
ESTUDO COMPARATIVO ENTRE MISTURADORES TIPO *COWLES* E *SIGMA* E A INTERFERÊNCIA PROCESSUAL QUE DESEMPENHAM NA CARACTERÍSTICA DE ADERÊNCIA DO PLASTISOL

Artur Campillos Marfinati

Mauro Cesar Terence

Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM)

Resumo

O plastisol é uma pasta fluida composta por resinas de PVC, cargas minerais, plastificantes, estabilizantes e dependendo da aplicação final, pigmentos e uma resina que promova adesão. Ele pode ser produzido a partir da utilização de dois tipos de homogeneizadores: *sigma* e *cowles*. Esta pesquisa procurou compreender qual é o melhor tipo de homogeneizador para a produção do plastisol e avaliou as características de aderência obtidas com a utilização desses dois processos. Para melhor observar o fenômeno da aderência, foram produzidas em laboratório quatro amostras em situações processuais diferentes. Foram confeccionados corpo de prova para cada tipo de processo utilizado, aos quais se aplicou o teste de tensão de cisalhamento em um dinamômetro, obtendo os valores da intensidade da força (expressos em Mega Pascal – MPa) e determinando o melhor processo utilizado.

Palavras-chave: Plastisol. Aderência. *Sigma* e *cowles*.

1 INTRODUÇÃO

A América Latina é responsável por 6% da produção de policloreto de vinila no mundo, sendo esta a principal matéria-prima do plastisol (FORINI, 2008).

O mercado brasileiro utiliza o PVC em parte na fabricação de plastisol, que nada mais é do que a mistura de resinas de PVC em plastificantes, que se encontra como uma pasta fluida, à temperatura ambiente, com propriedades visco-elásticas e de cor esbranquiçada quando não há pigmentos adicionados. Sua polimerização é acionada por meio do calor. É um produto com aproximadamente 99,5% de partes não voláteis, isento de solventes inorgânicos, água ou outros tipos de substâncias que volatilizam.

A utilidade prática do plastisol está relacionada diretamente com propriedades que este possui. Esse composto, sob ação do calor, deixa o estado líquido inicial passando ao estado sólido, ou seja, ocorre polimerização sem que haja perda de peso nem mudança notável em seu volume.

Mediante as diferentes matérias-primas, como resina de PVC, plastificantes, cargas, pigmentos, estabilizantes, aditivos e sistemas aderentes, o plastisol pode apresentar pigmentação, texturas, resistência à abrasão, corrosão e eletricidade, e melhor resistência à luz, ao calor, além de adquirir propriedades antichama, bem como aderência a determinados substratos.

Mediante essas propriedades, o produto pode ser aplicado em diversos segmentos, como construção civil, revestimentos, indústria automobilística, serigrafia gráfica, isolação elétrica, entre outros (FORINI, 2008).

O plastisol é um produto que pode ser amplamente usado pela facilidade de sua manipulação e não requer tecnologia de ponta para seu processo produtivo, o que faz com que tenha um custo de produção baixo e, portanto, fácil comercialização.

O processo de fabricação do plastisol é baseado principalmente na homogeneização e solvatação das matérias-primas de sua formulação. O procedimento de homogeneizar pode ser utilizado para dissolução, absorção, extração, reação, transferência de calor e solvatação e depende do estado físico das matérias-primas que constituem a composição do plastisol (JOAQUIM JÚNIOR et al., 2007).

Como a homogeneização é a principal etapa do processo, é necessário que se faça um estudo do melhor misturador para atender química e fisicamente as características que o plastisol precisa atingir dependendo de sua aplicação final.

Hoje no mercado os dois misturadores mais importantes utilizados na fabricação do plastisol são os misturadores dos tipos *cowles* e *sigma*.

O misturador tipo *cowles* é um agitador de alta velocidade, que pode atingir até 3600 rpm, é constituído de um eixo e um disco dentado, e esse conjunto move-se

apenas verticalmente facilitando a formação do vórtex. A velocidade de mistura é um fator determinante para solvatação das matérias-primas, porém se a velocidade exceder certo limite aumentará a tensão de cisalhamento da homogeneização, podendo assim ocasionar o aquecimento do plastisol e conseqüentemente causar a perda de suas propriedades físico-químicas (ADAMI, 2002).

O misturador tipo *sigma* é um agitador de baixa rotação, podendo atingir até 120 rpm, é constituído de duas pás em Z, que podem rotacionar em dois sentidos, porém, seu eixo não se move verticalmente e nem horizontalmente, e seu único movimento é de rotação (RODOLFO JÚNIOR, 2006).

Para decidir o melhor misturador para o processo de fabricação do plastisol, é necessário comparar os dois tipos mais utilizados no processo produtivo desse material e analisar o que será mais vantajoso e atenderá da melhor maneira as suas características. A característica que merece atenção especial é a de aderência do produto em determinado substrato, que é o objetivo deste trabalho. Ou seja, a partir do estudo dos dois tipos de misturadores mais utilizados no processo de fabricação do plastisol, avaliaremos as características de aderência obtidas com o emprego desses dois processos por meio de ensaios experimentais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matérias-primas

A resina de PVC geralmente fabricada pela Braskem e Solvay é um pó branco, cujo odor é característico, sua densidade a 23 °C é de aproximadamente 1,40 g/cm³, sua granulometria atende diversas malhas. Para este estudo foi utilizada a malha de 325 µm. A resina de PVC, junto com algumas cargas minerais, auxilia nas propriedades reológicas e é um dos principais polímeros utilizados no plastisol.

Na formulação do plastisol foram utilizados três tipos de cargas fabricadas pela Ouro Branco Minérios, Brasclay e Brasilminas:

1. Carbonato de Cálcio (Calcita), pode ser encontrado, após industrialização, no estado físico de pó na coloração branca, inodoro, incombustível, com densidade a 23 °C de 2,60 a 2,90 g/cm³, sua temperatura de decomposição atinge 800 °C, seu ponto de fusão é de 1339 °C. Essa carga pode ser industrializada em diversas granulometrias. Para esta pesquisa foi utilizada a malha de 325 µm. O carbonato de cálcio, quando industrializado nesses formatos, é um produto barato e comumente utilizado para deixar as formulações as quais ele integra mais baratas devido a sua boa compatibilidade com óleos e plastificantes.

2. Óxido de Cálcio (Cal Virgem), com as seguintes características: pó de coloração branca a amarelada, odor característico, é uma carga incombustível e sua densidade alta atinge os 3,35 g/cm³, seu ponto de ebulição é de 2850 °C, suavemente solúvel com água, com a qual reage com desprendimento de calor formando hidróxido de cálcio. A granulometria varia de acordo com a aplicação final; neste estudo utilizou-se granulometria de malha 325 µm. Essa carga tem como função diminuir a higroscopia do plastisol, uma vez que a resina de PVC e outras cargas minerais são altamente higroscópicas.
3. Caulinita, com as seguintes características: pó com coloração levemente amarelada, inodoro, seu pH respeita uma faixa de 5,5 a 6,0, sua densidade é de aproximadamente 1,82 g/cm³, insolúvel em água; a granulometria selecionada para esta pesquisa foi a de malha 325 µm. Essa carga fornece funções reológicas como viscosidade e tixotropia juntamente com a resina de PVC, porém, sem estabilizantes, ela pode iniciar seu processo de decomposição de acordo com o tipo de mistura e cura adotado.

O estabilizante utilizado é comercializado pela Imbra e tem como nome químico tris-nonilfenilfosfito Cálcio/Zinco. Pode ser encontrado na forma líquida de incolor a levemente amarelado, cujo odor é característico. Seu teor de Cálcio respeita uma faixa de 0,56 a 0,84%, o teor de Zinco está na faixa de 1,12 a 1,68%, a densidade a 25 °C é de aproximadamente 0,99 g/cm³, é insolúvel em água e solúvel em querosene. Essa mistura Cálcio/Zinco tem propriedades térmicas que aumentam a vida útil da resina de PVC e de plastificantes.

O plastificante utilizado nesta formulação de plastisol é fabricado pela ExxonMobil e recebe o nome químico de Diisononil Ftalato, o DINP. Pode ser encontrado na forma líquida, incolor, e sua densidade a 20 °C é de aproximadamente 0,974 g/cm³. A viscosidade a 20 °C é de 110 cPs. Seu índice de refração a 20 °C é de 1,486, voláteis 1h a 130 °C é de 0,060%. Esse plastificante apresenta baixo teor de voláteis e é considerado não perigoso. Tem boa compatibilidade com as resinas de PVC e cargas minerais. Sua pureza pode ser estudada através de cromatografia gasosa. Ele atua juntamente com o PVC para formação do filme plástico do plastisol. Possui uma cadeia longa com 9 carbonos, dando flexibilidade e a possibilidade de trabalhar com temperaturas de 170 °C a 210 °C em uma formulação de plastisol. Por outro lado, o plastificante derruba algumas propriedades reológicas, como viscosidade e tixotropia. Para suavizar essa desvantagem do plastificante, os espessantes entram com a função de fortalecer as propriedades reológicas da formulação do plastisol.

O espessante utilizado neste estudo recebe o nome químico de Dióxido de Silício, o AEROSIL fabricado pela EVONIK, e pode ser encontrado na forma de pó branco, inodoro, com faixa de pH entre 3,7 e 4,7, ponto de fusão de 1700 °C e densidade a

20°C de 2,2 g/cm³. Na formulação do plastisol, o AEROSIL reforça o comportamento reológico do sistema sem que haja alterações nas características de adesão da formulação. Sua proporção dentro da formulação geralmente é baixa devido ao seu alto desempenho.

Na formulação do plastisol foram utilizados dois sistemas diferentes para promover adesão. O primeiro tem como nome químico 1,3 – dihidroxi benzeno, comercialmente conhecido como Resorcina, que atualmente é comercializado pela Plasteng e em estado natural é encontrado no formato de flocos brancos a branco rosado, cujo odor é característico, podendo atingir pontos de ebulição de 277 °C e ponto de fusão de 110 °C. Essa resina, quando misturada com a resina epóxi, desenvolve grande poder de adesão em substratos metálicos oleados ou desengraxados.

O segundo tem como nome químico Diglicidil Éter do Bisfenol A, tecnicamente conhecido como resina epóxi, produzido pela Dow Química. Pode ser encontrado na forma líquida, de transparente a amarelo-claro, com baixa fluidez e inodoro. Seu ponto de ebulição é de 200 °C, sua densidade a 20 °C é de aproximadamente 1,16 g/cm³, sua viscosidade a 25 °C respeita uma faixa de 11500 a 13500 cPs e é praticamente insolúvel em água. Junto com a resorcina, formam um excelente sistema aderente para substratos metálicos. Devido à fácil oxidação da resorcina, as formulações precisam ser pigmentadas para não se tingirem nas cores da oxidação.

O pigmento utilizado nesta pesquisa é fabricado pela Pro Cor, tem como nome comercial Pasta de Pigmento Azul e possui as seguintes características: é azul, pastoso, tem granulometria de no máximo 20 µm e é insolúvel em água.

Cada matéria-prima descrita anteriormente possui determinada porcentagem na formulação do plastisol, conforme a Tabela 1:

TABELA 1

Formulação do plastisol utilizada no estudo

Matéria-prima	Porcentagem (%)
Óxido de Cálcio	4,11
Calcita	35,29
Caulinita	8,60
Estabilizante Cálcio/Zinco	0,04
Plastificante DINP	33,05
Resina PVC	14,02
Espessante Sílica Pirogênica	0,9
Sistema Aderente Resorcina/Dinp	1,97
Sistema Aderente Resina Epóxi	1,72
Pigmento	0,3
Total	100

Fonte: Elaborada pelos autores.

2.2 Equipamentos

Os equipamentos utilizados na fabricação do plastisol e no teste de tensão de cisalhamentos estão relacionados a seguir:

- Balança analítica – Modelo AS 5000C
- Estufa com circulação homogênea de ar – Modelo MA – 035/630
- Agitadores *cowles* em escala laboratorial – Modelo FSB13P
- Agitadores *sigma* em escala laboratorial – Modelo 130974
- Bomba a vácuo – Modelo MM71A4
- Paquímetro digital – Modelo IP54
- Dinamômetro – Modelo IKCL3-USB

2.3 Dinamômetro

O dinamômetro é um equipamento utilizado para medições de resistência a forças de tração. Ele foi projetado para cobrir uma ampla faixa de materiais (polímeros e elastômeros) para precisa determinação de alongamento, tensão de cisalhamento, módulo de elasticidade e deflexão. Este modelo universal de dinamômetro possui extensômetros de contato que se utilizam de duas garras adaptadas ao corpo de prova como demonstra a Figura 1.

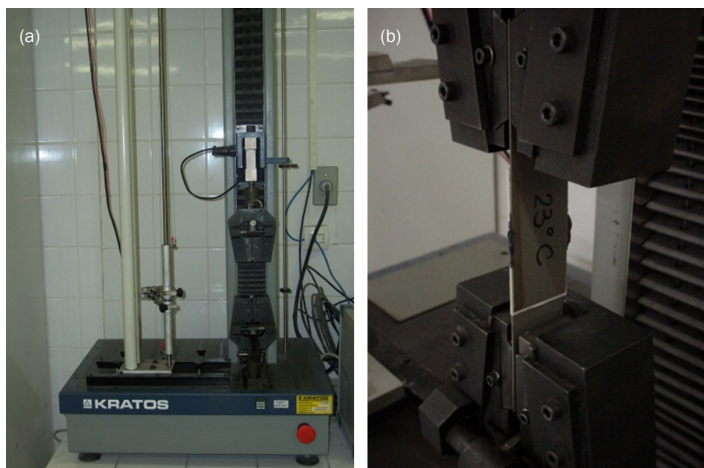


Figura 1 (a) Dinamômetro utilizado; (b) garras do dinamômetro adaptadas ao corpo de prova

Crédito: Laboratório da empresa Sika Automotive Ltda. (2014).

Utiliza-se um sistema mecânico diferencial com um *encoder*, que são transdutores de movimentos capazes de converterem movimentos lineares ou angulares em informações elétricas que podem ser transformadas em informações binárias e trabalhadas por um programa que converta as informações passadas em algo que possa ser entendido como tensão de cisalhamento, em que é possível verificar a leitura dos movimentos entre as garras. O sinal do *encoder* é introduzido na unidade eletrônica de controle onde será convertida na unidade da análise desejada.

Foi efetuado o ensaio de tensão de cisalhamento a 23 °C no dinamômetro modelo IKCL3-USB com célula de carga de 5000 N de acordo com a Norma ISO 4587. A norma ISO 4587 refere-se ao método de avaliação de aderência através da tensão de cisalhamento e sua unidade é expressa em MPa. O dinamômetro utilizado foi fabricado de acordo com as especificações da NBR ISO 7500-1, classe 0,5. Os 15 valores apresentados para cada situação expressam uma média calculada pelo próprio *software* do equipamento, conforme demonstra a Figura 2.

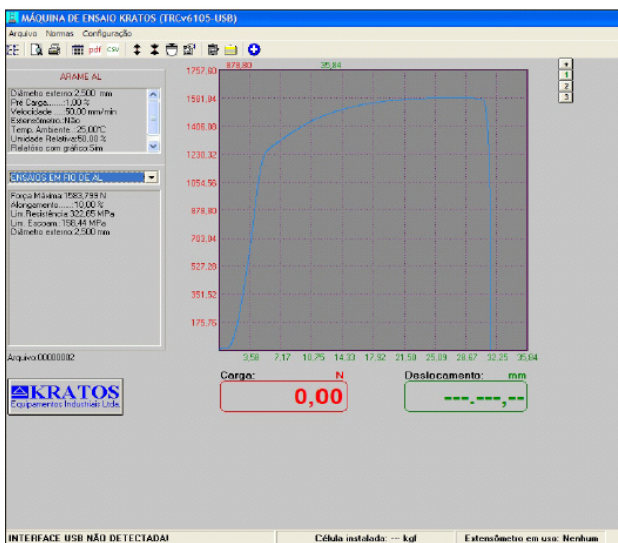


Figura 2 Software utilizado para os cálculos de tensão de cisalhamento

Crédito: Laboratório da empresa Sika Automotive Ltda. (2014).

2.4 Método

Para descrever o método, é necessário discriminar o que é amostra e corpo de prova. A massa de plastisol obtida no final do processo produtivo é denominada amostra, conforme representa a Figura 3.



Figura 3 Amostra de plastisol após processo de fabricação em laboratório

Crédito: Laboratório da Empresa Sika Automotive. Ltda. (2014).

As amostras aplicadas entre chapas com dimensões preestabelecidas e depois submetidas ao ciclo de cura são denominadas corpos de prova, conforme a Figura 4.

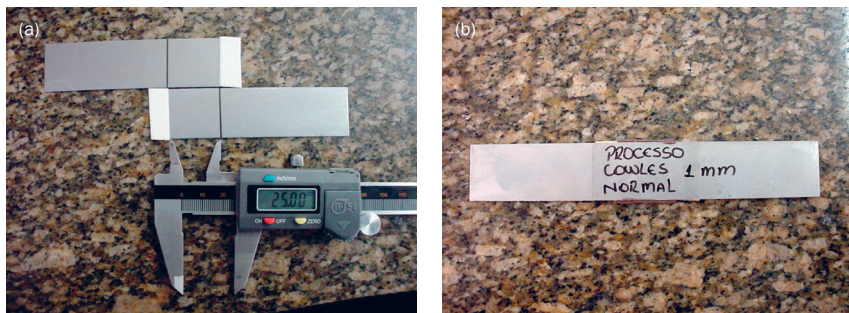


Figura 4 (a) Aplicação da amostra nas dimensões preestabelecidas antes do ciclo de cura; (b) corpo de prova após o ciclo de cura

Crédito: Laboratório da empresa Sika Automotive Ltda. (2014).

O método empregado nesta pesquisa foi realizado preparando-se quatro tipos de amostras a serem estudadas. A primeira amostra da obtenção do plastisol foi realizada no misturador tipo *cowles* (1720 rpm) com duração normal de processo de 30 minutos.

A segunda amostra da obtenção do plastisol foi realizada no misturador tipo *cowles* (1720 rpm) com duração normal de processo de 30 minutos, permanecendo por mais 10 minutos para homogeneização, totalizando 40 minutos de processo.

A terceira amostra da obtenção do plastisol foi realizada no misturador tipo *sigma* (60 rpm) com duração normal de processo de 30 minutos.

A quarta amostra da obtenção do plastisol foi realizada no misturador tipo *sigma* (60 rpm) com duração normal de processo de 30 minutos, permanecendo por mais 10 minutos para homogeneização, totalizando 40 minutos de processo.

As amostras foram feitas com variável para comparar as interferências que os misturadores e o tempo de homogeneização podem apresentar no estudo de tensão de cisalhamento.

Antes da preparação dos corpos de prova, as quatro amostras de plastisóis de diferentes processos de produção foram submetidas à desaeração por 30 minutos. Logo após a desaeração, foram confeccionados os corpos de prova.

Para os testes de tensão de cisalhamento para avaliar a adesão, foram selecionadas chapas de Ferro 1020 com dimensões de 100 x 25 x 0,8 mm, que passaram por banho desengraxante de Fosfato para que não ocorressem interferências do óleo antioxidante das chapas. Para cada uma das quatro amostras foram confeccionados cinco corpos de prova com espessura de 1 mm de plastisol, largura e comprimento de 25 mm, totalizando uma área de 625 mm². Os testes foram repetidos três vezes, totalizando 15 corpos de prova para cada amostra.

As amostras, após serem aplicadas nas chapas, foram submetidas a um ciclo de cura de 180 °C por 15 minutos em estufa com circulação homogênea de ar, conforme representado na Figura 5, para promover a gelificação, a fusão e a cura completa do plastisol.

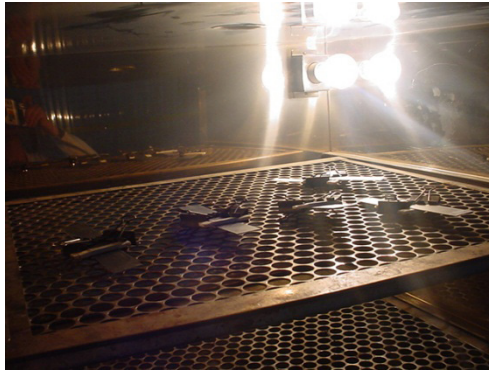


Figura 5 Ciclo de cura das amostras aplicadas nas chapas

Crédito: Laboratório da empresa Sika Automotive Ltda. (2014).

Logo após o ciclo de cura, os corpos de prova permaneceram 48 horas em descanso à temperatura ambiente (de 23 a 25 °C) antes dos testes para estabilização das

moléculas para o ensaio de tensão de cisalhamento, o qual avalia a força de adesão do plastisol no substrato.

Pode-se medir a característica de adesão de um plastisol pelo método de tensão de cisalhamento. A tensão de cisalhamento pode ser definida como uma força F , que é aplicada à determinada área da interface da superfície móvel e ao fluido abaixo, provocando assim um deslizamento entre as camadas do fluido. Para este trabalho utilizou-se o método das placas, planas e paralelas, em que o plastisol é aplicado entre placas de Ferro com dimensões predeterminadas, medindo-se o deslizamento das camadas, aplicando uma força F (DALTIM, 2010).

A tensão de cisalhamento é a medida de quanto as camadas do plastisol deslizam umas sobre as outras. Quando há menos camadas, ou seja, uma espessura mínima do corpo de prova, isso significa que existem menos camadas para deslizar, logo há uma tensão de cisalhamento alta, conforme representa a Figura 6.

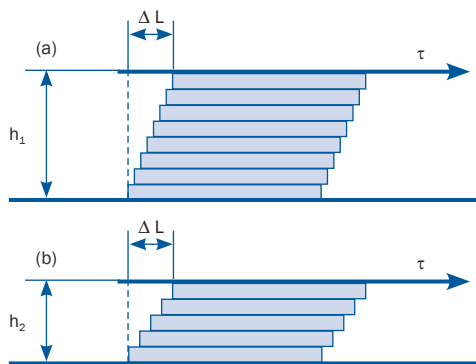


Figura 6 (a) Tensão de cisalhamento com maior espessura e maior facilidade de deslizamento; (b) tensão de cisalhamento com menor espessura e maior dificuldade de deslizamento das camadas

Fonte: Daltin (2010, p. 5).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção, será discutido o resultado do ensaio de tensão de cisalhamento dos 4 processos de fabricação do plastisol.

Os estudos realizados neste trabalho foram feitos com os dois principais tipos de agitadores destinados à produção de plastisol, com o intuito de verificar a eficiência na qualidade final do produto e na área comercial.

A opção de desenvolver este estudo que envolve os dois principais tipos de agitadores na produção de plastisol foi baseada na possibilidade de avaliar qual apresenta o melhor desempenho na característica de aderência.

3.1 Resultados

Os corpos de prova para aderência confeccionados através das quatro diferentes amostras foram submetidos ao ensaio de tensão de cisalhamento para avaliar a adesão do plastisol no substrato escolhido e fazer um comparativo entre os tipos de agitadores.

A amostra 1 foi preparada no misturador tipo *cowles* com duração de processo de 30 minutos (Normal), os resultados de aderência obtidos estão representados na Tabela 2.

TABELA 2

Aderência – *cowles* processo normal

Corpo de prova	Limite de resistência (MPa)
1	0,583
2	0,799
3	0,415
4	0,720
5	0,499
6	0,549
7	0,360
8	0,693
9	0,450
10	0,459
11	0,739
12	0,628
13	0,437
14	0,639
15	0,421
Média	0,559
	DP 0,13%

Fonte: Elaborada pelos autores.

A amostra 1 demonstra uma variação de resultados entre os corpos de prova, o que nos indica que, devido à alta tensão de cisalhamento do misturador, há grande liberação de calor, fazendo com que ocorra o envelhecimento acelerado das matérias-primas, bem como a desorientação e quebra das partículas na formulação do plastisol, ocasionando a perda de eficiência e inconstância em propriedades mecânicas como a aderência.

A amostra 2 foi preparada no misturador tipo *cowles* com duração de processo de 30 minutos + 10 minutos, totalizando 40 minutos de homogeneização. Os resultados de aderência obtidos estão representados na Tabela 3.

TABELA 3

Aderência – *cowles* processo normal + 10 minutos

Corpo de prova	Limite de resistência (MPa)
1	0,555
2	0,678
3	0,371
4	0,765
5	0,378
6	0,400
7	0,509
8	0,709
9	0,301
10	0,587
11	0,701
12	0,803
13	0,546
14	0,579
15	0,822
Média	0,580
	DP 0,16%

Fonte: Elaborada pelos autores.

A amostra 3 foi preparada no misturador tipo *sigma* com duração de processo de 30 minutos (Normal) de homogeneização. Os resultados de aderência obtidos estão representados na Tabela 4.

TABELA 4

Aderência – *sigma* processo normal (30 minutos)

Corpo de prova	Limite de resistência (MPa)
1	0,699
2	0,710
3	0,715
4	0,699
5	0,712
6	0,730
7	0,720
8	0,790
9	0,599
10	0,700
11	0,600
12	0,730
13	0,671
14	0,628
15	0,690
Média	0,692
	DP 0,04%

Fonte: Elaborada pelos autores.

A amostra 3 demonstra resultados melhores de aderência se comparados com as duas primeiras amostras, nas quais nota-se uma proximidade consistente entre os resultados, indicando que esse tipo de misturador é mais eficiente para a característica de aderência do plastisol, pois mantém os valores mais constantes e com menor desvio padrão.

A amostra 4 foi preparada no misturador tipo *sigma* com duração de processo de 30 minutos (normal) e adicionados mais 10 minutos, totalizando 40 minutos de processo de homogeneização. Os resultados de aderência obtidos estão representados na Tabela 5.

TABELA 5

Aderência – *sigma* processo normal + 10 minutos (40 minutos)

Corpo de prova	Limite de resistência (MPa)
1	0,699
2	0,710
3	0,713
4	0,697
5	0,597
6	0,643
7	0,700
8	0,689
9	0,699
10	0,722
11	0,591
12	0,711
13	0,724
14	0,725
15	0,724
Média	0,687 DP 0,04%

Fonte: Elaborada pelos autores.

A amostra 4 apresentou boa constância na característica de aderência do plastisol em termos de aproximação consistente entre os resultados, indicando que, além do misturador, o tempo maior de homogeneização fez com que ocorresse uma solvatação mais concisa. O tempo adicional não prejudicou a característica de aderência, o que prova que a homogeneização no processo *sigma* não é comprometida quando se adiciona mais tempo de homogeneização.

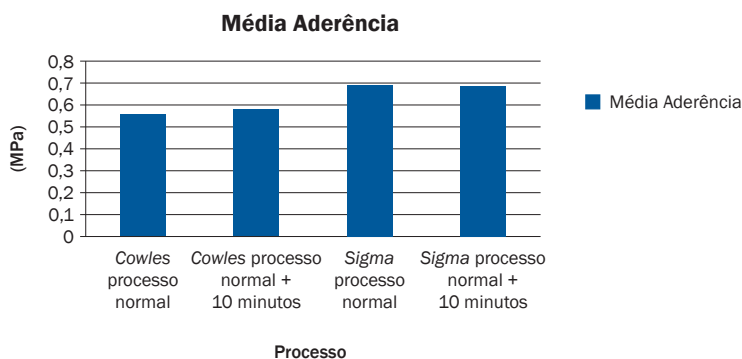
A tensão de cisalhamento no misturador tipo *sigma* é menor e, com isso, as matérias-primas não sofrem com o aquecimento durante a homogeneização de 10 minutos e o tempo adicional.

TABELA 6

Comparativo entre os processos de homogeneização nos misturadores *cowles* e *sigma*

	<i>Cowles</i> processo normal	<i>Cowles</i> processo normal + 10 minutos	<i>Sigma</i> processo normal	<i>Sigma</i> processo normal + 10 minutos
Média aderência (MPa)	0,559	0,580	0,692	0,687
DP médio (%)	0,13	0,14	0,04	0,04

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Gráfico 1** Comparativo entre os processos de homogeneização nos misturadores *cowles* e *sigma* na característica de aderência

Fonte: Elaborado pelos autores.

Comparando as quatro amostras, verifica-se que apenas três corpos de prova do processo no misturador *cowles* normal e quatro corpos de prova do processo no misturador *cowles* com acréscimo de 10 minutos apresentam resultados na característica de aderência acima de 0,700MPa, e os resultados obtidos apresentam variação entre si, devido à alta tensão de cisalhamento desempenhada por esse tipo de misturador, que libera calor em excesso, fazendo com que ocorra o envelhecimento acelerado das matérias-primas do plastisol e interferindo, assim, na característica de aderência. Enquanto o misturador tipo *sigma* com processo normal apresenta 8 corpos de prova e resultados de aderência maiores que 0,700MPa, o processo normal com acréscimo de mais 10 minutos de homogeneização também apresenta 8 corpos de prova e resultados superiores a 0,700MPa na aderência. Isso nos mostra que, nesse processo, é possível manter a consistência na aderência e que o tempo de homogeneização também não interfere na característica. Assim, há melhor solvatação das matérias-primas e aumento da eficiência de aderência do plastisol em determinado substrato.

4 CONCLUSÃO

Os dois tipos de misturadores utilizados neste estudo apresentam vantagens e desvantagens.

É impossível afirmar com certeza qual é o melhor misturador, pois, para tal afirmação e posterior decisão sobre qual misturador optar, é necessário conhecer as intenções e os objetivos destinados à aplicação do produto final.

O objetivo deste trabalho foi estudar qual o melhor tipo de homogeneizador para a produção do plastisol e avaliar a característica de aderência obtida com a utilização desses dois processos em determinado substrato. Portanto, o misturador que apresentou melhor eficácia para atender essa propriedade do material foi o tipo *sigma*, com processo de 30 e 40 minutos de homogeneização, mostrando que o tempo de homogeneização é um fator de melhoria para a solvatação das matérias-primas, atendendo, assim, com superioridade à característica de aderência em relação aos dois tipos de processos realizados no misturador *cowles*.

Enquanto o misturador tipo *cowles* apresentou variação nos resultados obtidos, ao indicar que, devido à alta-tensão de cisalhamento desempenhada por este tipo de misturador, há uma liberação de calor excessiva de calor, que provoca o envelhecimento acelerado das matérias-primas do plastisol e, dessa forma, interfere na característica de aderência.

O mais importante é conhecer bem os misturadores disponíveis no mercado e a característica do produto que se quer atingir para que a escolha atenda plenamente os objetivos da aplicação do plastisol.

COMPARATIVE STUDY BETWEEN COWLES AND SIGMA MIXERS AND ITS PROCEDURAL INFLUENCE ON ADHESION PROPERTY OF PLASTISOL

Abstract

The plastisol is a fluid paste composed by PVC resins (polyvinyl chloride), mineral fillers, plasticizers, stabilizers and depending of its final application, a pigment and some resins to provide adhesion. It can be produced by using two types of homogenizers: The sigma and the cowles. This research intend to study which homogenizer is the best one to the plastisol produce and to evaluate the adhesion characteristic obtained with those process. To get better the observation of the adhesion phenomenon, it

was prepared four samples at the laboratory in different procedural situations. It was prepared some test pieces for each process used, which were applied the lap shear test in a dynamometer getting that way the force data expressed in MPa (Mega Pascal), determining the improvements between those process studied.

Keywords: Plastisol. Adhesion. Sigma and cowles.

REFERÊNCIAS

ADAMI, V. S. *Estudo da variabilidade da viscosidade na produção de lotes de tintas – um projeto sigma*. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia)–Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

AEROSIL[®] 380. FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. 6 f. Evonik Degussa GmbH Inorganic Materials, Hanau, Alemanha.

AGITADOR. Disponível em: <<http://www.semprocessos.com.br/misturas/prodagitador.html>>. Acesso em: 12 dez. 2010.

APLICAÇÃO DO PLASTISOL. Disponível em: <<http://www.colauto.com.br/produtos/pecas.shtml#>>. Acesso em: 3 mar. 2011.

AZUL PROPAST (PASTA DE PIGMENTO AZUL). FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. 3 f. Pro Cor Industrialização de Pigmentos, Valinhos, SP.

CALCITA. FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. 4 f. Brasilminas Indústria e Comércio, Guarulhos, SP.

CAULINITA. FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. 6 f. Brasclay Empresa de Mineração, Tapirai, SP.

DALTIN, D. *Introdução à reologia*. Apostila do curso de Química – Parte integrante do curso de processos químicos, Faculdade de São Bernardo, São Paulo, 2010. p. 5.

DIISONONIL FTALATO. FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. 7 f. ExxonMobil Química, Ilha do Governador, RJ.

FORINI, S. H. *Estudo da dispersão e incorporação de argilas esmectíticas em plastisol*. 2008. 127 p. Tese (Doutorado em Engenharia)–Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

HANDBOOK OF ADHESIVE BONDING. Coautoria de Charles V. Cagle, Henry Lee, Kris Neville. New York, N.Y: McGraw-Hill, © 1973.

HISTÓRICO DO PLASTISOL. Disponível em: <<http://www.cbf-rotomoldagem.org/GENERALIDADES-DO-PROCESSO.php>>. Acesso em: 12 mar. 2011.

JOAQUIM JÚNIOR, C. F. et. al. *Agitação e mistura na indústria*. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 236 p.

NBR NM-ISO 7500-1:2004: Materiais metálicos – Calibração de máquinas de ensaio estático uniaxial – *Parte 1*: Máquinas de ensaio de tração/compressão – Calibração do sistema de medição da força.

NORMA ISO 4587: 2003: Adhesives – Determination of tensile lap-shear strength of rigid-to-rigid bonded assemblies.

OPERAÇÃO UNITÁRIA. Disponível em: <http://www.puc-campinas.edu.br/pub/professores/ceatec/jgjardine/OPERACAOUNITARIA_FARMACIA_2010.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2010.

ÓXIDO DE CÁLCIO. FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. 5 f. Cal Tiradentes, Santa Cruz de Minas, MG.

PLASTABIL AT-15. FISPQ (TRIS-NONILFENILFOSFITO) – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. Código Interno 1601. 8 f. Inbra Indústrias Químicas, Diadema, SP.

PLASTISOL. Disponível em: <http://www.chemionics.com/plastisol.html>>. Acesso em: 2 fev. 2011.

POLICLORETO DE VINILA. FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. 5 f. Vinnolit GmbH & Co. KG, Ismaning, Alemanha.

POLÍMEROS. São Carlos, v. 16. n. 2, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-14282006000200018&script=sci_arttext>. Acesso em: 10 jan. 2011.

RESINA EPÓXI BISFENOL A. FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. 7 f. America Sales Representantive Indústria e Comércio, Cotia, SP.

RESORCINA (INDSPEC). FISPQ – Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico. Código do Produto R0004. 5 f. Rudnick Comércio de Produtos Químicos, Cotia, SP.

RODOLFO JÚNIOR, A.; NUNES, L. R.; ORMANJI, W. *Tecnologia do PVC*. 2. ed. rev. ampl. São Paulo: Vicente Wissenbach, 2006. 448 p.

Contato

Artur Campillos Marfinati
arturmarfinati@gmail.com

Tramitação

Recebido em setembro de 2013
Aprovado em agosto de 2014