,8	95,39	5	6	92	10,90	20,00
21	92	1,640	1779	1,34	7,3	58,9	44,93	89,21	7,9	19,2	94,74	4	3	93	10,75	19,57
22	88	1,930	1507	1,36	6,9	59,59	45,04	88,74	9,5	23,8	94,30	4	2	93	10,85	25,66
23	96	1,075	1984	1,36	7,4	58,74	43,89	90,3	8,7	27,8	95,50	5	5	93	10,75	21,93
24	94	1,055	1885	1,35	7,3	58,64	44,16	90,1	9,1	28,4	95,84	5	5	94	10,60	24,03
25	93	1,235	1862	1,36	7,4	58,64	43,75	90,28	9,5	29,0	95,66	5	5	93	10,75	23,00
26	106	1,130	2886	1,36	7,5	58,26	43,23	89,45	5,9	22,5	95,42	5	6	95	10,50	24,03
27	103	1,215	2749	1,35	7,6	58,28	43,68	88,85	6,4	22,9	95,16	5	5	97	10,30	21,33
28	98	1,295	2285	1,35	7,6	58,27	43,66	89,18	7,7	25,0	95,12	5	5	96	10,40	24,24
29	106	1,165	2752	1,35	7,5	58,48	43,95	88,84	7,5	25,3	95,19	5	6	98	10,20	22,70
30	101	1,110	2349	1,34	7,4	58,23	44,03	89,05	8,3	26,6	96,26	5	6	98	10,20	25,59
31	99	1,095	2147	1,34	7,5	58,2	43,99	89,14	8,8	26,8	96,48	5	5	98	10,20	27,27
32	102	1,115	2384	1,36	7,7	58,22	43,18	89,41	5,5	22,7	95,72	5	5	95	10,50	1,99
33	101	1,075	2227	1,36	7,9	58,21	43,17	89,6	5,8	23,5	95,6	5	5	98	10,20	1,32
34	98	0,970	1987	1,36	8,0	58,44	43,78	89,24	6,1	25,5	95,79	5	4	96	10,40	1,69
35	98	1,010	1958	1,36	8,2	58,47	43,52	89,09	6,1	25,8	95,22	5	4	98	10,20	1,01
36	100	1,040	2221	1,35	7,8	58,00	43,30	88,87	6,2	23,5	94,43	5	6	96	10,40	23,95
37	100	1,035	2173	1,34	7,7	58,23	44,03	89,41	5,9	23,3	95,51	5	5	96	10,40	25,24
38	100	1,060	2141	1,34	7,8	57,98	43,69	89,28	5,5	23,3	95,93	5	5	97	10,30	24,74
39	105	1,060	2749	1,36	7,8	58,34	43,34	89,0	5,0	23,5	95,46	5	5	96	10,40	7,31
40	104	1,050	2656	1,36	7,9	58,48	43,53	89,0	5,1	24,0	95,65	5	6	93	10,65	9,27
41	104	1,115	2704	1,36	8,1	58,46	43,51	89,14	5,3	25,2	95,53	5	6	98	10,20	37,25
42	104	1,145	2685	1,36	8,4	58,54	43,61	89,57	5,6	26,0	95,55	5	5	98	10,20	55,92
43	101	1,170	2413	1,36	7,5	58,67	43,79	88,78	6,6	24,7	95,84	5	6	98	10,20	22,14
44	97	1,160	2147	1,36	7,5	58,35	43,36	88,78	6,6	25,0	95,75	5	6	98	10,20	24,32
45	96	1,375	2032	1,36	7,5	58,85	44,04	89,19	6,6	25,7	95,13	5	6	97	10,30	28,77

46	102	1,115	2400	1,31	7,5	58,36	45,45	88,42	4,2	18,3	95,03	5	6	93	10,75	23,73
47	91	1,185	1670	1,30	7,6	58,28	45,76	83,69	3,5	4,5	90,58	5	6	97	10,30	30,28
48	87	1,120	1443	1,29	7,7	58,63	46,63	85,01	4,0	6,9	90,46	5	6	96	10,40	29,96
<b>49</b>	<b>90</b>	<b>1,045</b>	<b>1664</b>	<b>1,36</b>	<b>8,0</b>	<b>58,01</b>	<b>42,89</b>	<b>89,70</b>	<b>6,8</b>	<b>23,8</b>	<b>95,16</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>82</b>	<b>12,20</b>	<b>25,27</b>

Tabela 23 - Resultados globais Tinta B - Branco com melhores m+d e d 1ª fase

Amostr a	Viscosidade Stormer (ku)	Viscosidade Cone&Plate (P)	Viscosidade Brookfield (cP)	Densidade	pH	NV (%)	NVV (%)	Brancura (%)	Bri lho 60° (ub)	Brilh o 85° (ub)	Opacida de (%)	Lac age m	Sal pic os	Espess ura (µm)	Opacidade em húmido $\eta$ (m <sup>2</sup> /L/demão)	Absorção de água (%)
1	99	1,005	2042	1,35	8,0	58,47	43,93	89,32	6,8	24,4	95,34	5	5	97	10,3	26,17
2	103	1,205	2602	1,34	8,1	58,31	44,14	89,07	6,0	23,5	95,34	5	5	98	10,2	25,50
3	100	1,160	2317	1,35	7,6	58,27	43,66	89,14	6,5	24,4	95,63	5	5	97	10,3	24,62
4	99	1,180	2224	1,35	7,7	58,87	44,47	89,4	6,8	24	95,6	5	4	98	10,2	23,83
5	96	1,115	1894	1,36	7,7	58,66	43,78	89,34	7,3	25,4	95,83	5	5	97	10,3	29,47
6	102	1,200	2320	1,36	7,6	58,39	43,41	89,16	6,1	24,3	95,83	5	6	97	10,3	28,57
7	94	1,100	1763	1,36	7,5	58,58	43,67	89,21	6,8	24,3	95,67	5	6	98	10,2	26,99
8	96	1,155	2006	1,36	7,6	58,77	43,93	89,25	6,7	24,1	95,31	4	6	98	10,2	25,00
<b>9</b>	<b>90</b>	<b>1,045</b>	<b>1664</b>	<b>1,36</b>	<b>8,0</b>	<b>58,01</b>	<b>42,89</b>	<b>89,70</b>	<b>6,8</b>	<b>23,8</b>	<b>95,16</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>82</b>	<b>12,2</b>	<b>25,27</b>

### 8.3. Resultados globais da Tinta B - Branco Otimizada

Tabela 24 - Resultados globais Tinta B - Branco otimizada

Amostra	Viscosidade Stormer (ku)	Viscosidade Cone&Plate (P)	Viscosidade Brookfield (cP)	Densidade	pH	NV (%)	NVV (%)	Branura (%)	Brilho 60° (ub)	Brilho 85° (ub)	Opacidade (%)	Lacagem	Salpicos	Espessura (µm)	Opacidade em húmido $\eta$ (m <sup>2</sup> /L/demão)	Absorção de água (%)	TA / TS (min)
1	90	1,045	1664	1,36	8,0	58,01	42,89	89,7	6,8	23,8	95,16	5	5	82	12,2	25,27	15,6 / 36,8
2	99	1,180	2224	1,35	7,7	58,87	44,47	89,4	6,8	24,0	95,60	5	4	98	10,2	23,83	17,5 / 35,9
3	105	1,060	2627	1,35	7,9	58,21	43,58	88,3	6,7	23,0	96,09	5	6	98	10,2	24,45	9,6 / 18,2

#### 8.4. Resultados globais da Tinta B - Base 1ª fase

Tabela 25 - Resultados globais Tinta B -Base com melhores m+d e d 1ª fase

Amostra	Viscosidade Stormer (ku)	Viscosidade Cone&Plate (P)	Viscosidade Brookfield (cP)	Densidade	pH	NV (%)	NVV (%)	Opacidade (%)	Molhagem CTS	Força CTS (%)	Compatibilidades							Reprodução cor	Viscosidade e Cor (ku)
											A	B	C	D	E	F	G		
1	100	1,390	2278	1,35	8,3	58,90	44,52	92,2	OK	97,61	OK	OK-	OK	OK-	OK	OK	OK	OK	99
2	100	1,165	2128	1,37	8,3	58,01	42,47	91,81	OK	94,47	OK	OK-	OK	Não OK	OK	OK	OK	99	
3	101	1,410	2403	1,37	8,2	58,28	42,84	91,28	OK	100,95	OK	OK-	OK	OK-	OK	OK	OK	101	
4	100	1,355	2310	1,35	8,2	58,26	43,65	92,16	OK	97,89	OK	OK-	OK	OK-	OK	OK	OK	100	
5	98	1,325	2122	1,35	8,2	58,79	44,37	91,6	OK	99,73	OK	OK	OK	OK-	OK	OK	OK	99	
6	100	1,350	2240	1,37	8,2	58,10	42,60	91,5	OK	100,73	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	99	
7	103	1,370	2592	1,36	8,2	58,19	43,14	92,39	OK	98,77	OK	OK	OK	OK-	OK	OK	OK	103	
8	101	1,345	2378	1,37	8,0	58,25	42,80	91,92	OK	98,63	OK	OK	OK	Não OK	OK	OK	OK	101	
9	100	1,320	2317	1,37	8,2	58,14	42,65	92,13	OK	96,22	OK	OK-	OK	OK-	OK	OK	OK	101	

## 8.5. Resultados globais da Tinta C - Branco 1ª fase

Tabela 26 - Resultados globais Tinta C - Branco 1ª fase

Amostr a	Viscosidade Stormer (ku)	Viscosidade Cone&Plate (P)	Viscosidade Brookfield (cP)	Densid ade	pH	NV (%)	NVV (%)	Branc ura (%)	Bril ho 60° (ub)	Bril ho 85° (ub)	Opaci dade (%)	La ca gem	S al pi cos	Espess ura (µm)	Opacidade em húmido η (m²/L/demão)	Absorção de água (%)
1	99	1,180	2138	1,22	7,1	51,24	40,51	89,31	22,7	66,5	93,11	5	6	98	10,2	39,29
2	99	1,180	2237	1,22	7,3	51,22	40,49	89,03	22,5	67,3	92,76	5	6	98	10,2	44,83
3	98	1,195	2074	1,23	7,3	51,20	39,98	89,21	22,6	66,9	93,02	5	6	98	10,2	44,97
4	103	1,390	2707	1,22	7,2	51,06	40,29	89,01	20,8	65,7	93,42	5	6	98	10,2	46,98
5	101	1,450	2422	1,22	7,1	51,12	40,37	89,13	18,6	63,8	93,23	5	6	98	10,2	47,79
6	104	1,220	2592	1,22	7,2	51,04	40,27	89,11	18,1	62,9	93,55	5	6	98	10,2	45,26
7	98	1,190	2042	1,22	7,2	51,26	40,54	89,22	18,8	64,0	93,30	5	5	98	10,2	44,83
8	95	1,060	1770	1,22	7,4	51,26	40,54	87,87	11,0	53,9	91,23	5	6	98	10,2	46,89
9	103	1,180	2358	1,21	7,1	51,62	41,46	88,59	13,1	42,6	92,98	5	6	98	10,2	52,36
10	101	1,210	2378	1,22	7,1	51,06	40,29	89,39	20,7	67,6	92,72	5	6	98	10,2	40,25
11	101	1,080	2275	1,21	7,1	51,18	40,93	89,39	20,6	67,3	93,12	5	6	98	10,2	40,79
12	103	1,100	2474	1,22	7,3	51,12	40,37	89,38	21,2	67,2	93,09	5	6	98	10,2	36,07
13	98	1,130	2019	1,20	7,1	51,00	41,20	88,32	12,6	47,7	92,52	5	6	98	10,2	57,75
14	103	1,225	2464	1,21	7,1	51,32	41,10	89,25	22,5	68,6	93,64	5	6	98	10,2	48,46
15	103	1,130	2458	1,21	7,2	51,24	41,00	89,14	23,4	69,5	93,75	5	6	98	10,2	43,69
16	100	1,075	2176	1,21	7,1	50,92	40,61	88,88	12,9	37,6	93,50	5	6	98	10,2	54,22

## 8.6. Resultados globais da Tinta C - Base 1ª fase

Tabela 27 - Resultados Globais Tinta C - Base 1ª fase

Amostr a	Viscosidade Stormer (ku)	Viscosidade Cone&Plate (P)	Viscosidade Brookfield (cP)	Dens idade	pH	NV (%)	NVV (%)	Opaci dade (%)	Mol hagem CTS	Força CTS (%)	Compatibilidades							Reproduçã o cor	Viscosida de Cor (ku)	
											A	B	C	D	E	F	G			
1	99	1,140	2064	1,22	7,3	51,30	40,59	90,86	OK	99,22	OK	OK-	OK	OK	OK-	OK	OK	OK	OK	98
2	99	1,335	2221	1,22	7,3	51,02	40,24	91,19	OK	97,79	OK	OK-	OK	OK	OK-	OK	OK	+ Claro, ligeiro rub- out	98	
3	98	1,120	2029	1,20	7,2	51,08	41,30	90,54	OK	100,03	OK	Nã o OK	OK	OK	OK-	OK	OK	OK	98	
4	101	1,190	2413	1,18	7,3	51,02	42,20	91,68	OK	97,70	OK	OK-	OK	OK	OK-	OK	OK	+ Claro, ligeiro rub- out	101	
5	100	1,240	2323	1,21	7,3	51,06	40,78	90,62	OK	98,77	OK	Nã o OK	OK	OK	OK-	OK	OK	+ Claro, ligeiro rub- out	98	
6	104	1,140	2582	1,22	7,3	51,16	40,42	91,68	OK	95,96	OK	Nã o OK	OK	OK	Nã o OK	Nã o OK	OK	+ Claro, ligeiro rub- out	102	
7	98	1,145	2106	1,22	7,3	51,36	40,66	90,91	OK	96,10	OK	Nã o OK	OK	OK	OK-	Nã o OK	OK	+ Claro, ligeiro rub- out	96	

8	94	1,025	1734	1,21	7,4	51,46	41,27	84,11	OK	147,31	Nã o OK	Nã o OK	Nã o OK	Nã o OK	Nã o OK	Nã o OK	+ Escuro, ligeiro <i>rub- out</i>	93
9	100	1,125	2150	1,22	7,1	51,12	40,37	91,05	OK	104,12	O K	O K	OK	OK	OK	OK	Ligeiramen te + escuro	97
10	103	1,150	2509	1,21	7,2	50,96	40,66	91,59	OK	101,44	O K	O K-	OK	OK	OK	OK	OK	100
11	101	1,130	2278	1,20	7,1	51,24	41,49	91,81	OK	102,35	O K	O K-	OK	OK	OK	OK	OK	98
12	103	1,160	2541	1,20	7,1	51,14	41,37	91,19	OK	101,84	O K	O K-	OK	OK	OK	OK	OK	100
13	95	1,060	1786	1,18	7,1	51,00	42,18	90,91	OK	111,65	O K	O K	OK	OK	OK	OK	Ligeiramen te + escuro	96
14	97	1,075	1974	1,20	7,1	51,16	41,39	90,33	OK	104,50	O K	O K-	OK	OK	OK	OK	OK	100
15	103	1,175	2483	1,20	7,1	51,36	41,63	91,52	OK	103,84	O K	O K-	OK	OK	OK	OK	OK	100
16	100	1,100	2186	1,19	7,1	51,36	42,12	90,57	OK	107,01	O K	O K-	OK	OK	OK	OK	Ligeiramen te + escuro	98