



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
ENG07053 - TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO EM ENGENHARIA
QUÍMICA



Estudo da influência de cargas minerais utilizadas em tintas imobiliárias

Autor: Rafael Seerig

Orientador: Pedro Juarez Melo

Porto Alegre, julho de 13

Sumário

Sumário	ii
Agradecimentos	iv
Resumo	v
Lista de Figuras	vi
Lista de Tabelas	vii
Lista de Símbolos	viii
Lista de Abreviaturas e Siglas	ix
1 Introdução	1
2 Revisão Bibliográfica	2
2.1 Poder de cobertura	2
2.2 Aspectos ópticos	3
2.2.1 Refração	3
2.2.2 Reflexão	5
2.2.3 Difração	6
2.3 Conceitos importantes	6
2.3.1 Pigmento	6
2.3.2 Concentração volumétrica de pigmento	7
2.3.3 Absorção em óleo	8
2.3.4 Linha de tintas semi-brilho premium	8
2.4 Cargas minerais	9
2.5 Fatores relevantes na escolha de uma carga mineral	9
2.5.1 Alvura	9
2.5.2 Granulometria	10
2.5.3 Floculação	10
2.5.4 Brilho	10
2.5.5 Reologia (viscosidade)	10
2.5.6 Aparência e uniformidade do filme	10
2.5.7 Tempo de dispersão	10
2.5.8 Lavabilidade	10
2.5.9 Cobertura	10
2.6 Cargas utilizadas	11
2.6.1 Talco	11
2.6.2 Mica micronizada	11
2.6.3 Caulim	11
2.6.4 Sulfato de bário (Barita)	12
2.6.5 Quartzo	12
2.6.6 Carbonato de cálcio	13
3 Materiais e Métodos	14
3.1 Formulação da tinta	14
3.2 Escolha das cargas e suas características	15
3.3 Aspectos econômicos das cargas minerais	18
3.4 Preparação das amostras	18

3.4.1	Escolha da massa das amostras	19
3.4.2	Pré-mistura	20
3.4.3	Dispersão	20
3.4.4	Completagem	21
3.4.5	Filtração	21
3.5	Equipamentos	21
3.5.1	Sistema de dispersão e mistura	21
3.5.2	Dispensor Cowless	22
3.5.3	Filtro	23
3.5.4	Espectrofotômetro	23
3.5.5	Cartela de aplicação e extensor	23
3.6	Identificação das amostras	24
3.7	Cálculo dos valores dos resultados	24
4	Resultados	26
4.1	Poder de cobertura	26
4.2	Brilho	26
4.3	Composição de cargas	26
4.4	Discussão de resultados	27
4.5	Aspectos econômicos dos resultados	30
5	Conclusões e Trabalhos Futuros	31
6	Referências	32

Agradecimentos

Agradeço a todos familiares, amigos, colegas de faculdade e trabalho, que tanto me apoiaram nessa realização.

Especial agradecimento ao meu professor orientador Pedro Juarez Melo por toda sua paciência e atenciosa disposição em ajudar.

Resumo

Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de cargas minerais adicionadas a tintas brancas juntamente com o dióxido de titânio que é utilizado como pigmento branco. Formulou-se uma tinta base (foi escolhida uma tinta da linha *premium* semi-brilho), a partir desta foram confeccionadas onze amostras utilizando-se as seguintes cargas minerais: carbonato de cálcio, caulim, caulim delaminado, talco, mica micronizada, sulfato de bário e quartzo. Em uma das amostras não foi adicionado cargas minerais (usou-se somente pigmento branco, TiO_2), e foi utilizada como padrão de comparação. A partir das amostras foram feitos os filmes de tinta em cartelas de aplicação, onde tiveram os valores de brilho e poder de cobertura avaliados com o auxílio de um espectrofotômetro portátil. A partir desses resultados, foi discutida a influência de cada carga ou composição de cargas utilizadas. Observou-se que a adição de cargas minerais na formulação melhorou o poder de cobertura de oito amostras quando comparadas com a amostra padrão. No caso do brilho, foram obtidos resultados numa faixa bastante ampla, apresentando cargas com boas características de fosqueamento, cargas de brilho intermediário e cargas indicadas para formulações de alto brilho. Os resultados obtidos indicam que as cargas minerais testadas podem ser utilizadas como elementos funcionais, que agregam qualidades ao produto e devido ao seu baixo custo, tem viabilidade econômica.

Lista de Figuras

Figura 2.1: Combinação de efeitos que geram a opacidade (Fazenda, 2005)	2
Figura 2.2: Difração da luz em um pigmento (Smith, 2010)	3
Figura 2.3: Efeito do índice de refração em um filme grosso (Dupont, 2005).....	4
Figura 2.4: Efeito do índice de refração em um filme fino (Dupont, 2005)	4
Figura 2.5: Influência do índice de refração no poder de cobertura (Dupont, 2007)	5
Figura 2.6: Efeito do espalhamento da luz por reflexão (Dupont, 2007)	5
Figura 2.7: Efeito da difração em partículas de pigmento	6
Figura 2.8: Propriedades do filme de tinta em função do PVC (Ciullo, 1996)	7
Figura 2.9: Efeito do PVC no brilho (Ciullo, 1996)	8
Figura 3.1: Procedimento experimental adotado	14
Figura 3.2: Fluxograma esquemático da fabricação das amostras	19
Figura 3.3: Sistema de dispersão e mistura	21
Figura 3.4: Dispersor <i>Cowless</i> utilizado.....	22
Figura 3.5: Disposição do <i>Cowless</i> no interior do frasco de dispersão (Fazenda, 2005)	22
Figura 3.6: Espectrofotômetro	23
Figura 3.7: Cartela de aplicação com filme feito pelo extensor.....	24

Lista de Tabelas

Tabela 3.1: Composição da tinta utilizada nos testes.....	14
Tabela 3.2: Propriedades do carbonato de cálcio precipitado	15
Tabela 3.3: Propriedades do caulim.....	16
Tabela 3.4: Propriedades do caulim delaminado	16
Tabela 3.5: Propriedades do talco	17
Tabela 3.6: Propriedades da mica micronizada	17
Tabela 3.7: Propriedades do sulfato de bário	17
Tabela 3.8: Propriedades do quartzo.....	18
Tabela 3.9: Tabela de valores comerciais das cargas minerais.....	18
Tabela 3.10: Percentuais mássicos de dióxido de titânio e cargas minerais nas amostras	19
Tabela 3.11: Componentes da pré-mistura	20
Tabela 3.12: Componentes adicionados na dispersão	21
Tabela 3.13: Componentes adicionados na completagem.....	21
Tabela 3.14: Código das amostras e suas composições	24
Tabela 3.15: Obtenção do valor do poder de cobertura para a amostra A1.....	25
Tabela 3.16: Obtenção do valor de brilho da amostra A1	25
Tabela 4.1: Poder de cobertura das amostras A1 à A8.....	26
Tabela 4.2: Brilho das amostras A1 à A8.....	26
Tabela 4.3: Poder de cobertura das amostras com cargas compostas	27
Tabela 4.4: Brilho das amostras com cargas compostas	27
Tabela 4.5: Poder de cobertura de todas as amostra em ordem decrescente	27
Tabela 4.6: Brilho de todas as amostra em ordem decrescente	28

Lista de Símbolos

c - Velocidade da luz no vácuo [m/s]

CPVC - *Critical Pigment Volume Concentration*

– Razão de contraste

D_{FD} - Diâmetro do frasco dispersor [m]

L - Distância do disco até o fundo do frasco dispersor [m]

PVC - *Pigment Volume Concentration*

– Reflectância de um filme de espessura finita com um substrato branco

- Reflectância de um filme de espessura finita com um substrato preto

v - Velocidade da luz no meio considerado [m/s]

– Volume de não voláteis [m³]

- Volume de pigmentos [m³]

Lista de Abreviaturas e Siglas

ABNT: Associação Brasileira de normas técnicas

ASTM: *American Society for Testing and Materials*

NBR: Norma Brasileira

1 Introdução

Na fabricação de tintas imobiliárias brancas, tem-se como o principal pigmento utilizado o dióxido de titânio (TiO_2). Seu uso, contudo, é limitado por seu elevado valor o que torna necessária a adição de cargas minerais a esse pigmento para que a tinta seja comercialmente viável. Adicionalmente, tais cargas além de serem baratas, acrescentam propriedades relevantes às tintas. Entretanto, criou-se em boa parte da indústria a mentalidade de que a adição de cargas minerais visa exclusivamente o corte de custos através da redução da quantidade de dióxido de titânio utilizada, deixando de lado sua importância como agregadora de propriedades.

Na literatura, existe pouco material tratando sobre a influência das cargas minerais em tintas imobiliárias, estando esse conhecimento restrito a algumas grandes empresas do setor de tintas, as quais, por questões comerciais, mantém a tecnologia em sigilo. Dessa forma, se faz bastante pertinente o estudo das propriedades agregadas pelas cargas, visando obter tintas de melhor qualidade e menor custo.

Diversas propriedades da tinta são influenciadas pelas cargas minerais, entretanto, nesse trabalho são avaliadas as influências das mesmas sobre o brilho e o poder de cobertura da tinta. Para isso, é proposta uma formulação de tinta, a qual terá amostras elaboradas com diversas cargas minerais, que terão seus valores de brilho e poder de cobertura determinados e avaliados.

2 Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão apresentados os fundamentos teóricos essenciais para o entendimento das propriedades de um filme de tinta. Primeiramente, será definido o que é o poder de cobertura, o qual, juntamente com o brilho, será uma das principais propriedades a serem estudadas neste trabalho e, posteriormente, serão abordados os aspectos ópticos relevantes para o filme, assim como algumas definições importantes para melhor compreensão do trabalho. Também será apresentada uma abordagem teórica sobre diversas cargas minerais que podem ser utilizadas em um filme de tinta, as quais terão suas propriedades apresentadas e discutidas. Através desses estudos, será possível a definição de quais cargas minerais podem ser utilizadas para testes e também avaliar os resultados obtidos.

2.1 Poder de cobertura

É definido como a propriedade que um revestimento ou tinta tem de cobrir a superfície onde foi aplicado e está relacionado com a opacidade do revestimento. Tal propriedade depende da capacidade que o filme formado tem em espalhar e/ou absorver a luz, evitando que a mesma alcance o substrato que se deseja revestir. A combinação desses efeitos leva ao fenômeno da opacidade, como mostra a figura 2.1:

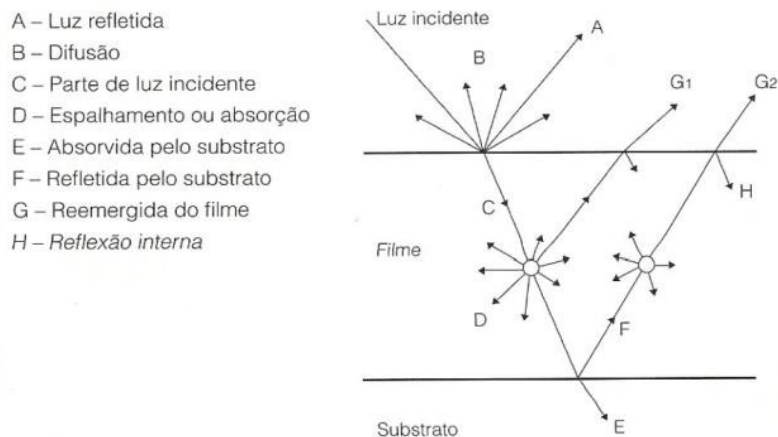


Figura 2.1: Combinação de efeitos que geram a opacidade (Fazenda, 2005)

Assim, a opacidade das tintas brancas se deve, basicamente, ao espalhamento da luz (reflexão, refração e difração), enquanto que em tintas coloridas há um aumento da dependência do efeito de absorção com o aumento da concentração de pigmentos coloridos. A maior parte da luz que penetra no filme é refletida e refratada antes de escapar da superfície do mesmo como luz refletida ou ser absorvida pelo substrato (Fazenda, 2005).

Assim, um filme branco puro, de cobertura completa, reflete ou espalha a luz em sua totalidade e, de forma análoga, um filme preto puro, de cobertura completa, absorve integralmente a luz. Se o filme for de cobertura incompleta, parte da luz é absorvida e parte é espalhada, dando um aspecto acinzentado ao filme formado.

Segundo Körtum (1969), para a definição de opacidade (poder de cobertura) se utiliza a equação simplificada de razão de contraste (CR), que é definida por:

$$— \quad (2.1)$$

Onde R_{preto} é a reflectância de um filme de espessura finita com um substrato preto e R_{branco} é a reflectância de um filme de espessura finita com um substrato branco.

2.2 Aspectos ópticos

Para melhor compreensão do brilho e do poder de cobertura, é necessário o estudo dos aspectos ópticos da luz e sua interação com o filme de tinta. Conforme Dalpiaz (2006), o comportamento óptico de um material sólido é função de sua interação com a radiação eletromagnética de comprimento de onda dentro da região visível. Esta região é compreendida no intervalo de 400 a 700 nm de comprimento de onda. Segundo Callister (2002), os possíveis fenômenos interativos incluem a reflexão, a absorção e a transmissão de luz incidente. Ciullo (1996), afirma que o poder de cobertura é o resultado de interações entre a luz e os pigmentos presentes no filme de tinta. E quando a luz incide sobre um objeto, uma cobertura, tais fenômenos podem acontecer: refração, reflexão e difração.

2.2.1 Refração

Quando fótons de luz são transmitidos através de um material transparente, eles perdem parte de sua energia e, como consequência, a velocidade da luz é reduzida e o feixe de luz muda de direção (Smith, 2010).

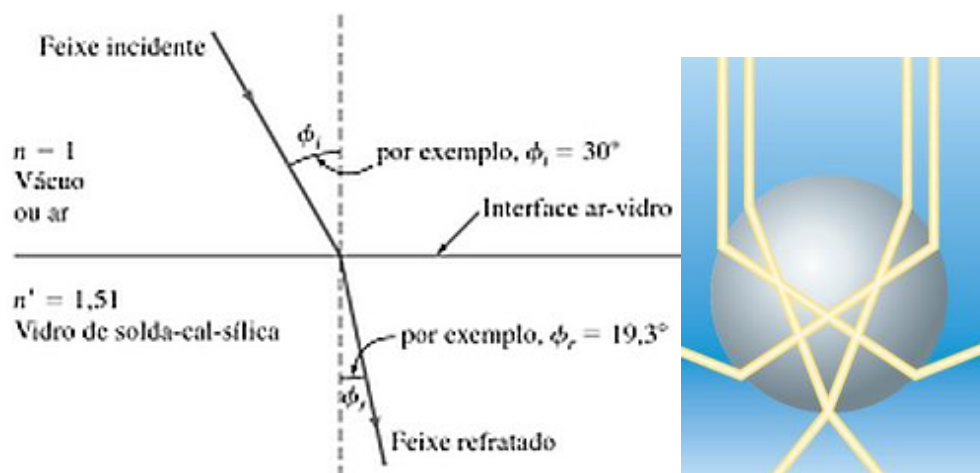


Figura 2.2: Difração da luz em um pigmento (Smith, 2010)

A velocidade relativa da luz atravessando um meio é expressa pela propriedade óptica chamada de índice de refração (n). O valor de n para um meio é definido como a razão entre a velocidade da luz no vácuo, c , e a velocidade da luz no meio considerado, v .

No que se diz respeito à opacidade de um filme de tinta, o índice de refração é um dos aspectos ópticos mais importantes para se atingir alta opacidade. O efeito de opacidade é diretamente proporcional à diferença entre o n do pigmento e do meio no qual está disperso e o número de interfaces presentes no mesmo. Isso ocorre porque quanto maior for o n da carga mineral utilizada, maior será o desvio da luz incidente no filme. A refração é retratada na figura 2.2, onde a esfera representa uma partícula de pigmento suspensa

em um polímero com baixo índice de refração. O raio de luz que incide na partícula é desviado porque a luz viaja mais lentamente através de um pigmento com alto índice de refração do que no polímero com baixo índice de refração, onde é disperso.

A figura 2.3 retrata de forma esquemática o corte transversal de dois filmes com pigmentação branca e como a diferença no índice de refração do pigmento afeta a opacidade. No filme que contém um pigmento com alto índice de refração, a luz sofre um desvio maior do que no filme que contém o pigmento com baixo índice de refração, o que faz com que a luz siga um trajeto menor no filme e não penetre tanto. Os dois primeiros filmes (figura 2.3) tem a aparência opaca e branca porque não há partículas absorventes e quase toda luz incidente retorna à superfície. Contudo, em filmes mais finos, como na figura 2.4, o que contém maior índice de refração continua opaco e branco, porém o de baixo índice permite que parte da luz passe pelo material e seja absorvida pelo fundo preto. Esse filme não é totalmente opaco e terá uma aparência cinza em comparação com o filme branco.

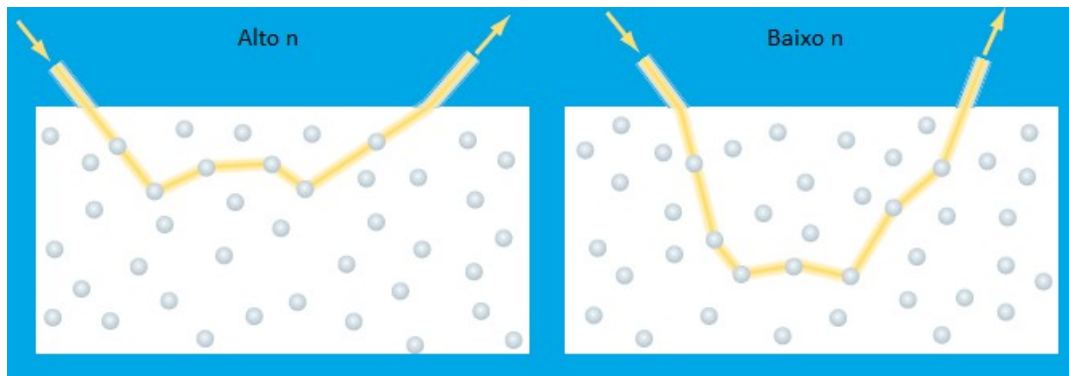


Figura 2.3: Efeito do índice de refração do pigmento em um filme grosso (Dupont, 2005)

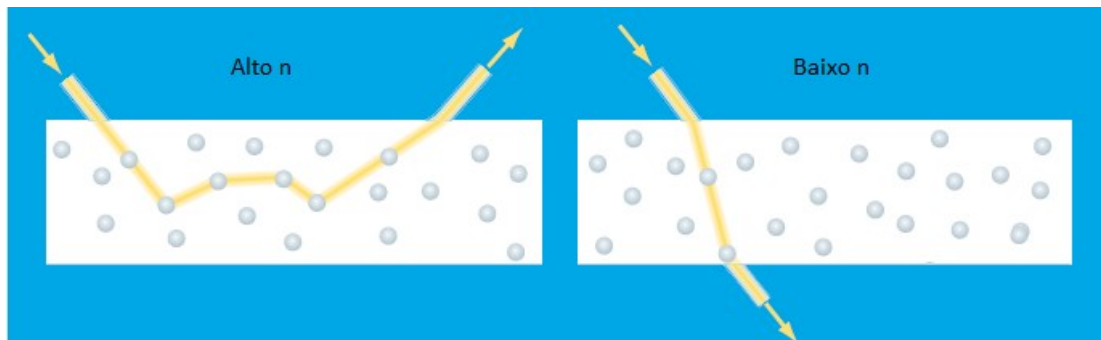


Figura 2.4: Efeito do índice de refração do pigmento em um filme fino (Dupont, 2005)

Para demonstrar a influência do índice de refração no poder de cobertura, a figura 2.5 apresenta um exemplo prático. Nela são apresentados filmes de mesma concentração volumétrica de pigmentos (PVC) utilizando a mesma resina acrílica, porém com diferentes cargas minerais em sua composição.



Figura 2.5: Influência do índice de refração no poder de cobertura (Dupont, 2007)

É notável a diferença de cobertura entre os pigmentos de alto e baixo índice de refração.

2.2.2 Reflexão

A reflexão consiste na mudança da direção de propagação da energia (desde que o ângulo de incidência não seja nulo). Os fenômenos da transmissão, reflexão e absorção podem ser aplicados à passagem de luz através de um sólido transparente. A fração de luz incidente que é transmitida através de um material transparente depende das perdas que são incorridas pela absorção e reflexão. A reflexão da luz está relacionada à quantidade de luz incidente que retorna ao meio. Já a absorção é a fração da luz incidente perdida para o material e, na maioria dos casos, armazenada na forma de calor (Rabello, 2000).

A figura 2.6 ilustra o efeito do espalhamento da luz por reflexão. Para a lâmina de vidro única, à direita, sobre a linha preta, é possível visualizar a linha perfeitamente, pois a luz foi refletida somente duas vezes, na frente e atrás da lâmina, e apenas um pequeno percentual – aproximadamente 4% - é refletido em cada superfície. Já à esquerda, uma porção de lâminas (iguais a lâmina situada na direita) está sobre a mesma linha preta. Contudo, a linha está invisível, porque a luz é refletida na interface ar/vidro de cada lâmina. Se a pilha de lâminas fosse imersa em óleo até que todo o ar fosse retirado, ou comprimida o suficiente para que todo o ar entre as lâminas fosse removido, a pilha se tornaria tão transparente quanto uma única lâmina. A mudança no índice de refração é que provoca a reflexão (DUPONT, 2007).

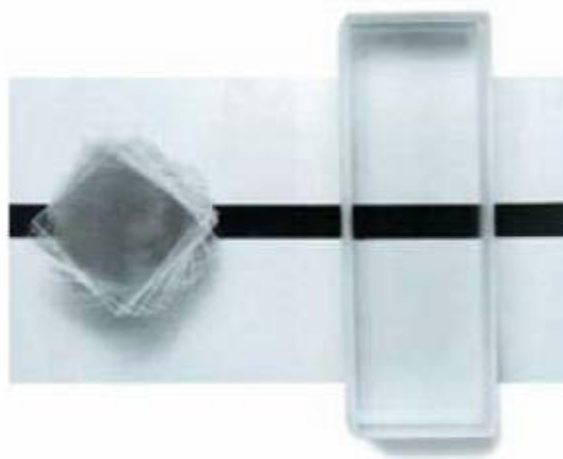


Figura 2.6: Efeito do espalhamento da luz por reflexão (Dupont, 2007)

Nessa ilustração (figura 2.6), a diferença entre o n da lâmina de vidro ($n=1,5$) e o do ar ($n=1,0$) produz o espalhamento da luz por reflexão nas sucessivas superfícies das lâminas.

De maneira similar, a reflexão da luz ocorre quando a luz incide em um pigmento (carga) com índice de refração mais alto do que a matriz de polímero no qual está envolto.

2.2.3 Difração

A difração afeta o grau de dispersão de luz do pigmento. É o fenômeno que ocorre com as ondas quando elas passam por um orifício ou contornam um objeto cuja dimensão é da mesma ordem de grandeza que o seu comprimento de onda.

A figura 2.7 (a) ilustra o fenômeno da difração em uma partícula de pigmento imersa em uma matriz de polímero, a luz é desviada quando passa perto de uma partícula de pigmento. Esse fenômeno é responsável pela capacidade de um pigmento de dispersar a luz em uma área adjacente muito maior do que a área da seção transversal dele próprio. Para obter eficiência máxima em dispersão de luz, o diâmetro do pigmento deve ser um pouco menor do que a metade do comprimento de onda da luz a ser dispersa. A dispersão de luz obtida por difração é afetada pelo afastamento das partículas e pelo tamanho médio da partícula do pigmento. Se as partículas forem muito grandes ou estiverem muito próximas, ocorrerá pouca difração, como demonstrado na figura 2.7 (b). Se as partículas de pigmentos forem muito pequenas, a luz também não será afetada pela partícula (Dupont).

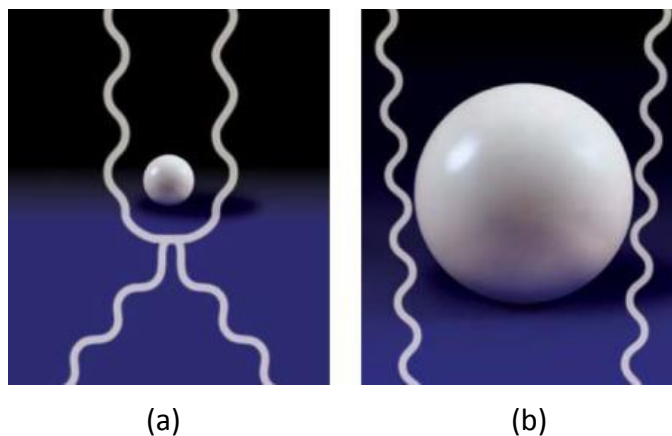


Figura 2.7: Efeito da difração em partículas de pigmento

2.3 Conceitos importantes

Para melhor entendimento desse trabalho, é necessária a introdução de alguns conceitos relevantes.

2.3.1 Pigmento

Conforme Fazenda (2005), pigmento é um material sólido finamente dividido, insolúvel no meio. É utilizado para conferir cor, opacidade, certas características de resistência e outros efeitos. São divididos em pigmentos coloridos (conferem cor), não coloridos e anticorrosivos (conferem proteção aos metais).

O índice de refração dos pigmentos está diretamente relacionado ao seu poder de cobertura, sendo que os pigmentos coloridos devem possuir índices de refração superiores a 1,5.

2.3.2 Concentração volumétrica de pigmento

Segundo Ciullo (1996), a concentração volumétrica do pigmento, ou PVC (do inglês, *Pigment Volume Concentration*), é um bom parâmetro pra prever algumas características importantes de um filme de tinta. O PVC é calculado da seguinte forma:

$$\text{PVC} = \frac{V_p}{V_p + V_n} \quad (2.2)$$

Onde, V_p é o volume de pigmentos e V_n é o volume de não voláteis. V_p inclui o volume de pigmento e cargas minerais, enquanto V_n inclui resinas, pigmentos, cargas minerais, entre outros material não voláteis que eventualmente possam estar presentes na composição.

Outro importante parâmetro é o CPVC (*Critical Pigment Volume Concentration*), a concentração volumétrica de pigmento crítica. O CPVC corresponde ao mínimo volume de resina requerido para molhar as partículas de pigmento e preencher os espaços entre as partículas. Quando o PVC for maior que o CPVC, não há resina suficiente para preencher completamente os vazios entre as partículas de pigmento. Como resultado, o filme se torna mais poroso, permeável e fraco. O CPVC geralmente ocorre em valores entre 40 e 50% de PVC (Ciullo, 1996). A figura 2.8 ilustra as mudanças nas propriedades do filme como função do valor de PVC.

Para valores de PVC acima do CPVC, a porosidade do filme é altamente incrementada, o que compromete significativamente a proteção do substrato. Ainda, acima do CPVC, o filme se torna bastante áspero, o que aumenta o espalhamento da luz, e conseqüentemente, reduz o brilho do filme, tornando-o mais opaco, como ilustrado na figura 2.9. Não é recomendado formular tintas com CPVC, pois, como ilustrado na figura 2.8, as propriedades da tinta mudam muito rapidamente nesse ponto, de forma que pequenas alterações na concentração, tanto para cima como para baixo, podem resultar em enormes mudanças nas propriedades das tintas.

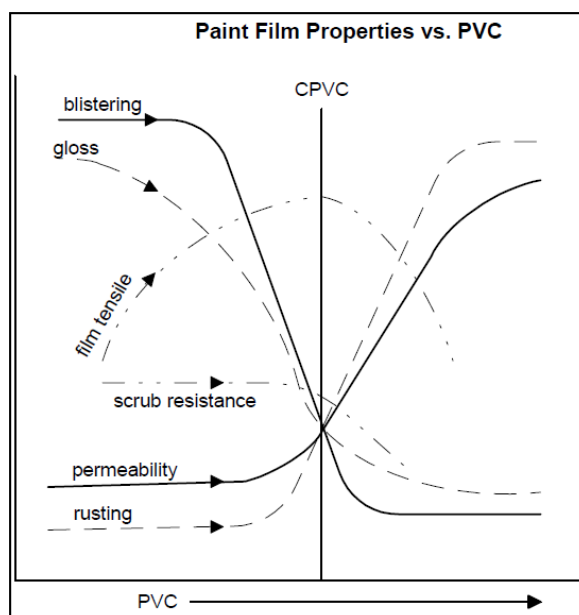


Figura 2.8: Propriedades do filme de tinta em função do PVC (Ciullo, 1996)

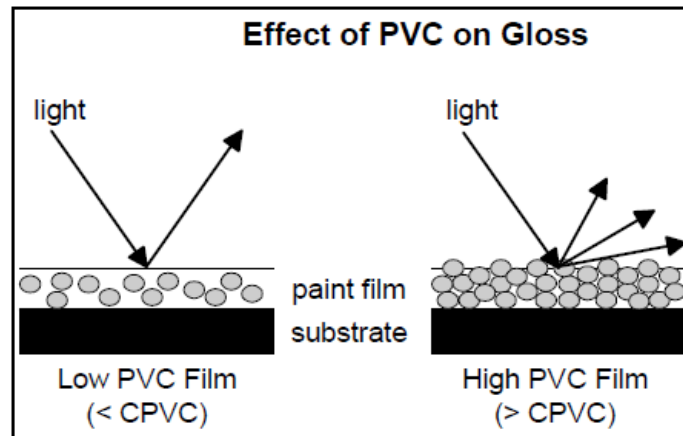


Figura 2.9: Efeito do PVC no brilho (Ciullo, 1996)

2.3.3 Absorção em óleo

Segundo Conceição (2006), a absorção em óleo (ASTM D284-95) consiste num método de rápida execução. É comumente empregada na indústria de tintas para determinar, de modo indireto, a demanda de resina. A absorção é determinada pela quantidade de óleo de linhaça que é suficiente para cobrir as partículas do mineral e preencher os interstícios entre as partículas. É medido em gramas de óleo consumidas por um grama de carga mineral (seca e pulverizada) suficiente para produzir uma “trabalhabilidade” adequada da torta sobre uma placa de vidro. Quanto maior for o valor da absorção em óleo, maior será a quantidade de resina a ser absorvida pela carga mineral.

2.3.4 Linha de tintas semi-brilho premium

A norma NBR 15079 estabelece uma classificação das tintas imobiliárias em três níveis: econômicas, *standart* e *premium*. O que determina essa classificação é o cumprimento de requisitos mínimos relacionados ao poder de cobertura da tinta seca e úmida e a resistência à abrasão. As tintas econômicas são recomendadas apenas para ambientes internos, já as linhas *standart* e *premium*, que tem maior rendimento, cobertura e durabilidade são indicadas tanto para ambientes internos como externos, pois tem melhor resistências às intempéries.

Adicionalmente, há uma classificação mais informal (no sentido de que não há normas oficiais estabelecidas), porém não menos importante, que diz respeito ao brilho das tintas, que podem ser: foscas, acetinadas, semi-brilho e alto brilho. As foscas são as de menor brilho, sendo ideais para coberturas de superfícies com muitas imperfeições, pois seu maior espalhamento de luz as esconde. As acetinadas, já possuem mais brilho que as foscas, sendo geralmente utilizadas em portas e rodapés. As semi-brilho apresentam brilho mais intenso que as foscas e acetinadas, podendo ser usadas tanto em ambientes internos como externos. No caso da linha alto-brilho, é a que apresenta maior brilho, tendo seu uso geralmente restrito a pequenas áreas, já que realça muito os defeitos da superfície.

No presente trabalho, o foco é dado na linha semi-brilho *premium*. Para esse tipo de tintas, se aceita comercialmente um poder de cobertura igual ou maior que 97%, sendo que quanto mais próximo de 100% (cobertura total) melhor será sua qualidade. No caso do brilho, para ser tomada como uma semi-brilho, o mesmo deve ficar entre 20 e 30 UB (unidades de brilho), em uma escala que vai de 0 UB a 1000 UB. Dessa forma, 0 UB indica

uma superfície que não reflete a luz, e 1000 UB corresponde a um espelho perfeito, em que toda luz incidente é refletida.

2.4 Cargas minerais

As cargas minerais, também conhecidas como fillers ou extensores, são geralmente utilizadas para reduzir o custo das matérias primas presentes em uma fórmula de tinta e, em alguns casos, usadas para melhorar as características da mesma. Cargas minerais são baratas comparadas com pigmentos como dióxido de titânio ou pigmentos coloridos e são facilmente incorporados no filme. Em sua maioria são minerais inorgânicos brancos (KOLESKE, 1995). São obtidas através da moagem de rochas ou por precipitação química e, após processadas, são refinadas e separadas por granulometria.

Segundo Stoffer (1997), o nome extensor pode criar a suposição de que as cargas utilizadas tem um papel de pequena importância no produto, sendo dignas apenas de estudos superficiais. Contudo, elas afetam profundamente o desempenho da maioria dos filmes pigmentados. Devido ao grande número de tipos de extensores e de sua vasta diversidade de propriedades, a maioria dos formuladores de tintas desconhece suas propriedades e usos mais vantajosos.

Pigmentos extensores brancos são compostos minerais de índice de refração relativamente baixos, diferem em composição, tamanho de partícula e forma e são usados para controlar brilho, textura, cobertura, viscosidade, entre outros aspectos. Os principais tipos de cargas minerais são os carbonatos, silicatos, sulfatos e óxidos.

As cargas minerais, geralmente, estão disponíveis em tamanhos entre 0.01 μm e 44 μm , e podem ser encontradas em diversas formas, incluindo esféricas, aciculares, lamelares e cúbicas. O formato das partículas influencia o empacotamento do pigmento, flexibilidade do filme, reticulação do filme, entre outras propriedades. Já o tamanho das partículas, assim como sua distribuição granulométrica, influenciam características como poder de cobertura, porosidade do filme, demanda de resina e surfactantes, e brilho (Stoffer, 1997).

Conforme Castro (2009), como os índices de refração dessas cargas minerais estão muito próximos entre si e o da resina, é necessário que ocorra um aprisionamento de ar na interface resina/carga, para aumentar o espalhamento da luz e tornar a película de tinta mais opaca. Esse aprisionamento de ar é obtido, em maior ou menor grau pelo nível de empacotamento das partículas que, por sua vez, depende fundamentalmente do grau de anisotropia morfológica (índice de forma) e tamanho das partículas.

2.5 Fatores relevantes na escolha de uma carga mineral

Uma série de fatores interfere na escolha correta de uma carga mineral. Bartholi (1998), afirma que os principais fatores na escolha de uma carga mineral são:

2.5.1 Alvura

Para não comprometer a qualidade final da tinta, é necessário que o mineral tenha uma alvura homogênea, sem variações no lote. Entre os minerais mais brancos, destaca-se o carbonato de cálcio em primeiro lugar e, numa segunda faixa, talco, caulim, barita algalmatolito, quartzo, mica e diatomita. Um bom mineral é aquele que apresenta um

padrão uniforme de alvura no lote, que só pode ser obtido com um controle de qualidade rigoroso, desde a extração, passando pela moagem, até a inspeção final.

2.5.2 *Granulometria*

Em conjunto com a alvura, a granulometria é determinada para a obtenção do mineral adequado, pois a mesma influência nas seguintes características finais de uma tinta: floculação, brilho, reologia (viscosidade), aparência e uniformidade do filme, tempo de dispersão, lavabilidade, cobertura.

2.5.3 *Floculação*

Processo pelo qual as partículas de um pigmento tendem a aglomerar-se, contribuindo para a perda de eficiência na intensidade e uniformidade das cores.

2.5.4 *Brilho*

É alterado significativamente pelo tamanho da partícula de um mineral. Quanto mais fina a carga maior é sua absorção de óleo e, conseqüentemente, a opacidade da tinta.

2.5.5 *Reologia (viscosidade)*

A redução das partículas de uma carga contribui para uma maior estabilidade de uma dispersão e para o aumento da viscosidade. Esse incremento tixotrópico ajuda a evitar a floculação, dificultando a mobilidade dos pigmentos. Ainda, a redução do tamanho das partículas, auxilia no aumento da viscosidade e, assim, contribui para a diminuição da possibilidade de migração do pigmento.

2.5.6 *Aparência e uniformidade do filme*

Está diretamente relacionado ao tamanho as partículas, ou seja, quanto menor a partícula, melhor seu aspecto.

2.5.7 *Tempo de dispersão*

Esse fator está mais relacionado com o custo do que com a parte técnica. Quanto menor o tamanho das partículas, menor será o tempo de dispersão e moagem. O tempo de dispersão também é influenciado pela dureza da carga.

2.5.8 *Lavabilidade*

Quanto mais grossas forem as partículas, melhor será a resistência à abrasão, aumentando o número de ciclos de lavabilidade. Este fator também é influenciado pela forma característica do material. Por exemplo, cargas lamelares (caulim, talco e mica) melhoram a lavabilidade por reduzir o coeficiente de atrito. Cargas mais duras melhoram a resistência à abrasão.

2.5.9 *Cobertura*

Este aspecto é significativamente melhorado com a quantidade de finos na carga. Por esta razão, as cargas que são micronizadas, flotadas ou precipitadas tem melhor poder de cobertura que as cargas que somente foram moídas.

2.6 Cargas utilizadas

Respeitando os critérios discutidos na seção 2.5 e a disponibilidade das mesmas no mercado, foram escolhidas as seguintes cargas minerais para serem estudadas: talco, mica micronizada, caulim, sulfato de bário, quartzo e carbonato de cálcio.

2.6.1 Talco

O talco é um mineral funcional que apresenta aplicações exclusivas derivadas da textura lamelar e hidrofobicidade de suas partículas e a baixa dureza, a mais baixa dureza na escala de Mohs. O talco é um silicato de magnésio, com a composição teórica $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Os minérios mais puros são aqueles de origem metamórfica. Os talcos de origem ultrabásica já têm teores de ferro mais elevados e a presença de contaminantes que podem comprometer sua aplicação geral, como minerais fibrosos, ou traços de cobre e manganês. Teores significativos de alumínio e ferro podem estar presentes na estrutura cristalina do mineral. A estrutura cristalina do talco é formada por duas folhas de SiO_2 , unidas entre si por camadas de brucita, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, e que se estendem indefinidamente em todas as direções do plano. A baixa dureza do talco é derivada da baixa energia das ligações de Van der Waals que unem as folhas de sílica de cada cristal, as quais se rompem facilmente sob ação mecânica (Dalpiaz, 2006).

O talco é a carga mineral mais usada individualmente nos mais diversos tipos de revestimentos, por ser de fácil suspensão em resinas e auxiliar na manutenção de outros pigmentos em suspensão. É um componente hidrofóbico, mas se dispersa facilmente na maioria das tintas, incluindo as tintas base água. A maioria dos talcos possui elevada área específica e relativamente alta absorção de óleo (demanda de resina). Apesar de essas propriedades limitarem a quantidade de talco que pode ser incorporada na tinta, sua presença em quantidades moderadas contribui para melhorar propriedades reológicas, nivelamento da pintura e resistência do filme (Ciullo, 1996).

2.6.2 Mica micronizada

Segundo (Rothon, 2001), o termo mica é utilizado para descrever um grupo de silicatos de fórmula $\text{KM}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$, onde M pode ser alumínio, ferro ou magnésio. É um mineral de baixo índice de refração e estrutura lamelar de baixa dureza. A mica micronizada é utilizada em tintas para promover sua durabilidade às intempéries, além de comunicar uma textura sedosa e refletiva. A sua estrutura lamelar aumenta a resistência mecânica da película de tinta, além de diminuir a permeabilidade desta, tornando a tinta seca mais resistente à penetração de umidade e ao craquelamento.

É um mineral que reforça o filme de tinta durante a secagem e cura da mesma e, à medida que o filme envelhece, reduz as cargas internas sofridas pelo filme devido à oxidação assim como expansões e contrações térmicas. Essa carga mineral aumenta a flexibilidade do filme e reduz quebra e encolhimento, resultando em uma melhora na adesão do filme. Como as partículas de mica se alinham paralelamente ao substrato, sua adição ajuda no controle de permeabilidade e na redução da penetração de luz no filme (Ciullo, 1996).

2.6.3 Caulim

Rothon (2001), afirma que caulim é o termo utilizado para denominar um grupo de argilominerais – os aluminossilicatos - oriundos de alterações em feldspatos por ação do

intemperismo. Tal grupo é composto por quatro minerais: caolinita, halisita, nacrita e dicrita, onde apenas os dois primeiros de relevância comercial. Possuem semelhantes estruturas, havendo diferença apenas no arranjo de íons que ocupam as posições octaédricas da estrutura. São minerais de baixa granulometria e se caracterizam pelo comportamento plástico, que é resultado pelo escorregamento entre os planos lamelares de sua estrutura.

Industrialmente, o caulim utilizado é composto basicamente pela caolinita, cuja estrutura consiste de placas lamelares de alumina e sílica tetraédricas, formando cristais de simetria triclínica, que possuem a seguinte composição química: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Sua estrutura pode ser modificada através da calcinação, que pode ser parcial ou total. Na calcinação parcial, a água estrutural é eliminada, formando uma estrutura amorfa chamada metacaolinita. Já na calcinação total, a estrutura da metacaolinita é decomposta, formando a mulita e cristobalita, que são formas cristalinas (Santana, 2002). Outra modificação que pode ser feita na caolinita é a delaminação. Sua estrutura lamelar se forma em pilhas, as quais podem ser separadas em unidades lamelares menores através do processo de delaminação.

A metacaolinita acrescenta ao filme, maior durabilidade e resistência ao atrito. A caolinita também acrescenta esses atributos, contribuindo ainda para estabilidade da suspensão da mistura de tinta, poder de cobertura, controle de brilho e nivelamento do filme (Ciullo, 1996).

2.6.4 Sulfato de bário (Barita)

A barita é um mineral composto por sulfato de bário BaSO_4 , de coloração branca e densidade bastante alta para um mineral inorgânico ($4,5 \text{ g/cm}^3$). Industrialmente é predominantemente usado na forma de barita, mas pode ser purificado através de um processo de precipitação e ser comercializado na forma de sulfato de bário precipitado (Ciullo, 1996).

A barita e o sulfato de bário precipitado são usados para melhorar as propriedades ópticas dos sistemas de tinta, assegurando uma completa distribuição das partículas de pigmento. Atuam como cargas de elevada alvura com função primária de conferir uma cobertura opaca. Nos vernizes, nas tintas à base de água e nos substratos de prevenção à ferrugem, a densidade de empacotamento da barita e do sulfato de bário precipitado, produz um alto grau de impermeabilidade e durabilidade, evitando a absorção de umidade na superfície das coberturas, e conferindo resistência a arranhões. A barita apresenta também uma alta capacidade de preenchimento de imperfeições, resultando numa superfície lisa e não porosa, conferindo brilho ao filme de tinta (Luz et al. 2008).

2.6.5 Quartzo

Este mineral é uma forma cristalina da sílica natural, a qual possui a fórmula química SiO_2 . É um composto quimicamente inerte, extraído de jazidas e beneficiado em diversas faixas granulométricas de acordo com a aplicação desejada. Apresenta-se na forma cristalina hexagonal.

Em sua aplicação em tintas, tem a finalidade de aumentar a resistência à abrasão, aumentar o coeficiente de atrito e dar textura, dessa forma, pode ser utilizado na fabricação de tintas de demarcação, de piso de quadras esportivas e textura (minérios Ouro Branco).

2.6.6 Carbonato de cálcio

É uma carga mineral bastante abundante na natureza, sua fórmula química é CaCO_3 . Existem três formas cristalinas de carbonato de cálcio, contudo, apenas a forma calcita é utilizada como extensor de pigmento (Rothon, 2001). Comercialmente, pode ser adquirido na forma de carbonato de cálcio natural, conhecido como GCC (*Ground Calcium Carbonate*) ou como carbonato de cálcio precipitado, conhecido como PCC (*Precipitated Calcium Carbonate*).

O GCC é obtido da moagem do calcário, podendo também ser submetido a tratamento superficial com estearato de cálcio, para reduzir a abrasão e proporcionar repelência à água. O PCC - que também é chamado de carbonato de cálcio sintético - é resultado de série de reações químicas que visam purificar o mineral.

Segundo Castro (2009), o GCC auxilia na melhora a resistência à abrasão do filme, entretanto, reduz a flexibilidade do mesmo. Possui baixo poder de cobertura, sendo base para a fabricação de massa corrida e tintas de demarcação. O PCC apresenta elevada alvura, baixa granulometria e alto poder de cobertura. Entretanto, por ser muito porosa e ter alta absorção, reduz a resistência à abrasão, tornando a tinta fosca.

3 Materiais e Métodos

Nesta etapa do trabalho elaborou-se a formulação base de uma tinta assim como a escolha das cargas minerais que foram utilizadas para as formulações subsequentes. A partir dessa formulação padrão foram fabricadas as amostras de tintas através da adição das cargas minerais selecionadas e, posteriormente, foram submetidas a testes de brilho e poder de cobertura. A figura 3.1 esquematiza o procedimento adotado.

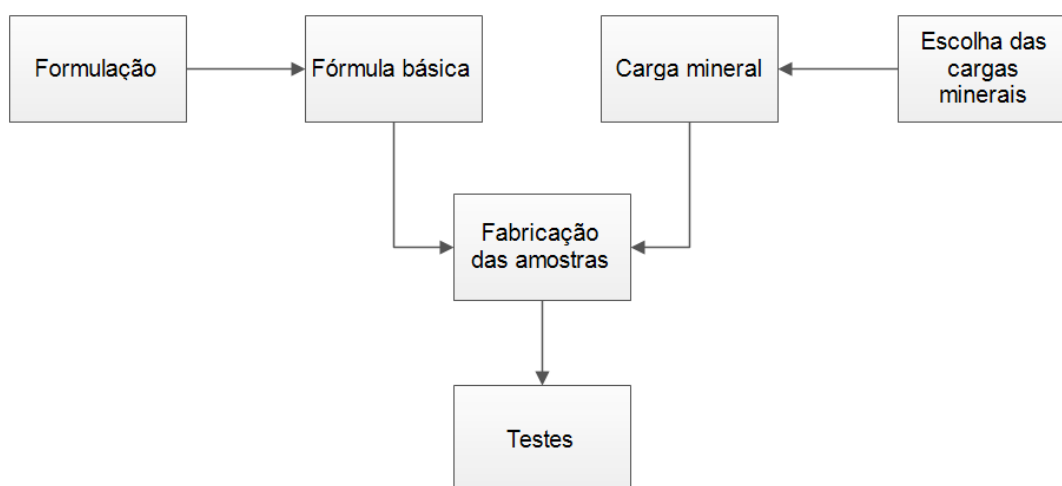


Figura 3.1: Procedimento experimental adotado

3.1 Formulação da tinta

A formulação usada como base para a realização dos testes era uma fórmula para acabamento acrílico semi-brilho branco (*premium*), a qual tem sua composição especificada na tabela 3.1.

Tabela 3.1: Composição da tinta utilizada nos testes

Componente	Percentual (em massa)
Espessantes celulósicos	0,30
Bactericida	0,15
Antiespumante	0,25
Dispersante	0,35
Inibidor de corrosão	0,10
Surfactante não iônico	0,15
Surfactante iônico	0,15
Cargas minerais	4,00
Dióxido de titânio (Rutilo)	20,00
Coalescentes	2,50
Água	32,05
Resina acrílica	38,00
Modificador reológico	1,50
Fungicida	0,25
Amônia	0,25
	100,00

A escolha desse tipo de tinta deve-se a sua composição, a qual possui maior quantidade de dióxido de titânio do que as outras linhas de tintas imobiliárias, o que torna de maior importância o estudo dos efeitos adicionados pelas cargas minerais, visando uma possível redução no teor de dióxido de titânio.

3.2 Escolha das cargas e suas características

O critério preliminar para seleção das cargas foi a alvura das mesmas, pois para não comprometer a qualidade final da tinta, é necessário que o mineral tenha uma alvura homogênea, sem variações no lote.

Tendo como base as cargas minerais com alvura satisfatória para o experimento, fez-se um levantamento de cargas disponíveis comercialmente utilizadas pela indústria. Apesar de existirem inúmeras cargas com potencial de aplicação, utilizaram-se as cargas indicadas abaixo, as quais estão acompanhadas pelas especificações fornecidas pelos seus respectivos fabricantes (o nível de detalhamento do produto foi condicionado pelos dados que os fabricantes estiveram dispostos a fornecer):

- a) Carbonato de cálcio precipitado - É um carbonato de alta pureza, é um pó branco, inodoro, e com tamanho médio de partículas D_{50} entre 1,4 e 2,2 μm e D_{90} menor que 4,5 μm . A tabela 3.2 apresenta os dados do fornecedor.

Tabela 3.2: Propriedades do carbonato de cálcio precipitado

Nome Comercial:	EXTRA LEVE AA	
Nome Químico:	Carbonato de Cálcio Precipitado	
Fórmula Química:	CaCO ₃	
Peso Molecular:	100,09	
PROPRIEDADES QUÍMICAS TÍPICAS		
	Unidade	Especificação
CaCO ₃	%	> 98,0
MgCO ₃	%	< 0,50
Insolúveis em HCl	%	< 0,20
pH (suspensão aquosa a 10%)	-	< 10,2
PROPRIEDADES FÍSICAS TÍPICAS		
	Unidade	Especificação
Densidade Aparente	g/cm ³	0,38 – 0,46
Volume Aparente	cm ³ /40g	86 – 105
Sedimentação 120 minutos	cm ³ /10g	38 - 60
Umidade	%	< 0,7
Absorção em Água	cm ³ /15g	23,5 – 28,5
Absorção em Linhaça	%	40 - 60
Resíduo # 325 mesh	%	< 0,07

- b) Caulim – Foi escolhido um caulim alvejado com o menor tamanho de partícula disponibilizado pelo fabricante. A tabela 3.3 demonstra suas principais características.

Tabela 3.3: Propriedades do caulim

PROPRIEDADES <i>Properties</i>	UNIDADE <i>Unity</i>	ESPECIFICADO <i>Specifications</i>	MÉTODO <i>Test</i>
ASPECTO (<i>Appearance</i>)	-	PÓ BRANCO (<i>White Powder</i>)	VISUAL
RETENÇÃO # 500 (<i>Retained Sieve #500</i>)	%	1,50 MAX.	ASTM - C - 110/94 A
ABSORÇÃO À ÓLEO (<i>Oil Absorption</i>)	%	30,00 – 50,00	ASTM - D - 1483/84
ABSORÇÃO À ÓLEO (<i>Oil Absorption</i>)	%	40,00 - 60,00	ASTM - D - 281/84
DENSIDADE APARENTE (<i>Bulk Density</i>)	g/ml	0,30 - 0,50	BS - 1460/1967
VOL. APARENTE (<i>Packed Bulk Density</i>)	ml/40 g	60,00 - 80,00	BS - 1460/1967
UMIDADE (<i>Moisture</i>)	%	2,00 MAX.	ASTM - C - 25/94 A
PERDA AO FOGO (<i>Loss on Ignition</i>)	%	20,00 MAX.	ASTM - D - 1208/84
PROPRIEDADES QUÍMICAS TÍPICAS (<i>Typical Chemical Properties</i>)			
SiO ₂	%	35,00 - 50,00	-
Al ₂ O ₃	%	35,00 - 45,00	-

c) Caulim delaminado – É um hidrosilicato de alumínio delaminado. Suas propriedades são apresentadas na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Propriedades do caulim delaminado

COMPOSIÇÃO		Valores Típicos
SiO ₂	%	46
Al ₂ O ₃	%	40

CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS		Valores Típicos
Perda a 105 °C	%	0,5
Perda a 800 °C	%	13,6 (Base Seca)
pH (10 % em H ₂ O)	-	7,6
Alvura seca (Photovolt)	°GE	87
Absorção de Óleo	ml/100g	46
Densidade Aparente	g/cm ³	0,3
Resíduo # 325	%	0,001
Resíduo # 635	%	0,01
Distribuição Granulométrica Cilas 1064	Micras	-
D 10 %	(µm)	0,7
D 50 %	(µm)	2,9
D 99 %	(µm)	12

d) Talco – A tabela 3.5 mostra as propriedades do talco fornecidas pelo fabricante.

Tabela 3.5: Propriedades do talco

PROPRIEDADES <i>Properties</i>	UNIDADE <i>Unity</i>	ESPECIFICADO <i>Specifications</i>	MÉTODO <i>Test</i>
ASPECTO (<i>Appearance</i>)		PÓ BRANCO (<i>White Powder</i>)	VISUAL
RETENÇÃO # 400 (<i>Retained Sieve #400</i>)	%	1,00 MAX.	ASTM - C - 110/94 A
ABSORÇÃO À ÓLEO (<i>Oil Absorption</i>)	%	25,00 - 40,00	ASTM - D - 1483/84
ABSORÇÃO À ÓLEO (<i>Oil Absorption</i>)	%	37,00 - 50,00	ASTM - D - 281/84
DENSIDADE APARENTE (<i>Bulk Density</i>)	g/ml	0,33 - 0,53	BS - 1460/1967
VOL. APARENTE (<i>Packed Bulk Density</i>)	ml/40 g	55,00 - 80,00	BS - 1460/1967
UMIDADE (<i>Moisture</i>)	%	0,60 MAX.	ASTM - C - 25/94 A
PERDA AO FOGO (<i>Loss on Ignition</i>)	%	7,00 MAX.	ASTM - D - 1208/84
PROPRIEDADES QUÍMICAS TÍPICAS (<i>Typical Chemical Properties</i>)			
SiO₂	%	42,00 - 72,00	-

e) Mica micronizada – Suas propriedades são descritas na tabela 3.6.

Tabela 3.6: Propriedades da mica micronizada

PROPRIEDADES <i>Properties</i>	UNIDADE <i>Unity</i>	ESPECIFICADO <i>Specifications</i>	MÉTODO <i>Test</i>
ASPECTO (<i>Appearance</i>)	-	PÓ BRANCO (<i>White Powder</i>)	VISUAL
RETENÇÃO # 500 (<i>Retained Sieve #500</i>)	%	1,00 MAX.	ASTM - C - 110/94 A
ABSORÇÃO À ÓLEO (<i>Oil Absorption</i>)	%	25,00 - 45,00	ASTM - D - 1483/84
ABSORÇÃO À ÓLEO (<i>Oil Absorption</i>)	%	35,00 - 55,00	ASTM - D - 281/84
DENSIDADE APARENTE (<i>Bulk Density</i>)	g/ml	0,30 - 0,60	BS - 1460/1967
VOL. APARENTE (<i>Packed Bulk Density</i>)	ml/40 g	50,00 - 80,00	BS - 1460/1967
UMIDADE (<i>Moisture</i>)	%	0,60 MAX.	ASTM - C - 25/94 A
PERDA AO FOGO (<i>Loss on Ignition</i>)	%	7,00 MAX.	ASTM - D - 1208/84
PROPRIEDADES QUÍMICAS TÍPICAS (<i>Typical Chemical Properties</i>)			
SiO₂	%	43,00 - 70,00	-

f) Sulfato de bário – Foi utilizado um sulfato de bário precipitado, com as suas características indicadas na tabela 3.7.

Tabela 3.7: Propriedades do sulfato de bário

PROPRIEDADES <i>Properties</i>	UNIDADE <i>Unity</i>	ESPECIFICADO <i>Specifications</i>	MÉTODO <i>Test</i>
ASPECTO (<i>Appearance</i>)	-	PÓ BRANCO (<i>White Powder</i>)	VISUAL
RETENÇÃO # 635 (<i>Retained Sieve #635</i>)	%	0,10 MAX.	ASTM - C - 110/94 A
ABSORÇÃO À ÓLEO (<i>Oil Absorption</i>)	%	10,00 - 20,00	ASTM - D - 1483/84
ABSORÇÃO À ÓLEO (<i>Oil Absorption</i>)	%	15,00 - 25,00	ASTM - D - 281/84
DENSIDADE APARENTE (<i>Bulk Density</i>)	g/ml	0,75 - 1,20	BS - 1460/1967
VOL. APARENTE (<i>Packed Bulk Density</i>)	ml/40 g	20,00 - 45,00	BS - 1460/1967
pH	-	6,00 - 10,00	ASTM - D - 1208/84
UMIDADE (<i>Moisture</i>)	%	0,50 MAX.	ASTM - C - 25/94 A
PROPRIEDADES QUÍMICAS (<i>Chemical Properties</i>)			
BaSO₄	%	98,00 MIN.	-

g) Quartzo – Utilizou-se um pó de quartzo conforme as características do fabricante, demonstrado na tabela 3.8.

Tabela 3.8: Propriedades do quartzo

PROPRIEDADES <i>Properties</i>	UNIDADE <i>Unity</i>	ESPECIFICADO <i>Specifications</i>	MÉTODO <i>Test</i>
ASPECTO (<i>Appearance</i>)	-	PÓ BRANCO,GROSSO (<i>Thick White Powder</i>)	VISUAL
RETENÇÃO # 100 (<i>Retained Sieve #100</i>)	%	10,00 MAX.	ASTM - C - 110/94 A
ABSORÇÃO À ÓLEO (<i>Oil Absorption</i>)	%	13,00 - 19,00	ASTM - D - 1483/84
ABSORÇÃO À ÓLEO (<i>Oil Absorption</i>)	%	21,00 - 27,00	ASTM - D - 281/84
DENSIDADE APARENTE (<i>Bulk Density</i>)	g/ml	1,00 - 1,25	BS - 1460/1967
VOL. APARENTE (<i>Packed Bulk Density</i>)	ml/40 g	25,00 - 33,00	BS - 1460/1967
UMIDADE (<i>Moisture</i>)	%	0,60 MAX.	ASTM - C - 25/94 A
PROPRIEDADES QUÍMICAS TÍPICAS (<i>Typical Chemical Properties</i>)			
SiO₂	%	98,00 MÍN.	-
Al₂O₃	%	0,20 MÁX.	-
Fe₂O₃	%	0,15 MÁX.	-

3.3 Aspectos econômicos das cargas minerais

Um aspecto importante para avaliar as cargas minerais é o seu valor comercial. A tabela 3.9 apresenta os valores atualizados das cargas utilizadas no estudo tão como o pigmento principal das formulações, o dióxido de titânio. O primeiro fato a ser considerado é o elevado valor do dióxido de titânio, que comparado com uma carga como o carbonato de cálcio, por exemplo, custa dez vezes mais caro, o que mostra, em primeiro lugar, a grande importância que as cargas exercem no custo de uma formulação. O valor das cargas utilizadas fica em uma média próxima aos R\$ 2,40/kg, excetuando o carbonato de cálcio, que é bem mais barato e o caulim delaminado, que é caro comparado com esses.

Tabela 3.9: Tabela de valores comerciais das cargas minerais

Produto	Preço (R\$/kg)
Carbonato de cálcio	1,20
Caulim	2,50
Caulim delaminado	3,50
Dióxido de titânio	12,00
Mica micronizada	2,40
Quartzo	2,40
Sulfato de bário	2,45
Talco	2,40

3.4 Preparação das amostras

A partir da formulação inicial da tinta e seus insumos, iniciou-se a elaboração das amostras de tinta que foram utilizadas na realização dos testes. A escolha dos insumos na formulação foi feita com auxílio da empresa onde este trabalho foi realizado. Por questões de sigilo, os nomes comerciais dos insumos não foram informados no presente trabalho.

As amostras foram fabricadas no laboratório de maneira convencional, conforme as seguintes etapas: pré-mistura, dispersão, completagem, filtração e envase. A figura 3.2 esquematiza o processo.

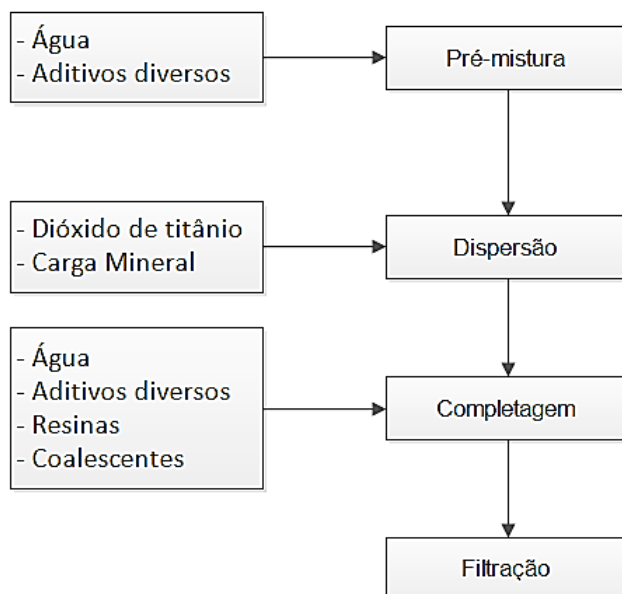


Figura 3.2: Fluxograma esquemático da fabricação das amostras

Todas as amostras foram feitas conforme a formulação exposta na tabela 3.1, a qual informa que há 20 % de pigmento branco (TiO_2) e 4% de cargas minerais. Tal afirmação, contudo, não se aplicou a um caso, o qual foi utilizado como padrão de comparação. Essa amostra foi elaborada para avaliar o efeito do dióxido de titânio quando utilizado sozinho e sua posterior comparação entre os efeitos gerados pelas diferentes cargas que foram testadas. A tabela 3.10 apresenta os valores percentuais (em massa) de TiO_2 e cargas utilizadas em cada amostra.

Tabela 3.10: Percentuais mássicos de dióxido de titânio e cargas minerais nas amostras

Nome da amostra	% TiO (em massa)	% Carga mineral (em massa)
A1	24	0
A2	20	4 (Carbonato de cálcio)
A3	20	4 (Caulim delaminado)
A4	20	4 (Caulim)
A5	20	4 (Talco)
A6	20	4 (Mica micronizada)
A7	20	4 (Sulfato de Bário)
A8	20	4 (Quartzo)
A9	20	2 (Caulim delaminado), 2 (Talco)
A10	20	2 (Caulim delaminado), 2 (Mica micronizada)
A11	20	2 (Caulim delaminado), 2 (Sulfato de Bário)

3.4.1 Escolha da massa das amostras

Definiu-se uma massa de 0,5 kg para as amostras. Essa decisão foi baseada no tamanho do dispersor disponível e também pelo fato de que essa massa é suficiente para a realização dos testes necessários.

3.4.2 Pré-mistura

Essa etapa visa a homogeneização dos insumos que são adicionados antes da dispersão.

Tabela 3.11: Componentes da pré-mistura

Componente	Percentual (em massa)
Espessantes celulósicos	0,30
Bactericida	0,15
Antiespumante	0,15
Dispersante	0,35
Inibidor de corrosão	0,10
Surfactante não iônico	0,15
Surfactante iônico	0,15
Coalescentes	2,50
Água	15,5
	19,35

É importante salientar que dispersão e homogeneização não são sinônimos, tendo em vista que condições de processo adequadas para uma mistura podem não ser adequadas para dispersão e vice-versa. Nesse procedimento, os componentes foram pesados e adicionados a um frasco Béquer de 1L. A mistura foi feita por meio de um dispersor do tipo *Cowless*, que nesse caso pode ser utilizado como um agitador. Os seguintes componentes foram adicionados (lembrando que percentual é referido a uma massa de 0,5 kg), conforme demonstra a tabela 3.11.

3.4.3 Dispersão

A dispersão consiste em dissipar, separar as partículas até a última distribuição de partículas primárias cujas dimensões são relativamente pequenas. Dessa forma, o propósito da dispersão é quebrar os aglomerados mecanicamente, permitindo umectação da superfície externa e interna de cada partícula. Partículas aglomeradas ou empacotadas de pigmento devem ser quebradas e suas faces internas expostas a ação de umectação. Uma vez obtida a umectação, o próximo estágio consiste em cercar cada partícula com veículo, prevenindo o contato de partícula contra partícula. Quando essas partículas tendem a se aglomerar se diz que há a floculação.

Nessa etapa, adicionaram-se as cargas minerais juntamente com o dióxido de titânio para serem dispersas. Esse procedimento foi feito no mesmo Béquer em que foi feita a pré-mistura, novamente usando o usando o dispersor *Cowless*. Em todas as amostras confeccionadas, usou-se a mesma relação de dióxido de titânio e cargas, com exceção da amostra que foi feita sem adição de cargas. Nesse caso, o percentual que seria de carga, foi substituído por TiO_2 . A tabela 3.12 mostra as quantidades adicionadas no procedimento.

Tabela 3.12: Componentes adicionados na dispersão

Componente	Percentual (em massa)
Cargas minerais	4
Dióxido de titânio (Rutilo)	20
	24

3.4.4 Completagem

Nesse estágio ocorre a redução da base com solventes, resinas ou veículo para dar à tinta as condições satisfatórias de aplicação. Junto aos componentes dispersos anteriormente, adicionou-se o restante dos insumos da fórmula, com agitação. A tabela 3.13 mostra a percentagem e os componentes adicionados:

Tabela 3.13: Componentes adicionados na completagem

Componente	Percentual (em massa)
Antiespumante	0,10
Água	16,55
Resina acrílica	38,00
Modificador reológico	1,50
Fungicida	0,25
Amônia	0,25
	56,6

3.4.5 Filtração

Ao término de cada amostra, as mesmas foram filtradas, para a retirada de eventuais partículas e grumos formados no processo. Para isso, utilizou-se um filtro de 120 microns.

3.5 Equipamentos

3.5.1 Sistema de dispersão e mistura

As amostras foram confeccionadas através de um sistema dotado de um motor elétrico com entrada para acoplagem de eixo. O motor com regulagem de altura e controle de velocidade digital é mostrado na figura 3.3.

**Figura 3.3:** Sistema de dispersão e mistura

3.5.2 *Dispensor Cowless*

Para a dispersão das cargas minerais utilizou-se um disco dispersor de alta velocidade, conhecido como *Cowless*. Este instrumento consiste essencialmente em um disco serrado com as bordas alternadas montado em um eixo de alta rotação, o qual deve ser verticalmente colocado em um recipiente cilíndrico. A figura 3.4 mostra o dispersor utilizado.



Figura 3.4: Dispersor *Cowless* utilizado

A velocidade de operação do disco foi configurada de tal forma que se formou uma matriz giratória de circulação devido à rotação da lâmina de impulsão. A utilização do *Cowless* se deu devido à necessidade da geração de um vórtice durante a dispersão (para que a mesma ocorra de uma forma eficaz). Este vórtice deve ocorrer de tal maneira que uma partícula localizada na superfície vá ao fundo antes de completar uma revolução no recipiente de mistura. Por esse motivo o frasco utilizado não foi dotado de placas defletoras e cantos vivos, pois os mesmos atrapalhariam a formação do vórtice. A figura 3.5 demonstra de forma esquemática a disposição do dispersor dentro do frasco.

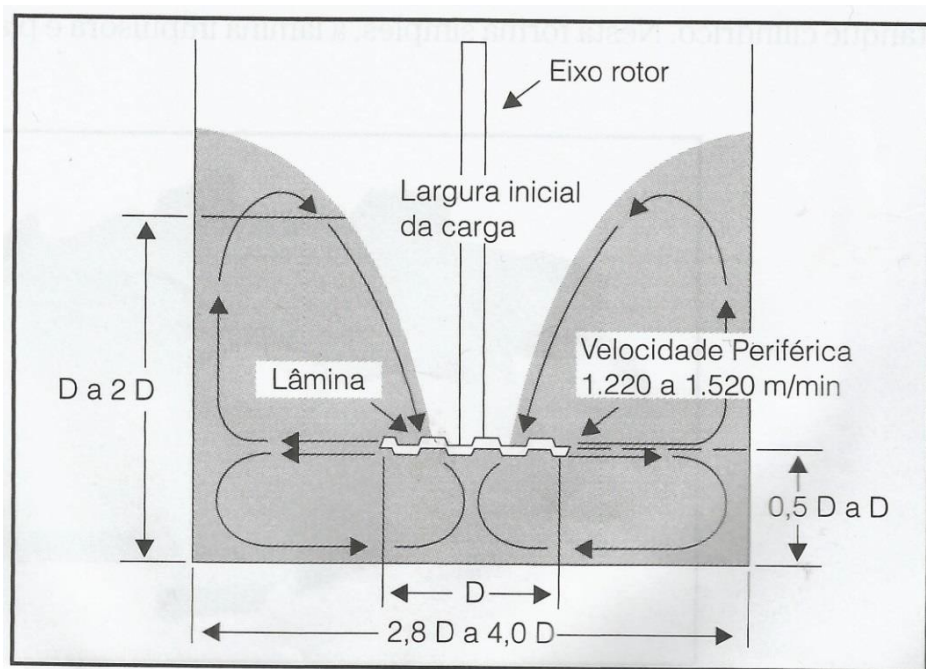


Figura 3.5: Disposição do *Cowless* no interior do frasco de dispersão (Fazenda, 2005)

Na figura 3.5 é possível visualizar a relação entre o diâmetro (D) do *Cowless* com todas as dimensões do frasco de dispersão e também a disposição do dispersor. Adicionalmente, também estão esquematizadas as linhas de fluxo da dispersão, onde é possível ver claramente a formação do vórtice.

Nesse experimento, utilizou-se um dispersor com 0,08 m de diâmetro, dessa forma, conforme as dimensões demonstradas na figura 3.5, foi montada a seguinte disposição para o sistema de dispersão:

- Diâmetro do frasco dispersor: $D_{FD} = 0,224$ m
- Distância do disco até o fundo do frasco dispersor: $L = 0,04$ m

3.5.3 Filtro

Utilizou-se um filtro de 120 micrometros, o qual foi acoplado a um recipiente plástico para armazenamento do material filtrado.

3.5.4 Espectrofotômetro

Os ensaios de poder de cobertura e brilho foram realizados com a utilização de um espectrofotômetro portátil, fabricado pela BYK-Gardner (figura 3.6). Sua utilização se deu através do posicionamento de seu sensor em cima dos filmes de amostras feitos em cartelas especiais para aplicação de tintas. Depois de posicionar o aparelho, os valores de brilho e poder de cobertura foram informados no *display*.



Figura 3.6: Espectrofotômetro

Os valores de poder de cobertura são informados em termos percentuais, dessa forma, 0% indica que a tinta não esconde nada do substrato que se deseja revestir e 100% indica que o filme formado esconde o substrato revestido em sua totalidade.

As medidas de brilho à 60° são expressas em unidades de brilho (UB), em uma escala de 0 a 1000, onde 1000 corresponde ao brilho máximo, refletido por um espelho perfeito (reflete 100% da luz incidente) e 0 corresponde à ausência de brilho, ou um corpo que nada reflete (reflete 0% da luz incidente).

3.5.5 Cartela de aplicação e extensor

Para os testes de brilho e poder de cobertura, utilizaram-se cartelas de aplicação da Byk-Gardner. Tais cartelas (conhecidas como cartelas de opacidade) são combinação de

áreas pretas e brancas com amplo espaço para medição da reflectância através do espectrofotômetro. Os filmes de tintas que foram avaliados foram feitos através de um extensor, o qual consiste em uma peça metálica com diversas aberturas. Cada abertura corresponde a uma espessura de filme que se deseja fazer. Neste trabalho, foram feitos filmes de 150 micrometros, pois este é o padrão utilizado nos testes do fabricante no qual os mesmos foram realizados. A figura 3.7 apresenta um dos filmes feitos em uma cartela de aplicação com o auxílio do extensor.



Figura 3.7: Cartela de aplicação com filme feito pelo extensor

3.6 Identificação das amostras

Foram confeccionadas onze amostras de tintas, dessa forma, para melhor compreensão do trabalho, a tabela 3.14 apresenta, juntamente com o código das amostras, quais cargas minerais foram utilizadas nelas e também seus valores percentuais em massa.

Tabela 3.14: Código das amostras e suas composições

Nome da amostra	% TiO (em massa)	% Carga mineral (em massa)
A1	24	0
A2	20	4 (Carbonato de cálcio)
A3	20	4 (Caulim delaminado)
A4	20	4 (Caulim)
A5	20	4 (Talco)
A6	20	4 (Mica micronizada)
A7	20	4 (Barita)
A8	20	4 (Quartzo)
A9	20	2 (Caulim delaminado), 2 (Talco)
A10	20	2 (Caulim delaminado), 2 (Mica micronizada)
A11	20	2 (Caulim delaminado), 2 (Sulfato de Bário)

3.7 Cálculo dos valores dos resultados

Os valores de poder de cobertura das amostras não são decorrentes de uma medição apenas, mas sim do valor médio de quatro medições, pois como o filme de tinta não é perfeitamente uniforme, tomar apenas uma medida não demonstraria de forma precisa o valor real. A tabela 3.15 exemplifica o procedimento para a amostra A1.

Tabela 3.15: Obtenção do valor do poder de cobertura para a amostra A1

	Poder de Cobertura (%)
Medição 1	97,19
Medição 2	97,60
Medição 3	97,69
Medição 4	97,68
Valor médio	97,54

Pelos mesmos motivos que o poder de cobertura foi apresentado na forma de valor médio, as medições de brilho também foram. A tabela 3.16, exemplifica o procedimento para obtenção do brilho da amostra A1, que foi o mesmo utilizado para as outras.

Tabela 3.16: Obtenção do valor de brilho da amostra A1

	Brilho (UB)
Medição 1	40,80
Medição 2	41,20
Medição 3	41,80
Medição 4	40,70
Valor médio	41,13

4 Resultados

Neste capítulo serão apresentados e discutidos os resultados dos testes realizados nos filmes de tintas das amostras confeccionadas.

4.1 Poder de cobertura

A tabela 4.1 apresenta os valores obtidos das amostras A1 à A8.

Tabela 4.1: Poder de cobertura das amostras A1 à A8

Amostra	Poder de cobertura (%)
A1	97,54
A2	97,63
A3	99,22
A4	98,26
A5	98,87
A6	98,53
A7	98,48
A8	99,01

4.2 Brilho

Os resultados de brilho das amostras A1 à A8 são apresentados abaixo, na tabela 4.2.

Tabela 4.2: Brilho das amostras A1 à A8

Amostra	Brilho (UB)
A1	41,13
A2	12,30
A3	36,93
A4	25,78
A5	34,58
A6	31,45
A7	27,48
A8	24,38

4.3 Composição de cargas

Baseado nos resultados obtidos nas oito primeiras amostras elaboradas foram testadas três composições (misturas) de cargas minerais, as quais são:

- 2% caulim delaminado e 2% de talco (amostra A9);
- 2% caulim delaminado e 2% de mica micronizada (amostra A10);
- 2% caulim delaminado e 2% de sulfato de bário (amostra A11).

A escolha do caulim delaminado (A3) nessas três novas composições, se deve ao fato do mesmo ter alcançado um grande poder de cobertura, o maior entre todas as amostras

preparadas, atingindo 99,22%. A razão pela qual foram escolhidos o talco, a mica micronizada e o sulfato de bário é pelos elevados valores de brilho obtidos por eles, e isso é bastante relevante, pois uma tinta semi-brilho deve ter um brilho elevado. As tabelas 4.3 e 4.4 apresentam os resultados obtidos para poder de cobertura e brilho, respectivamente.

Tabela 4.3: Poder de cobertura das amostras com cargas compostas

Amostra	Poder de cobertura (%)
A9	96,32
A10	99,06
A11	97,33

Tabela 4.4: Brilho das amostras com cargas compostas

Amostra	Brilho (UB)
A9	36,36
A10	26,58
A11	22,32

4.4 Discussão de resultados

Nas tabelas 4.5 e 4.6 são mostrados todos os valores obtidos, em ordem decrescente, para fins de comparação.

Tabela 4.5: Poder de cobertura de todas as amostra em ordem decrescente

	Poder de cobertura (%)
Caulim delaminado (A3)	99,22
Caulim delaminado/Mica (A10)	99,06
Quartzo (A8)	99,01
Talco (A5)	98,87
Mica micronizada (A6)	98,53
Sulfato de bário (A7)	98,48
Caulim (A4)	98,26
Carbonato de cálcio (A2)	97,63
TiO ₂ sem cargas (A1)	97,54
Caulim delaminado/Sulfato de Bário (A11)	97,33
Caulim delaminado/Talco (A9)	96,32

Tabela 4.6: Brilho de todas as amostras em ordem decrescente

	Brilho (UB)
TiO ₂ sem cargas (A1)	41,13
Caulim delaminado (A3)	36,93
Caulim delaminado/Talco (A9)	36,36
Talco (A5)	34,58
Mica micronizada (A6)	31,45
Sulfato de bário (A7)	27,48
Caulim delaminado/Mica (A10)	26,58
Caulim (A4)	25,78
Quartzo (A8)	24,38
Caulim delaminado/Sulfato de Bário (A11)	22,32
Carbonato de cálcio (A2)	12,30

Com base nos resultados dos valores de poder de cobertura, percebe-se que quase todas as amostras apresentaram valores que atendem os requisitos necessários (comercialmente aceitos) para tintas da linha semi-brilho, que devem ter no mínimo 97% de cobertura. Apenas a amostra A9 teve um valor inferior a este limite, com 96,32%. Cabe salientar que quanto mais próximo de 100%, melhor o desempenho da tinta, pois maior será seu rendimento por volume aplicado. Nesse sentido, os melhores resultados obtidos foram das amostras A3, A10 e A8 com valores superiores a 99%.

Observa-se que a com adição de cargas minerais na fórmula ocorre uma melhora do poder de cobertura da mesma, pois exceto no caso das amostras A11 e A9, todas as outras apresentaram valores superiores a A1 (padrão ou amostra de referência), a qual possui como único pigmento o dióxido de titânio. Como visto anteriormente, a carga mineral não é simplesmente um filler para dar volume e manter a concentração volumétrica de pigmento necessária, mas ela também agrega propriedades relevantes no produto final.

Nas análises do brilho, os valores obtidos tiveram mais variações se comparados com os valores que os de poder de cobertura, indo de 12,30 UB a 41,13 UB. Considerando que, comercialmente, a linha semi-brilho tem valores do brilho entre 20 e 30 UB, os valores obtidos nos experimentos são satisfatórios. Quando se atinge valores na casa das 32 UB, a tinta já apresenta um aspecto “vitrificado”, demasiadamente brilhoso e abaixo de 20, a tinta já pode ser classificada como fosca. É importante mencionar o fato de que nesse caso, ao contrário do poder de cobertura, em que quanto mais perto de 100% de cobertura melhor o produto, não há um valor ótimo dentro desta faixa de brilho, pois quem vai decidir se o produto serve para suas aplicações são os consumidores finais, os quais podem ter os mais variados gostos.

Conforme o critério anteriormente mencionado, a amostra A2 ficou fora da especificação por ser demasiadamente fosca, com apenas 12,30 UB, enquanto A1, A3, A9 e A5 apresentaram valores de brilho muito elevados, de 34,58 a 41,13 UB. Dentro dos critérios adotados, A11, A8, A4, A10, A7, e A6 atenderam a necessidade, com valores de 22,32 a 31,45 UB.

Após avaliar individualmente os valores de poder de cobertura e brilho, foi necessária a análise em conjunto de ambas para cada amostra, para poder afirmar qual o seu potencial como um produto comercial:

- A tinta A1 obteve poder de cobertura suficiente, contudo seu brilho ficou demasiadamente elevado devido ao alto índice de refração do dióxido de titânio. Esse fato impede que essa formulação seja usada como produto da linha semi-brilho, porém não descarta que seja usado como uma tinta de alto brilho. Contudo, o valor do dióxido de titânio pode restringir seu uso a aplicações específicas;

- A formulação A2 também apresentou poder de cobertura satisfatório, contudo nesse caso o brilho teve valor bastante baixo, o que inviabiliza seu uso como semi-brilho. Apesar de não ter sido apropriada para a formulação proposta, o carbonato de cálcio demonstrou enorme capacidade de ser utilizado em tintas foscas ou ser utilizado em conjunto com alguma carga que possua elevado brilho e poder de cobertura, para se atingir um efeito intermediário de brilho. Tal fato provavelmente se deve a alta absorção em óleo do carbonato de cálcio, fazendo que a concentração volumétrica de pigmento (PVC) se aproxime da concentração crítica, tornando o filme mais áspero e, portanto espalhando mais a luz, como ilustrado na figura 2.9 deste trabalho;

- No caso da amostra A3, observou-se um poder de cobertura bastante elevado, o melhor entre todas as cargas minerais testadas. Entretanto, seu filme obteve brilho muito elevado, portanto seu uso não é pertinente para a linha semi-brilho, mas sim para uma tinta de alto brilho. Seu elevado brilho se deve ao tratamento de delaminação de suas camadas lamelares. Uma combinação com uma carga de efeito mais fosco, como o carbonato de cálcio, seria uma possibilidade para se atingir uma boa tinta semi-brilho;

- A tinta A4 apresentou resultados satisfatórios tanto em poder de cobertura como em brilho, podendo ser utilizada como uma tinta semi-brilho;

- A formulação A5 obteve poder de cobertura satisfatório, porém também elevado brilho para uma linha semi-brilho. Essa amostra é bastante semelhante a A3, porém com poder de cobertura e brilho um pouco reduzido em comparação com esta. Seu elevado brilho foi um valor inesperado, pois uma carga com tal granulometria reduzida e elevada absorção de óleo tenderia a fosquear o filme. Neste caso, uma composição com carbonato de cálcio pode oferecer bons resultados no sentido de fosquear o filme;

- No caso da formulação A6, ambas as propriedades satisfizeram as requisitos da linha semi-brilho, sendo que seu brilho ficou no limite superior aceitável;

- A amostra A7 teve valores adequados para a linha semi-brilho nos dois aspectos mensurados, entretanto, observou-se que sua fabricação não é muito recomendável devido a alta densidade do sulfato de bário, o que gerou precipitações na amostra após certo tempo. Dessa forma, comercialmente seu uso deve gerar bastante problemas, pois tais precipitações vão acarretar em um filme desuniforme na aplicação;

- A tinta A8 teve o terceiro melhor poder de cobertura entre as amostras testadas e um brilho adequado para uma linha semi-brilho. Esse resultado sugere que além desse uso, o quartzo pode ser utilizado em conjunto com o carbonato de cálcio para se obter uma tinta fosca de elevado poder de cobertura;

- A fórmula A9 teve o pior resultado de poder de cobertura, portanto seu uso não se justifica, para semi-brilho e nem para tinta fosca, pois se o objetivo é fazer uma tinta de preço baixo e poder de cobertura ruim, existem cargas bem mais baratas do que as usadas nessa mistura;

- A amostra A10, como tinta semi-brilho, teve o melhor resultado entre todas as outras, pois atingiu o segundo melhor poder de cobertura e, adicionalmente, obteve um brilho dentro das especificações dessa linha. Essa mistura conseguiu manter o alto poder de cobertura fornecido pelo caulim delaminado, e sua interação com o talco, por algum motivo não sabido, forneceu um brilho inferior a utilização dessas cargas se usadas individualmente. Esse efeito é bastante curioso, pois seria de se esperar um valor intermediário de brilho entre essas duas cargas, porém sua atuação conjunta ofereceu um valor bastante inferior;

- Amostra A11 teve poder de cobertura no limite inferior para a linha semi-brilho e brilho dentro da especificação, contudo, seu uso comercial não é relevante, pois o sulfato de bário, mesmo em quantidade reduzida, novamente apresentou problemas de precipitação.

4.5 Aspectos econômicos dos resultados

O reduzido valor do carbonato de cálcio mostra que sua capacidade de fosqueamento é muito importante, pois ele pode ser combinado com uma carga de elevado brilho e poder de cobertura, como o caulim delaminado, gerando uma composição de brilho intermediário, bom poder de cobertura e custo reduzido. Uma mistura de cargas com 50% de caulim delaminado com 50% de carbonato, teria um custo de R\$ 2,35/kg.

A melhor formulação para linha semi-brilho dos testes, a mistura A10, que é composta de 50% de caulim delaminado e 50% de mica micronizada, apresenta um valor de R\$ 2,95/kg. Pelo desempenho realizado, esse custo é bastante competitivo.

As amostras A6, A7, A4 e A8 também ficaram na especificação necessária para uma tinta semi-brilho, sendo que nesses casos nenhuma utilizou composição de cargas. Como o valor entre essas cargas é bastante semelhante – variando entre R\$2,40/kg e R\$2,50/kg – sua escolha vai se dar conforme a preferência do público alvo, pois suas propriedades são semelhantes, porém não iguais.

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

Com base nos resultados das onze amostras, contendo diferentes composições de cargas minerais, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- As cargas minerais influenciam de forma consistente o brilho e o poder de cobertura, possibilitando que o conhecimento das propriedades por elas acrescentadas seja fundamental para se atingir a característica final desejada em uma tinta. Tal constatação desmente a mentalidade presente em muitas indústrias de tinta, as quais acreditam que a carga mineral deve ser utilizada meramente como um filler que serve para cortar a quantidade de dióxido de titânio e manter a concentração volumétrica de pigmentos no valor necessário.
- A composição (mistura) de diferentes cargas minerais pode fornecer resultados superiores ao uso individual de uma única carga, como comprova a amostra A10 desse trabalho, que forneceu o melhor resultado. Tal fato demonstra a importância de se testar diferentes composições.
- A fabricação de uma tinta branca somente utilizando dióxido de titânio como pigmento branco, sem adição de cargas minerais, é bastante difícil, pois seu valor é muito elevado comparado com as cargas e, adicionalmente, as cargas adicionaram propriedades que o TiO_2 não foi capaz de desempenhar.
- O fato de algumas amostras terem ficado fora das especificações de uma tinta semi-brilho não exclui o uso de suas respectivas cargas para outras linhas de tintas imobiliárias ou mesmo que as mesmas sejam misturadas a outras cargas para que se atinja o efeito desejado, portanto, apesar de os testes terem sido realizados em uma formulação para linha semi-brilho, os resultados obtidos também podem ser utilizados para outros tipos de tintas.

Como sugestões para trabalhos futuros, visando complementar o presente trabalho e a qualidade de tintas imobiliárias através da adição de cargas minerais, os seguintes aspectos devem ser considerados:

- ✓ Brilho e poder de cobertura são características muito importantes, entretanto, elas estão mais relacionadas ao desempenho estético da tinta. Dessa forma, é relevante que sejam realizados testes que avaliam as características físicas dos filmes, como: lavabilidade, resistência a abrasão (úmida e seca) e resistência à tração.
- ✓ Devido aos bons resultados obtidos pela composição (mistura) de cargas minerais, seria relevante a realização de mais misturas de cargas, utilizando ferramentas estatísticas para obter uma avaliação mais robusta dos dados encontrados.
- ✓ Avaliar o efeito do aumento do percentual de cargas minerais em detrimento da redução de dióxido de titânio, visando obter redução de custos.

6 Referências

- CIULLO, P. A. **Industrial Minerals and Their Uses: A Handbook and Formulary**. Westwood: Noyes Publications, 1996. 632 p.
- BARTHOLI J. C. **Guia prático sobre cargas minerais e suas aplicações em tintas**. Tintas e Vernizes, Agosto/Setembro. 1998. 52-55p.
- CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 5. ed. São Paulo: LTC, 2002. 408 p.
- 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.
- DUPONT. **Polímeros, luz e ciência do TiO₂**. 2005. 20p.
- DUPONT. **Titanium Dioxides for Coating**. 2007. 28p.
- FAZENDA, J. M. R. **Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005. 1043 p.
- KOLESKE, J. V. **Paint and Coating Testing Manual: Fourteenth Edition of the Gardner-Sward Handbook**. 14. ed. Philadelphia: ASTM International, 1995. 925 p.
- KÖRTUM, G. **Reflectance Spectroscopy: Principles, Methods, Applications**. Springer-Verlang, Germany, 1969
- LUZ, A. B; BALTAR, C. A. M. **Rochas & Minerais Industriais**. Rio de Janeiro: CETEM, 2005. 720 p.
- MINÉRIOS OURO BRANCO. **Catálogo de produtos**. 2012. 25p.
- RABELLO, M. **Aditivção de polímeros**. São Paulo: Artliber, 2000. 242 p.
- ROTHON, R. N. **Particulate Fillers for Polymers**. Akron: iSmithers Rapra Publishing, 2002. 154 p.

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.** Porto Alegre, 2002. 200p. Tese (Doutor em Engenharia Química) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Minas, Materiais e Metalurgia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS.

SMITH, W. F.; HASHEMI, J. **Fundamentos de Engenharia e Ciência dos Materiais.** Porto Alegre: Mcgraw Hill Brasil, 2010. 710 p.

STOFFER, J. **Extender Pigments.** *American Paint & Coating Journal*, p. 19 – 23, Tech Plus, 1997.