



## AVALIAÇÃO DE CARGAS MINERAIS PARA UTILIZAÇÃO COMO EXTENSORES DE DIÓXIDO DE TITÂNIO EM TINTAS EPÓXI

Daniel Dassoler<sup>1</sup>

Aline Resmini Melo<sup>2</sup>

Carolina Resmini Melo Marques<sup>3</sup>

Morgana Nuernberg Sartor Faraco<sup>4</sup>

Josiane da Rocha Silvano das Neves<sup>5</sup>

**Resumo:** A utilização da tinta vem sofrendo avanços desde seu surgimento, quando era empregada com objetivo de comunicação por meio de pinturas sobre rochas. Atualmente, além de ser utilizada para decoração, ela passou a apresentar um lado funcional de iluminação e proteção. Em tintas epóxi branca, o pigmento mais utilizado é o dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ) por possuir um alto índice de refração, brilho, alvura e elevado poder opacificante. Contudo, tal material se encontra insuficiente no mercado mundial para o setor de tintas, que, por conseguinte, tende a gerar um acréscimo no seu valor comercial. Visto isso, o presente trabalho vem com o propósito de analisar diferentes cargas minerais para utilização como extensores de dióxido de titânio em tintas epóxi, amortizando a quantidade do pigmento  $\text{TiO}_2$  em uma formulação base de tinta epóxi branca, com a finalidade de reduzir o custo do produto, e analisar sua aplicação em tintas epóxi coloridas. O estudo foi executado por meio da realização de diferentes formulações, variando os percentuais de pigmento e cargas minerais, bem como, por meio de um planejamento de mistura cúbica completo, desempenhando ensaios de controle de qualidade tanto no produto líquido, como viscosidade e massa específica, quanto no filme seco, como poder de cobertura, brilho, análise de cor e força de tingimento. Como resultado, o projeto obteve maior sucesso com a substituição parcial do  $\text{TiO}_2$  por 1% de caulim calcinado e 1% de carbonato de cálcio precipitado, em uma formulação base inicial com 20% de  $\text{TiO}_2$ .

**Palavras-chave:** Tinta. Epóxi. Dióxido de Titânio. Extensores. Cargas Minerais.

### 1 INTRODUÇÃO

Na fabricação de tintas epóxi branca tem-se como pigmento básico o dióxido de titânio por apresentar características e propriedades peculiares de sumo interesse para o setor, como por exemplo, o elevado índice de refração, que gera

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Química. E-mail: daniel-dassoler@hotmail.com

<sup>2</sup> Professora Doutora Engenheira Química. E-mail: aline.melo@satc.edu.br

<sup>3</sup> Professora Doutora Engenheira de Alimentos. E-mail: carolina.melo@satc.edu.br

<sup>4</sup> Professora Mestra Engenheira de Materiais. E-mail: morgana.sartor@torredic.com.br

<sup>5</sup> Professora Doutora Engenheira de Materiais. E-mail: josiane.neves@satc.edu.br



um grande poder opacificante à tinta, e sua alta alvura, isto é, a intensidade da cor branca. Entretanto, o material se encontra insuficiente no mercado mundial para a utilização no setor de tintas, sendo assim, ocasiona uma elevação no custo comercial do pigmento e, logo, as empresas necessitam de uma redução no uso de  $TiO_2$  em seus produtos.

Por conseguinte, o atual trabalho surge com o propósito de amortizar a quantidade do pigmento dióxido de titânio em uma formulação de base epóxi branca, de uma empresa de tintas na região Sul Catarinense, a fim de reduzir o custo do produto, e, posteriormente, analisar a inserção desta base em formulações de tintas coloridas.

É conhecido que há uma grande dificuldade de substituição desse tipo de pigmento devido, principalmente, ao seu alto índice de refração. Em decorrência disso, o uso de extensores de dióxido de titânio, também chamados de *extenders*, vem sendo muito pesquisado com diversos materiais. Sendo assim, o presente projeto irá analisar a possibilidade da utilização de cargas minerais como extensores do pigmento.

Define-se que cargas minerais são materiais de origem mineral extraídas de jazidas e processadas pelas mais diversas operações unitárias para seu beneficiamento. Salienta-se ainda, que são empregadas em várias aplicações de distintas áreas industriais, das quais um dos setores que possuem maior utilização é a indústria de tintas.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo serão abordados os principais conteúdos relativos ao tema, como alguns componentes de uma tinta, cargas minerais utilizadas e ensaios realizados, com suas definições e importância.

### 2.1 TINTAS

Conforme Conceição (2006) e Alves (2012) a grande parte do que se conhece na atualidade é revestido por tintas. No decorrer do tempo as técnicas de pintura se desenvolveram, em outras palavras, onde eram utilizadas principalmente



para decoração, hoje, sabe-se que as tintas representam um lado funcional ao ambiente, proporcionando, por exemplo, iluminação e segurança, além de proteger os substratos e conferir propriedades ativas, como, condutoras, antiderrapantes, isoladoras, entre outras.

De acordo com Fazenda (2005), as tintas são formadas por uma dispersão de um ou mais pigmentos em um aglomerante líquido, que após desempenhar um processo de cura, quando for aplicada em camada fina, resulta em um filme opaco e aderente à superfície, que possui como propósito colorir, embelezar e proteger os substratos.

De acordo com Yamanaka (2006) e Fazano (1995) resinas, pigmentos, aditivos e solventes são os componentes básicos de uma tinta, porém ocasionais constituintes podem ser acrescentados a alguns tipos de tinta para atribuir propriedades especiais, como a carga mineral.

## 2.2 PIGMENTOS

Também chamados de elementos de cobertura, os pigmentos são partículas sólidas extremamente finas, dispersas e insolúveis no sistema, além de apresentar-se como não volátil. A matéria-prima é utilizada para gerar cor, consistência, durabilidade, opacidade e resistência mecânica à tinta (CASTRO, 2009; WILKER, 2001; ANGHINETTI, 2012).

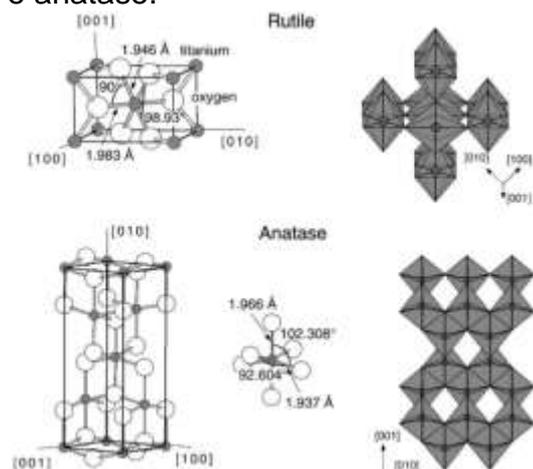
Existem três grandes conjuntos de pigmentos, que são os orgânicos, inorgânicos e os de efeito, como o alumínio metálico, por exemplo. Enfatiza-se que os inorgânicos proporcionam maior poder de cobertura e que o dióxido de titânio, incluso neste grupo, é o principal pigmento de coloração branca (YAMANAKA et. al, 2006, FAZANO, 1995; CASTRO, 2009).

Segundo Anghinetti (2012), a utilização do dióxido de titânio ( $TiO_2$ ) como principal pigmento em tintas é consequência da sua capacidade de melhorar a alvura, além da cobertura, opacidade e brilho. Em sua forma pura, o material é um sólido cristalino e incolor.

Conforme Diebold (2003), o pigmento é obtido da natureza sob a forma de três polimorfos, dois com estruturas tetragonais, o rutilo e o anatase, sendo que o primeiro é mais estável termodinamicamente, e um terceiro com estrutura

ortorrômbica, a broquita. Na Fig. 1 estão expostas as estruturas de uma única célula unitária de rutilo e anatase, juntamente com suas dimensões e ângulos das ligações dos átomos de titânio.

Figura 1: Estruturas dos polimorfos rutilo e anatase.



Fonte: Diebold (2003)

O rutilo possui uma estrutura mais compacta que a forma anatase, o que explica o seu elevado índice de refração, alta densidade e maior estabilidade, que por consequência leva ao seu maior poder opacificante e uso preferencial, quando comparado com o anatase, este possuindo uma maior brancura (FAZENDA, 1995; ANGHINETTI, 2012).

A Tab. 1 apresenta as principais propriedades do dióxido de titânio na forma rutilo.

Tabela 1: Propriedades típicas do pigmento dióxido de titânio na forma rutilo.

Propriedades	Especificações
Aparência	Pó branco brilhante
Índice de refração	2,71
% TiO <sub>2</sub>	80 – 98,5
Massa específica (kg.m <sup>-3</sup> )	3750 – 4150
Absorção ao óleo (%)	17 – 40

Fonte: Adaptado de Fazenda (2005)



### 2.3 CARGAS MINERAIS

Cargas minerais são geralmente pós brancos ou incolores empregados em formulações de tintas para melhorar propriedades como poder de cobertura, opacidade, tixotropia e reduzir o custo do produto, visto que possuem baixo valor quando comparado ao dióxido de titânio. Informa-se que as principais cargas minerais são os carbonatos, silicatos, sulfatos e óxidos (CONCEIÇÃO, 2006; KOLESKE, 1995; SEERING, 2013).

Para Karakaş e Çelik (2012), determinadas propriedades das cargas, tal como, morfologia e granulometria, bem como absorção ao óleo, interferem significativamente nas características finais do produto, como por exemplo, na flexibilidade e porosidade do filme, viscosidade, cobertura, alvura e brilho.

Declara-se que para obter uma maior opacidade da película seca, é necessário manter ar entre as superfícies da carga e da resina, o que ocasiona a dispersão da luz incidente. Tal ação está sujeita principalmente ao tamanho e forma da partícula da carga. Se for fina, a partícula da carga consegue se posicionar entre as partículas de dióxido de titânio gerando um espaço de ar entre elas, que, por conseguinte aumenta o poder de opacidade do filme (CASTRO, 2009; CIULLO, 1996).

Além da granulometria do material, outro aspecto de suma importância para atingir a alta opacidade de um filme de tinta é o índice de refração, visto que quanto maior o índice de refração da carga mineral utilizada, maior será o desvio da luz incidente. Tal aspecto é determinado por meio da Eq. (1) (SEERING, 2013; DALPIAZ, 2006).

$$\eta = \frac{c}{v} \quad (1)$$

Onde:

$\eta$  = índice de refração (---);

c = velocidade da luz no vácuo (m/s);

v = velocidade da luz no meio (m/s).

Em conformidade com Seering (2013), o alto índice de refração das partículas faz com que a luz incidente sofra um maior desvio, o que ocasiona um



menor trajeto dessa luz comparado com a película constituída por material de baixo índice de refração. Porém, em camada grossa, o filme com menor índice de refração continuará opaco e branco, contudo, ao ser aplicado em camada fina, deixará que a luz incidente atravesse a película e seja absorvida pelo substrato onde foi aplicada, resultando em um filme com cobertura inferior.

### 2.3.1 Talco

O talco é um silicato de magnésio hidroxilado, que possui composição teórica de  $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Possui granulometria muito fina e coloração de branco a branco acinzentado. A estrutura cristalina do talco é constituída de duas folhas de  $\text{SiO}_2$  entremeadas por camadas de hidróxido de magnésio, onde há apenas uma ligação fraca resultando em três camadas. Por conseguinte, é o mineral de menor dureza, com valor 1 na escala de Mohs, devido à baixa energia das ligações de Van der Waals que conectam as folhas de sílica de cada cristal. Possui massa específica de  $2800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  e três índices de refração, sendo um de 1,54 e dois de 1,59 (LUZ; LINS, 2005; ROTHON, 2002).

### 2.3.2 Caulim

O termo caulim é empregado para denominar um grupo de argilominerais, chamados de aluminossilicatos, originários da ação do intemperismo nos feldspatos. O mineral possui granulometria fina, composto por partículas empilhadas, de composição química  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , constituído principalmente de caolinita, podendo haver ou não outros minerais como haloisita e impurezas (CASTRO, 2009; LUZ; LINS, 2005).

A carga, por apresentar formato lamelar, proporciona um acabamento superficial de boa cobertura e mais uniforme em tintas. Outrossim, sua capacidade de absorção causa uma melhor aderência entre o polímero e as partículas, melhorando, como resultado, a resistência a abrasão. Sua morfologia confere ao caulim uma maior resistência a sedimentação (CASTRO, 2009; SANTANA, 2002; CALLISTER, 2008).



Segundo Dalpiaz (2006), são formados de empilhamentos de camadas elementares, estabelecida por uma camada de octaedros com alumínio no centro ( $\text{AlO}_6$ ) e outra adjacente de tetraedros com um silício no centro ( $\text{SiO}_4$ ).

A caolinita pode ter sua estrutura cristalina modificada por calcinação parcial ou total, ou seja, tem como objetivo remover parcial ou totalmente os grupos hidroxila da superfície, originando o caulim calcinado. A calcinação aumenta o brilho, opacidade, absorção ao óleo e dureza. Na Tab. 2 estão apresentadas algumas especificações do caulim calcinado (CIULLO, 1996; DALPIAZ, 2006; SANTANA, 2002).

Tabela 2: Propriedades do caulim calcinado.

Propriedades	Especificações
Massa específica ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	2630
Índice de refração	1,62
Dureza Mohs	6 – 8

Fonte: Adaptado de Ciullo (1996)

### 2.3.3 Barita

De acordo com Ciullo (1996), a barita é um mineral de coloração branca composto por sulfato de bário, de fórmula química simplificada  $\text{BaSO}_4$ , massa específica elevada de  $4500 \text{ kg.m}^{-3}$ , baixa dureza (3 – 3,5 Mohs) e índice de refração variando de 1,64 a 1,65.

Conforme Luz e Lins (2005), o mineral atua como carga de elevada alvura com função de conferir uma cobertura opaca, além de conferir uma superfície lisa e brilhante ao filme da tinta. Por outro lado, é capaz de produzir um elevado grau de durabilidade e impermeabilidade, devido à densidade de empacotamento da barita, que por consequência, atribui resistência a arranhões e diminui a absorção de umidade na superfície.

### 2.3.4 Carbonato de cálcio

O carbonato de cálcio natural é uma carga mineral bastante abrangente na natureza, conhecida como calcita, de fórmula química  $\text{CaCO}_3$  e estrutura romboédrica, adquirido da moagem do calcário, podendo passar por um tratamento superficial com estearato de cálcio, para proporcionar repelência a água e diminuir a



abrasão. É de coloração branca e de baixa absorção ao óleo (CASTRO, 2009; ROTHON, 2002). Na Tab. 3, demonstram-se as propriedades do carbonato de cálcio natural.

Tabela 3: Especificações da calcita.

Propriedades	Especificações
Massa específica (kg.m <sup>-3</sup> )	2700
Índice de refração	1,65 e 1,48 (birrefringente)
Dureza Mohs	3

Fonte: Adaptado de Rothon (2002)

O carbonato de cálcio natural é demasiadamente utilizado em tintas, salvo em sistemas bi-componentes que empregam ácidos para cura e polimerização. É a carga mais usada nas tintas como pigmento branco pelo motivo de possuir um baixo custo e elevado brilho para poder ser utilizado como extensor de dióxido de titânio. Além disso, possui também grande resistência ao intemperismo. Todavia, possui um baixo poder de cobertura e restringe a flexibilidade do filme (CASTRO, 2009; CIULLO, 1996; LUZ; LINS, 2005).

De acordo com Castro (2009), o mineral pode passar por uma série de reações químicas que objetivam deixá-lo mais puro, dando origem ao carbonato de cálcio precipitado, também denominado de carbonato de cálcio sintético. Possui propriedades diferentes, mas que consegue diminuir custos com a capacidade de suprir parcialmente os pigmentos de cobertura. Apresenta elevada alvura, baixa granulometria e alto poder de cobertura.

Conforme Ciullo (1996), a carga é produzida para aplicações que necessitem de brilho mais elevado, menor dimensão de partícula, menor abrasividade, maior pureza e maior área de superfície do que o carbonato de cálcio natural, e ainda, proporcionam uma maior extensão de TiO<sub>2</sub>, isto é, possuem capacidade superior de substituir parcialmente o dióxido de titânio na formulação.

### 2.3.5 Agalmatolito

Agalmatolito é uma rocha metamórfica formada principalmente por dois filossilicatos de alumínio, o primeiro sendo a pirofilita, de fórmula molecular Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.4SiO<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O, com índice de refração de 1,53 a 1,60, e o segundo sendo a moscovita, de fórmula molecular K<sub>2</sub>O.3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.6SiO<sub>2</sub>.H<sub>2</sub>O, com índice de refração



variando de 1,55 a 1,61, em conjunto com outros minerais como turmalina, sericita, feldspato e quartzo (LUZ; LINS, 2005; MACHADO; BARRANCOS, 2017).

Castro (2009) explica que suas características físicas e químicas, tais como, baixa abrasividade, inércia química frente ao ataque ácido, alta alvura, elevado poder de absorção ao óleo, grande potencial de difusão como pigmento e brilho intenso o tornam um excelente material para a indústria de tintas. Ainda destaca que por sua partícula ser lamelar confere um acabamento mais nivelado e com boa cobertura, além de contribuir na resistência contra a sedimentação.

## 2.4 PROPRIEDADE DAS TINTAS

Conceição (2006) afirma que para a aprovação de uma tinta é necessário realizar e considerar uma série de propriedades na película seca, assim como na tinta líquida. Para que o produto seja avaliado apropriado à sua aplicação no mercado, devem-se seguir especificações de parâmetros ópticos, aplicabilidade, rendimento, durabilidade e resistência, por exemplo. Dessa forma, a seguir serão apresentadas as principais propriedades relacionadas ao controle de qualidade de uma tinta.

### 2.4.1 Massa específica

Segundo Van Wylen, Sonntag e Borgnakke (2003), a massa específica independe das dimensões da amostra, isto é, é uma propriedade intensiva da matéria. É definida como a razão entre a massa de um elemento e seu volume. Seu cálculo é realizado por meio da Eq. (2).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

Onde:

$\rho$  = massa específica ( $\text{kg.m}^{-3}$ );

$m$  = massa (kg);

$v$  = volume ( $\text{m}^3$ ).

### 2.4.2 Viscosidade

A viscosidade é a propriedade que define a resistência que o fluido oferece à força cisalhante, ou seja, mensura a resistência da tinta ao escoamento ou aos movimentos internos de suas moléculas umas em relação às outras e é responsável pela constituição de uma película homogênea ao substrato (CONCEIÇÃO, 2006; GOMES, 2012; BELTRAN, 2005).

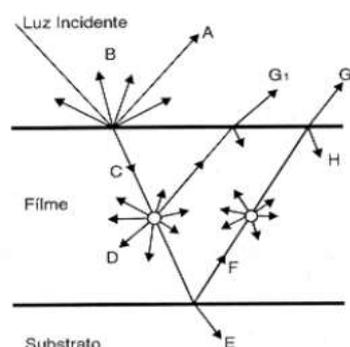
### 2.4.3 Poder de cobertura

Em concordância com Fazenda (2005), o poder de cobertura é uma propriedade interligada com a opacidade da tinta. É determinado como a capacidade do filme seco em ocultar o substrato ou demãos anteriores em que foi aplicado. Depende da qualidade do pigmento, bem como da aptidão da película em espalhar ou absorver a luz. Antes de a luz ser refletida ou absorvida pelo substrato, ela é refratada e refletida várias vezes. A circunstância está ilustrada na Fig. 2.

Figura 2: Comunicação entre a luz incidente, filme de tinta e substrato.

- A - Luz refletida
- B - Difusão
- C - Parte da luz incidente
- D - Espalhamento ou absorção
- E - Absorvida pelo substrato
- F - Refletida pelo substrato
- G - Reemergida do filme
- H - Reflexão interna

Fonte: Fazenda (2005)



### 2.4.4 Brilho

Brilho se define como o grau de reflexão da luz em um substrato pintado, medido em unidades de brilho (UB). É mensurado por uma quantidade conhecida de luz em uma superfície e pela quantificação da refletância. São analisados por medidores de brilho (*glossmeters*) que direcionam uma luz em um ângulo específico, que pode ser de 20°, 60° ou 85°, sendo que a escolha do ângulo é determinada pela superfície onde a tinta será aplicada (ABNT, 2004).

Os metais são menos dependentes do ângulo de iluminação do que os



não-metals, visto que possuem uma reflexão muito maior. Declara-se ainda, que, para metais, o equipamento mais comumente utilizado é o *glossmeter* com ângulo de luz incidente de 60°, empregado para todos os níveis de brilho (KRANKEL, 2017).

#### **2.4.5 Cor**

Quimicamente é a decorrência de uma reação que sucede com determinadas moléculas, ocasionando grupos que emitem radiação particular quando excitados eletronicamente. Pode-se dizer então, que cor é o efeito das ondas de luz visível que ilumina um objeto onde uma fração dessa luz é refletida enquanto outra é absorvida, no qual a cor do objeto é decorrente da parte refletida (FAZENDA, 2005; FARKAS, 2003).

#### **2.4.6 Força de tingimento**

De acordo com Fatarelli (2016), força de tingimento, também distinguida como força tintorial ou colorística, é o poder de tingimento que um corante ou pigmento possui. É apurada como o número de frações de dióxido de titânio empregado na combinação com uma parte de pigmento colorido, em outras palavras, ela determina a quantidade de pigmento que é demandada para causar uma correta intensidade de cor, relaciona-se a capacidade do produto em alcançar a coloração adequada ao final da aplicação.

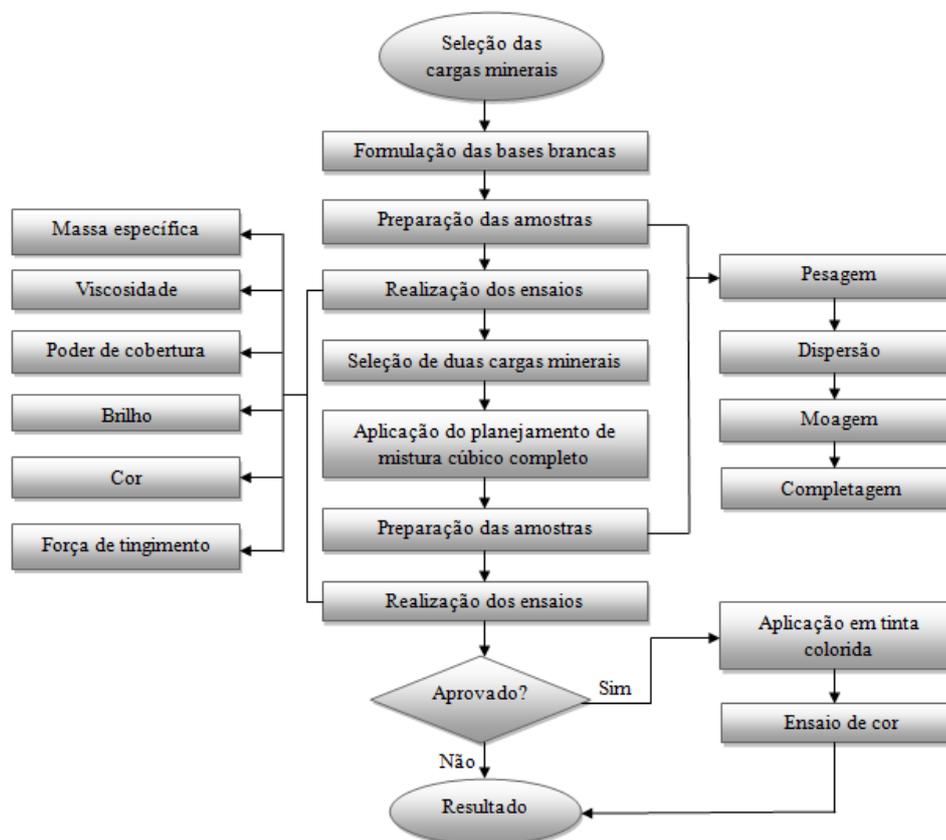
### **3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS**

Neste trabalho foram realizadas diferentes formulações substituindo uma quantidade de dióxido de titânio na formulação padrão de uma base epóxi branca por distintas cargas minerais, comparando a intervenção das mesmas nas propriedades da tinta. Após a coleta dos dados, duas cargas minerais foram escolhidas e aplicadas em um planejamento de mistura cúbico completo para a seleção da melhor composição.

Os ensaios foram realizados no laboratório de desenvolvimento de tintas da Empresa Farben S/A Indústria Química, que também foi a fornecedora das

matérias-primas utilizadas. Na Fig. 3, em forma de fluxograma, estão apresentadas as etapas executadas para obtenção dos resultados finais.

Figura 3: Fluxograma do trabalho.



Fonte: Do autor (2017)

### 3.1 SELEÇÃO DAS CARGAS MINERAIS

Inicialmente, realizou-se a seleção das cargas minerais a serem analisadas. É conhecido que as cargas com maior alvura são as mais procuradas para serem utilizadas como extensoras de  $\text{TiO}_2$ , bem como as que possuem elevado índice de refração para obter um maior poder de cobertura.

Nessa etapa do trabalho foi realizado um levantamento das propriedades e características das cargas minerais abordadas na seção 2, juntamente com as informações dos certificados de qualidade, disponibilizados pelos fornecedores, das possíveis cargas minerais a serem utilizadas no trabalho. A Tab. 4 apresenta de forma objetiva esses dados.

Foram analisadas as seguintes cargas minerais:



- Talco (Ta);
- Caulins calcinados (CC1 e CC2), adquiridos de dois fornecedores diferentes;
- Barita (Ba);
- Carbonato de cálcio natural (GCC);
- Carbonato de cálcio precipitado (PCC); e
- Agalmatolito (Ag).

Tabela 4: Informações cedidas pelos fornecedores das cargas minerais.

Carga mineral	Custo por kg (R\$)	Peneira (mesh) – Resíduo (%)	Densidade aparente (kg.m <sup>-3</sup> )	Absorção ao óleo (%)	Umidade (%)
Ta	0,3923	# 635 – 0,48	952	22,38	0,12
CC1	1,5907	# 325 – 0,01	420	-	0,67
CC2	1,9401	# 325 – 0,00	310	45,50	0,60
Ba	1,7640	# 400 – 0,00	1670	12,25	0,22
GCC	0,1417	# 400 – 0,39	1220	23,26	0,10
PCC	1,1025	# 325 – 0,05	440	-	0,48
Ag	0,5110	# 500 – 1,50	-	39,00	-

Fonte: Do autor (2017)

Para efeito de comparação, na Tab. 5 estão expostas as informações do dióxido de titânio rutilo que será utilizado nos posteriores ensaios.

Tabela 5: Informações cedidas pelo fornecedor do dióxido de titânio.

Parâmetro	Valor
Custo por kg (R\$)	9,9040
Peneira (mesh) – Resíduo (%)	# 325 – 0,01
Densidade aparente (kg.m <sup>-3</sup> )	-
Absorção ao óleo (%)	18,00
Umidade (%)	0,30

Fonte: Do autor (2017)

### 3.2 FORMULAÇÕES DAS BASES EPÓXI BRANCAS

Depois de selecionadas as cargas, elaboraram-se sete formulações (A-G), alterando a quantidade de carga mineral e dióxido de titânio na formulação padrão (P) da base epóxi branca, conforme Tab. 6.



Tabela 6: Formulação padrão e variações realizadas.

MP	P (%)	A (%)	B (%)	C (%)	D (%)	E (%)	F (%)	G (%)
Resinas	39,54	39,54	39,54	39,54	39,54	39,54	39,54	39,54
Solventes	30,70	30,70	30,70	30,70	30,70	30,70	30,70	30,70
Aditivos	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76	1,76
TiO <sub>2</sub>	20,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00
CC1	-	3,00	-	-	-	-	-	-
CC2	-	-	3,00	-	-	-	-	-
GCC	-	-	-	3,00	-	-	-	-
PCC	-	-	-	-	3,00	-	-	-
Ag	-	-	-	-	-	3,00	-	-
Ta	-	-	-	-	-	-	3,00	-
Ba	-	-	-	-	-	-	-	3,00

Fonte: Do autor (2017)

Ao obterem-se todos os resultados dos ensaios realizados, foram escolhidas duas cargas minerais para aplicação de um planejamento de mistura cúbico completo, onde se realizaram composições com variações de percentuais de 0 a 3% de carga mineral, de acordo com a Tab. 7.

Nesse planejamento foi estipulado como resultados principais a minimização do custo e restrição na força de tingimento, ou seja, obtenção de valores entre 98 a 102%.

Tabela 7: Aplicação do planejamento de mistura cúbico completo.

Amostra	TiO <sub>2</sub> (%)	Carga mineral 1 (%)	Carga mineral 2 (%)
1	18,000	1,000	1,000
2	17,000	2,000	1,000
3	19,000	0,000	1,000
4	18,000	0,000	2,000
5	17,000	1,000	2,000
6	20,000	0,000	0,000
7	17,000	3,000	0,000
8	17,000	0,000	3,000
9	19,000	1,000	0,000
10	18,000	2,000	0,000
11	17,000	1,500	1,500
12	19,000	0,500	0,500
13	17,500	2,000	0,500
14	17,500	0,500	2,000
15	18,500	1,500	0,000
16	18,000	1,000	1,000
17	18,000	1,000	1,000
18	18,000	1,000	1,000
19	18,000	1,000	1,000
20	18,000	1,000	1,000

21	18,000	1,000	1,000
22	20,000	0,000	0,000
23	17,000	0,000	3,000
24	17,000	3,000	0,000

Fonte: Do autor (2017)

### 3.3 PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Foram produzidas 300 g de cada amostra em escala laboratorial, passando basicamente por quatro etapas, que são: pesagem, dispersão, moagem e completagem.

A pesagem foi realizada em balança de precisão com duas casas decimais, onde todas as matérias-primas das formulações foram medidas.

Já na etapa de dispersão, realizou-se a mistura do dióxido de titânio, carga mineral, resinas, solventes e aditivos. A dispersão se sucedeu por meio de um dispersor do tipo *cowles* (Fig. 4), que consiste em um disco circular com dentes alternando para cima e para baixo, em alta rotação (1500 rpm) por 30 min.

Figura 4: Dispersor *cowles*.



Fonte: Do autor (2017)

O processo de moagem foi efetuado por meio do equipamento *red devil* (Fig. 5), que atua como um agitador. O produto após a dispersão foi inserido dentro de um frasco de vidro juntamente com esferas de óxido de zircônio medindo 1,8 mm a 2,0 mm e posto no *red devil*, onde ficou em agitação por 60 min, que causou a redução das partículas de pigmento e carga para aproximadamente 15  $\mu$ m.

Figura 5: *Red devil*.



Fonte: Do autor (2017)

Por fim, na completagem foi adicionado o restante dos itens da formulação, como resinas, solventes e aditivos, sendo homogeneizados novamente no dispersor *cowles*, porém, agora com rotação de apenas 700 rpm por 5 min.

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DA TINTA

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

#### 3.4.1 Massa específica

A determinação da massa específica foi feita a temperatura de 25 °C, utilizando-se um picnômetro de 100 cm<sup>3</sup>, onde primeiramente é obtida a massa do picnômetro vazio com o auxílio da balança de precisão, posteriormente é preenchido com o produto a ser ensaiado e novamente mensurado sua massa. Por fim, a massa específica é determinada pela diferença entre as massas dos picnômetros cheio e vazio, dividindo-se o valor por seu volume.

#### 3.4.2 Viscosidade

Realizou-se o ensaio por meio do Copo Ford nº 04, na temperatura de 25 °C. O equipamento consiste em um recipiente com capacidade de 100 cm<sup>3</sup> de fundo cônico e um pequeno orifício de 4,0 mm na parte inferior do objeto.



O teste constitui em vedar o orifício com o dedo, encher o Copo Ford nº 04 completamente com o produto a ser ensaiado e, em seguida, retirar o dedo. No mesmo momento, com um cronômetro, medir o tempo que o material leva para escoar totalmente no recipiente, sendo este o valor da viscosidade.

### 3.4.3 Poder de cobertura (PC) e cor

Para a análise do poder de cobertura e da cor, as amostras foram catalisadas e aplicadas em cartela leneta, com o extensor de barra fixa de 100  $\mu\text{m}$  juntamente com o padrão. Após a aplicação, elas ficaram fora da estufa por 10 min e dentro da estufa por 60 min a 60 °C. Ao fim, realizaram-se as leituras no espectrofotômetro *X-Rite Color-i5*.

Na mensuração do PC, cada extensão é lida no espectrofotômetro e seus valores são dados em percentagem, onde 100% significa a cobertura total da tarja preta da cartela leneta.

Já no ensaio de cor, os valores são obtidos pelo equipamento como  $\Delta a$  (amostra mais vermelha ou mais verde que o padrão),  $\Delta b$  (amostra mais amarela ou mais azul),  $\Delta L$  (amostra mais clara ou mais escura) e  $\Delta E$ , que são variações de tonalidades comparadas ao padrão. Porém, no presente trabalho, foram somente avaliados os valores de  $\Delta E$ , que mensura a diferença de tonalidade, no geral, quando comparada ao padrão.

### 3.4.4 Força de tingimento (FT)

Para o ensaio de força de tingimento, realizou-se uma mistura com 40 g da base em teste, 9,5 g de catalisador epóxi poliamida e 0,5 g de concentrado verde.

Após homogeneizada, a amostra teste e a amostra padrão foram aplicadas lado a lado em cartela leneta, com o extensor de barra fixa de 100  $\mu\text{m}$ , sobre uma superfície plana.

Depois de aplicado, se fez necessário o aguardo da cartela 10 min fora da estufa e 60 min dentro da estufa a 60 °C para proceder com a leitura dos ensaios no espectrofotômetro *X-Rite Color-i5*.



Para a medição da FT, cada extensão foi lida e comparada com a leitura do padrão. O equipamento disponibiliza um valor de quanto o concentrado verde está tingindo a base branca, ou seja, se o valor for maior que 100%, menor é a força de tingimento da base epóxi branca.

### 3.4.5 Brilho

No ensaio do brilho, as amostras testes e padrão foram catalisadas e aplicadas em vidros de fundo preto com o auxílio do extensor de barra fixa de 100  $\mu\text{m}$ .

Após a cura da tinta epóxi, mensurou-se o brilho com o medidor de brilho *GlossMeter GM-268*, no ângulo de luz incidente de 60°.

## 3.5 APLICAÇÃO EM TINTA COLORIDA

Por meio do planejamento de mistura cúbico completo, selecionou-se a melhor formulação aprovada nos ensaios anteriores e avaliou-se a mesma dentro de um esmalte epóxi vermelho com 7% da base epóxi branca, para ser desempenhado, novamente, o ensaio de cor.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados das formulações iniciais, realizadas com todas as cargas minerais selecionadas, estão expostos na Tab. 8. Observa-se que a massa específica, viscosidade, poder de cobertura e brilho não apresentaram alterações significativas, visto que todas as amostras se apresentaram semelhantes ao padrão.

Vale ressaltar que o valor de massa específica pode haver variação, para mais ou para menos em relação ao padrão, de 30  $\text{kg}/\text{m}^3$ , assim como o brilho uma diferença de 3 UB. Do mesmo modo, a viscosidade pode ser considerada aprovada quando estiver em uma faixa de 70 a 80 segundos, já o poder de cobertura não deve ser inferior em 5% comparado ao padrão.



Da mesma forma, para o ensaio de cor os resultados são satisfatórios, com exceção da amostra E (Ag), que apresentou um  $\Delta E$  maior que 0,50, excedendo o limite permitido para sua aprovação.

Tabela 8: Valores encontrados dos ensaios realizados.

Amostra	Massa específica (kg/m <sup>3</sup> )	Viscosidade (s)	PC (%)	FT (%)	Brilho (UB)	$\Delta E$
P	1187	72	85,62	100,00	102	E
A	1182	73	84,45	111,40	102	0,45
B	1182	71	85,93	105,40	101	0,22
C	1178	70	84,11	111,00	103	0,45
D	1180	73	84,20	103,90	102	0,46
E	1182	72	83,12	107,73	103	0,62
F	1183	71	84,26	107,28	101	0,37
G	1186	72	85,07	107,27	102	0,07

Fonte: Do autor (2017)

Por outro lado, valores de força de tingimento não foram considerados aceitáveis, em virtude de apresentarem valores distantes do padrão, visto que a faixa tolerada é de 98 a 102%. Contudo, as amostras B (CC2) e D (PCC) se evidenciaram oportunos para a inserção na formulação.

Em consequência disso, as duas cargas minerais foram as escolhidas para serem aplicadas no planejamento de mistura cúbico completo, cujos resultados estão expostos na Tab. 9, onde “Carga mineral 1” e “Carga mineral 2”, abordadas na Tab. 7, passam a ser nomeadas de CC2 e PCC, respectivamente.

Conforme a Tab. 9, é visível que, similarmente aos resultados das formulações iniciais demonstrados na Tab. 8, valores de massa específica, viscosidade, poder de cobertura, brilho e cor não sofreram grandes alterações com a substituição do pigmento por caulim calcinado 2 (CC2) e carbonato de cálcio precipitado (PCC). Porém, valores de força de tingimento obtiveram uma grande faixa de variação em relação ao padrão.

Ao se analisar as amostras 1, 16, 17, 18, 19, 20 e 21, todas com composições iguais de 18% de TiO<sub>2</sub>, 1% de CC2 e 1% de PCC, nota-se uma variação de seus resultados, principalmente nos parâmetros onde houve aplicação das amostras para a leitura de seu valor. Tais variações ocorreram devido à diferença de pressão ocasionada ao aplicar-se o produto com o extensor de barra fixa de 100  $\mu$ m, visto que todas as aplicações foram realizadas manualmente.

Tabela 9: Resultados encontrados por meio do planejamento cúbico completo.

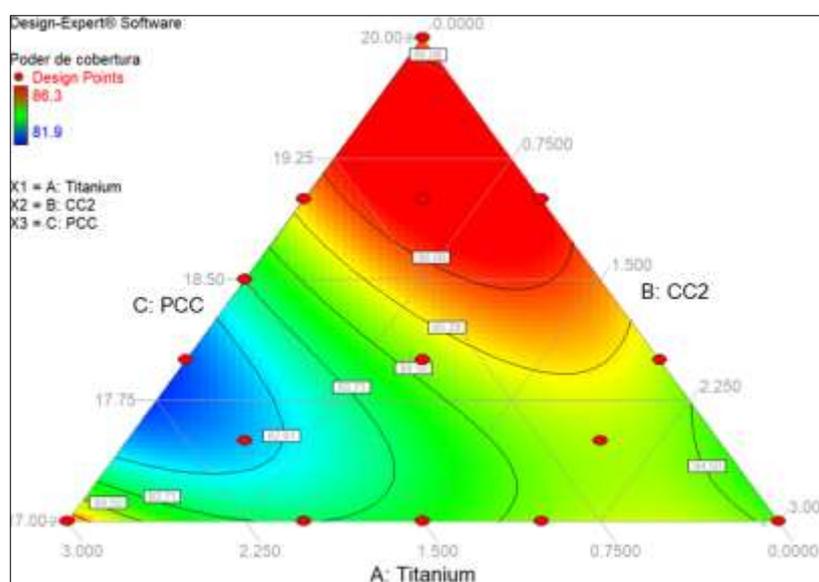


Amostra	Massa específica (kg.m <sup>-3</sup> )	Viscosidade (s)	PC (%)	FT (%)	Brilho (UB)	ΔE	Custo (R\$.kg <sup>-1</sup> )
1	1184	70	84,60	102,74	101	0,18	6,9393
2	1174	71	83,80	109,00	102	0,38	6,8597
3	1176	70	86,30	105,00	100	0,16	7,0190
4	1182	70	85,70	101,00	102	0,15	6,9310
5	1174	71	85,94	110,00	102	0,23	6,8513
6	1182	72	85,62	100,00	102	0,00	7,1070
7	1182	71	85,93	105,40	101	0,22	6,8681
8	1180	73	84,20	103,90	102	0,46	6,8429
9	1183	77	85,40	101,55	102	0,22	7,0273
10	1180	72	81,90	102,90	102	0,45	6,9477
11	1185	76	83,45	103,25	102	0,24	6,8555
12	1184	73	85,62	103,00	102	0,04	7,0232
13	1180	74	81,91	106,70	101	0,04	6,9037
14	1176	73	82,60	104,90	100	0,46	6,8911
15	1181	75	84,40	102,60	101	0,26	6,9875
16	1185	72	85,72	103,86	103	0,04	6,9393
17	1184	70	85,89	100,68	102	0,18	6,9393
18	1184	71	83,30	102,65	102	0,17	6,9393
19	1185	71	84,50	101,98	102	0,18	6,9393
20	1184	73	86,15	102,43	102	0,07	6,9393
21	1185	72	85,20	104,81	103	0,26	6,9393
22	1182	73	85,80	100,00	102	0,00	7,1070
23	1180	72	84,40	104,20	102	0,48	6,8429
24	1182	71	85,78	105,90	101	0,23	6,8681

Fonte: Do autor (2017)

Para melhor visualização e efeito explicativo, os resultados foram alimentados no *software Design-Expert*, que apresentou a superfície de resposta derivada do modelo que apresenta a melhor opção de substituição parcial do dióxido de titânio. Na Fig. 6, pode-se visualizar o comportamento do poder de cobertura ao se alterar as composições do sistema. É possível observar que substituições menores de TiO<sub>2</sub> acarretam em um maior poder de cobertura, se destacando as amostras com maior quantidade de PCC, visto que é possível obter um maior percentual de troca do que o CC2 sem afetar o poder de cobertura. Porém, como foram relatadas anteriormente, tais variações do percentual de poder de cobertura não foram significativas nas formulações realizadas, corroborando com a análise de variância (ANOVA) que apresentou um coeficiente de regressão (R<sup>2</sup>) igual a 58,69%.

Figura 6: Poder de cobertura.

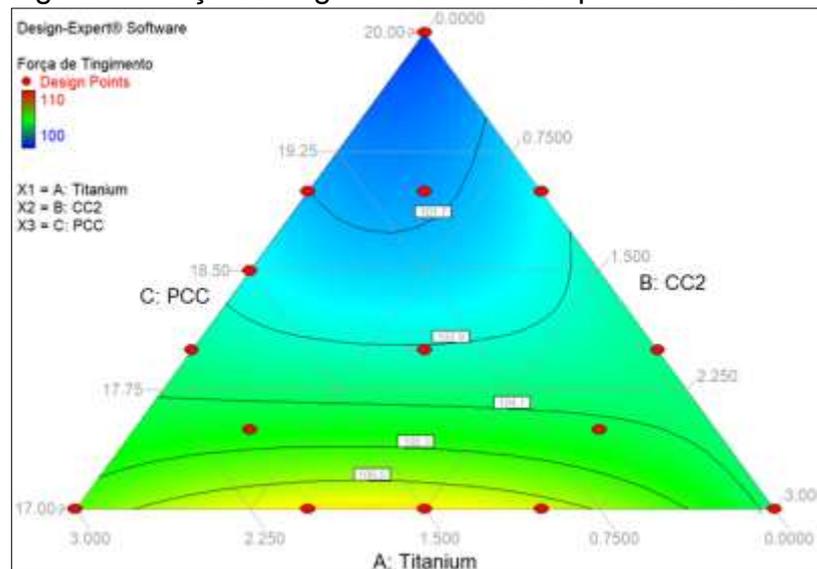


Fonte: Do autor (2017)

Na Fig. 7, é possível observar a variação de força de tingimento em relação às formulações realizadas por meio do planejamento de mistura cúbico completo. A análise de variância (ANOVA) mostrou que os valores não foram significativos, por haver um baixo valor de coeficiente de regressão ( $R^2$ ) igual a 58,11%, devido às variações dos resultados encontrados, indicando a necessidade de se realizarem novos estudos com percentuais diferentes dos abordados no presente trabalho. Porém, o modelo apresentado se demonstrou significativo, visto que ao estudar o topo do gráfico, pode-se notar que a substituição parcial do pigmento pelas cargas minerais faz com que a força de tingimento da base epóxi branca diminua, além de ser possível observar também que o CC2 possui uma força de tingimento levemente maior que o PCC.

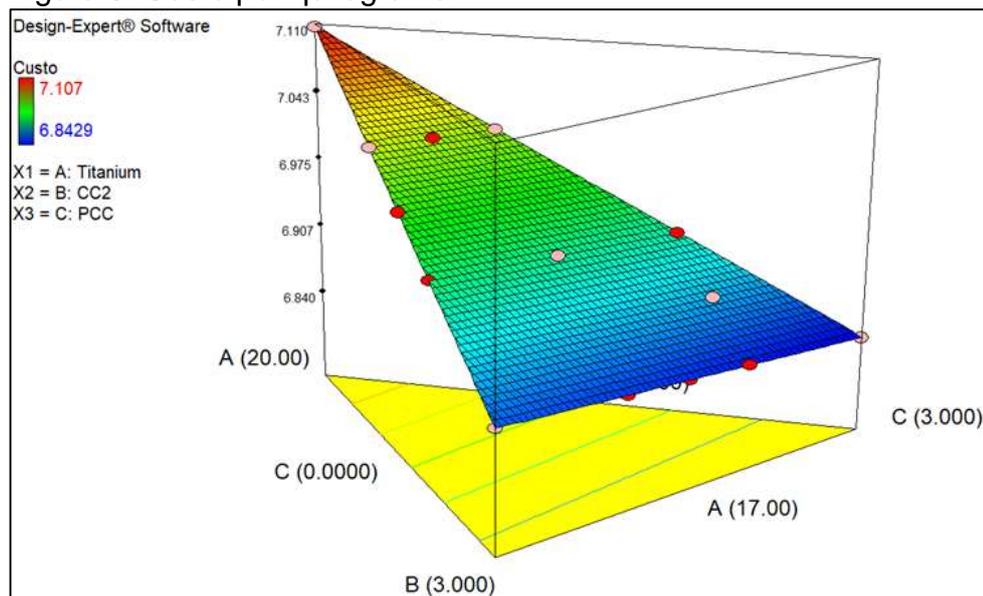
Similarmente, um ponto de suma importância a ser analisado e considerado é o custo do produto após as substituições de pigmentos por cargas minerais, desse modo, a Fig. 8 vem com o objetivo de expor a variação de custo do material em diferentes proporções de pigmento e cargas minerais. Pode-se analisar que o custo decresce linearmente a partir do momento que se retira dióxido de titânio da formulação e insere-se CC2 e PCC. É possível observar que o menor custo foi encontrado na substituição de 3% de  $TiO_2$  por PCC, no valor de R\$ 6,8429.

Figura 7: Força de tingimento da base epóxi branca.



Fonte: Do autor (2017)

Figura 8: Custo por quilograma.



Fonte: Do autor (2017)

Com as análises realizadas por meio dos gráficos plotados, o *software Desing-Expert* indicou uma resposta de otimização, com desejabilidade de 0,737 que estão expostas na Fig. 9. Essa resposta apresentou um custo final de R\$ 6,843, indicando uma formulação com substituição de apenas 3% por PCC.

Figura 9: Resposta de otimização da formulação.



Fonte: Do autor (2017)

Porém, analisando também a Tab. 9, as amostras com melhor desempenho, ou seja, as que apresentaram valores entre 98 a 102% de FT, conforme solicitação inicial no planejamento, foram as amostras 4 (2% de PPC) cujo valor encontrado foi 101,00%, 9 (1% de CC2) que apresentou 101,55% e as amostras 17 e 19 (ambas com 1% de CC2 mais 1% de PCC) com valores de 100,68% e 101,98%, respectivamente.

Com base nesses resultados, optou-se substituir 2% do pigmento  $\text{TiO}_2$ , por 1% de CC2 e 1% de PCC para a aplicação na tinta colorida. Tal composição obteve um custo final de R\$ 6,9393, uma redução de apenas 2,36%, mas com uma amortização de R\$ 10,11 mil anualmente, em uma produção média de 60,288 mil kg do produto.

A Fig. 10 apresenta a extensão efetuada após a aplicação da base branca em um esmalte epóxi vermelho, no qual apresentou um  $\Delta E$  de 0,36, sendo aprovada para sua substituição.

Figura 10 – Esmalte epóxi vermelho sem (P) e com (T) substituição de  $\text{TiO}_2$ .



Fonte: Do autor (2017)

## 5 CONCLUSÕES

O resultado do estudo obteve sucesso em seu desempenho, visto que não apresentou diferença expressiva nas características do produto final. A amortização do custo não foi considerada de extrema relevância, contudo, não deixa de ser uma redução e, ainda, deve-se destacar que o pigmento  $\text{TiO}_2$  se encontra insuficiente no mercado mundial para o setor de tintas, o que poderá acarretar a ascensão do seu valor comercial.

Vale ressaltar que não foi possível realizar um estudo aprofundado das intervenções das cargas minerais com os percentuais abordados no presente planejamento de mistura por consequência das variações encontradas dos resultados nos ensaios executados, devendo-se realizá-lo com uma faixa mais ampla de percentual de composição, bem como desempenhar a pesquisa e o planejamento de mistura com outras cargas minerais ou produtos específicos modificados industrialmente para utilização como extensores de dióxido de titânio.



## REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 15.156**: Pintura industrial – Terminologia. Rio de Janeiro, 2004. 8 p.
- ALVES, H., **Uma breve história das tintas e da sua relação com aditivos e cores**. Disponível em: <<http://www.epoxipiso.com.br/2012/07/uma-breve-historia-das-tintas-e-da-sua.html>>. Acesso em: 22 abr. 2017.
- ANGHINETTI, I. C. B. **Tintas, suas propriedades e aplicações imobiliárias**. Monografia (Especialização em Construção Civil). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 62 f., 2012. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/90.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2017.
- BELTRAN, D. M. **Quick, easy, accurate, meaningful: what a viscosity measurement should be**. Paint & Coatings Industry, 2005. Disponível em: <<http://www.pcimag.com/articles/82821-quick-easy-accurate-meaningful-what-a-viscosity-measurement-should-be>>. Acesso em: 07 mai. 2017.
- CALLISTER, W. D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- CASTRO, C. D. **Estudo da influência das propriedades de diferentes cargas minerais no poder de cobertura de um filme de tinta**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica Extrativa e Tecnológica Mineral). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 140 f., 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/37394/000818735.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 22 abr. 2017.
- CIULLO, P. A. **Industrial minerals and their uses: a handbook and formulary**. 1ª ed. Nova Jérsei: Noyes Publication, 1996.
- CONCEIÇÃO, P. R. N. **Utilização de análise multivariada de dados na otimização de misturas de minerais industriais para a formulação de tintas**. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica Extrativa e Tecnológica Mineral). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 147 f., 2006. Disponível em: <[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TESE%20PAULONC%20COMPLETA%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/TESE%20PAULONC%20COMPLETA%20(4).pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2017.
- DALPIAZ, G. **Estudo do efeito de cargas minerais em compósitos poliméricos particulados em matriz de polipropileno**. Tese (Doutor em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 170 f., 2006. Disponível em: <<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/000550509.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2017.
- DIEBOLD, U. **The surface science of titanium dioxide**. Surface Science Reports. n. 48, p. 53-229, 2003. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Ulrike\\_Diebold3/publication/229022686\\_The\\_Surface\\_Science\\_of\\_Titanium\\_Dioxide/links/5527cebf0cf29b22c9b95b8e.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ulrike_Diebold3/publication/229022686_The_Surface_Science_of_Titanium_Dioxide/links/5527cebf0cf29b22c9b95b8e.pdf)>. Acesso em: 22 abr. 2017.



FARKAS, C. **Curso sobre aplicações em colorimetria e aparência na indústria.** Tecnocor Serviços S/C Ltda, 2003. Disponível em: <<http://www.winstongomes.com.br/wp-content/uploads/Apostila-Colorimetria.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2017.

FATARELLI, L. A. **Força tintorial ou força colorística ou poder de tingimento de um colorante.** 2016. Disponível em: <<https://pt.linkedin.com/pulse/for%C3%A7a-tintorial-ou-color%C3%ADstica-poder-de-tingimento-um-fatarelli>>. Acesso em: 13 mai. 2017.

FAZANO, C. A. T. V. **Tintas: métodos de controle de pinturas e superfícies.** 1ª ed. São Paulo: Hemus, 1995.

FAZENDA, J. M. R. **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia.** 3ª ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2005.

GOMES, M. H. R. **Apostila de mecânica dos fluidos.** Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 79f., 2012. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2012/09/Apostila-de-Mec%C3%A2nica-dos-Fluidos.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2017.

KARAKAŞ, F.; ÇELİK, M. S. **Effect of quantity and size distribution of calcite filler on the quality of water borne paints.** Progress in Organic Coatings, v. 74, n. 3, p. 555-563, 2012. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/257124038\\_Effect\\_of\\_quantity\\_and\\_size\\_distribution\\_of\\_calcite\\_filler\\_on\\_the\\_quality\\_of\\_water\\_borne\\_paints](https://www.researchgate.net/publication/257124038_Effect_of_quantity_and_size_distribution_of_calcite_filler_on_the_quality_of_water_borne_paints)>. Acesso em: 23 abr. 2017.

KOLESKE, J. V. **Paint and coating testing manual.** 14ª ed. Filadélfia: ASTM International, 1995.

KRÄNKEL, F. **Desenvolvimento tecnológico DT-12: Pintura industrial com tintas líquidas.** Seção de marketing da WEG Tintas Ltda, rev. 4. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-apostila-curso-dt-12-pintura-industrial-com-tintas-liquidas-treinamento-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2017.

LUZ, A. B.; LINS, F. A. F. **Rochas & minerais industriais: usos e especificações.** 1ª ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2005.

MACHADO, F. B.; BARRANCOS, J. T. G. **Descrição sistemática das propriedades ópticas dos principais minerais formadores de rochas.** Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/petrologia/nardy/bdindice.html>>. Acesso em: 28 mai. 2017.

ROTHON, R. N. **Particulate fillers for polymers.** Rapra Review Reports, v. 12, n. 9, 2002. Disponível em: <<http://www.polymerjournals.com/pdfdownload/844670.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2017.



SANTANA, E. R. R. **Caracterização e reconstrução mineralógica de carvão, caulim, calcários e de cinzas sulfatadas geradas à temperatura de um leito fluidizado visando sua aplicação na indústria cimenteira.** Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 200 f., 2002. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/000376268.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2017.

SEERING, R. **Estudo da influência de cargas minerais utilizadas em tintas imobiliárias.** TD (Trabalho de Diplomação em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 33 f., 2013. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85664/000908932.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 set. 2017.

VAN WYLEN, G. J.; SONNTAG, R. E.; BORGNAKKE, C. **Fundamentos da termodinâmica.** 6ª ed. São Paulo: Edgar Blücher, 2003.

WILKER, G. **Dispersão de pigmentos em tintas,** Revista Tintas e Vernizes, junho/julho, p. 40-43, 2001.

YAMANAKA, H. T.; BARBOSA, F. S.; BETTIOL, N. L. S.; TAMDJIAN, R. M.; FAZENDA, J.; BONFIM, G.; FURLANETI, F.; SILVA, L. E. P.; MARTINS, J.; SICOLIN, A.; BEGER, R. **Tintas e vernizes: guia técnico ambiental tintas e vernizes – série P + L.** 1ª ed. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2006.

### AGRADECIMENTOS

Agradece-se a Empresa Farben S/A Indústria Química por disponibilizar os insumos necessários para o presente projeto, bem como o ambiente e os equipamentos indispensáveis para a execução dos ensaios.