

ESTUDO PARA IMPLANTAÇÃO DO PROCESSO DE DISPERSÃO EM CONCENTRADOS BRANCOS

Vinicius Bendo Cechinel¹

Josiane da Rocha Silvano das Neves²

Resumo: O avanço das tecnologias permitiu um salto de conhecimento e recursos empregados para aprimorar e facilitar os processos cotidianos. Sendo visíveis estes avanços nas indústrias de tintas, cujas tecnologias empregadas em um esmalte auxiliam em diversas aplicações, seja para situações estéticas ou, até mesmo, para proteção de superfícies. O termo tinta é utilizado para caracterizar um produto líquido, viscoso e com cargas de pigmento que atuam em diversas aplicações. A pré-mistura é um processo fundamental na formulação de esmaltes, tendo como objetivo incorporar o pigmento em pó as demais matérias-primas. Neste processo, utiliza-se moinhos para que o procedimento seja facilitado, devido as características dos pigmentos, necessitando realizar choque entre partículas para que consigam ser incorporadas com facilidade. Sendo um processo lento e com custo elevado, além de causar efeitos ao concentrado, como queimar o pigmento durante o choque entre as partículas. O presente trabalho tem por objetivo estudar e implementar um processo de dispersão no concentrado branco, a fim de reduzir tempo de formulação e custo, consistindo em um processo sem passagem por moinhos, e avaliar os impactos no produto intermediário. A avaliação do concentrado é realizada por meio de testes de qualidades de viscosidade, fineza e densidade, com as análises de força tintorial e cobertura. Além de análises relacionadas ao concentrado, são analisados esmaltes desenvolvidos utilizando a amostra como parâmetro diferencial entre teste e uma contra amostra padrão. Os resultados para o produto intermediário foram satisfatórios, entretanto, a avaliação dos esmaltes apresentou resultados variáveis de acordo com o esmalte aplicado. O processo de intemperismo intensificou ainda mais os resultados aplicados nos esmaltes, evidenciando que essas possíveis alterações no produto possam ser resultantes do tempo dispersão durante o processo de formulação do concentrado. Considerando as variáveis de processo como, potência do moinho e dispersor, hora-homem e os valores de produção para o concentrado branco, tanto para o padrão quanto para a amostra de testes, é possível realizar uma análise de viabilidade econômica. Em que ao final do processo pode-se afirmar que o produto é final tendo somente utilizado o processo de dispersão demonstra-se mais viável quando considerado o produto já realizado comercialmente.

Palavras-chave: Tinta. Pigmento. Concentrado. Dispersão.

¹ Graduando em Engenharia Química, 2023-02. E-mail: vinibcechinel00@gmail.com

² Professora do Centro Universitário UniSATC. E-mail: Josiane.neves@satc.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O avanço na tecnologia permitiu um salto de conhecimento e recursos empregados para aprimorar e facilitar os processos cotidianos. Sendo visível os avanços nas indústrias de tintas, em que a tecnologia empregada em um esmalte auxilia em diversas aplicações, seja para situações estéticas ou, até mesmo, para proteção de superfícies.

O termo tinta ou esmalte, é utilizado para caracterizar um produto líquido, viscoso e com cargas de pigmentos para atuar em variadas aplicações (PALHARES; MEZENCIO, 2023). A composição básica deste produto é um conjunto de matérias-primas líquidas, cargas minerais e pigmentos sólidos, começando pela resina que é um componente não volátil da tinta, utilizado para aglomerar as partículas de pigmentos. Os pigmentos são materiais utilizados para conferir cor, opacidade, além das características de resistências, considerado um material sólido de granulometria baixa e insolúvel, podendo ser classificados em coloridos, não coloridos e anticorrosivos (YAMANAKA et al. 2006).

Os coloridos possuem uma melhor capacidade de mistura, devido ao índice de refração maior que os não coloridos, uma vez que este índice está atrelado diretamente ao poder de cobertura (FAZENDA, 2005). Os solventes são utilizados para dissolver a resina em um meio líquido e os aditivos utilizados oferecem características especiais na tinta sendo utilizados em diversas aplicações como por exemplo: anti-sedimentantes, niveladores, antiespumantes, dispersantes entre outros.

A pré-mistura, parte fundamental do processo de fabricação dos esmaltes, tem como objetivo a incorporação do pigmento de partículas em pó as demais matérias-primas, formando uma mistura homogênea e estável (PALHARES; MEZENCIO, 2023). Este processo ocorre, em razão dos pigmentos não serem partículas primárias, são aglomerados que contêm ar e misturas entre as partículas de pigmentos. Nesta situação, é necessário realizar processos que geram impactos e forças de cisalhamento para que as partículas de pigmentos fiquem idealmente primárias. Fornecendo energia ao sistema da tinta e, portanto, formando partículas menores com uma maior interface com a resina (BYK, 2023).

O dióxido de titânio é um pigmento inorgânico branco utilizado em diversas indústrias, tendo maior relevância na indústria de tintas, sendo responsável pela



coloração branca dos esmaltes. Por ser uma matéria-prima a base de titânio torna-se difícil a separação dos aglomerados em partículas primárias, sendo necessário o uso de moinhos para que o choque entre as partículas separe os pigmentos das demais partículas que estavam aglomeradas na mistura.

O uso de moinhos no processo de moagem torna a produção dos esmaltes menos eficiente, devido ao processo que demanda tempo e máquina, além de custos energéticos e mão de obras. Outro fator importante que interfere negativamente na qualidade do produto, é a oxidação do pigmento quando passado no moinho, podendo alterar as características e estabilidade do concentrado.

Diante da demanda de uma empresa de tintas, em produzir esmaltes com maior eficiência e com um tempo menor de produção, surge a necessidade de otimizar o processo, tendo como base, utilizar somente o processo de dispersão dos concentrados brancos, com finalidade de reduzir tempo e custo, oferecendo um produto final de acordo com comparações de parâmetros de qualidade oferecidos pela empresa de tintas da região.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção tem por finalidade apresentar uma revisão da literatura acerca do processo de fabricação dos concentrados brancos, utilizados em esmaltes sintéticos nas indústrias de tintas. As informações foram reunidas de modo que forneçam o embasamento teórico necessário para o trabalho.

2.1 FABRICAÇÃO DE TINTAS

As indústrias de tintas são caracterizadas pelas produções em lotes, o que facilita o ajuste da cor e o acerto de suas propriedades. Nestas etapas ocorrem o predomínio de operações físicas, como: pré-mistura, dispersão, completagem, filtração e envase (YAMANAKA a et al. 2006).

De modo geral, a tinta pode ser considerada uma mistura estável de uma parte sólida em um componente volátil (água ou solventes orgânicos). Uma terceira parte denominada aditivos, embora representando uma pequena parcela da composição do produto, é responsável pelas propriedades importantes tanto nas tintas quanto em revestimentos (FAZENDA, 2005).

2.1.1 Pré-mistura

Esta etapa do processo de fabricação de esmaltes sintéticos é fundamental do processo produtivo, onde o principal objetivo deste setor é realizar a incorporação das matérias-primas em uma mistura estável e homogênea, passando por processos de dispersão a fim de realizar a integração de todas as matérias no processo.

A adição de insumos a um tanque provido de agitação é conforme a ordem indicada da estrutura da fórmula (documento básico para produção de uma tinta). Em que o conteúdo a ser agitado durante o período pré-determinado tendo como objetivo alcançar uma homogeneização destes insumos no tanque (YAMANAKA a et al. 2006).

2.1.2 Dispersão

O processo de dispersão promove a separação das partículas sólidas que compõem as tintas, sendo de extrema importância para conferir a característica básica de uma tinta, a dispersão dos pigmentos no meio líquido (PALHARES; MEZENCIO, 2023).

Com a quebra dos aglomerados é possível a completa umectação da superfície da partícula do pigmento, estas já umectadas podem formar então a mistura estável, uma vez que pela alta velocidade do disco impelidor e o alto poder de bombeamento as partículas são cercadas pelo meio líquido impedindo a floculação (BERNARDO; OLIVEIRA, 2018).

Segundo Fazenda (2005), durante esta operação ocorre o desagregamento dos pigmentos e cargas, ao mesmo tempo há a formação de uma dispersão maximizada e estabilizada desses sólidos.

2.1.3 Completagem

O processo de completagem consiste em realizar os acertos finais ao produto, adicionando as matérias-primas restantes (de acordo com a fórmula do produto) ao tanque de agitação. Nesta fase a tinta apresentará parâmetros e

propriedades desejados, assim sendo realizados acertos e análises de cor, viscosidade, a correção de teor de sólidos, entre outros (YAMANAKA et al. 2006).

2.1.4 Filtração e Envase

Os dois processos responsáveis pela finalização de fabricação de tintas e vernizes são o desenvolvimento de filtração e envase, que em suma podem ser realizados durante a mesma fase do processo, enquanto ocorre a filtração do produto, a fim de separar as partículas maiores que ainda restaram (YAMANAKA et al. 2006).

Enquanto o processo de envase, que ocorre após as aprovações do laboratório de controle de qualidade, permitindo que o produto seja envasado em latas ou tambores, rotulado e encaminhado para estoque (SARTORI, 2003).

2.2 MATÉRIAS-PRIMAS

As indústrias de tintas utilizam muitas matérias-primas e uma elevada gama de itens em função da variedade de produtos/superfícies a serem aplicadas, formas de aplicação e a especificidade de desempenho (YAMANAKA et al. 2006).

De modo geral, tintas comerciais utilizam matérias-primas como: resinas, pigmentos, solventes e aditivos, conforme representa a figura 1. As proporções das matérias-primas variam conforme os tipos de revestimentos e aplicações.

Figura 1: Exemplo de composição básica de tintas à base solvente e base água



2.2.1 Resina

Resinas são constituídas de polímeros sintéticos de alto peso molecular que formam a película da tinta e ligam ou aglomeram os pigmentos, conferindo as principais características físicas e químicas, tais como: brilho, impermeabilidade, aderência, dureza, flexibilidade, resistência, agentes químicos e físicos. Esta matéria prima também dá o nome ao tipo de tinta usado (PREUSS, 2016. P.42).

As primeiras tintas utilizam resinas de origem natural, principalmente vegetal. Atualmente, as resinas empregadas pela indústria são de origem sintética e constituem compostos de alto peso molecular. As resinas mais usadas no mercado: as alquídicas, epóxi, poliuretânicas, acrílicas, poliéster, vinílicas e nitrocelulose. (YAMANAKA et al. 2006).

2.2.2 Pigmento

Os pigmentos também chamados de elementos de cobertura, contribuem na formação da parte sólida de uma camada orgânica. São sólidos que apresentam granulometria fina e insolúvel na resina da tinta, sendo responsável pela aparência da película formada (IKEMATSU,2007).

Segundo Preuss (2016), a principal finalidade dos pigmentos é de conferir cor à tinta, além de opacidade, durabilidade, resistência química e mecânica, propriedades anticorrosivas, entre outras.

2.2.2.1 Pigmentos brancos

Os pigmentos brancos, as cargas, e uma grande faixa de pigmentos coloridos (sintéticos ou naturais) são de origem inorgânica. Os principais tipos são os compostos inorgânicos oriundos de antimônio, chumbo, titânio e zinco. Geralmente apresentando índice de refração e opacidade elevada, refletindo e absorvendo a radiação luminosa incidente de uma forma não-seletiva (PREUSS,2016).

Segundo Anghinetti (2012), um dos pigmentos mais empregados é o dióxido de titânio, por ser capaz de melhorar a qualidade da tinta e garantir maior poder de cobertura, alvura, durabilidade, brilho e opacidade.



Destes pigmentos, leva-se em consideração o potencial opacificante do pigmento, sendo controlado por duas propriedades: índice de refração e tamanho da partícula. O índice de refração está associado a estrutura cristalina, portando está fora do controle do fabricante, enquanto a dimensão da partícula pode ser controlada no processo de moagem. (SPIRLANDELLI; FINZER; FERNANDES,2016).

2.2.2.2 Pigmentos coloridos

Considerando um viés mercadológico, a produção de tintas coloridas é muito importante devido a capacidade de influenciar as pessoas devido ao seu papel estético que é de grande impacto (IKEMATSU, 2007).

Os pigmentos brancos refletem a maior parte dos comprimentos de onda da região do visível, enquanto os pigmentos coloridos refletem e absorvem certos comprimentos de onda específicos às cores. Logo, a cor da tinta depende do tipo de pigmento que é utilizado em sua composição e como este reage a exposição de raios da região visível (ANGHINETTI, 2012).

2.2.2.3 Análise de cor

A análise de cor é um campo crucial na indústria de tintas e revestimentos, desempenhando um papel fundamental na garantia de qualidade, formulação de produtos e satisfação do cliente. Esta análise envolve a medição precisa da cor das tintas e revestimentos para garantir que atendam às especificações e padrões desejados. Existem várias técnicas e instrumentos disponíveis para a análise de cor em tintas, que variam de métodos visuais tradicionais a técnicas avançadas de espectrofotometria e colorimetria (DATACOLOR INC, 2019).

Uma das ferramentas mais comuns usadas na análise de cor em tintas é o espectrofotômetro, que permite medir a reflectância da luz em diferentes comprimentos de onda e, assim, determinar as propriedades de cor de uma amostra. A análise de cor também envolve a interpretação de sistemas de cores, como o Sistema CIE de 1976, que fornece um espaço de cor tridimensional para descrever as cores de maneira precisa (SMITH, 2020).

2.2.3 Solvente

Segundo Yamanaka et al. (2006), são compostos (orgânicos ou água) responsáveis pelo aspecto líquido da tinta com uma determinada viscosidade. Após a aplicação da tinta, o solvente evapora deixando uma camada de filme seco sobre o substrato.

Por definição os solventes são líquidos, constituídos de um ou mais componentes que possuem propriedades de volatilidade, que podem variar de acordo com as condições de secagem, e nas tintas possuem a principal função de solubilizar os agentes formadores de filme, no caso os polímeros, por interações físicas (BUCHMANN, 2018).

Outro fator que agrega o uso de solventes é o processo de secagem, pois esta matéria-prima têm um papel fundamental no controle da taxa de evaporação, que é um aspecto de grande importância para os esmaltes comerciais (FAZENDA, 2005).

2.2.4 Aditivo

Aditivos são substâncias adicionadas às formulações em pequenos teores, que atuam de forma complementar as funções desempenhadas pelos principais componentes sólidos e líquidos da película (BYK, 2023).

Este grupo envolve uma vasta gama de componentes sendo empregados a fim de atuar em diferentes funções do produto para conferir importantes propriedades as tintas (Yamanaka et al. 2006), como os apresentados na figura 2.

Figura 2: Tipos de aditivos e suas funções

Aditivo	Função
Fotoiniciadores	Formação de radicais livres quando submetidos à ação da radiação UV iniciando a cura das tintas de cura por UV
Secantes	Catalisadores da secagem oxidativa de resinas alquídicas e óleos vegetais polimerizados.
Agentes reológicos	Modificam a reologia das tintas (aquosas e sintéticas) modificação esta necessária para se conseguir nivelamento, diminuição do escorrimento, etc.
Inibidores de corrosão	Conferem propriedades anti-corrosivas ao revestimento
Dispersantes	Melhoram a dispersão dos pigmentos na tinta
Umectante	Nos sistemas aquosos aumentam a molhabilidade de cargas e pigmentos, facilitando a sua dispersão.
Bactericidas	Evitam a degradação do filme da tinta devida à ação de bactérias, fungos e algas..
Coalescentes	Facilitam a formação de um filme contínuo na secagem de tintas base água unindo as partículas do látex.

Fonte: Yamanaka et al. 2006

2.2.5 Cargas

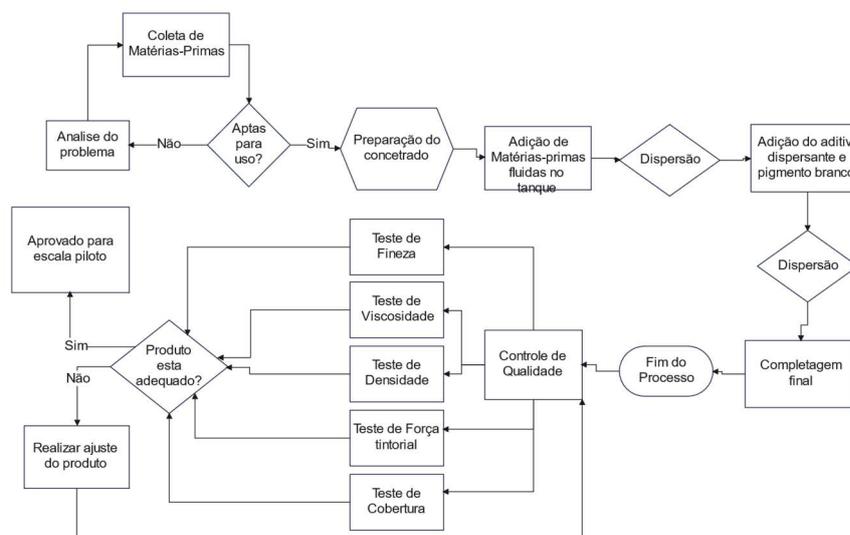
Cargas minerais, também chamadas de *fillers* ou *extenders*, no passado eram empregadas com a função de preencher a tinta, reduzindo custos em relação aos pigmentos mais caros. Com os avanços tecnológicos na indústria de beneficiamento mineral, permitiram a evolução destas matérias-primas, que passaram a desempenhar diversas funções na tinta. (BUNCHMANN, 2018)

Estas cargas, geralmente são substâncias inorgânicas de composição variável e se diferenciam dos pigmentos pelos índices de refração. No entanto, para formular tintas, as cargas minerais devem ser consideradas juntamente aos pigmentos, pois visam melhorar a estabilidade do revestimento, reologia, as propriedades de aplicação e as características do filme seco. (PREUSS, 2016)

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para desenvolver o concentrado branco, é necessário realizar a formulação do produto em uma escala menor, ou seja, escala de bancada, para que possa ocorrer a avaliação, caracterização e possíveis alterações antes de implementar uma escala piloto. A Figura 3 apresenta o fluxograma do processo de formulação dos concentrados.

Figura 3: Fluxograma do processo de formulação de concentrados



O processo se inicia pela etapa de verificação e coleta de matérias-primas, mencionadas na tabela 1, se estão aptas para uso sendo avaliadas características como viscosidade, densidade, validade de uso da matéria-prima. Quando verificadas e aptas para uso, as matérias são adicionadas ao tanque para que inicie a dispersão e durante este processo ininterrupto, são adicionados os aditivos dispersantes e o pigmento branco, a fim de completar a formulação e dar sequência para as análises de qualidade, verificando se o produto está aprovado ou se será necessário recorrer a ajustes para tornar o concentrado mais próximo do padrão base.

3.1 MATERIAS-PRIMAS

Para preparação do concentrado são necessárias diversas matérias primas, conforme indicados na tabela 1.

Tabela 1: Percentual de matérias-primas para formulação do concentrado branco

Matérias-primas	Percentual de Matérias-primas na formulação do concentrado branco (%)					
	Padrão	F1	F2	F3	F4	F5
Resina Alquídic	14,00	14,00	12,00	12,00	14,20	14,20
Solvente A	17,40	17,40	10,00	20,00	10,00	15,00
Solvente B	4,00	4,00	6,00	-	4,00	4,00
Aditivo dispersante padrão	1,50	-	-	-	-	-
Aditivo dispersante novo	-	1,50	0,60	0,60	0,60	0,60
Pigmento Branco	60,00	60,00	70,00	60,00	60,00	60,00
Agente reológico	1,20	1,20	*	0,60	1,00	1,00
Solvente A	1,70	1,70	-	-	10,00	5,00
Solvente B	-	-	-	4,00	-	-
Aditivo anti-peles	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Fonte: O autor (2023)

O percentual de teste de cada matéria-prima descrito na tabela anterior, tem como base as proporções padrões também apresentadas anteriormente, determinadas conforme o procedimento interno de uma indústria da região, com alterações em sua estrutura, modificando o tipo do aditivo dispersante, bem como sua proporção no teste a ser elaborado. Além disso, a tabela 1 também indica a ordem de



adição de matérias-primas ao tanque, adicionando estes produtos em suas respectivas proporções na ordem em que foram descritos.

Após a separação de todas as matérias-primas será iniciado o processo de mistura e homogeneização do concentrado. Primeiramente serão adicionados as resinas e solventes, na sequência serão adicionados os aditivos e pigmento. Inicia-se o processo de dispersão, sendo um processo ininterrupto e após finalizado, obtém-se então o concentrado branco, conforme testes descritos na próxima seção.

3.2 Análises de Qualidade

As análises de qualidade realizadas para o desenvolvimento do produto levaram em consideração três processos, a etapa de análises do concentrado branco, cujo testes de qualidade visam os resultados e ajustes deste produto. Enquanto as análises referentes ao esmalte automotivo realizadas após os resultados do concentrado branco, visam analisar a aplicação e comparação do produto contra um esmalte produzido comercialmente, determinado como padrão. A análise de viabilidade econômica, por fim, é por objetivo quantificar os gastos referentes a consumos, seja eles de energia, matéria-prima, mão de obra, entre outros.

3.2.1 Concentrado Branco

Nesta etapa, ocorre os testes de qualidade do concentrado branco pós processo de dispersão, como: viscosidade, densidade, fineza, cobertura e a força tintorial. Testes estes baseados nos procedimentos internos de uma indústria de tintas da região.

Após finalizado a formulação do produto, é coletado uma amostra e resfriada em temperatura de 25°C, para que possa ser realizado os testes referentes a viscosidade e densidade do produto. O teste de fineza é feito aplicando uma amostra em um grindômetro para que possa identificar o tamanho das partículas que estão no produto.

A diluição do concentrado branco consiste em realizar uma mistura nas seguintes concentrações: 30% de concentrado branco, 68% da base de testes padrão e 2% de aditivo secante.

Sendo assim, é produzido uma amostra de 100 gramas feita nas proporções já citadas, sendo dispersada a fim de homogeneizar o produto. Após este processo, é utilizado o esmalte branco, recém-formulado para realizar uma mistura com um concentrado preto padronizado para testes, a partir desta será analisado a força tintorial, sendo feito uma alíquota com 40 gramas do esmalte branco formulado e 1,75 gramas de concentrado preto.

Após produzir as misturas para análise da força tintorial e opacidade, é realizado uma extensão das amostras em uma cartela, exemplificando na figura 4, utilizando um extensor automático. Deixando a cartela com o produto secar, ao ar livre e na estufa a 60°C.

Figura 4: Extensão das amostras na Cartela



Fonte: O Autor (2023)

Após a finalização do processo de secagem, é realizado a análise de força tintorial e opacidade, utilizando um espectrofotômetro de bancada para obter estes resultados. A resposta obtida tanto para os testes iniciais de viscosidade, densidade, fineza quanto para os testes finais envolvendo a cobertura e força tintorial são comparados com o produto padrão desenvolvido por uma indústria de tintas da região.

3.2.2 Esmaltes Automotivos

A fim de avaliar a eficiência do concentrado, é necessário produzir um esmalte automotivo. Nesta etapa será formulado o esmalte com os concentrados padrão e teste.

Os esmaltes selecionados para formulação foram os que apresentam uma proporção maior do concentrado branco, ou seja, esmalte branco 1 e branco 2. Na tabela 2 e 3 são apresentadas as formulações com suas respectivas proporções.

Tabela 2: Esmalte branco 1

Matérias-primas	Proporções (%)
Base para os esmaltes	81
Concentrado Branco	19

Fonte: O autor (2023)

Tabela 3: Esmalte Branco 2

Matérias-primas	Proporções (%)
Base para os esmaltes	80,969
Concentrado Branco	18,99
Concentrado Violeta	0,024
Concentrado Amarelo	0,008
Concentrado Azul	0,012

Fonte: O autor (2023)

Estas proporções utilizadas para o desenvolvimento dos esmaltes são utilizadas com base nos padrões comerciais, a partir delas desenvolvidos em bancada tanto para as amostras padrões e de testes, que por sua vez serão realizados nas mesmas condições e seguidas serão aplicadas em chapas de metal previamente aplicadas com primer.

O processo de aplicação dos esmaltes sintéticos é realizado por meio de pistolas de ar comprimido, e o produto deve ser aplicado na superfície com primer e após as aplicações, é colocado em repouso para a secagem de 72 horas do produto.

Após o período de secagem, as chapas aplicadas serão comparadas por meio do equipamento espectrofotômetro e após essas avaliações iniciais, o produto ficará em repouso no intemperismo para avaliar como o esmalte reage a ambientes externos, a fim de verificar variações entre os resultados iniciais e finais.

3.3 VIABILIDADE ECONÔMICA



Nesta etapa, ocorre a discussão quanto a viabilidade econômica do produto formulado em relação ao padrão já utilizado comercialmente. Para isto, leva-se em consideração valores como: custo operação do moinho, custo de operação do dispersor, tempo de formulação, hora-homem, valor e perda do concentrado branco padrão e amostra.

Alguns destes valores são disponibilizados pela empresa, que por sua vez permitem realizar os cálculos para viabilidade econômica, como o custo de operação do moinho e do dispersor, expresso pela equação 1.

$$Custo = Pa \times h \times d \times R\$/kwh \quad (1)$$

Onde:

Custo = Custo de operação (R\$ mensal);

Pa = Potência absorvida da rede (kW);

h = Tempo de uso diário (hora);

d = Dias de uso (dias);

R\$/kWh = Valor de quilowatt hora (R\$).

Por meio da equação apresentada acima, com os valores disponibilizados é possível realizar um comparativo entre os custos do processo, considerando a perda de processo do produto, podendo realizar a viabilidade por meio de uma comparação entre o processo da amostra padrão e teste.

Além do cálculo de custo de operação, também é realizado a relação de perda do produto durante a formulação em escala piloto. Desta forma, a perda tanto para a amostra padrão e teste é calculada utilizando o peso final do processo e dividindo pelo peso final do processo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção tem por finalidade demonstrar os resultados e discussões abordados em relação ao concentrado branco, demonstrando como o produto fica em escalas diferentes (bancada e piloto), juntamente com os resultados de viabilidade econômica. Estes resultados foram obtidos por meio das análises já mencionadas anteriormente.

4.1 ESCALA BANCADA

A tabela 4 apresenta os resultados preliminares realizados em bancada.

Tabela 4: Ensaio preliminares

Análises	Faixa	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5
Fineza (H)	Min 7 H	3	6	0	7	7
Viscosidade(KU)	70 a 90 KU	79,1	140	123,4	93,4	85
Força tintorial (%)	98 a 102%	-	-	-	112,23	112,23
Sedimentação	-	-	-	sim	-	-
Situação	-	Reprovado	Reprovado	Reprovado	Aprovado	Aprovado

Fonte: O Autor (2023)

Os dados expressos na tabela 4, demonstram as primeiras formulações e como ficaram seus resultados em escala de bancada. As formulações 1, 2 e 3 deram como reprovadas devido a fatores, como a fineza do produto não apresentar valores igual ou superior a 7H. Na formulação F2 a viscosidade encontrada foi de 140 KU, um valor muito discrepante e ainda não havia sido adicionado o agente reológico no produto, sendo assim foi descontinuado esta formulação. No caso da formulação F3 o produto além de não atingir os requisitos anteriores (viscosidade e fineza) ocorreu também a presença de sedimentação durante este ensaio.

Para as duas últimas formulações em bancada (formulação 4 e 5), o produto apresentou-se ideal em relação a sua fineza, sua viscosidade estava dentro da faixa aceita do concentrado branco já produzido na fábrica, porém com uma força um pouco elevada, porém possível realizar ajustes para que ela se adéque e fique próxima de 100%, com uma variação de mais ou menos 2%. Sendo a formulação 5 selecionada para produção em escala piloto, pois está formulação apresentou resultados que estão mais próximos a faixa indicada.

4.2 ESCALA PILOTO

Os resultados da produção do concentrado branco padrão e teste (F5) são apresentados na tabela 5.

Tabela 5: Avaliação de Resultados do concentrado Branco

Análises	Padrão	Testes
Viscosidade (KU)	78,2	84,1
Densidade (g/cm ³)	1,6872	1,3772
Fineza (H)	7,0	7,0
Cobertura (%)	91,34	90,43

Fonte: O Autor (2023)

De acordo com os resultados obtidos para a viscosidade, tanto o padrão quanto a amostra, apresentaram valores que ficam dentro do critério de aceitação que é de 70 a 90 KU. Por tanto, o padrão, apresentou um valor de 78,2 KU, já o teste um valor de 84,1 KU. Para as análises de fineza e cobertura, tanto a padrão quanto amostra apresentaram valores dentro da especificação solicitada que é: fineza maior que 7H e cobertura entre 89 e 93%. Analisando a densidade, observou-se que a amostra teste apresentou um resultado abaixo do padrão, ou seja, resultado já esperado, visto que a proporção de pigmento é diferente nas formulações interferindo diretamente na densidade.

A tabela 6 apresenta os resultados das variações de cor e força analisados do padrão e amostra (F5).

Tabela 6: Variações de cor e força do concentrado branco

Corte	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*	DEcmc*	Fc
Branco	-0,98	0,01	-0,33	-0,31	0,13	1,04	0,54	117,23
Padrão								
Branco	-0,47	-0,15	-0,11	-0,04	0,18	0,5	0,29	113,3
F5								
Corte	DL*	Da*	Db*	DC*	DH*	DE*	DEcmc*	Fc
Preto	0,14	0,02	-0,44	0,42	0,11	0,46	0,52	101,41
Padrão								
Preto F5	0,13	-0,09	-0,97	0,96	0,12	0,98	1,13	101,78

Fonte: O Autor (2023)

De acordo as variações apresentadas na tabela 6, a amostra teste F5 apresentou um DL (relacionado a claridade e escuridão) de -0,47, um Db (relacionado

a cor amarela e azul) de -0,11 e DE (variação de cor) de 0,5 indicando que a amostra está muito próxima ao padrão salvo no banco de dados do espectrofotômetro. Outro ponto importante a ser destacado é o Fc (força tintorial) que no corte com o preto amostra teste, apresentando o valor de 101,78, está muito próxima a faixa requisitada entre 98 e 102%.

4.3 ESMALTE SINTÉTICO

Na tabela 7 são apresentados os resultados de cor para o esmalte Branco 1.

Tabela 7: Esmalte Branco 1

Cores	DL*	Db*	DE*
Branco 1	0,26	0,24	1,37
Padrão			
Branco 1	0,92	1,02	0,36
Teste			

Fonte: O Autor (2023)

De acordo com os resultados apresentados, observa-se que amostra teste apresenta um DL de 0,92 indicando estar mais clara, porém o Db resultou um valor de 1,02 demonstrado estar mais amarelado que o padrão. Quando avaliado a variação de cor (DE) da amostra teste, observa-se que um valor de 0,36, indicando que a uma menor variação de cor quando comparada ao concentrado padrão que apresentou 1,32.

A tabela 8 apresenta os resultados de cor para o esmalte branco 2.

Tabela 8: Esmalte Branco 2

Cores	DL*	Db*	DE*
Branco 2º	0,10	0,06	0,13
Padrão			
Branco 2º	-0,03	-0,02	0,06
Teste			

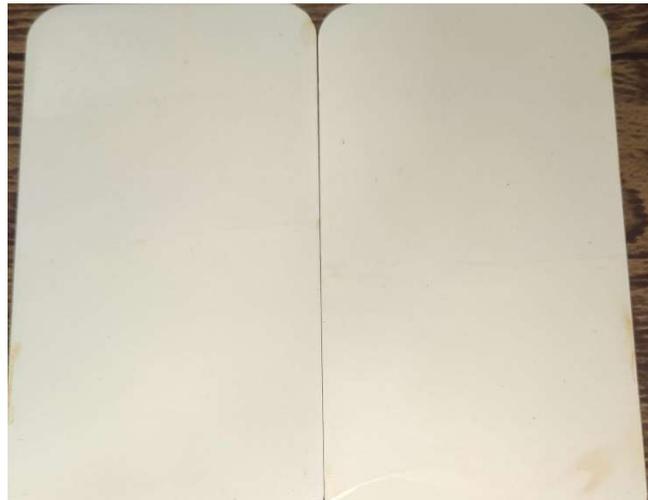
Fonte: O autor (2023)

Segundo os resultados apresentados, a amostra teste apresenta-se mais escura que o padrão de acordo, com o valor de DL de -0,03 em comparação com 0,10 referente ao valor da amostra padrão, porém o valor de Db resultou em um valor de -

0,02, sendo mais azulado que a amostra padrão, que se apresentou mais amarelada (Db de 0,06). Quando avaliado o DE entre a amostra teste e padrão, o resultado teste mostrou-se mais satisfatório considerando o padrão estabelecido no banco de dados do espectrofotômetro.

A figura 5, apresenta a comparação visual entre a amostra padrão e teste do esmalte branco 1.

Figura 5: Comparação visual entre aplicação padrão e teste do branco 1.



Fonte: O Autor (2023)

A Figura apresentada acima, demonstra os resultados abordados na tabela 7 de maneira visual, comparando a amostra padrão e teste. Dentre os resultados referidos, o maior destaque visual dá-se ao amarelamento, apresentando maiores diferenças.

A figura 6 apresenta a comparação visual, entre a aplicação padrão e teste do esmalte branco 2.

Figura 6: Comparação visual entre aplicação padrão e teste do branco 2.



Fonte: O Autor (2023)



A imagem acima, demonstra a comparação visual entre o esmalte branco 2, sendo difícil notar essas diferenças sem o auxílio de valores, como é apresentado na tabela 8, visto que os resultados entre eles tiveram diferenças baixíssimas.

A tabela 9 são apresentados os resultados do esmalte branco 1 após o tempo de intemperismo.

Tabela 9: Esmalte branco 1 após intemperismo natural

Coberto	DL*	Db*	DE*
Padrão	0,09	1,68	1,69
Teste	1,05	3,29	3,46
Não coberto	DL*	Db*	DE*
Padrão	-0,29	0,41	0,84
Teste	0,44	1,37	1,61

Fonte: O Autor (2023)

De acordo com os resultados, a amostra de teste que ficou coberta durante o período de intemperismo apresenta-se mais clara que o padrão, com DL de 1,05, enquanto o padrão apresentou um resultado de 0,09. Quando avaliamos o Db que está relacionado com o amarelamento, apresenta-se o valor de 3,29 para a amostra de teste, tendo uma grande diferença quando comparado ao valor padrão (1,68). Porém quando avaliado a variação de cor (DE) a amostra teste apresentou um valor de 3,46 enquanto a amostra padrão apresentou um valor de 1,69.

Para as não cobertas, a amostra de teste apresentou-se mais clara que o padrão de acordo com o valor de DL de 0,44 em comparação ao padrão -0,29, para o valor de Db, a amostra apresentou um valor de 1,37, estando mais amarelado que o padrão (0,41). Porém quando comparado as variações de cor, a amostra padrão demonstrou grande diferenças comparadas ao padrão antes do intemperismo, sendo um valor indesejado.

A tabela 10 são apresentados os resultados do esmalte branco 1 após o tempo de intemperismo.

Tabela 10: Esmalte branco 2 após intemperismo natural

Coberto	DL*	Db*	DE*
Padrão coberto	0,34	2,43	2,46
Teste coberto	0,09	2,1	2,10
Não coberto	DL*	Db*	DE*
Padrão	-0,47	0,19	0,73

Teste	-0,50	0,30	0,74
-------	-------	------	------

Fonte: O Autor (2023)

A amostra teste coberta, apresentou-se mais escura que o padrão, tendo um valor de DL de 0,09, já o valor de Db em comparação com as amostras demonstra que o teste coberto aumentou seu amarelamento antes do intemperismo, porém menos que a amostra padrão. Quando avaliado a variação de cor entre o padrão e amostra, ambos se mostraram com valores altos, contudo o resultado do teste (DL de 2,10) apresentou-se menor em comparação ao padrão (DL* de 2,46).

As amostras não cobertas apresentaram resultados mais semelhantes, tendo poucas variações, as amostras padrão e testes apresentaram-se escuras, com valores para DL de -0,47 e -0,50, respectivamente. O valor de Db* resultou 0,30 para a amostra teste sendo mais amarelada que o padrão (Db* de 0,19), porém estes valores mostram-se maiores comparando-os antes do período de intemperismo. E as variações de cor entre o padrão e amostra não apresentaram grande diferença, sendo um valor de 0,74 para o teste e 0,73 para o padrão.

4.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

A partir do levantamento dos custos de operação, obteve-se os valores para o moinho e o dispensor, considerando suas potências como 50 Cv e 30 Cv, respectivamente. Os custos mensais para o moinho são de R\$2320,55 (custo diário de R\$77,35) e o valor mensal do dispensor é de R\$ 530,45 (custo diário de R\$17,68), estes valores são definidos considerando o tempo de atividade de cada equipamento, sendo 3 horas e 30 minutos para o moinho e, 1 hora e 20 minutos para o dispensor.

Outros valores a serem considerados no processo é o custo de hora-homem, estes valores se trata de resultados estimativos tendo em vista que os valores reais foram suspensos de serem utilizados sendo considerado o tempo de operação do moinho e dispensor em razão do valor de hora-homem (salário em razão 176 horas úteis trabalhadas). Obtendo como resultado para o moinho a cotação de R\$49,71 e para o dispensor de R\$18,88. Estes valores relacionados ao tempo de atividade do operador enquanto utiliza os equipamentos durante o processo.

O concentrado branco apresentou um custo de R\$ 10,17/kg para o padrão e R\$ 10,26/kg para a amostra teste. Esta diferença de valores entre o padrão e



amostra é principalmente pela troca do aditivo dispersante, que tem um custo mais elevado.

A perda gerada para o concentrado padrão foi de 0,14% em comparação ao concentrado padrão que obteve uma perda de 0,011%, essa diferença entre padrão e amostra se dá principalmente pela passagem de moinho que impacta diretamente na perda do produto.

Considerando os valores totais para produção do concentrado branco, sendo somente utilizado o método de dispersão, eliminando o uso de moinhos o valor para produzir seria reduzido tendo em consideração que este processo a menos seria uma redução de 16% no valor total do processo, considerando operação, hora-homem e o próprio concentrado.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho tem como proposta o estudo para implantação do processo de fabricação de concentrados brancos, com o intuito de tornar a produção de esmaltes automotivos mais rápidos e com menos custos.

Durante a execução do projeto, foram desenvolvidas formulações em escala de bancada e piloto, sendo realizadas 5 formulações em bancada, que obtiveram resultados diferentes e destas cinco, a que apresentou melhores resultados foi a formulação 5, sendo utilizada para formulação em escala piloto.

Com os testes realizados do concentrado, já em escala piloto, comparado ao padrão, pode notar-se que a amostra formulada estava dentro dos parâmetros desejados, possuindo resultados melhores até mesmo que a amostra comparativa.

Quando utilizado para formular dois esmaltes automotivos, a fim de verificar amarelamento em comparação com os esmaltes já produzidos comercialmente, pode-se notar que o produto aplicado continuou amarelando, porém na formulação em que havia apenas o concentrado e a base para os esmaltes, o teste ficou mais amarelado que o padrão. Desta forma esse amarelamento mais acentuado pode ser justificado pelo tempo de dispersão do pigmento, podendo determinar que em uma hora de dispersão não seja o suficiente para que ocorra a homogeneização da amostra, sendo necessário dispersar o concentrado por mais tempo durante sua formulação.



Quando considerado as duas aplicações ao intemperismo natural, obteve-se alterações em seus aspectos, o que resultou em faixas de resultados mais acentuadas entre o esmalte branco 1, porém o esmalte branco 2 apresentou resultados semelhantes entre o padrão e amostra mesmo após o período de 7 dias. Dentre estes resultados, o que teve maior impacto nas amostras foi o escurecimento das aplicações e o amarelamento acentuado entre o padrão e amostra.

Considerando os custos para a produção do concentrado branco, embora o aditivo dispersante seja mais caro para o novo processo, eliminar o método de moagem garante uma redução de 16% no valor total do processo, tornando-o economicamente viável.

Como sugestão para possíveis trabalhos futuros, realizar o processo de dispersão alterando o tempo durante a formulação a fim de verificar a maior influência da dispersão durante o processo de formulação do concentrado, além de testar em outros concentrados que utilizam de pigmentos coloridos.

REFERÊNCIAS

ANGHINETTI, Izabel Cristina Barbosa. **TINTAS, SUAS PROPRIEDADES E APLICAÇÕES IMOBILIÁRIAS**. 2012. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS-9AHFRU/1/monografiafinal.pdf>.

Acesso em: 30 abr. 2023.

BERNARDO, Romildo Campos; OLIVEIRA, Marcos Fernandes de. **DISPERSÃO DE PIGMENTOS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO POR MOAGEM E SUA UMECTAÇÃO**. 2018. Disponível em:

https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/pdf/Edicao_16_BERNARDO_Romildo_Campos.pdf. Acesso em: 16 abr. 2023.

BUCHMANN, Glauca Santos. **Comparação dos impactos ambientais de formulações de tintas com a aplicação de Avaliação do Ciclo de Vida**. 2018.

Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-10042018-142446/publico/GlaucaSantosBuchmannCorr18.pdf>. Acesso em: 01 maio 2023.

BYK - Aditivos Umectantes e Dispersantes. Disponível em:

<https://ebooks.byk.com/pt/wetting-and-dispersing/por-que-sao-usados-aditivos-umectantes-e-dispersantes/>. Acesso em: 14 abr. 2023.

DATACOLOR INC (Lawrenceville) (ed.). **Distâncias de cores, metamerismo e equações práticas de cores**. 2019. Disponível em: <https://www.datacolor.com/wp-content/uploads/2022/06/color-management-ebook-4-pt.pdf>. Acesso em: 07 nov.

2023.

FAZENDA, J.M.R. **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia**. 3. ed. revista e ampliada São Paulo: ABRAFATI, 2005.

IKEMATSU, Paula. **ANGHINETTI, Izabel Cristina Barbosa. TINTAS, SUAS PROPRIEDADES E APLICAÇÕES IMOBILIÁRIAS**. 2012. Disponível em:

<https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS->



9AHFRU/1/monografiafinal.pdf. Acesso em: 30 abr. 2023. 2007. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-26122008-105228/publico/Dissertacaoolkematsu2007.PDF>. Acesso em: 01 maio 2023.

PALHARES, Pâmela M. Coimbra; MEZENCIO, Pedro H. Marques. **ESTUDO PARA CONDIÇÕES IDEAIS DE DISPERSÃO EM TINTAS.** Disponível em: <https://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/2975.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2023.

PREUSS, Núbia Liziani. **EFEITO DOS ASPECTOS MORFOLÓGICOS DO PIGMENTO TiO₂ NAS PROPRIEDADES ÓPTICAS DE TINTAS BASE ÁGUA.** 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/156342/001014820.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 maio 2023.

SARTORI, Márcio. **PROCEDIMENTO PARA MENSURAÇÃO E REDUÇÃO DAS PERDAS EM PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DE TINTAS.** 2003. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/86589/PEPS4433.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 out. 2023.

SMITH, J. A. **Análise de Cor em Tintas: Princípios e Aplicações.** Editora: Tintas & Cores. 2020

SPIRLANDELLI, G. S.; FINZER, J. R. D.; FERNANDES, D. M. **DISPERSÃO DE DIÓXIDO DE TITÂNIO EM FORMULAÇÕES DE TINTAS.** 2016. Disponível em: <https://dspace.uniube.br/bitstream/123456789/531/1/DISPERSÃO%20DE%20DIÓXI DO%20DE%20TITÂNIO%20EM%20FORMULAÇÕES%20DE%20TINTAS.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2023.

YAMANAKA, Hélio Tadashi et al. **Guia técnico ambiental tintas e vernizes: série P+L.** São Paulo: CETESB, FIESP, 2006.