

INFLUÊNCIA DE CARGAS MINERAIS NA FORMULAÇÃO DE TINTAS INDUSTRIAIS

Letícia Delfino Cizeski¹

Aline Resmini Melo²

Resumo: As tintas são compostas por diversas matérias-primas que juntas conferem as características finais do esmalte, como resina, solventes, aditivos, pigmentos e cargas minerais. As cargas minerais possuem grande influência quando acrescentadas nas tintas, promovendo aos esmaltes diferentes características. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de quatro cargas minerais, sendo elas calcita, talco, mica e quartzo na formulação de um esmalte sintético branco. Foi avaliada a viscosidade, fineza, opacidade, brilho e estabilidade das fórmulas. Através destas análises foi possível identificar as melhores formulações, com base nas especificações estabelecidas para cada análise. Os resultados obtidos, mostraram que a fineza e opacidade foram ótimas em todas as amostras, já na questão da viscosidade e do brilho a mica e talco, apresentaram um maior poder de fosqueamento e um aumento maior da viscosidade. As melhores formulações foram A4, A6 e A7, no qual suas cargas minerais foram quartzo a 30%, talco a 25% e calcita a 25%, respectivamente, pois ficaram nas especificações estabelecidas. As análises demonstraram a real influência das quatro cargas minerais estudadas, sendo de grande relevância na formulação de uma tinta, já que são uma das mais utilizadas industrialmente.

Palavras-Chave: Estabilidade. Quartzo. Calcita. Talco. Mica.

1 INTRODUÇÃO

As cargas minerais são utilizadas em diversos segmentos na área industrial, tendo grande relevância em muitos produtos acabados. Assim, como na fabricação de tintas, no qual os reagentes inorgânicos possuem grande influência nas características do material final, sendo que o tipo e quantidade presente na formulação é de extrema importância (SEERIG, 2009).

Na literatura, as tintas são produtos líquidos ou em pó, no qual quando aplicadas em uma superfície, necessitam de um tempo de cura predeterminado, conforme as suas especificações de secagem. Assim, estabelecendo uma película sólida sobre o substrato, com características protetivas e decorativas (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009).

¹ Graduanda em Engenharia Química. E-mail: leticia.delfino.c@gmail.com

² Professora do Centro Universitário UniSATC E-mail: aline.melo@satc.edu.br

A composição da tinta, em qualquer segmento, sendo imobiliário, automotivo, industrial ou para impressão, é composta por diferentes matérias-primas. Sendo a resina uma das mais importantes, conhecida por suas propriedades de aderência, impermeabilidade e flexibilidade. O solvente é outro reagente, que possui a função de dissolver a resina, já o aditivo é usado para melhorar o processo de fabricação e de estocagem. Na sequência tem-se as cargas minerais, no qual são mais utilizadas para melhorar a cobertura, modificar o brilho, por fim o pigmento, que desempenha a função de tingir a tinta (KAIRALLA; MACHADO, 2009).

No ramo de tintas industriais, o processo de aplicação é em superfícies metálicas, de concreto e alvenaria. Assim, tendo como necessidade uma proteção maior contra corrosões e uma cobertura melhor (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2009). Nesse segmento, são utilizadas diversas cargas minerais que possuem como objetivos principais, melhorar a cobertura, auxiliar no ajuste de controle de brilho e proporcionar tintas mais acessíveis. Assim, pode-se encontrar cargas minerais, como barita, calcita, dolomita, mica, caulim, quartzo, talco dentre outros (ASSIS et al., 2009).

Na área de tintas existem poucos estudos com relação a influência das cargas minerais na formulação de esmaltes industriais. Sendo as especificações de extrema importância para o desenvolvimento do produto, pois quando acrescentadas nas fórmulas, o mineral entra em grande quantidade, modificando as características da tinta. Assim, o conhecimento acerca do conteúdo torna-se de grande relevância.

O objetivo do trabalho foi a determinação da influência das cargas minerais escolhidas em tintas industriais, visando analisar a viscosidade, a fineza, a cobertura e a estabilidade. Ademais, determinar as melhores formulações, associadas as especificações e ao brilho, caracterizando os padrões para tintas semibrilho, acetinado e fosco em um esmalte sintético branco. Deste modo diferenciando as cargas minerais escolhidas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No início as tintas foram associadas a um aspecto estético, tendo como objetivo acabamentos decorativos. Porém, com o passar do tempo os países que tinham climas mais severos, tiveram a necessidade de produzir esmaltes com uma outra característica, a de proteção. Desta forma, a indústria de tintas começou a sofrer

grandes transformações, como melhorias de matérias-primas e processos. Assim, pode-se determinar que a tinta líquida é composta por pigmentos, resina, solventes, aditivos e cargas minerais, no qual ao passar pelo processo de cura, forma uma película fina, que possui como finalidade embelezar e proteger o substrato (FAZENDA; DINIZ, 2009).

2.1 MATÉRIAS-PRIMAS

A composição é a parte mais importante para se determinar quando realizado o desenvolvimento de uma tinta. No qual, a combinação de diversos elementos definirá as propriedades, como resistência e aspecto, assim como o material que a mesma deverá ser aplicada (GAUTO; ROSA, 2011).

2.1.1 Resina

As primeiras formulações de tintas foram feitas a base de resinas vegetais. Porém, na atualidade as indústrias de esmaltes utilizam resinas sintéticas, que possui um alto peso molecular (COELHO, 2006). A resina constitui a parte volátil, que detém a função de aglomerar as partículas de pigmentos e cargas minerais. A obtenção dessa matéria-prima é através de reações complexas da indústria química, assim quando formadas agregam a tinta, principalmente, resistência e durabilidade (CARDOSO, 2015).

2.1.2 Solvente

As tintas podem ser de base aquosa, utilizando a água como solvente ou de base solvente, no qual são usados solventes orgânicos. Estes são líquidos voláteis, no qual possuem a capacidade de dissolver os componentes da tinta, como a resina. Assim, os solventes agregam a tinta, a volatilidade, o cheiro, o poder de solvência e entre outros aspectos. Por conseguinte, para a escolha do composto orgânico, é necessária a determinação de aspectos como viscosidade e secagem, que interferem na característica da tinta (FAIA, 2018).

Os solventes possuem três classificações distintas, baseadas no poder de solvência, denominados como solventes verdadeiros, auxiliares e falso solvente. O verdadeiro é denominado como miscível em qualquer proporção em uma resina específica. Já os solventes auxiliares são usados para aumentar o poder de solubilização de um solvente verdadeiro. E por fim, o falso solvente, utilizado apenas para diminuir o custo, pois não possuem poder de diluição (GAUTO; ROSA, 2011).

2.1.3 Aditivos

O componente que vai em menor quantidade em uma tinta é o aditivo, porém seu papel é de grande importância nas propriedades do produto. Assim, essas matérias-primas podem ser dispersantes, antiespumas, secantes, antisedimentantes, espessantes, promotor de aderência entre outros (BARRIOS, 2017).

Nas formulações de tintas os aditivos que estão sempre presentes são os dispersantes, que auxiliam no processo de dispersão de componentes sólidos ajudando no englobamento de pigmentos e cargas minerais. Tem-se os chamados de agentes reológicos, no qual possuem a finalidade de regular a fluidez do produto. Assim, como o antipele que possui a função de retardar a formação de pele sobre a superfície da tinta. Além de vários outros aditivos que auxiliam especificamente em alguma característica do esmalte (ROCHA et al., 2009).

2.1.4 Pigmentos

O pigmento é uma composição colorida da tinta, que quando aplicado ao substrato transfere seu efeito de cor a superfície. Quando misturado a tinta o componente necessitará passar por um processo de moagem, que acarretará a diminuição das partículas de pigmentos, tornando-se mais homogêneo ao sistema. Além disso, a matéria-prima pode ser classificada por sua cor, sua permanência, seu uso, dentre outros. Assim como pela sua origem, podendo ser inorgânica e orgânica (MAYER, 2006).

2.2 CARGAS MINERAIS

As cargas minerais são utilizadas em diversos seguimentos industriais, sendo que nas tintas suas principais funções são melhorar a opacidade e controlar o brilho no substrato. Além disso, outras características podem ser melhoradas com o uso da carga mineral em uma tinta, como viscosidade, sedimentação, resistência a abrasão entre outras. Porém, as propriedades podem variar de acordo com o tipo e a quantidade utilizada (FAIA, 2018).

2.2.1 Calcita

Entre as cargas minerais mais utilizadas no setor de tintas, tem-se a calcita, uma substância que é encontrada em rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. Dentre as principais características do mineral pode-se apresentar, dureza 3 Mohs, brilho não metálico, formada por cristais prismático ou romboédricos, além de possuir diversos tipos de colorações (MENEZES, 2013).

A calcita é o carbonato de cálcio natural CaCO_3 , é considerado um extender primário devido ao baixo custo, assim como sua baixa absorção de óleo, sendo incorporadas em altos teores na tinta (ASSIS et al., 2009).

2.2.2 Talco

O talco possui a forma cristalina lamelar ou fibrosa, é quimicamente inerte e conhecido como silicato de magnésio hidratado ($\text{Mg}_3[(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}]$). Além de, possuírem diversas propriedades que auxiliam no desenvolvimento de uma tinta, como facilidade na pintura, nivelamento e evitar escorrimento, ele proporciona um bom lixamento, sendo muito indicado para formulações de primers e seladores. Uma outra função do talco são suas aplicações em concentrados de pigmentos, no qual agirá como um espaçador, aumentando a cobertura da tinta (ASSIS et al., 2009).

2.2.3 Quartzo

O quartzo é uma substância com formulação molecular de SiO_2 , é formado por uma cadeia tridimensional de tetraedros interligados. Além disso, possui diferentes propriedades como, elásticas e ópticas, e uma grande resistência química (NUNES, 2021). É um dos compostos químicos mais puros, com relação aos outros minerais, difere-se da calcita por possuir uma dureza superior, de 7 Mohs. Além de apresentar diversas aplicações, como um material de partículas finas, é usado em argamassas e na forma pulverizada, pode ser encontrado em porcelanas e tintas (DUTROW; KLEIN, 2012).

No setor de tintas, o quartzo pode melhorar a resistência ao calor e a aderência intercamadas, por se tratar de um material de alta dureza, o composto pode aumentar a dureza do filme e a resistência ao impacto. O material tem uma baixa absorção de óleo, o que possibilita o emprego em tintas com altos sólidos (ASSIS et al., 2009).

2.2.4 Mica

A mica é uma carga mineral, que pertence ao grupo de silicatos hidratados, no qual a estrutura é em folhas e pode conter diversos elementos em sua composição. Por se tratar de um grupo, possui diversos tipos, os mais comuns são moscovitas, biotitas e flogopitas, no qual pode ser encontrado em todos os tipos de rochas (MENEZES, 2013).

A moscovita é o principal mineral de origem da mica. Assim, sua composição molecular é $(\text{KAl}_2[(\text{OH}_2) / \text{AlSi}_3\text{O}_{10}])$, no qual corresponde a uma estrutura lamelar de silicato de alumínio e potássio. Deste modo, as propriedades que a mica agrega a uma tinta são redução do escorrimento do filme, um bom poder de selagem, melhora a transferência na aplicação com rolo e principalmente, aperfeiçoa a adesão do filme a superfície (ASSIS et al., 2009).

2.3 PROCESSO DE FORMULAÇÃO DA TINTA

O processo de formulação de uma tinta baseia-se em três componentes principais, resina, solvente e aditivo para formação do verniz, depois deste é colocado o pigmento, ou um concentrado deste pigmento para conceder a cor a tinta (COELHO, 2006). Nas formulações de tintas, pode-se identificar três etapas: pré-dispersão, dispersão (moagem) e a completagem.

A pré-dispersão é a primeira etapa na produção de uma tinta, no qual seu propósito é a quebra de aglomerados de partículas sólidas, nesta parte tem-se a entrada da resina, de um dispersante para auxiliar na dispersão do pigmento ou carga mineral, além de uma pequena parte do solvente da fórmula. Assim, é acrescentado o componente sólido, sob dispersão ao fluido. O processo de quebra das partículas é um dos mais importantes, pois caso não seja bem executado pode ocorrer grumos na aplicação do esmalte. Logo, a velocidade de dispersão deve ser elevada, por este motivo é uma etapa de alto custo, por necessitar de equipamentos bons (CARDOSO, 2015).

A moagem é o processo de quebra das partículas, no qual a tinta passa por um moinho para se obter uma melhor homogeneização, promovendo melhor fineza e um menor risco a sedimentação (KAIRALLA et al., 2009). Porém, muitas indústrias utilizam concentrados deste pigmento, promovendo uma menor diminuição no tempo de produção.

O processo final é a completagem, nesta parte é adicionado solventes para reduzir a viscosidade da tinta e proporcionar uma condição melhor para aplicação, pode ser adicionado também algum aditivo. Entretanto, para minimizar problemas nesta etapa é importante conhecer o solvente e sua compatibilidade com a resina, respeitando os limites entre resina e solvente na fórmula (KAIRALLA et al., 2009).

2.4 ANÁLISES RELEVANTES PARA OS TESTES

2.4.1 Opacidade

A opacidade é uma análise importante nas tintas, pois uma cobertura baixa significa um consumo maior de tinta e conseqüentemente um gasto maior. Assim, a

opacidade pode ser definida como capacidade de um filme de tinta conceder a passagem de luz, desta forma encobrir o substrato no momento da aplicação. Neste caso, os testes de cobertura são realizados normalmente em substratos com um padrão de contraste de cores, preto e branco (ALUA, 2012).

O aparelho chamado de criptômetro de Pfund é usado para definir o poder de cobertura de uma tinta. É constituído por uma placa-base graduada em milímetros, que possui duas cores preta e branca, além de uma placa de cristal transparente com espaçadores. O método se baseia na ocultação do contraste preto e branco, a placa de cristal desliza sobre a placa-base. A melhor opacidade está nos valores mais próximos do 0 mm. O aparelho espectrofotômetro também pode ser empregado para a verificação da opacidade de uma tinta (GNECCO, 2009).

2.4.2 Brilho

As tintas podem possuir diferentes intensidades de brilho, o aparelho usado para medir este brilho é o glossmeter. Assim, o dispositivo funciona como um espelho, é escolhido um ângulo, como o de 60° em relação a perpendicular do plano da chapa que será testada, no qual é utilizada a iluminação por fonte de luz e um fotodetector. Por conseguinte, a luz incidente sobre o substrato é refletida com o mesmo ângulo, que é recebido pelo fotodetector. Desta forma, conforme a luz recebida pelo fotodetector aumenta, a tinta fica mais brilhante. O espelho reflete 100% da luz, já em unidades de brilho teria um valor de 1000 UB, já uma tinta brilhante corresponde a um brilho em torno de 98 UB, o esmalte possui somente 9,8% do brilho de um espelho (GNECCO, 2009). Segundo a norma ASTM D 523 é recomendada a utilização de um aparelho de brilho com múltiplos ângulos, que possui receptores com geometria de 20°, 60° e 85°. Já que a leitura deve iniciar-se no ângulo de 60°, dependendo do valor lido é alterado para o 20°, acima de 70 UB ou alterado para o ângulo de 85°, caso for menor do que 30 UB.

2.4.3 Estabilidade

Uma das etapas mais importantes para se obter uma tinta com uma boa estabilidade, ocorre no processo de dispersão. No qual, as partículas separam-se e

acontece a umectação, que é essencial na dispersão de uma tinta, quando há presença de um componente sólido na formulação. Assim, evita-se uma reaglomeração ou floculação das partículas e por conseguinte uma possível sedimentação, quando o esmalte for armazenado. Porém, os aditivos adicionados no processo são de extrema importância, como os dispersantes e antisedimentantes, que devem ser bem incorporados na dispersão (CASTRO, 2009).

2.4.4 Viscosidade

A viscosidade é definida como a resistência do líquido ao escoamento, no qual é a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento (CARDOSO, 2015). Na indústria de tintas existe dois equipamentos capazes de fazer a medição da viscosidade de uma tinta, o copo ford 4, porém este é mais usual em tintas com fluidez baixa. E o viscosímetro de stormer, a ideia original é composta por uma roda dentada acoplada a uma haste, sob a ação de um peso ligado a um cordão, assim quanto mais viscosa for a tinta, maior será a massa necessária para girar a haste. Nos dias atuais, têm-se aparelhos digitais, no qual é importante ressaltar a temperatura ideal das medições de 25 °C (GNECCO, 2009).

2.4.5 Fineza

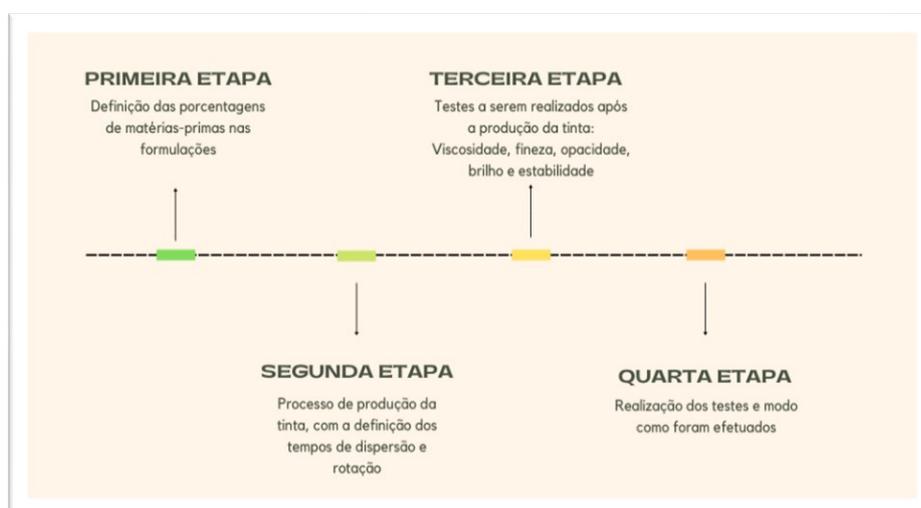
A dispersão é uma parte essencial para se obter uma boa fineza e evitar possíveis grumos. O grindômetro é o aparelho usado para determinar a finura, no qual é composto por bloco de aço inoxidável e um raspador feito do mesmo material. Assim, o bloco de aço é constituído de uma ou duas canaletas, onde passará a tinta (GNECCO, 2009).

Segundo a norma ABNT NBR 7135, o bloco de aço deve ter entre 180 mm de comprimento por 65 mm de largura e espessura de 13 mm, mas o importante é possuir ao menos um sulco, que constitui a canaleta em desnível. De forma que a profundidade zero fique a 10 mm de uma das extremidades e a profundidade 100 µm fique a 10 mm da outra extremidade. No qual existe duas unidades de medida, Hegman e Micras.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste tópico são descritos os testes e análises que foram realizadas, com objetivo de avaliar e comparar quatro cargas minerais. São apresentadas as formulações utilizadas nos testes e relatado o processo de produção das oito tintas industriais, no qual são monocomponentes, no caso, não necessitam de catalisadores para secagem do filme. A Fig. 1 apresenta todas as etapas do estudo.

Figura 1: Fluxograma das etapas do procedimento.



Fonte: Do autor (2023)

As quantidades das formulações foram designadas 25% e 30%, pois um dos objetivos do trabalho é identificar tintas semibrilhos, acetinadas e foscas, com base no conhecimento acerca destas cargas minerais estudadas determinou-se esta faixa para se atingir o objetivo proposto. A composição das fórmulas foi definida com base na experiência vivenciada na empresa, sendo estipulado primeiro a quantidade de carga mineral e depois os demais componentes. O aditivo dispersante, agente reológico e solventes estão ligados a quantidade de carga mineral na fórmula, já o pigmento foi definido, conforme a quantidade já usada na empresa. Por fim, a resina foi determinada por último, tendo em vista o quanto sobrou de espaço na formulação.

As formulações executadas tem uma fórmula padrão, para todas as quatro cargas minerais, assim foram feitas formulações baseadas na quantidade de carga mineral, como consta na Tab.1. Sendo apresentadas todas as matérias-primas utilizadas e suas respectivas quantidades. Foram formuladas oito tintas, com

diferenças na quantidade de carga mineral e tipo, sendo elas o talco, calcita, mica e quartzo, denominadas A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8 e A9, como está apresentado na Tab. 2.

A diferença das formulações a quantidade de carga mineral e resina, no qual a resina foi escolhida para sofrer a alteração de quantidade, já que a fórmula deve fechar 100%. A formulação A1 é brilhante, em que sua utilização foi apenas para comparar a opacidade de uma tinta sem carga mineral com as demais. Assim sendo, uma fórmula padrão de sintético brilhante não é necessário a apresentação da fórmula.

Tabela 1: Formulações.

Matéria-prima	A2 a A5	A6 a A9
Resina alquídica fenolada	30%	35%
Dispersante	1%	1%
Solvente	4,4%	4,4%
Aditivo reológico	1%	1%
Carga Mineral	30%	25%
Pigmento Branco	10%	10%
Aditivo secante	1,5%	1,5%
Aditivo antipele	0,1%	0,1%
Solventes	22%	22%

Fonte: Do autor (2023)

Tabela 2: Quantidade e cargas minerais utilizadas.

Teste	Carga mineral	Porcentagem na fórmula
A2	Talco	30%
A3	Calcita	30%
A4	Quartzo	30%
A5	Mica	30%
A6	Talco	25%
A7	Calcita	25%
A8	Quartzo	25%
A9	Mica	25%

Fonte: Do autor (2023)

3.1 PRODUÇÃO DAS TINTAS

Foram produzidos 700 g de cada uma das tintas para as análises de brilho, opacidade, viscosidade, estabilidade e fineza. Para o processo de pesagem das formulações foram definidas uma padronização na ordem de cada matéria-prima, tempo de dispersão e velocidade de dispersão para cada etapa. No qual a velocidade definida para dispersão dos componentes sólidos foi 2000 rpm, no caso, após

adicionar a carga mineral, agente reológico e pigmento. Já para as demais dispersões foi definido 1200 rpm.

O tempo de produção foi contínuo, pois após a dispersão de 20 minutos, a tinta passa por uma elevação de temperatura, e consequentemente a viscosidade baixa, facilitando a homogeneização com os solventes. Na Fig. 2 estão apresentados todo o processo de produção das amostras.

Figura 2: Fluxograma de produção das amostras.



Fonte: Do autor (2023)

Após este processo as tintas passaram por medição de temperatura para iniciar os testes, a temperatura ideal é em torno de 25 °C. Assim, todas as análises que foram realizadas estavam na temperatura ambiente, padrão utilizado na Empresa que foram realizadas as formulações.

3.2 ANÁLISES DAS FORMULAÇÕES

A primeira análise realizada foi a viscosidade da tinta, para uma tinta esmalte sintético e com carga mineral, estipulou-se um padrão de 80 a 95 Ku (Unidades de Krebs), já utilizada na Empresa, o aparelho usado é um viscosímetro da marca *Sheen Instruments* do modelo 480. A especificação de no mínimo 80 Ku possibilita que as matérias-primas em pó tenham uma menor chance de sedimentação com o passar do tempo, já o máximo de 95 Ku, facilita a utilização da tinta e da

diluição. A medição neste caso, foi simples, a amostra foi colocada no meio da hélice do viscosímetro e apertado o botão para iniciar a medição.

O próximo teste foi a fineza, medida em HG (Hegman), foi medida no equipamento grindômetro da marca BYK, neste caso foi analisado se a tinta possui algum grumo. Quanto mais alto o valor da fineza, melhor o resultado. Para uma tinta brilhante é estabelecido no mínimo 7,0 Hg, já uma tinta com matérias-primas sólidas é determinada um mínimo de 5,5 Hg. Nesta análise é colocada uma pequena amostra no bloco de aço e puxado com um raspador até o final do bloco de aço.

A opacidade foi realizada utilizando o equipamento espectrofotômetro da marca *Datacolor* 400, no qual consegue-se comparar através de uma aplicação em um papel chamado de leneta que contém uma parte branca e uma parte preta. As amostras foram colocadas sobre o papel e realizado um puxe com auxílio de um extensor em espiral de 100 mm, logo após a leneta ficou 24 h secando. Assim, quando se obteve a secagem completa, foi realizada a análise via espectrofotômetro, primeiro colocando a parte branca e depois a parte preta do papel, e o equipamento fez a diferença entre as partes e apresentou o valor da opacidade, sendo que quanto maior a diferença, melhor a opacidade da tinta.

O brilho é uma das análises que possui o maior cuidado. Para medição no equipamento glossmeter da marca *Metrotokyo*, um substrato foi preparado para receber a tinta. Para os testes foi utilizado uma superfície de aço carbono, devidamente lixada e limpa, as tintas foram diluídas com o mesmo thinner para aplicação. Assim, quando foi aplicado o esmalte sintético foi controlado a camada úmida aplicada, pois esta influencia no brilho, a camada determinada foi de 55 a 125 μm , no qual foi controlado por um pente metálico com marcações em micras. Logo após, a tinta passou pelo processo de secagem, que foi estabelecido 24 h depois da aplicação, pois esta influencia no brilho. Os brilhos foram divididos em fosco, no qual corresponde a uma tinta menor que 10 UB, acetinado que estão entre 20 a 30 UB e semibrilhos entre 40 a 60 UB.

O último teste realizado, foi a sedimentação, nesta análise não há necessidade de nenhum equipamento. As tintas passaram por todos os testes de viscosidade, fineza, cobertura, brilho e logo após, foi deixada sob uma superfície plana por seis meses, no final dos meses as latas foram abertas para que fosse visualizado a presença de algum tipo de corpo de fundo ou a não presença de sedimentação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste são apresentados os resultados das análises desenvolvidas, sendo elas a viscosidade, o primeiro feito após a produção da tinta, a fineza e opacidade, tendo em vista que todos os testes foram feitos a temperatura de 25 °C. Depois foi realizado a aplicação da tinta, conforme procedimento experimental orienta, e por fim deixado a tinta em estabilidade em bancada por seis meses. Os quatro primeiros testes foram feitos em cada amostra separadamente, as tintas eram produzidas e passavam pelos testes, depois foi efetuado a produção das demais, seguindo este mesmo esquema.

4.1 VISCOSIDADE

A primeira análise foi feita logo após a tinta ficar pronta, no qual obteve-se a necessidade de colocar em banho-maria em água gelada para atingir a temperatura determinada de 25 °C. Todas as amostras estavam em uma média de 45 °C, isto ocorre pela dispersão da carga mineral e do pigmento, que necessitam de alta rotação e um tempo elevado, pois o aquecimento auxilia na homogeneização, evitando o aparecimento de grumos. Na Tab. 3 são apresentados os resultados encontrados acerca da viscosidade das oito amostras de tintas feitas.

Tabela 3: Viscosidades obtidas.

Teste	Viscosidade
A2	98,8 Ku
A3	88,7 Ku
A4	86,7 Ku
A5	120,6 Ku
A6	95,0 Ku
A7	86,7 Ku
A8	90,2 Ku
A9	104,6 Ku

Fonte: Do autor (2023)

Conforme a Tab. 3, pode-se notar que a quantidade e tipo de carga mineral adicionada influencia muito na viscosidade da tinta. Sendo o tipo de carga mineral o fator de maior impacto, no qual a quartzo obteve o resultado mais baixo de 86,7 Ku e a mica o valor mais alto de 120,6 Ku, sendo utilizado a mesma fórmula com 30% de

carga mineral, que corresponde as formulações de A2 a A5. Na porcentagem de carga mineral de 25% o menor valor foi do quartzo 86,7 Ku e o maior o da mica com 104,6 Ku, correspondente as fórmulas de A6 a A9. Tendo em vista estes valores, pode-se afirmar que a mica teve o maior aumento na viscosidade, em contrapartida a mica teve a maior variação quando comparadas as formulações com 25% e 30% de carga mineral, isto pode ser explicado pela alta absorção da mica.

Adição de 30% e 25% de carga mineral não obteve muita diferença na calcita, no quartzo e no talco, isto pode ser explicado pelas viscosidades mais baixas das tintas, no qual para a formulação de 25% aumentou-se 5% de resina, que é mais viscosa, então a mesma não permitiu que a viscosidade diminuísse tanto quanto na mica. A formulação A8 chamou a atenção já que ela apresentou uma viscosidade maior que a A4, sendo que a A4 continha mais carga mineral. Neste caso a explicação está que na formulação A8 obteve uma maior evaporação dos solventes presentes na fórmula, sendo que após a dispersão dos materiais sólidos a tinta saiu com uma temperatura mais elevada que a amostra A4. Além disso como a fórmula que contém a calcita tem uma viscosidade mais baixa, a resina pode ter aumentado a viscosidade do esmalte.

Para uma tinta contendo a quantidade de 30% a 25% de carga mineral a viscosidade ideal seria de 80 a 95 Ku, sendo assim as amostras A2 (talco), A5 e A9 (mica), não se enquadraram nesta faixa. Tendo a necessidade de adicionar mais solventes nas fórmulas para estarem de acordo com a especificação designada com relação a viscosidade. As amostras A3, A7 (calcita), A6 (talco), A4 e A8 (quartzo) ficaram na faixa ideal.

4.2 FINEZA

A fineza foi realizada após a verificação da viscosidade, com a tinta na temperatura ambiente de 25 °C. Sendo feita no equipamento chamado de grindômetro, medida na unidade de medida Hegman (Hg). Na Tab. 4 estão dispostos os valores obtidos no aparelho.

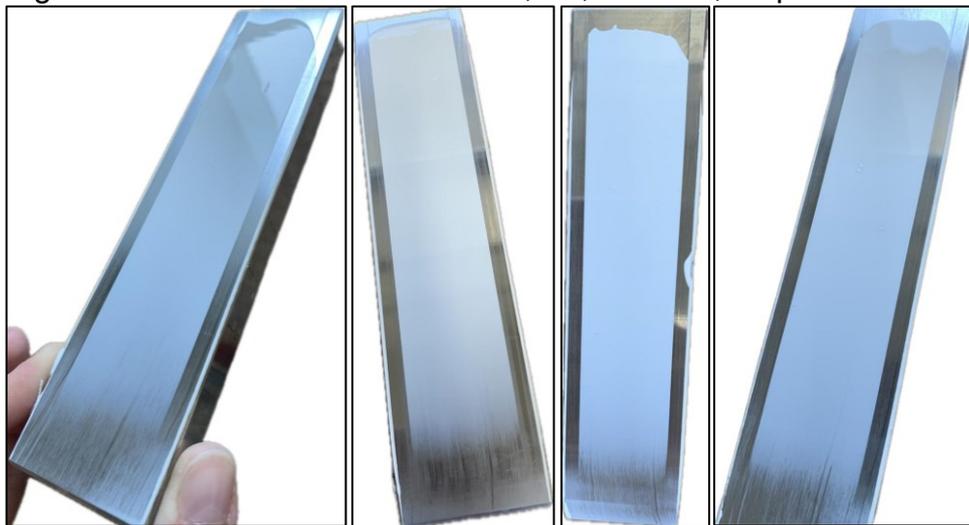
Tabela 4: Finezas obtidas

Teste	Fineza
A2	6,0 Hg
A3	6,5 Hg
A4	6,0 Hg
A5	6,5 Hg
A6	6,0 Hg
A7	6,5 Hg
A8	6,0 Hg
A9	6,5 Hg

Fonte: Do autor (2023)

A fineza está ligada a cargas minerais que não foram bem dispersas na tinta, a fineza mínima para uma tinta que tem a adição de carga mineral a 30% e 25% é de 5,5 Hg, porém para tintas semibrilhos a faixa já aumenta para 6,0 Hg, já que é mais visível na aplicação a identificação de grumos. Todas as amostras obtiveram pelo menos 6,0 Hg um valor muito bom para tintas com carga mineral, as melhores foram a calcita e a mica que obtiveram 6,5 Hg, nas amostras A3, A5, A7 e A9. A quantidade de carga mineral neste caso, não obteve diferença na fineza, pelo contrário todos obtiveram valores bem semelhantes. Na Fig. 3 está disposta as finezas obtidas nas formulações A2, A3, A4 e A5.

Figura 3: Resultados das finezas A2, A3, A4 e A5, respectivamente.



Fonte: Do autor (2023)

Assim mesmo a calcita e a mica apresentando melhores resultados quanto a dispersão de suas partículas, o talco e o quartzo tiveram um bom desempenho, sendo todas as cargas minerais ótimas com relação a suas dispersões.

4.3 OPACIDADE

Para designar a opacidade das tintas foi utilizado um espectrofotômetro, as amostras foram aplicadas em um papel, tipo leneta e deixadas secar por 24 h, após esse tempo foram colocados no equipamento para cálculo da diferença entre a parte branca da leneta com a parte preta, os resultados obtidos estão dispostos na Tab. 5. Para esta análise foi utilizada amostra A1, no qual não contém carga mineral em sua formulação, com intuito de obter uma melhor comparação da influência da carga mineral na opacidade da tinta.

Tabela 5: Resultados obtidos via espectrofotômetro.

Teste	Opacidade
A1	79,75
A2	87,96
A3	86,42
A4	87,21
A5	88,58
A6	86,56
A7	86,67
A8	85,92
A9	86,95

Fonte: Do autor (2023)

Os valores obtidos na Tab. 5 mostraram que a carga mineral melhora a opacidade de uma tinta, tendo em vista que quanto maior o valor apresentado, melhor será a opacidade da tinta. A amostra A1, utilizada como padrão de comparação, que não continha carga mineral obteve um resultado de 79,75, já a tinta com melhor opacidade a A5, obteve um valor de 88,58. Além disso, pode-se notar que a mica apresentou os melhores resultados nas amostras A5 e A9, mas não apresentou muita diferença das demais cargas minerais, sendo assim todos os testes obtiveram um bom resultado quando comparados a amostra padrão.

4.4 BRILHO

O brilho foi efetuado após completar os testes preliminares de viscosidade, fineza e opacidade. A tinta foi preparada retirando uma amostra de 40 g, tendo a necessidade de diluição de 5% a 10%, esta porcentagem foi levando em consideração a viscosidade encontrada. Para as tintas mais fluidas foi usado 5% de diluição, nas

amostras A3, A7, A4 e A8. Para tintas que estavam em uma viscosidade intermediária foi usado 7,5% de diluição, nas amostras A2, A6 e A9 e para a amostra com viscosidade mais elevada foi usado 10% de diluição na amostra A5. Estas diluições permitiram a aplicação das tintas utilizando pistola tipo *ar lee tools*.

Após a diluição da amostra de 40 g na porcentagem específica, foi preparada a chapa de aço carbono, sendo lixada nos dois sentidos, horizontal e vertical e depois limpa com um desengraxante e um thinner de limpeza. Em seguida realizou-se a aplicação na camada especificada para todas as tintas de 75 a 125 μm úmida. Todas as amostras foram aplicadas igualmente para diminuir o erro. Além disso, esperou-se 24 h para a secagem completa da tinta evitando assim variações, logo após a camada foi medida novamente com um medidor de camada seca, no qual a camada deveria estar em torno de 55 a 80 μm .

A Tab. 6 demonstra os resultados obtidos de brilho e camada seca para cada amostra. Os testes foram realizados no aparelho chamado de *glossmeter*, no ângulo de 60°, pois é o ângulo padrão utilizado na Empresa.

Tabela 6: Brilho e camada seca obtidos.

Teste	Brilho	Camada seca
A2	7,4 UB	60 μm
A3	13,7 UB	65 μm
A4	9,8 UB	69 μm
A5	4,9 UB	79 μm
A6	22 UB	68 μm
A7	41,2 UB	74 μm
A8	18,1 UB	72 μm
A9	9,9 UB	68 μm

Fonte: Do autor (2023)

Diante dos dados apresentados na Tab. 6, pode-se notar que a mica demonstrou o maior poder de fosqueamento na tinta, tanto na formulação que continha 30% de carga mineral, A5, quanto na que continha 25%, A9. Já a calcita apresentou um menor poder de fosqueamento nas duas formulações, A3 e A7. Todas as cargas minerais obtiveram o fosqueamento da tinta, tendo em vista que uma tinta sem o material sólido, possui um brilho de no mínimo 85 UB.

Assim através dos valores encontrados de brilho, pode-se dividir as tintas em três classes de brilho: fosco, acetinado e semibrilho. No qual para tinta a ser considerada fosca seu brilho deve ser de no máximo 10 UB, para tintas acetinadas a faixa é entre 20 a 30 UB e para os esmaltes semibrilhos tem-se a faixa de 40 a 60 UB.

Na Tab. 7 está determinada a classe de cada tinta. É possível observar que o teste A3 e A8, ficaram sem classificação, pois os brilhos de ambos não se encaixaram em nenhuma faixa, neste caso deve haver uma reformulação das tintas para que se encaixem nas classes brilho existentes. As demais a maioria das tintas foram classificadas como foscas, demonstrando que a maioria das cargas minerais utilizadas tem bom poder de fosqueamento.

Tabela 7: Classificação das tintas de acordo com o brilho.

Teste	Classificação conforme o brilho
A2	Fosco
A3	Sem classificação
A4	Fosco
A5	Fosco
A6	Acetinado
A7	Semibrilho
A8	Sem classificação
A9	Fosco

Fonte: Do autor (2023)

4.5 ESTABILIDADE

A estabilidade foi o último teste a ser analisado, pois toda amostra restante, cerca de 650 g, foi deixada sob uma superfície plana por seis meses. Assim, foi verificado se houve sedimentação das cargas minerais adicionadas nas tintas, além de análises quanto o aumento da viscosidade e da separação na superfície da tinta, como um solvente que ficou sobrenadante. Em relação a sedimentação das partículas sólidas, obteve um ótimo resultado, pois nenhuma das amostras testadas apresentou um corpo de fundo no tempo dos seis meses.

A presença de solventes sobrenadantes foi identificada em todas as amostras, porém em quantidades diferentes. Isto acontece por causa da composição de diferentes matérias-primas que possuem densidades distintas. As amostras A4 e A8, no qual a carga mineral utilizada foi o quartzo e A3 e A7, sendo ela a calcita, apresentaram uma maior quantidade de sobrenadante, porém quando homogeneizado voltou ao seu estado anterior. Já as amostras A2, A6, A5 e A9, que tinham a presença de talco e mica, respectivamente, observou-se pouco material sobrenadante, homogeneizando facilmente. Além disso, analisou-se a viscosidade após os 6 meses de estabilidade. Assim foi efetuada novamente a medição no

equipamento viscosímetro, usado no teste de viscosidade inicial. Os resultados estão dispostos na Tab. 8.

A viscosidade das tintas com seis meses em estabilidade aumentou expressivamente, porém pode-se notar que com as formulações A2, A3, A4 e A5 teve um aumento maior com relação a viscosidade medida no começo. Estas fórmulas, tinham em comum a quantidade de 30% de carga mineral, então entende-se que com o aumento da quantidade de material sólido, tem-se um aumento maior na viscosidade da tinta com relação ao tempo de estabilidade. A mica, A5 e A9 foi a que menos variou com relação a quantidade de carga mineral, com um valor de aumento de 18Ku e 13,7Ku, respectivamente, no caso, tendo a menor diferença. Já o talco, A2 e A6 foi a que obteve a maior diferença, com um valor de 22,8Ku e 5,8Ku, respectivamente, no caso, obtendo uma maior variação.

Tabela 8: Resultados obtidos de viscosidade após os seis meses de estabilidade e as viscosidades anteriores, com a diferença em porcentagem.

Teste	Valores de viscosidade após a estabilidade em Ku	Valores de viscosidade anteriores	Porcentagem de aumento da viscosidade
A2	121,6Ku	98,8Ku	23,08%
A3	101,8Ku	88,7Ku	14,77%
A4	99,3Ku	86,7Ku	14,53%
A5	138,6Ku	120,6Ku	14,92%
A6	101,3Ku	95,0Ku	6,63%
A7	93,3Ku	86,7Ku	7,61%
A8	96,6Ku	90,2 Ku	7,10%
A9	118,3Ku	104,6 Ku	13,10%

Fonte: Do autor (2023)

Os resultados mostraram que as tintas com menores quantidades de carga mineral tiveram uma menor variação sendo elas, a calcita, quartzo e o talco com uma porcentagem de 25% de carga mineral, no qual obtiveram uma melhor estabilidade. O aumento expressivo na viscosidade está relacionado a absorção da carga mineral, sendo bem relevante, quando se tem tintas com altas quantidades do material inorgânico. As demais fórmulas sofreram grandes aumentos, impactando na diluição da tinta, neste caso as tintas mais viscosas, necessitariam de uma diluição maior, podendo diminuir a opacidade. Porém todas poderiam ser usadas para uma aplicação após os seis meses, já que não houve nenhuma sedimentação da carga mineral, caso houvesse a tinta perderia muito das suas características, como brilho, fineza e opacidade.

5 CONCLUSÃO

Foi analisada a influência de quatro cargas minerais em formulações de tintas industriais sintéticas brancas, para se obter a identificação de algumas propriedades principais, como brilho, opacidade, fineza, viscosidade e estabilidade. Os resultados obtidos mostraram que as cargas minerais, talco, calcita, mica e quartzo possuem muita influência sobre as propriedades das tintas, principalmente no brilho e viscosidade, no qual obtiveram os valores mais diferentes quando comparados. Assim, pode-se notar que as quantidades e as diferentes cargas minerais reagem diferente quando colocadas na tinta, conferindo ao esmalte características distintas.

Determinou-se que todas as cargas minerais estudadas conferem uma fineza igualmente boa a tinta e um aumento expressivo na opacidade com relação a tintas sem cargas minerais. Para os parâmetros de viscosidade e brilho observou-se que a mica e talco apresentaram um maior poder de fosqueamento, assim como um aumento maior na viscosidade. A estabilidade mostrou-se muito boa em todas as formulações, já que não obteve sedimentação das cargas minerais, no qual seria o maior problema.

Assim, as melhores formulações com base nas especificações, foram a A4, no qual a sua carga mineral foi o quartzo com 30% na fórmula, para tintas com brilho fosco, A6 com a carga mineral talco com 25% na fórmula, para brilho acetinado e A7 sendo a carga mineral a calcita com 25% na formulação, para tintas semibrilhos, as demais deve-se fazer uma reformulação para ficarem dentro das especificações estabelecidas.

Os resultados obtidos foram de grande relevância, pois demonstraram a real influência das quatro cargas minerais escolhidas em uma tinta sintética branca. Assim demonstrando suas reais influências em uma tinta e proporcionando um maior conhecimento com relação as cargas minerais, talco, calcita, quartzo e mica.

REFERÊNCIAS

ALUA, Pedro Miguel Neves de Carvalho; *Optimização da opacidade de tintas aquosas*. Dissertação, Repositório Universidade Técnica de Lisboa: 2012. Disponível em <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395144321400/dissertação.pdf>> Acesso em: 07 abril 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7135: Pigmentos. Rio de Janeiro, 1981.

ASSIS, Wilson Alves De.; ALMEIDA, Gerson De.; QUINDIC, Marcos Luiz Z.; OLIVEIRA, Marcos Fernandes De.; MOTA, Luis Manuel. Pigmentos. In: FAZENDA, Jorge M. R. Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. Cap. 10.

BARRIOS, Silmar. Manual Descomplicado de Tecnologia de Tintas: Um guia rápido e prático para formulação de tintas e emulsões. São Paulo: Edgard Blücher, 2017. Cap.1.

CARDOSO, Fernando De Paula; Desenvolvimento de processos de produção do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos. Dissertação de Pós-graduação, Locus Repositório Institucional da UFV. Minas Gerais: 2015. Disponível em <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/7161/1/texto%20completo.pdf>> Acesso em: 01 abril 2023.

CASTRO, Dias Carmen; Estudo da Influência das propriedades de diferentes cargas minerais no poder de cobertura de um filme de tinta. Tese para obtenção do título de doutor, UFRGS lume repositório digital. Rio Grande do Sul: 2009. Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/37394/000818735.pdf?sequence=1>> Acesso em: 15 abril 2023.

COELHO, Luciano Rodrigues. Tintas e Vernizes: Guia Técnico Ambiental. São Paulo, 2006. Disponível em <<https://www.crq4.org.br/downloads/tintas.pdf>> Acesso em: 01 abril 2023.

DUTROW, Barbara; KLEIN, Cornelis. Manual de ciências dos minerais. Porto Alegre: Bookman, 2012.

FAIA, Cristiana Carla Moreira; Determinação de componentes de tintas através de FTIR. Dissertação de Mestrado, Repositório aberto da Universidade de Porto. Porto: março 2018. Disponível em <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/111871/2/264666.pdf>> Acesso em: 01 abril 2023.

FAZENDA, Jorge M.R.; DINIZ, Francisco D. Introdução, história e composição básica. In: FAZENDA, Jorge M. R. Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. Cap. 1.

GAUTO, Marcelo Antunes; ROSA, Gilber Ricardo. Indústria Química: Processos e Operações Unitárias. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2011. Cap. 4.

GNECCO, Celso. Ensaio para determinação da composição e caracterização de tintas. In: FAZENDA, Jorge M. R. Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. Cap. 26.

GNECCO, Celso; MARIANO, Roberto; FERNANDES, Fernando. Pintura de manutenção industrial. In: FAZENDA, Jorge M. R. Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. Cap. 21.

KAIRALLA, Ricardo Bernardo; GIANFARDONI, Ana Lúcia Cardoso; PRADO, Paulo Sérgio Do.; TIANO, Paulo César Maziero. Processo de fabricação. In: FAZENDA, Jorge M. R. Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. Cap. 16.

KAIRALLA, Ricardo Bernardo; MACHADO, Jonatas Rodrigues. Princípios de formulações. In: FAZENDA, Jorge M. R. Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. Cap. 15.

MAYER, Ralph. Manual do Artista. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

MENEZES, Sebastião de Oliveira. Rochas: Manual fácil de estudo e classificação. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

NORMA ASTM D523-14, 2018, "Standard Test Method for Specular Gloss", ASTM internacional.

NUNES, Barthira Almeida; Estudo comparativo de partículas de vidro e mineral quartzo para produção de microesferas utilizadas em sinalização viária. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações. Paraíba: 2021. Disponível em <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/18383/3/BARTHIRA%20ALMEIDA%NUNES%20-%20DISSERTAÇÃO%20%28PPGEPM%29%202021.pdf>> Acesso em: 03 abril 2023.

ROCHA, Aurélio Nazaré; KAIRALLA, Ricardo Bernardo; FERRACIOLI, Antonio Carlos; FILHO, Carlindo Alfinito. Aditivos. In: FAZENDA, Jorge M. R. Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009. Cap. 12.

SEERIG, Rafael; Estudo da influência de cargas minerais utilizadas em tintas imobiliárias. UFRGS lume repositório digital. Rio Grande do Sul: 13 de julho de 2009. Disponível em <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/85664/000908932.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> Acesso em: 11 março 2023.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, que sempre esteve do meu lado me ajudando e orientando ao longo da minha caminhada da vida. E quero agradecer a minha mãe, Losângela que sempre me incentivou e me ajudou em tudo. E ao meu pai, Jucemar que sempre me apoiou. Agradeço também ao meu namorado, Wellington que me ajudou neste momento tão importante da minha vida, com todo o seu apoio e amor.