



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Instituto de Química

QUÍMICA TECNOLÓGICA

ELIAS BARBOSA DE SOUSA

**Estudo comparativo de cargas na formulação
de tintas foscas *Super Premium***

BRASÍLIA

2023

ELIAS BARBOSA DE SOUSA

**Estudo comparativo de cargas na formulação
de tintas foscas *Super Premium***

Trabalho apresentado à Universidade de Brasília,
Campus Darcy Ribeiro, como requisito para obtenção
do título de Bacharel em Química Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Fabricio Machado Silva
Coorientadora: Profa. Dra. Jeane Estela Ayres de Lima

BRASÍLIA

2023

Ao Menino Jesus

AGRADECIMENTOS

A Deus.

A Virgem Maria e São José.

A minha querida e amada Ana Gabriela.

Aos meus pais, João Batista e Maria da Glória.

Aos meus irmãos, Raquel e Rafael.

Ao meu amigo Cumpade Marcos. Suas sugestões foram preciosas.

Aos meus irmãos da CCUnB.

A Profa. Jeane, minha coorientadora.

Ao Prof. Fabrício, meu orientador.

Ao Prof. Geley, coordenador do curso, e aos demais professores do IQ.

Ao Aldemir, meu supervisor de estágio e verdadeiro amigo, que me sugeriu o tema e me auxiliou em toda parte experimental.

A Mistercryl Tintas pelo estágio e a oportunidade de desenvolver este trabalho de conclusão de curso.

A Karla, representante da FP Pigmentos, que cedeu o material para a realização do trabalho.

Aos amigos que fiz pelo IQ: Epitácio, Evaldo, Blenda, Ana Beatriz, John Lucas, Gabi, Ayrton, Guilherme, Ketlen, Marcelo, Luana, Franciele, Gabryel, Arthur...

Com muita alegria digo “Muito Obrigado!”

"É justo que muito custe o que muito vale". - Santa Teresa d'Ávila

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo o estudo sobre a formulação de tintas imobiliárias, a importância das cargas minerais como auxiliares na obtenção de formulações mais baratas, eficientes e que atendam às exigências de qualidade do mercado. Para a parte experimental deste estudo, foram produzidas em laboratório 7 amostras de tintas brancas com a pretensão de atender os padrões de qualidade da linha *Super Premium*. Em uma delas foi utilizada como padrão de comparação, onde somente o TiO_2 foi utilizado como pigmento. As demais amostras foram preparadas substituindo parte do dióxido de titânio por cargas com a função de extensores. Ensaio de pH, viscosidade, densidade foram realizados para avaliar as condições de produção, boa aplicação e de estabilidade no armazenamento. Após a aplicação dos filmes das amostras em cartelas de aplicação e as medidas de diferença de cor e o brilho utilizando um espectrofotômetro portátil e um Glossmeter serem realizadas, observou-se que a adição de cargas influenciam na cobertura, alvura e brilho.

Palavras-chave: Cargas Minerais. Extensores de pigmentos. Dióxidos de titânio. Tintas Imobiliárias. *Super Premium*.

ABSTRACT

The objective of this study is to analyze the formulation of real house paints and the role of mineral fillers in creating cost-effective and efficient formulations that meet market demands for quality. During the experimental phase, the laboratory prepared seven samples of white paint to meet the quality standards of the Super Premium line. One of these samples was used as a comparison standard, using only TiO₂ as a pigment. The samples were prepared by replacing a portion of the TiO₂ with fillers that act as extenders. Production conditions, application quality, and storage stability were evaluated through pH, viscosity, and density tests. The quality of the finished product was assessed by measuring color difference and brightness using a portable spectrophotometer and a glossmeter after applying the sample films to cards for coatings tests. The addition of fillers affected the opacity, whiteness, and brightness.

Key-words: Mineral filler. Pigment extenders. Titanium dioxide. House paints. *Super Premium*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Fórmulas gerais dos monômeros Acrilatos Metacrilatos	4
Figura 2 -	Refração da Luz por Partículas	5
Figura 3 -	Imagens de microscopia eletrônica de varredura de Caulim, Talco e Agalmatolito.	7
Figura 4 -	Produção de FP-460	9
Figura 5 -	FP-460 em MEV	10
Figura 6 -	Reflexão especular e difusa em superfícies de rugosidade crescente	14
Figura 7 -	Tintas brilhante e fosca	15
Figura 8 -	Reflexão da luz a partir de pigmentos	16
Figura 9 -	Efeito do índice de refração na opacidade	16
Figura 10 -	Sistema de dispersão	19
Figura 11-	Viscosímetro	21
Figura 12 -	pHmetro de bancada	22
Figura 13 -	Gloss meter 3nh	22
Figura 14 -	Espectrofotômetro	23
Figura 15 -	Cartela de aplicação com um padrão (A1) e uma amostra	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Função dos componentes de uma tinta	3
Tabela 2 -	Propriedades e Características do Caulim, Agalmatolito e Talco	8
Tabela 3 -	Propriedades e Características do FP-460	10
Tabela 4 -	Função dos aditivos	11
Tabela 5 -	Requisitos estabelecidos para as tintas <i>Super Premium</i>	13
Tabela 6 -	Substituição do TiO ₂ nas amostra	17
Tabela 7 -	Obtenção do valor de brilho para a amostra A1	22
Tabela 8 -	Obtenção do valor de ΔE para a amostra A1	23
Tabela 9 -	Resultados de viscosidade, pH e densidade	24
Tabela 10 -	Cobertura Úmida comparada com o Padrão (A1)	26
Tabela 11 -	Resultados de ΔE e Brilho (UB)	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	American Society for Testing and Materials
GCC	Carbonato de Cálcio Natural
IR	Índice de Refração
IUPAC	União Internacional de Química Pura e Aplicada
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura
NBR	Norma técnica brasileira
PPC	Carbonato de Cálcio Precipitado
SA	Silicato de Alumínio

LISTA DE SÍMBOLOS

CPVC	Concentração Crítica de Pigmento em Volume
KU	Unidades Krebs
Mc	Massas do Picnômetro Cheio
Mv	Massas do Picnômetro Vazio
PVC	Concentração Volumétrica de Pigmento
UB	Unidades de Brilho
V	Capacidade Volumétrica do Picnômetro
ΔE	Diferença de cor
ρ	Densidade em kg.m^{-3}

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
LISTA DE SÍMBOLOS	ix
SUMÁRIO	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Tinta	3
2.2 Composição de uma tinta imobiliárias	3
2.2.1 Resinas Acrílicas	3
2.2.2 Pigmentos	4
2.2.2.1 Titânio	5
2.2.3 Cargas	6
2.2.3.1 Extensores a base de Silicato de Alumínio	7
2.2.3.2 Dióxido de Titânio Encapsulado com Carbonato de Cálcio	9
2.2.4 Aditivos	10
2.3 Filme	11
2.4 PVC e CPVC	12
2.5 Controle e Normas de Qualidade	12
2.6 Brilho	14
2.7 Poder de cobertura	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	17
3.1 Fórmula e preparação das amostras	17
3.1.1 Massa da amostra	18
3.1.2 Pré-mistura (Homogeneização)	18
3.1.3 Dispersão	18
3.1.4 Completagem	18
3.1.5 Sistema de Dispersão	19
3.2 Análises	19
3.2.1 Densidade	20
3.2.2 Viscosidade	20
3.2.3 pH	21
3.2.4 Brilho	22
3.2.5 Cor	23
3.2.6 Cobertura	24

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5. CONCLUSÃO	28
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1. INTRODUÇÃO

A história das tintas surge a cerca de 3500 anos a.C., em pinturas rupestres, como forma dos seres humanos registrarem suas experiências, acontecimentos importantes e fenômenos da natureza. Nessa época, as tintas eram feitas com misturas de argilas, sangue, clara de ovos entre outros materiais naturais (Polito, 2006).

Ao longo do tempo, a tecnologia das tintas foi se desenvolvendo e ampliando suas utilidades. Então, as tintas passaram a ser usadas não só para registros documentais e artísticos, mas também como proteção de estruturas, como no caso dos gregos e romanos que usavam revestimentos em suas embarcações com a finalidade de vedá-las (Fazenda, 2021).

Com o desenvolvimento da indústria, as tintas alcançaram novos níveis de desenvolvimento com a introdução de máquinas no processo de fabricação. A partir daí, novos materiais começaram a ser desenvolvidos como resinas e pigmentos (Fazenda, 2021).

No Brasil, a presença da indústria das tintas imobiliárias está registrada desde o início do século passado com a chegada do Paulo Hering e a criação da sua fábrica de tintas que carregava o seu nome (Polito, 2006).

O campo das tintas imobiliárias está intrinsecamente ligado à indústria da construção civil, especialmente no que se refere ao segmento de tintas e revestimentos específicos para uso imobiliário.

Depois de enfrentar uma fase de diminuição entre 2019 e 2021, observou-se uma retomada no crescimento do mercado, indicando um provável aumento na procura de tintas para uso imobiliário. No ano de 2022, embora o setor de tintas tenha apresentado uma redução na produção em comparação com o ano anterior, manteve-se robusto, conseguindo exportar o equivalente a 240 milhões de dólares. As tintas imobiliárias se destacaram no mercado, representando aproximadamente 82,5% do volume total, o que sublinha a sua dominância no setor (ABRAFATI, 2023).

A indústria de tintas é caracterizada por suas tecnologias avançadas, as quais são frequentemente desconhecidas pelo público geral, especialmente aqueles que não trabalham neste setor. O progresso nessas tecnologias é impulsionado por

avanços em várias áreas da ciência, incluindo, mas não se limitando, à química de polímeros, a inorgânica e a nanotecnologia (Fazenda, 2021).

Os produtores de tintas buscam incessantemente novos materiais que possam diminuir os custos de fabricação e, ao mesmo tempo, melhorar a qualidade do produto final.

Um dos componentes mais relevantes nas tintas é o dióxido de titânio, conhecido por sua eficácia em criar uma tonalidade branca. No entanto, devido à sua grande procura no setor de tintas, o preço deste pigmento é bastante elevado. Adicionalmente, sua extração tem um impacto ambiental considerável.

Portanto, a indústria tem investido na pesquisa por alternativas que reduzam a necessidade de dióxido de titânio nas composições das tintas. Uma dessas soluções já bem estabelecidas no mercado são os extensores de titânio (Fazenda, 2021).

Os extensores são materiais que foram inicialmente incorporados nas formulações de tintas com o principal objetivo de reduzir os custos de produção, porém, com o desenvolvimento de novas tecnologias esses materiais foram ganhando a função de melhorar as propriedades do produto acabado. No caso das tintas, existe uma ampla variedade de extensores já utilizados no mercado como o Carbonato de Cálcio (PPC ou o GCC), Silicatos, Mica entre outros.

Além dos extensores já utilizados a muitos anos no mercado de tintas, novos materiais vêm sendo desenvolvidos. Este é o caso do Dióxido de Titânio Encapsulado com Carbonato.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a substituição de cargas minerais nas formulações de uma tinta Super Premium. O presente trabalho pretende comparar um extensor de titânio já amplamente usado no mercado com um material novo chamado FP-460, um Dióxido de Titânio Encapsulado com Carbonato de Cálcio da FP Pigmentos. O principal objetivo é avaliar o resultado da substituição de Titânio nos resultados de cobertura e brancura das tintas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tinta

A tinta é uma composição química onde partículas de pigmento são dispersas em uma solução ou emulsão contendo um ou mais polímeros. Esta dispersão, diferentemente de uma simples mistura, envolve a separação das partículas até atingir uma distribuição uniforme de partículas primárias de dimensões reduzidas. Quando aplicada como um filme fino sobre uma superfície, a tinta adere ao substrato, formando um revestimento que não só oferece um acabamento esteticamente agradável, mas também atua como uma barreira protetora, aumentando a durabilidade do substrato (NBR 12554:2013; Fazenda, 2021).

2.2 Composição de uma tinta imobiliárias

Fundamentalmente, a tinta é composta por resina, pigmento, veículo ou aglutinador, solvente ou redutor, e aditivo. As funções de cada um desses componentes são descritas na tabela 1.

Tabela 1 – Função dos componentes de uma tinta.

Componentes	Função
Resinas	Proporcionam aderência, coesão, resistência e formação do filme.
Pigmentos	Dão cor e cobertura às tintas.
Cargas	Redução de custos e melhoria de cobertura e resistência às intempéries.
Água	Base para a solubilização, emulsão e dispersão de todos os componentes.
Aditivos	Melhorias nas suas propriedades.

2.2.1 Resinas Acrílicas

Conhecida também como veículo não volátil ou ligante, a resina é responsável por conferir coesão e adesão à tinta, assegurando a união dos sólidos, como os pigmentos e cargas, e contribuindo de forma essencial para a formação do

filme. Além disso, a resina influencia diretamente propriedades fundamentais da tinta, tais como brilho, dureza, resistência à abrasão, resistência aos álcalis e, sobretudo, a adesão. Estas características são determinadas pela qualidade e quantidade da resina presente na formulação, sendo essenciais para a resistência, retenção de cor, flexibilidade e durabilidade do filme de tinta (Conceição, 2006; Polito, 2006; Castro, 2009).

O termo "acrílico" refere-se a polímeros que, em sua estrutura, têm como principais monômeros ésteres derivados do ácido acrílico e do ácido metacrílico (figura 1), podendo estes estar combinados ou não com monômeros vinílicos (Castro, 2009).

Figura 1 – Fórmulas gerais dos monômeros Acrilatos Metacrilatos.



a) Acrilados

b) Metacrilatos

Fonte: Fazenda, 2021.

As resinas acrílicas, em sua forma pura, caracterizam-se por serem incolores, possuírem elevado brilho e demonstrarem notável resistência a condições atmosféricas adversas. Além disso, quando utilizadas nas formulações de tintas, as resinas acrílicas conferem alta resistência à água, eficácia na incorporação de cargas, contribuição para o brilho, adesão, resistência à lavabilidade das tintas e a propriedade de não amarelar com o tempo (Castro, 2009).

2.2.2 Pigmentos

Material de partículas sólidas finamente divididas que não é solúvel no meio, porém são dispersas na tinta líquida ou sólida. Utilizado para conferir cor, opacidade, certas características de resistência e outros efeitos (Fazenda, 2021).

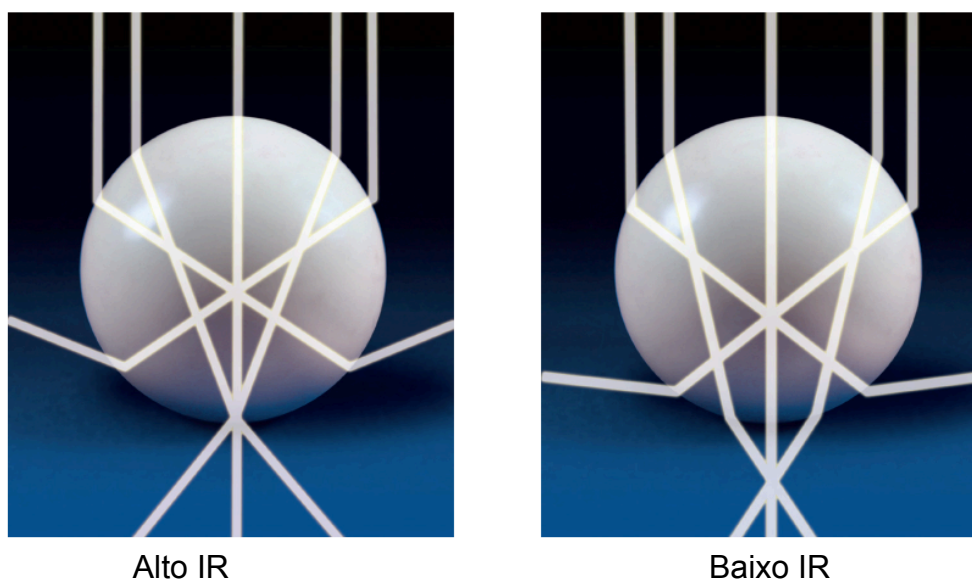
São divididos em pigmentos coloridos, não coloridos e anticorrosivos. Os coloridos são responsáveis por proporcionar cor ao filme e os anticorrosivos proporcionam proteção ao substrato, principalmente para o caso dele ser um

material metálico. Quimicamente estão classificados sendo orgânicos ou inorgânicos, os primeiros raramente conferem propriedades anticorrosivas (Castro, 2009).

A capacidade de um pigmento de conferir cor e o cobrir um filme está ligada ao índice de refração (IR) dele e à absorção de luz nos comprimentos de onda do visível.

Na figura 2, duas partículas com IRs diferentes são representadas. Observa-se que a esfera à esquerda possui um índice de refração superior ao da esfera à direita, resultando em uma curvatura mais acentuada da luz o que leva a uma maior dispersão da luz.

Figura 2 – Refração da Luz por Partículas.



Fonte: Ti-Pure, 2019

2.2.2.1 Titânio

O dióxido de titânio é um dos pigmentos brancos mais importantes produzidos no mundo devido à sua estabilidade química, toxicidade, reflectância e opacidade, características que o tornam altamente desejável no setor de tintas. Este composto é encontrado naturalmente no minério de ilmenita, um óxido de ferro e titânio (FeTiO_3), e também em três formas naturais de TiO_2 : anatase, rutilo e bruquita (Fazenda, 2021; Loreti, 2022).

A produção de TiO_2 é responsável pelo consumo de aproximadamente 90% dos concentrados de minerais de titânio disponíveis globalmente. A indústria de tintas consome a maior parte deste composto (57%), seguida pelos setores de plásticos (26%) e papel (13%), com o restante sendo utilizado em borracha, tintas para impressão, cosméticos e produtos farmacêuticos (Loreti, 2022).

2.2.3 Cargas

As cargas, ou fillers, hoje desempenham funções específicas na formulação de tintas, atuando como pigmentos funcionais ou aditivos minerais. Atualmente também são chamadas de *extenders* ou extensores de pigmentos. Elas são selecionadas com base em suas propriedades físicas específicas e são obtidas por extração de depósitos sedimentares, micronização de minerais ou síntese química. Os produtos naturais geralmente têm partículas maiores que os sintéticos, mas também estão disponíveis em uma ampla gama de tamanhos de partículas (Conceição, 2006; Fazenda, 2021).

No âmbito das tintas, as cargas minerais, geralmente em forma de pós brancos ou incolores que possuem um índice de refração entre 1,5 e 1,7, são incorporadas nas formulações para aprimorar características como poder de cobertura, opacidade e tixotropia, além de reduzir o custo do produto final. Isso se deve ao seu valor relativamente baixo em comparação com o dióxido de titânio (Bentley, 1998; Dassoler, 2019).

Para Bentley (1998), cargas também são consideradas pigmentos inorgânicos só que com sem capacidade de fornecer cor ao filme. Porém, ainda assim eles podem atuar melhorando a opacidade.

A forma das partículas das cargas também é um fator muito importante para a formulação de tintas e varia conforme sua composição química, forma cristalina e processo de industrialização. Existem três tipos principais de estruturas cristalinas: acicular (em forma de agulhas), nodular (aproximadamente esféricas) e lamelar (em forma de placas). As cargas aciculares tendem a sedimentar, mas são facilmente redispersáveis e reforçam a estrutura do filme de tinta. Os lamelares reduzem o craqueamento e melhoram a impermeabilidade e aplicabilidade da tinta, enquanto os

nodulares são eficazes para otimizar o empacotamento de partículas e reduzir custos (Fazenda, 2021).

Entre as principais cargas estão o Talco, Mica, Caulim, Barita, Quartzo, Carbonato de Cálcio e Agalmatolito.

2.2.3.1 Extensores a base de Silicato de Alumínio

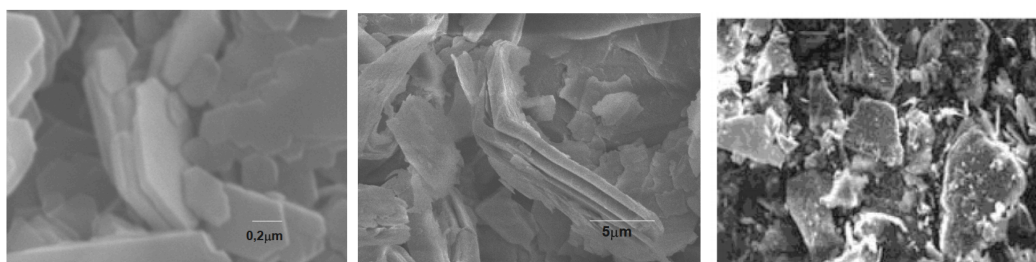
Os Silicato de Alumínio são muito utilizados nas formulações de tintas imobiliárias. Os principais Aluminossilicatos utilizados como Extensores são o caulim, agalmatolito e o talco.

O caulim é uma argila lamelar usada na indústria de tintas para espaçar o titânio, melhorar a aplicabilidade, o lixamento e as propriedades de selagem e barreira. Além disso, possui boa alvura, fácil dispersão, melhora a reologia das tintas aumenta a resistência mecânica dos filmes e previne a sedimentação dos pigmentos. O caulim delaminado, em particular, oferece maior brilho e eficácia como espaçador do titânio (Fazenda, 2021).

O talco é um mineral amplamente utilizado na indústria de tintas, superado apenas pela calcita/dolomita. Sua contribuição é notável na otimização da aplicabilidade e nivelamento das tintas, na elevação da impermeabilidade, na prevenção de escorrimentos e na promoção de uma maior facilidade no processo de lixamento (Fazenda, 2021).

Na figura 3, é possível observar as imagens microscópicas das cargas de Caulim, Talco e Agalmatolito.

Figura 3 - Imagens de microscopia eletrônica de varredura de Caulim, Talco e Agalmatolito.



Da esquerda para a direita: a)Caulim; b) Talco; c) Agalmatolito.

Fonte: Fazenda, 2021; Dalpiaz, 2006.

O agalmatolito tem propriedades bastante semelhantes ao talco e é uma alternativa a esse mineral. Sua estrutura é lamelar como a do talco e do caulim. A agalmatolito é a pirofilita e normalmente é fornecido com quartzo, mica e caulim. É de fácil dispersão, funciona como um anti-sedimentante, melhorando a resistência ao craqueamento.

A tabela 2, mostra algumas características muito importantes dos extensores a base de silicatos que devem ser observadas quando esses materiais forem utilizados nas tintas. Os caulins apresentam pHs mais baixos e isso deve ser observado no momento da formulação, pois pHs baixos podem tornar a tinta líquida instável. A densidade é outra propriedade que deve ser observada na substituição de pigmentos e cargas, pois podem diminuir ou aumentar o peso específico do produto final que é muito importante para o envase.

A absorção a óleo é uma forma de medir a capacidade das partículas minerais absorverem moléculas dos solventes e das resinas. Assim, quanto maior a capacidade de absorção, menos resina livre sobrar para criar aderência e resistência ao filme. Por isso, a absorção deve ser considerada na escolha de extensores (Fazenda, 2021).

Tabela 2 - Propriedades e Características de Caulim, Agalmatolito e Talco.

	Caulim lavado	Caulim calcinado	Caulim delaminado	Agalmatolito	Talco
Índice de Refração	1,56	1,62	1,56	0,58	1,57
Absorção de óleo	30 a 40%	40 a 70%	40 a 70%	25 a 35%	25 a 40%
Densidade	2,6	2,6	2,6	2,8	2,75
pH	3 a 8	5 a 8	6 a 8	6,9	9
Formato de partícula	Lamelar	Lamelar	Lamelar	Lamelar	Lamelar

Fonte: Adaptado de Fazenda 2021.

Existe uma gama de cargas de alumino silicatos no mercado, mas sua composição química é o resultado de uma mistura de componentes desconhecidos não é totalmente revelada pelo fabricante. Muitas vezes, a composição e modo de produção é protegida por patente.

Este é o caso da carga utilizada no experimento como do extensor de TiO_2 . Por isso ela foi nomeada como SA.

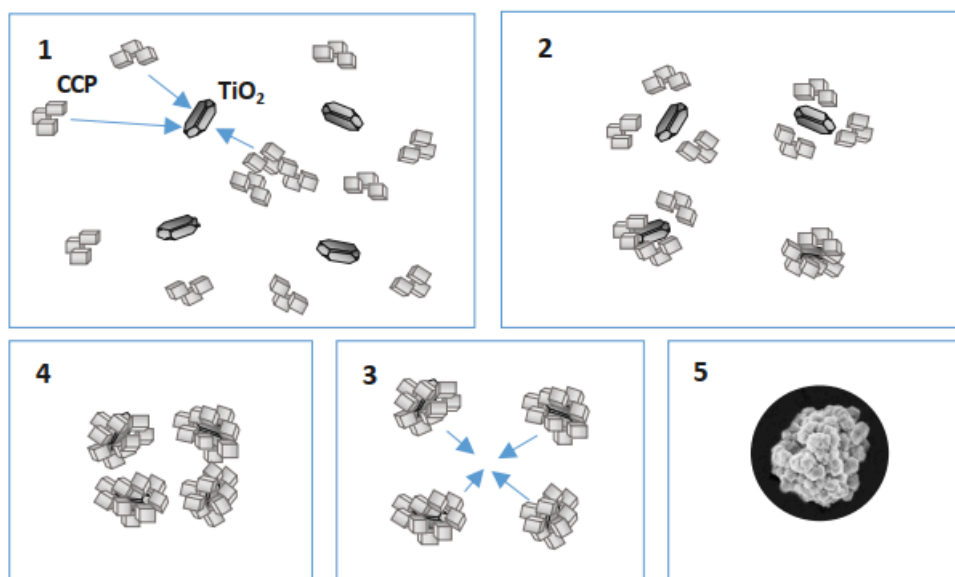
2.2.3.2 Dióxido de Titânio Encapsulado com Carbonato de Cálcio

Em busca de pigmentos e cargas com melhores propriedades para a formulação de tintas, muitas empresas do ramo investem na pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e processos industriais.

A empresa FP Pigments desenvolveu em um processo exclusivo de fabricação patentado um novo produto chamado FP-460. Ele é caracterizado pela envolvimento do TiO_2 em cápsulas de carbonato de cálcio precipitado de alta qualidade. A estrutura das cápsulas promete otimizar a dispersão da luz, o que resulta em um aumento significativo da brancura e opacidade do produto (FP-Pigments, 2023).

Na figura 4 está ilustrado um pequeno esquema da forma de obtenção do FP-460.

Figura 4 – Produção de FP-460.



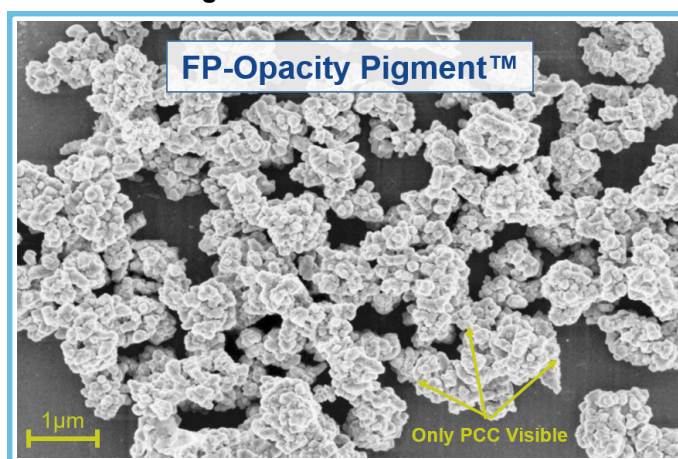
Fonte: FP-PIGMENTS

Em termos de aplicação, os FP-460 são utilizados como substitutos parciais do TiO_2 tradicional. Dependendo da aplicação específica e da formulação, esses

pigmentos podem substituir de 5% a 30% do TiO_2 , sem comprometer a qualidade ou o desempenho do produto final (FP-Pigments, 2023).

Na figura 5 se pode ver a estrutura do Dióxido de Titânio Encapsulado produzido pela FP-460.

Figura 5 – FP-460 em MEV.



Fonte: FP-PIGMENTS

Eles não são considerados como simples extensores de TiO_2 devido do seu IR alto e a presença de Titânio na sua estrutura cristalina. Porém, assim como extensores as partículas do FP 460 favorecem o espaçamento do TiO_2 ao longo do filme.

Tabela 3 – Propriedades e Características do FP-460.

FP 460	
Índice de Refração	1,9
Absorção de óleo	43%
Densidade	2,8
pH	-
Formato de partícula	-

Fonte: FP-PIGMENTS

2.2.4 Aditivos

Os aditivos em geral podem representar entre 1 a 3% da composição de uma tinta, enquanto que raramente os o total de aditivos excede 5%. Porém, mesmo tomando um percentual relativamente pequeno, têm grande influência no processo

de fabricação, estabilidade, aplicabilidade, qualidade e aspecto do filme aplicado (Conceição, 2006; Fazenda, 2021).

Eles são classificados mais frequentemente por sua função do que pela sua composição química ou forma física. Em termos de mecanismo de atuação, os aditivos podem ser categorizados em quatro grupos principais.

Tabela 4 – Função dos aditivos.

Categoria	Aditivos
Aditivos de Cinética	Secantes
	Catalisadores
	Antipeles
Aditivos de Reologia	Espessantes
	Antiescorrimento
Aditivos de Processo	Surfactantes
	Umectantes e dispersantes
	Antiespumantes
	Nivelantes
Aditivos de Preservação	Biocidas
	Estabilizantes de ultravioleta

Fonte: Adaptado de Fazenda 2021.

2.3 Filme

O filme, ou película, é a camada fina e contínua formada sobre uma superfície após a aplicação e o processo de cura de uma tinta ou revestimento. Como dito por Gauto e Rosa (2011), em sistemas à base de água, essa formação ocorre através da coalescência das partículas de emulsão.

A coalescência é um fenômeno físico, não envolve alteração de natureza química (Fazenda, 2021), porém é um processo irreversível resultando em uma camada sólida aderente formando uma matriz polimérica sólida. É definida pela IUPAC como:

O desaparecimento da fronteira entre duas partículas (geralmente gotículas ou bolhas) em contato, ou entre uma delas e uma fase de volume, seguido por mudanças de forma que levam a uma redução da área superficial total.

2.4 PVC e CPVC

O PVC (pigment volume concentration), ou concentração volumétrica de pigmento, é um parâmetro muito importante para a formulação de uma tinta. Define-se PVC como a fração volumétrica do pigmento sobre o volume total dos sólidos do filme seco:

$$PVC(\%) = \frac{\text{Volume do Pigmento}}{\text{Volume do Pigmento} + \text{Volume da Resina}} \times 100$$

O CPVC (Concentração Crítica de Pigmento em Volume) é um ponto crítico na formulação de tintas, onde a quantidade de polímero mínima para preencher os espaços entre as partículas de pigmento e cargas. Valores de PVC inferiores ao CPVC indicam um excesso de resina, o que pode aumentar o brilho da tinta. Por outro lado, valores de PVC acima do CPVC resultam em falta de resina suficiente para preencher os espaços vazios, podendo aumentar a permeabilidade do filme de tinta e diminuir a resistência às intempéries (Patton, 1979; Conceição, 2006; Fazenda, 2021).

2.5 Controle e Normas de Qualidade

Assim como em qualquer produto industrializado, a qualidade é um aspecto crucial para assegurar a sua eficácia da produção e desempenho satisfatório. Para alcançar esse objetivo, é fundamental estabelecer e manter normas.

Dentro de uma indústria, o controle de qualidade é determinado por normas internas da empresa e por normas de organizações normativas nacionais e internacionais, como a ABNT ou a ASTM (*American Society for Testing and Materials*).

No processo de fabricação de uma tinta, o controle do pH, densidade e viscosidade são fundamentais para garantir um bom processo de fabricação, a estabilidade dos seus componentes nas prateleiras e uma boa aplicabilidade. Controlar a densidade, por exemplo, que um produto que é comercializado em unidade de massa caiba corretamente na embalagem.

Contudo, para comercializar uma tinta é necessário ter parâmetros para avaliar a sua qualidade antes da aplicação, mas também é preciso certificar que ela

terá qualidade depois da aplicação e cura total. Para isso, a NBR 15079 da ABNT determina os requisitos mínimos.

A norma NBR 15079 estabelece uma classificação das tintas imobiliárias em quatro níveis: Econômicas, *Standard*, *Premium* e, a partir de 2019, a categoria *Super Premium*. O que determina essa classificação é o cumprimento de requisitos mínimos relacionados ao poder de cobertura da tinta seca e úmida, a resistência à abrasão e o rendimento (NBR 15079).

As tintas Econômicas são recomendadas apenas para ambientes internos. Já as linhas *Standard* e *Premium*, que têm maior rendimento, cobertura e durabilidade, são indicadas tanto para ambientes internos como externos, devido à melhor resistência às intempéries. Em seguida vem a *Super Premium*, que se destaca por oferecer rendimento e durabilidade maiores que todas as outras categorias, representando um avanço significativo em termos de qualidade e desempenho das tintas imobiliárias.

A tabela 5 mostra os requisitos exigidos para classificar uma tinta como *Super Premium*.

Tabela 5 – Requisitos estabelecidos para as tintas *Super Premium*.

Tinta látex <i>Super Premium</i>				
Acabamento	Fosco	Acetinada	Semiacetinada	Semibrilho
Resistência à abrasão úmida com pasta abrasiva (ciclos)	200	200	200	200
Poder de cobertura de tinta úmida (%)	90	90	90	90
Poder de cobertura de tinta seca (m²/L)	8	7	7	7
Rendimento (m² acabado/18L)	150	90	90	90
Brilho (UB)	8 < UB a 85°	5 < UB < 11 a 60° > 8 UB a 85°	11 < UB < 18 a 60°	18 < UB < 40 a 60°

Fonte: ABRAFATI, 2021

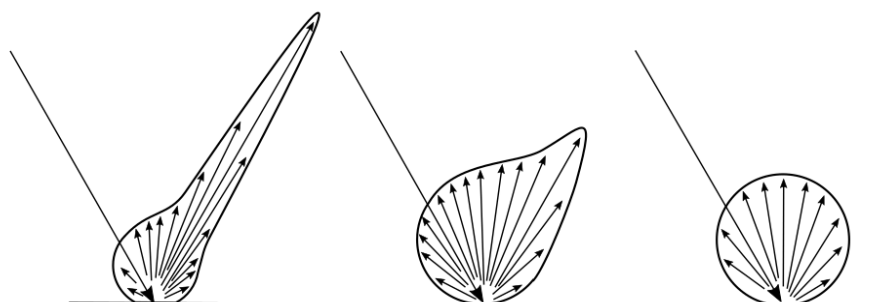
2.6 Brilho

Segundo a ABNT, o brilho é caracterizado pelo nível de reflexão luminosa em um substrato pintado, quantificado em unidades de brilho (UB) (NBR 15156: 2004).

O brilho de uma superfície refere-se à sua capacidade de refletir luz de maneira especular, ou seja, de forma direcionada, em contraste com a dispersão difusa da luz (figura 6).

Superfícies lisas e polidas, como espelhos, metais polidos ou vernizes de alto brilho, refletem a luz de maneira especular, o que significa que a luz é refletida em um ângulo específico. Em contraste, quando as superfícies são ásperas ou rugosas, que dispersam a luz em muitas direções, isto é de maneira difusa, resultando em um acabamento sem brilho ou fosco (Bentley, 1998; Paiva, 2014).

Figura 6 – Reflexão especular e difusa em superfícies de rugosidade crescente.



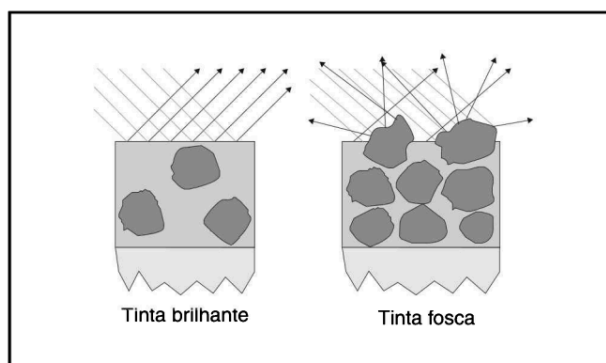
Fonte: Kingery, 1976

Tintas que contêm uma menor quantidade de pigmento e, conseqüentemente, uma maior proporção de resinas, tendem a apresentar um acabamento mais brilhante. Por outro lado, tintas com alta concentração de pigmentos geralmente resultam em um acabamento fosco (Conceição, 2006). Uma tinta rica em pigmentos resulta em uma superfície microscopicamente áspera ou rugosa. Isso ocorre porque a quantidade de pigmentos é tão elevada que não são completamente envolvidos pela resina, fazendo com que eles sobressaiam na superfície, alterando sua textura de lisa para irregular (figura 7).

Um espelho perfeito refletiria 100% da luz incidente, mas as unidades de brilho não devem ser confundidas com a porcentagem de brilho. Por exemplo, uma tinta com alto brilho, avaliada em cerca de 98 unidades de brilho, reflete apenas 9,8% da luz em comparação com um espelho perfeito. Assim, um espelho perfeito teria uma classificação de 1.000 unidades de brilho (Fazenda, 2021).

A medição do brilho é efetuada utilizando um instrumento denominado *Glossmeter*.

Figura 7 – Tintas brilhante e fosca.



Fonte: Fazenda, 2021.

2.7 Poder de cobertura

O poder de cobertura é medida pela capacidade de ocultação da superfície aplicada pelo revestimento, que juntamente com, com a razão de contraste e o coeficiente de espalhamento é uma medida de opacidade (Conceição, 2006).

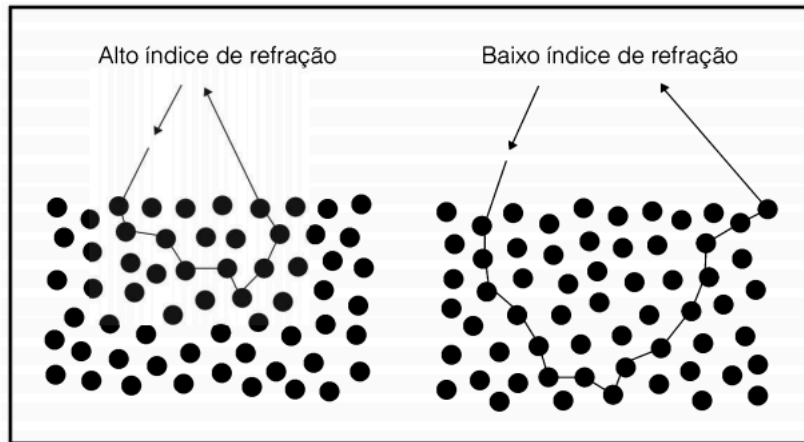
De acordo com Castro (2009), a opacidade do filme é um fenômeno é resultado da interação deste com a luz, envolvendo processos como reflexão, refração e absorção.

Nas tintas convencionais, a maior parte das resinas utilizadas são transparentes ou translúcidas após a cura total e formação do filme sólido e fino. Por isso a opacidade, responsável por conferir poder de cobertura, é atribuída aos pigmentos presentes na tinta (Fazenda, 2021).

A relação entre o IR do pigmento com o do meio em que se encontra está intrinsecamente relacionada ao poder de cobertura. As resinas são o meio em que os pigmentos e cargas são fixados, logo eles devem possuir IR superiores, enquanto as cargas possuem IRs iguais aos da resina ou levemente maiores.

Quanto maior for o IR do pigmento, maior é a capacidade de tornar o revestimento opaco (figura 8).

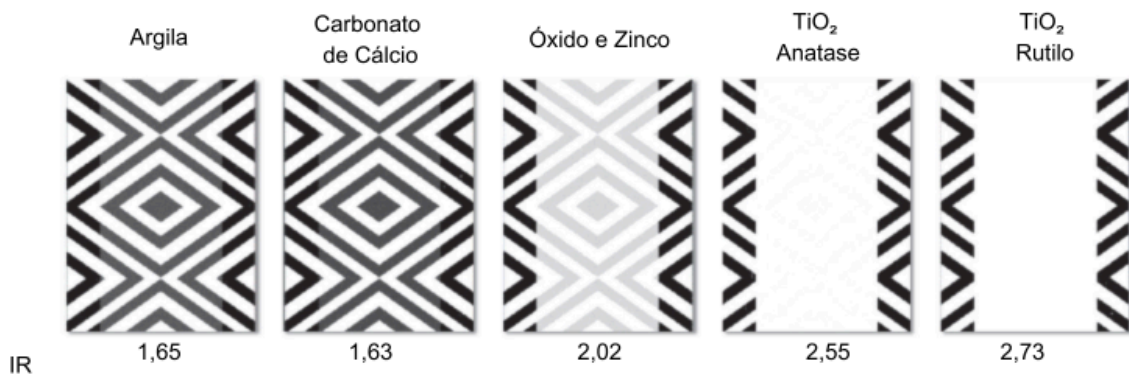
Figura 8 – Reflexão da luz a partir de pigmentos.



Fonte: Fazenda, 2021

Com a finalidade de ilustrar como o IR das partículas de pigmentos e cargas dispersas no filme influencia no poder de cobertura de um revestimento, a figura 9 representa dois filmes com a mesma concentração volumétrica de pigmentos (PVC), com uma mesma resina, contudo com alguns pigmentos e cargas com IRs diferentes.

Figura 9 – Efeito do índice de refração na opacidade.



Fonte: Ti- Pure, 2019

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Fórmula e preparação das amostras

O processo começou com a formulação inicial da tinta e a seleção de seus componentes, seguido pela preparação das amostras de tinta usadas nos testes (Tabela 6). A concepção da formulação contou com a colaboração da empresa onde este estudo foi conduzido.

Devido a razões de confidencialidade, a fórmula básica e os nomes comerciais dos componentes não são revelados neste documento. Porém, para os fins que se propõe este trabalho é suficiente mencionar que a formulação escolhida teve como objetivo atingir os parâmetros de qualidade da linha *Super Premium* e avaliar as qualidades do FP-460 em comparação com um aluminossilicato comercial extensor de pigmento.

As amostras foram produzidas no laboratório seguindo um método padrão, que inclui as etapas de pré-mistura, dispersão, completagem e envase.

Tabela 6 – Substituição do TiO₂ nas amostras.

Amostra	TiO₂	FP-460	SA
A1	100%	-	-
A2	90%	10%	-
A3	85%	15%	-
A4	80%	20%	-
A5	90%	-	10%
A6	85%	-	15%
A7	80%	-	20%

Fonte: Próprio autor.

3.1.1 Massa da amostra

Estabeleceu-se uma massa de 1Kg para as amostras em estudo. Tal definição fundamentou-se na capacidade do dispersor disponível, bem como na constatação de que esta massa é adequada para a execução dos ensaios experimentais requeridos.

3.1.2 Pré-mistura (Homogeneização)

Esse procedimento tem como objetivo a homogeneização dos componentes solúveis em água.

Durante o procedimento em questão, os componentes foram pesados e incorporados em um frasco de 1 litro. A mistura foi realizada utilizando um dispersor do tipo Cowles, que, neste contexto específico, desempenhou a função de um agitador. Os componentes adicionados nesta etapa são: Água, Espessante, Inibidores de corrosão, Surfactante, Dispersante, Umectante, Antiespumante e Amônia.

3.1.3 Dispersão

O propósito da dispersão é quebrar os aglomerados mecanicamente, permitindo a mais completa umectação da superfície externa/interna de cada partícula. Partículas aglomeradas ou empacotadas de pigmento devem ser quebradas e suas faces internas expostas a ação de umectação (Fazenda, 2021).

No processo descrito, cargas minerais e TiO_2 nas proporções de substituição descritas na tabela 6 foram adicionados para dispersão seguindo. Este procedimento foi realizado no mesmo frasco utilizado para a pré-mistura, empregando novamente o dispersor do tipo Cowles.

3.1.4 Completagem

Nesta etapa, a base com as cargas dispersas é diluída com solventes e resinas para conferir à tinta propriedades adequadas de aplicação. Aos elementos dispersos previamente, sob agitação constante incorpora-se o restante da Água, Resina Acrílica, Coalescente, Antiespumante, Espessante e Biocidas.

3.1.5 Sistema de Dispersão

Para a mistura dos componentes solúveis e dispersão dos minerais foi utilizado um sistema equipado com um motor elétrico que possui uma entrada para

acoplamento de eixo ligado a um disco dispersor de alta rotação, denominado Cowless. Este dispositivo é basicamente um disco serrilhado com bordas alternadas que deve ser posicionado verticalmente em um recipiente cilíndrico. Os exemplares foram fabricados utilizando um sistema equipado com um motor elétrico que possui uma entrada para acoplamento de eixo. A figura 10 mostra o sistema utilizado.

Figura 10 – Sistema de dispersão.



Fonte: Próprio autor.

3.2 Análises

Todos os ensaios de caracterização, tanto na tinta líquida como na película seca do produto, serão apresentados a seguir.

3.2.1 Densidade

A densidade foi determinada utilizando-se um picnômetro de 100 cm³. Inicialmente, utilizando uma balança de precisão a massa do picnômetro vazio foi medida. Em seguida, o picnômetro foi preenchido com o material e sua massa foi novamente aferida. A densidade do material foi calculada pela diferença entre as massas do picnômetro cheio e vazio, dividindo-se este valor pela capacidade volumétrica do picnômetro (100 cm³).

$$\rho = \frac{M_c - M_v}{V}$$

Onde:

ρ é a densidade em kg.m^{-3}

M_c é a massas do picnômetro cheio

M_v é a massas do picnômetro vazio

V é a capacidade volumétrica do picnômetro

3.2.2 Viscosidade

A viscosidade é uma propriedade física que indica a resistência de um fluido ao fluxo, relacionada à oposição ao cisalhamento e à fricção interna entre suas moléculas. Quanto maior a viscosidade, mais espesso e resistente ao movimento é o fluido. Essa característica é crucial na formação de uma camada uniforme de tinta sobre um substrato, determinando a resistência da tinta ao escoamento e aos movimentos internos moleculares (Conceição, 2006; Dassoler, 2019).

Figura 11 – Viscosímetro.



Fonte: Próprio autor.

Os ensaios de viscosidade foram realizados utilizando o Viscosímetro digital de Stormer modelo KU-2 da Pushen (figura 11). Este instrumento mede a viscosidade em unidade em unidades Krebs que tem como sigla UK em português, porém a sigla KU do inglês é muito utilizada.

As amostras de tinta foram colocadas em um recipiente e ajustadas no suporte. Após acionar o equipamento colocando a alavanca para baixo, na posição Down e o motor começar a girar automaticamente e as leituras do mostrador foram registradas.

3.2.3 pH

Realizou-se a análise do pH por meio de um pHmetro de bancada (figura 12), devidamente calibrado com soluções padrão. Após mergulhar o eletrodo em cada uma das amostras, os valores de pH foram registrados.

Figura 12 – pHmetro de bancada.



Fonte: Próprio autor.

3.2.4 Brilho

No ensaio do brilho, as amostras testes e padrão foram e aplicadas em vidros com o auxílio do extensor de barra fixa de 75 μm . Em seguida, depois da

cura total do filme, mensurou-se o brilho com o medidor de brilho Gloss meter 3nh (figura 13), no ângulo de luz incidente de 60°.

Figura 13 – Gloss meter 3nh.



Fonte: Próprio autor.

Os valores de brilho das amostras resultam do valor médio de três medições, e não de uma única medição. Isso se deve à falta de uniformidade perfeita no filme de tinta, tornando uma única medida insuficiente para representar com precisão o valor real. O procedimento para a amostra A1 é exemplificado na tabela 7:

Tabela 7 – Obtenção do valor de brilho para a amostra A1.

	Brilho (UB)
A1.1	1,8
A1.2	2,0
A1.3	2,0
Média	1,9

3.2.5 Cor

Para a análise cor, as amostras foram aplicadas em cartelas de aplicação, com o extensor de barra fixa de 125 µm juntamente com o padrão. A cura foi feita a temperatura ambiente por 10 min. Ao fim, realizaram-se as leituras no espectrofotômetro Coralís (figura 14).

No presente trabalho, foram somente avaliados os valores de ΔE , que mensura a diferença de tonalidade, no geral, quando comparada ao padrão. No caso, a amostra A1 foi considerada como padrão por ser composta somente de TiO_2 .

Figura 14 – Espectrofotômetro.



Fonte: Próprio autor.

Pelos mesmos motivos que levaram à apresentação do brilho como valor médio, as medições de diferença de cor (ΔE) seguiram o mesmo critério. A tabela 8 ilustra o procedimento adotado para determinar o ΔE da amostra A1, procedimento este que foi igualmente aplicado às demais amostras.

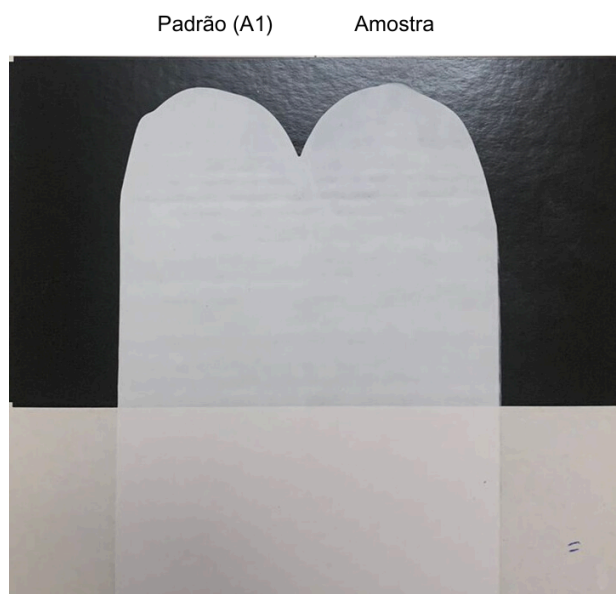
Tabela 8 – Obtenção do valor de ΔE para a amostra A1.

	ΔE
A1.1	0,40
A1.2	0,50
A1.3	0,20
Média	0,37

3.2.6 Cobertura

Para avaliar cobertura úmida e seca foram feitas análises comparativas utilizando a amostra A1 como padrão conforme na figura 15.

Figura 15 – Cartela de aplicação com um padrão (A1) e uma amostra.



Fonte: Próprio autor.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a análise da tinta líquida a viscosidade, o pH, e densidade são fundamentais.

Tabela 9 – Resultados de viscosidade, pH e densidade.

	Viscosidade	pH	Densidade
A1	103,6	8,61	1,410
A2	97,8	8,73	1,398
A3	96,7	8,95	1,382
A4	95,3	8,85	1,379
A5	96,7	8,73	1,405
A6	93,9	8,98	1,382
A7	93,5	8,82	1,376

Fonte: Próprio autor.

Na coluna da tabela 9 referente à viscosidade, nota-se uma redução na mesma com a substituição do dióxido de titânio por ambas as cargas. Contudo, essa diminuição é mais pronunciada com o uso do SA.

As cargas também são conhecidas pelos seus efeitos no pH das tintas. E nesse caso é muito importante o conhecimento que estes podem gerar. Muitos Caulins, por exemplo, são fornecidos com pHs ácidos. E é uma condição que pode gerar gelificação ou gelatinização, que é a transformação da tinta líquida em um gel ainda dentro do recipiente não comercializado (Fazenda, 2019).

Observando a tabela 9, vê-se que tanto a adição de FP quatrocentos e sessenta como a de SA causa um aumento do pH isso é uma característica boa pensando em evitar a gelatinização.

Avaliando a coluna de densidade da tabela 9, observa-se que, ao aumentar a taxa de substituição do dióxido de titânio pelas cargas FA-460 ou SA, há uma diminuição da densidade. Isso pode ser explicado pelo fato de que o dióxido de titânio rutilo tem uma densidade entre 3,75 e 4,15, enquanto as outras cargas possuem densidades que variam de 2,6 a 2,8. Portanto, quanto mais dióxido de titânio for substituído nas formulações por cargas com densidades menores, como as utilizadas no experimento, menor será a densidade final.

A densidade é uma propriedade importante a ser observada e controlada no processo de fabricação, pois uma densidade extremamente baixa pode acarretar problemas no envase das tintas, principalmente quando os produtos são vendidos por unidades de massa e não de volume.

Os resultados referentes à cobertura úmida não apresentam elevada precisão, uma vez que foram obtidos por meio de métodos simplesmente comparativos, sem o emprego de quaisquer instrumentos de medição. Contudo, mesmo com os recursos limitados empregados, é possível extrair informações relevantes para um formulador.

Na tabela 10, observa-se que a formulação que teve a substituição de dióxido de titânio em 20% de extensor a base de silicato de alumínio, a fórmula A7, foi a única com menor cobertura comparativa com o padrão. Isso se deve ao fato dos Silicatos de Alumínio não serem pigmentos que conferem cor e opacidade como o dióxido de titânio que está presente na estrutura do FP-460.

Na tabela 11, foram colocados os resultados de diferença de cor (ΔE). Os maiores valores de ΔE são observados nas duas amostras com maior substituição, A4 e A7, onde excedem o valor de 0,5, considerado por Dassoler (2019) como limite

para aprovação. Porém, é importante mencionar que a amostra A7 tem um aspecto amarelado, o que pode ser relacionado com o alto valor de ΔE .

Tabela 10 – Cobertura Úmida comparada com o padrão (A1).

Cobertura	
A2	Igual
A3	Igual
A4	Igual
A5	Igual
A6	Igual
A7	Menor

Fonte: Próprio autor.

Todas as amostras de brilho tiveram resultados muito próximos de 2, o que é um indicativo que a formulação deve atender os requisitos para uma tinta fosca *Super Premium*. Porém é importante mencionar a limitação de equipamentos de medida de brilho no ângulo de 60° para análise de tintas foscas (Fazenda, 2021).

Tabela 11 – Resultados de ΔE e Brilho (UB).

	ΔE	Brilho (UB)
A1		2,03
A2	0,37	1,93
A3	0,27	2,13
A4	0,53	1,90
A5	0,43	1,83
A6	0,33	2,00
A7	0,87	2,00

Fonte: Próprio autor.

5. CONCLUSÃO

Os resultados mostram que o Dióxido de Titânio Encapsulado com Carbonato de Cálcio FP-460 atende à proposta de ser um substituto parcial do TiO_2 na formulação de tintas, com a característica especial de não amarelar o filme como os Silicatos de Alumínio.

O estudo pode trazer informações relevantes para um formulador tirar conclusões sobre a utilização de Silicatos de Alumínio e Dióxido de Titânio

Encapsulado com Carbonato de Cálcio como carga e pigmento e aplicá-las nas formulações que podem chegar às prateleiras das lojas e paredes das casas.

Como recomendações para pesquisas futuras, com o objetivo de aprimorar este estudo e torná-lo uma ferramenta valiosa para a melhoria da qualidade de tintas imobiliárias, mediante a incorporação de cargas minerais como extensores de dióxido de titânio, sugere-se a continuação da investigação pelas seguintes vias:

- Estudar a interação das cargas com outros componentes da tinta, como a resina, o solvente e os aditivos.
- Investigar da estrutura das cargas em um filme sólido, através da utilização de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), com a finalidade de entender como essas novas cargas minerais industriais, como o FP-460, diferem das convencionais na estrutura do filme.
- Pesquisar outras cargas semelhantes a FP-460 no conceito de encapsulamento de TiO_2 e realizar um estudo comparativo.
- Realizar ensaios que incluem a cobertura seca com equipamento específico, lavabilidade e o brilho a 85° que avaliam o desempenho e viabilidade econômica do FP-460 em outras linhas de tintas.
- Avaliar a combinação de diferentes cargas e pigmentos com o FP-460, utilizando ferramentas estatísticas para auxiliar na análise.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12554: Tintas para edificações não industriais – Terminologia. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NBR 15079-2: Tintas para construção civil — Requisitos mínimos de desempenho - Parte 2: Tintas látex semiacetinada, acetinada e semibrilho nas cores claras. Rio de Janeiro, 2019.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15156: Pintura industriais – Terminologia. Rio de Janeiro, 2004.

ABRAFATI. Programa Setorial da Qualidade - Tintas Imobiliárias. **Cartilha Mudanças Normativas**. Associação Brasileira de Fabricantes de Tintas. 2021.

Disponível em:

<<https://abrafati.com.br/wp-content/uploads/2021/02/Cartilha-sobre-Mudanc%CC%A7as-Normativas.pdf>>. Acesso em 18 de Dez. de 2023.

ABRAFATI. Programa Setorial da Qualidade - Tintas Imobiliárias. **Manual de aplicação, uso, limpeza e manutenção de tintas imobiliárias**. Associação Brasileira de Fabricantes de Tintas. 2020. Disponível em:

<https://abrafati.com.br/wp-content/uploads/2020/09/Manual-de-tintas-imobiliarias_27_08_2020.pdf>. Acesso em 18 de Dez. de 2023.

ABRAFATI. Dados do Setor. **Setor de Tintas no Brasil**. Associação Brasileira de Fabricantes de Tintas. 2023. Disponível em:

<<https://abrafati.com.br/setor-de-tintas/dados-do-setor/>>. Acesso em 18 de Dez. de 2023.

BENTLEY, John; TURNER, Gerald Patrick Anthony. Introduction to paint chemistry and principles of paint technology. CRC press, 1998.

CASTRO, C. D. Estudo da influência das propriedades de diferentes cargas minerais no poder de cobertura de um filme de tinta. Porto Alegre, 2009. 140p. Tese (Doutora em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Materiais e Metalurgia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS.

CONCEIÇÃO, R. N. C. Utilização de análise multivariada de dados na utilização de misturas minerais industriais para formulação de tintas. Porto Alegre, 2006. 147p. Tese (Doutor em Engenharia de Minas) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Materiais e Metalurgia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS.

DALPIAZ, G. Estudo do efeito de cargas minerais em compósitos poliméricos particulados em matriz de polipropileno. Porto Alegre, 2006. 236p. Tese (Doutor em Engenharia de Minas) - Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Minas, Materiais e Metalurgia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS.

DASSOLER, Daniel et al. AVALIAÇÃO DE CARGAS MINERAIS PARA UTILIZAÇÃO COMO EXTENSORES DE DIÓXIDO DE TITÂNIO EM TINTAS EPÓXI. Revista Vincci-Periódico Científico do UniSATC, v. 4, n. 1, p. 185-211, 2019.

FAZENDA, J. M. R. Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2021.

FP-PIGMENTS OY. **Innovative Technology in FP-Opacity Pigment**. Disponível em: <www.fp-pigments.com/en/innovative-technology-tio2-efficiency/>. Acesso em 18 de dez. de 2023.

GAUTO, Marcelo Antunes; ROSA, Gilber Ricardo. Processos e operações unitárias da indústria química. Ciência Moderna Ltda, Rio de Janeiro, 2011.

KINGERY, W. David; BOWEN, Harvey Kent; UHLMANN, Donald R. Introduction to ceramics. John wiley & sons, 1976.

LORETI JUNIOR, Roberto; GUERRA, Guilherme Lolino Troncon. Projetos temáticos em rochas e minerais industriais: titânio laterítico na Bacia do Paraná; panorama do estado do Paraná. 2022.

PAIVA, Rodrigo. Reflexão da luz. Revista de Ciência Elementar, v. 2, n. 1, 2014.

PATTON, Temple C. Paint flow and pigment dispersion: a rheological approach to coating and ink technology, 1979.

POLITO, Giulliano. Principais Sistemas de Pinturas e suas Patologias. Belo Horizonte: UFMG, Faculdade de Engenharia 2006.

Ti-Pure. Titanium Dioxide For Coatings, 2019.