

## ESTUDO DO USO DE COPOLÍMEROS DE BLOCOS SIS E SBS E SUA RELAÇÃO COM A COMPOSIÇÃO E AS PROPRIEDADES ADESIVAS EM *HOT MELT* PSA

*STUDY OF THE USE OF SIS AND SBS BLOCK COPOLYMERS AND THEIR RELATION  
WITH THE COMPOSITION AND ADHESIVE PROPERTIES IN HOT MELT PSA*

DOI: [10.24933/e-usf.v8i1.381](https://doi.org/10.24933/e-usf.v8i1.381)

v.8 n.1 (2024)

OLIVEIRA, Jaqueline Santos de<sup>1</sup>; CORDEIRO, Mirele Dim da Silva<sup>1</sup>;  
FELIPPE, Monica Tais Siqueira D'Amelio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Graduada em Engenharia Química pela Universidade São Francisco. <sup>2</sup>Professora Doutora do  
Curso de Engenharia Química da Universidade São Francisco.

Universidade São Francisco

[mirele.cordeiro@mail.usf.edu.br](mailto:mirele.cordeiro@mail.usf.edu.br)

**RESUMO.** Atualmente diversas indústrias moveleiras utilizam adesivos a base d'água para colagem de seus substratos, porém estes adesivos apresentam grandes inconveniências tais como, secagem lenta, comercialização apenas por importação e/ou de distribuidoras nacionais, necessidade da utilização de máscaras com filtros para vapores orgânicos devido à fuligem que provém da aplicação do adesivo por *spray*, atraso da linha produtiva devido ao tempo de espera para secagem e embalagem. Devido a isto, exige uma grande necessidade no mercado atual de desenvolver um adesivo *hot melt* PSA - Adesivos Sensíveis à Pressão, para substituição dos adesivos atualmente utilizados base d'água. Uma alternativa são os adesivos à base de copolímeros de blocos (borrachas termoplásticas SIS e SBS) devido à boa sensibilidade ao toque e estabilidade após colagem que esses copolímeros proporcionam ao adesivo. Foram realizadas quatro formulações com quantidades diferentes das borrachas SIS e SBS e testes como viscosidade, ponto de amolecimento, análise de sensibilidade ao toque - *tack*, adesão e coesão ao substrato foram realizadas para verificar qual é a melhor composição das borrachas SIS e SBS na formulação. Os resultados mostraram que a melhor formulação do adesivo *hot melt* para a aplicação em questão foi a composta por 5% de borracha SIS e 13% de SBS porque apresentou melhor coesão no substrato, adesão e “*tackificação*” dentre as demais.

**Palavras-chave:** Adesão, Coesão, Copolímeros de blocos, Formulação, *Hot Melt*, SIS, SBS.

**ABSTRACT.** Currently, several furniture industries use water-based adhesives to bond their substrates, however these adhesives present major inconveniences such as slow drying, sales only through import and/or national distributors, need to use masks with filters for organic vapors due to the soot that comes from the application of the adhesive by spray, delay in the production line due to the waiting time for drying and packaging. Due to this, there is a great need in the current market to develop a PSA hot melt adhesive - Pressure Sensitive Adhesives, to replace the currently used water-based adhesives. An alternative is adhesives based on block copolymers (SIS and SBS thermoplastic rubbers) due to the good sensitivity to touch and stability after gluing that these copolymers provide to the adhesive. Four formulations were made with different amounts of SIS and SBS rubbers and tests such as viscosity, softening point, touch sensitivity analysis - *tack*, adhesion and cohesion to the substrate were carried out to verify which is the best composition of SIS and SBS rubbers in the formulation. The results showed that the best hot melt adhesive formulation for the application in question was the one

composed of 5% SIS rubber and 13% SBS because it presented the best cohesion on the substrate, adhesion and “tackification” among the others.

**Keywords:** Adhesion, Cohesion, Block copolymers, Formulation, *Hot Melt*, SIS, SBS.

## INTRODUÇÃO

Os adesivos são amplamente utilizados desde a indústria automotiva até a indústria de alimentos e possuem diferentes bases e composições que proporcionam diversas características de acordo com as necessidades do mercado. Pode-se encontrar os adesivos em colagens de rótulos de garrafas PET (polietileno tereftalato), indústria têxtil para colagens de etiquetas de Identificação por Radiofrequência, RFID (do inglês *Radio Frequency Identification*), fabricação de BIG BAG's; indústria automobilística em placas para cabeamento de fios em teto de carros; colagens de pré-moldados nas portas; indústria gráfica para colagens de capas e laterais de livros; em área hospitalar para fitas esparadrapos e pulseiras de identificação; fabricação de produtos higiênicos tais como, absorventes, fraldas, papel higiênico (início do rolo - tubete), fechamento de caixas de papelão, entre outras diversas aplicações.

Este estudo foi direcionado no ramo da indústria moveleira, especificamente na fabricação, colagem e montagem de colchões, móveis e estofados. A maioria dos adesivos utilizados primordialmente são à base d'água que apresenta diversas inconveniências tais como, secagem lenta, comercialização apenas por importação e/ou de distribuidoras nacionais, precisa utilizar máscaras com filtros para vapores orgânicos devido à fuligem que provém da aplicação do adesivo por *spray*, atraso da linha produtiva devido ao tempo de espera para secagem e embalagem. Entretanto, apresenta excelente adesividade e estabilidade após colado.

Esses problemas trazem a necessidade de desenvolver um adesivo *hot melt* de custo acessível e com boa performance para substituir a aplicação de adesivos à base d'água na aplicação na indústria moveleira na colagem de colchões, móveis e estofados que envolvem a junção de diversos substratos tais como, espumas (diversas espessuras e porosidades), molas *pocket* ensacadas em tecido TNT. É de suma importância que o adesivo desenvolvido para uso neste ramo tenha um excelente *tack* (adesividade), para ter aderência nos diversos substratos e possuir uma grande força coesiva, para dificultar que a força contrária afete a adesividade e cause a abertura (rompimento) da colagem por falta de coesão. O adesivo precisa conter em suas características físico-químicas uma boa resistência ao calor e um tempo em aberto médio para curto, onde permita que a adesividade seja rápida ao ser colado para que a produção em fábrica seja constante e efetiva. Devido ao transporte e utilização no cliente final, o adesivo precisa resistir a intempéries do ambiente sem ocasionar o deslocamento mantendo sua estabilidade junto com os demais materiais presentes no produto.

As borrachas termoplásticas SIS (estireno-isopreno-estireno) e SBS (estireno-butadieno-estireno) são de suma importância para os adesivos *hot melt* PSA, visto que, são elas que fornecem sustentação ao adesivo. Se apenas a borracha SIS for usada no processo, obtém-se um adesivo relativamente mole, devido às suas propriedades e não haverá coesão suficiente para determinadas aplicações. Se apenas a borracha SBS for utilizada dificulta o processo de fabricação pois sua solubilidade ao meio tende a apresentar certas dificuldades por ser de alta dureza, o que a torna não propícia para fornecer *tack* (adesividade) ao material e sim fornecer resistência, coesão e dureza.

Este trabalho apresenta um estudo realizado para determinar qual o melhor range em porcentagem (%) de borrachas SIS e SBS é o mais adequado para as propriedades necessárias ao adesivo *hot melt*, visto que ambas possuem suas características e propriedades distintas. O adesivo não pode ser muito mole pois possui grandes chances de deixar resíduos provenientes

do adesivo no substrato onde foi colado e não pode ser muito duro e sem *tack*, pois não terá uma boa colagem e performance do material.

Assim, este trabalho visa estudar o uso de copolímeros de blocos SIS e SBS e sua relação com a composição e as propriedades adesivas em *hot melt* PSA, através da preparação de diferentes experimentos (formulações).

No mercado brasileiro, para aquisição, têm-se diversas opções e categorias de borrachas, sejam elas as principais que serão utilizadas neste estudo SIS e SBS (Kraton™ D Products, 2023). Onde o que muda em seus princípios geralmente são as propriedades tais como: percentual de estireno, dureza e viscosidade, ou seja, pode-se ter uma borracha SIS com grande porcentagem de estireno, viscosa e com elevada dureza, o que também vale para as borrachas SBS. Utilizaremos a borracha SIS para proporcionar aderência e elasticidade e a borracha SBS para proporcionar força coesiva, resistência e dureza ao produto. Serão realizados quatro experimentos (formulações) em laboratório trocando apenas as proporções das borrachas entre si visando obter o melhor adesivo com as características de: aderência, elasticidade, coesão, dureza e resistência à tração para a aplicação de colchões.

### *Os adesivos*

No ano de 2007, a principal aplicação dos adesivos PSA (Pressure Sensitive Adhesives), adesivos sensíveis à pressão que apresentam pegajosidade “colante” em temperatura ambiente, era para a fabricação de *tapes* (fitas adesivas para uso em geral, tais como esparadrapo), fitas e etiquetas autoadesivas para utilização em aplicações eletrônicas, domésticas, médicas e industriais em geral (PHILLIPS et al., 2007). Os adesivos em questão também têm sido amplamente utilizados na indústria de produtos higiênicos e descartáveis, tais como fraldas e absorventes (BOSTIK, 2023). Entretanto, a tecnologia de formulação de adesivos PSA ainda apresenta um caráter predominantemente empírico (DERAIL e MARIN, 2006), devido à sua grande dificuldade em direcionar o comportamento em relação a suas propriedades adesivas de coesão com suas composições. Os adesivos *hot melt* da classe PSA, também são empregados e conhecidos popularmente como adesivos de *tack* permanente, estes quais são adesivos sensíveis ao toque, procedendo assim como característica, a adesividade.

A trajetória dos adesivos sensíveis à pressão (PSA) é consideravelmente nova, quando comparada à trajetória de adesivos de forma geral, em outras composições. Antigamente já fabricavam adesivos, os quais eram compostos por proteína animal, sementes (farinhas) e resinas naturais, porém não podem ser classificados como PSA, visto que, não apresentavam pegajosidade superficial permanente.

Os adesivos primários da categoria PSA foram inicialmente fabricados com misturas de borrachas naturais, resinas taquificantes, ou seja, resinas que promovem a aderência, e os adesivos base solventes. A borracha natural ainda é comumente utilizada em algumas formulações para obtenção de adesivos PSA, principalmente devido ao seu baixo custo e à alta força coesiva, porém estes adesivos tendem a desenvolverem uma coloração amarelada e reticulação de suas cadeias, aumentando assim a sua massa molar com o passar do tempo (WILLIAMS, 2000).

Segundo apresentado pela PSTC (Pressure Sensitive Tape Council – Conselho de Fita Sensível à Pressão), um adesivo PSA deve ser um adesivo em que na sua forma seca (sem estar em meio solvente ou aquoso) é bastante pegajoso em temperatura ambiente e possui aderência firme em superfícies variadas após um breve contato, sem a necessidade de utilizar uma grande força (pressão), similar à pressão manual, com os dedos ou as mãos. Os adesivos PSA não necessitam de uma ativação seja ela por água, calor ou solvente, pois têm força coesiva

suficiente e natureza elástica que permitem o manuseio e serem removidos de superfícies lisas sem deixar resíduos de colagem (PSTC, 2007).

### *Copolímeros de Blocos*

Polímeros são substâncias de alta massa molecular constituídas de unidades contínuas repetitivas (substâncias com moléculas de cadeia curta). A palavra polímero é de origem grega, onde poli = muitos e meros = partes. Suas propriedades são definidas por seu tamanho, sua forma tridimensional e algumas vezes, à sua assimetria (CALLISTER, W. D., 2002)

Os polímeros que possuem apenas uma unidade monomérica são chamados de homopolímeros (por exemplo, o PEG - Polietilenoglicol), enquanto os que contêm duas ou mais unidades monoméricas diferentes são conhecidos como copolímeros. De acordo com a disposição de seus monômeros, os copolímeros podem ser divididos em quatro classes: em bloco, alternado, estatístico e enxertado (YOKOYAMA, 1992).

O polímero base é responsável por definir as propriedades mecânicas do adesivo. Neste trabalho, foi utilizado os SBCs (*Styrenic Block Copolymer* – copolímeros em blocos de estireno), que devido a uma morfologia de duas fases, com blocos terminais de poliestireno e um bloco central elastomérico, à temperatura ambiente o bloco de poliestireno atua como uma espécie de reticulador físico, mantendo o elastômero em uma rede tridimensional, conferindo alta força coesiva e elasticidade (GALAN et al., 1996).

Entre os SBCs utilizados, os principais são copolímero de estireno-butadieno-estireno (SBS) e estireno-isopreno-estireno (SIS). Que também são borrachas termoplásticas, ou seja, é um material que possui características tanto de borracha, quanto de plástico, que quando expostas a uma alta temperatura e pressão, amolecem e fluem e quando estão em condições ambiente, se solidificam (GALAN et al., 1996).

É uma borracha sintética, pois é obtida do polímero SBS. As borrachas sintéticas possuem uma ampla variedade de propriedades físicas e químicas e cada tipo de borracha sintética pode apresentar características específicas, dependendo de seu processo de fabricação, composição e finalidade. No entanto, de forma geral, as borrachas sintéticas compartilham algumas propriedades comuns, sendo elas: Elasticidade, Resistência à Abrasão, Flexibilidade, Impermeabilidade, Facilidade de Adesão, Resistência à Chamas. Com mais de 50 mil aplicações conhecidas, a borracha sintética desempenha um papel indispensável na fabricação de diversos produtos essenciais (POCHTECA, 2023).

As resinas taquificantes são utilizadas nestes adesivos, a fim de proporcionar *tack* e adesão. A escolha destas resinas, são essenciais no prosseguimento de formulações de *hot melt* PSA, justamente nos SBC (*Styrenic Block Copolymer* – copolímeros em blocos de estireno). Estas resinas, podem provir de duas origens, podendo ser derivada da colofônia ou derivadas do petróleo (KEMPARTS, 2023).

### Composição dos adesivos hot melt PSA

O Quadro 01 apresenta as principais matérias-primas do adesivo *hot melt* e as propriedades que o proporcionam.

**Quadro 01** - Composição dos adesivos *hot melt* "PSA".

MATÉRIAS-PRIMAS	DESCRIÇÃO
<b>Borrachas Termoplásticas SIS</b>	Proporciona aderência e elasticidade ao produto.
<b>Borrachas Termoplásticas SBS</b>	Proporciona força coesiva, resistência e dureza ao produto.
<b>Óleo Mineral Parafínico</b>	Utilizado como plastificante de borrachas, redutor de viscosidade e retardante de cristalização das resinas presentes nos adesivos após a fabricação.
<b>Resinas Naturais - Éster de Glicerol</b>	Promotor de aderência.
<b>Resinas Sintéticas</b>	Promotor de aderência e estabilizante térmico.
<b>Hidrogenadas C5</b>	
<b>Antioxidantes</b>	Prolonga o tempo de vida do adesivo, retardando a degradação e o envelhecimento.

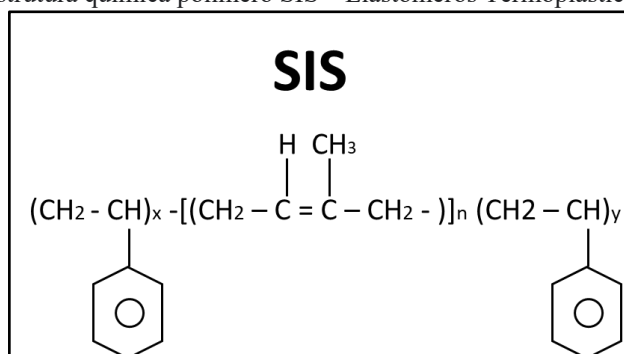
Fonte: Próprio autor, 2023

As borrachas SIS são compostos por estireno – isopreno – estireno (Figura 01) e possuem uma cadeia razoavelmente mais fácil de ser quebrada em relação aos copolímeros de SBS's, logo são fáceis de processar e combinam com inúmeras formulações de produtos. Proporcionam aderência e elasticidade ao produto final e, por isso, é muito utilizada na fabricação de adesivos *hot melt*, pois proporcionam grande flexibilidade e *tack* nas aplicações. O Quadro 02 apresenta as principais características da borracha SIS.

**Quadro 02** - Características do produto – SIS (estireno - isopreno - estireno).

PARÂMETROS	RESULTADOS ESPERADOS
<b>Teor de Poliestireno:</b>	25.2 – 37,4 %m - Método KM 03
<b>Fluxo de Fusão, 200C/5000 g:</b>	27.5 g/10 min – Método ASTM D 1238
<b>Viscosidade em solução:</b>	470 TO 890 cP– Método BAM 922, medido em solução a 25% em massa em tolueno a 25°C usando um viscosímetro Brookfield, modelo LTF ou LTV

Fonte: Ficha Técnica (TDS), 2023.

**Figura 01** - Estrutura química polímero SIS – Elastômeros Termoplásticos Poliestirenos


Fonte: CAETANO, Mario. Elastômeros Termoplásticos, 2020.

SBS é uma borracha composta por estireno – butadieno – estireno. Apresentam uma cadeia (Figura 02) mais difícil de ser quebrada, o que proporciona uma alta força coesiva, elevada resistência e dureza. Por possuir estas características, é muito utilizado em asfaltos, fabricação de calçados e adesivos (para proporcionar um aumento da dureza do material (coesão)). O Quadro 03 apresenta as principais características da borracha SBS:

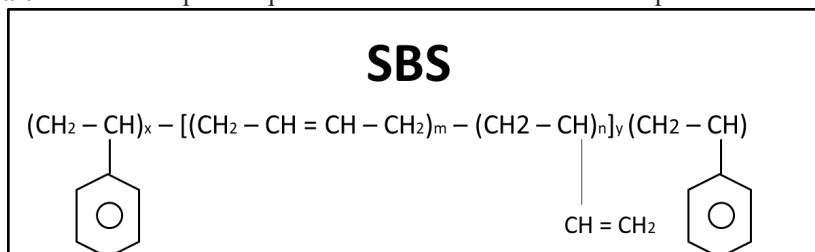
**Quadro 03** - Características do produto – SBS (estireno - butadieno - estireno).

PARÂMETROS	RESULTADOS ESPERADOS
<b>Teor de Poliestireno:</b>	39.2 – 45.7 %m - Método KM 03
<b>Fluxo de Fusão, 200C/5000 g:</b>	2.5 TO 10.4 g/10 min – Método ISO 1133
<b>Viscosidade em solução:</b>	3.0 Pa.s (1.000 cP) – Método BMS 0380, Medido em solução a 25% em massa em tolueno a 25°C usando um viscosímetro Brookfield, modelo LTF ou LTV



Fonte: Ficha Técnica (TDS), 2023.

Figura 02 - Estrutura química polímero SBS – Elastômeros Termoplásticos Poliestirenos



Fonte: CAETANO, Mario. Elastômeros Termoplásticos, 2020.

O óleo mineral parafínico é um óleo mineral puro de base parafínica de primeiro refino. Plastificante de borrachas puras ou estendidas, plastificantes de resinas e plásticos, amaciante de couro e produto para amaciamento de fibras que para aplicações de adesivos tem como funcionalidade reduzir a viscosidade quando adicionado à formulação, evitando a cristalização das resinas presentes nos adesivos após a fabricação. Dentro das formulações dos adesivos, ele age como plastificante e promotor de adesão juntamente com as borrachas, facilitando assim o rompimento das ligações presentes nas cadeias moleculares dos copolímeros de blocos. O termo parafínico refere-se à composição química deste tipo de óleo, que contém hidrocarbonetos parafínicos, que são cadeias de átomos de carbono ligados a átomos de hidrogênio, cadeias que podem ser lineares ou ramificadas. Devido a esta estrutura, esses óleos têm como características baixa reatividade química, alta estabilidade térmica, boa capacidade de isolamento elétrico, além das parafinas não oxidarem em temperaturas ambientes ou relativamente elevadas.

A resina natural é uma substância produzida por plantas, como parte de suas defesas naturais, podendo ser encontradas em cascas de árvores, sementes ou tecidos vegetais. Especificamente, o éster de glicerol (é um éster de glicerina e colofônia estabilizado de forma a garantir uma boa estabilidade térmica e uma boa resistência à oxidação) é uma resina termoplástica, derivada da síntese de ácidos resínicos da colofônia, conhecida como resina de breu, que sozinho gera um adesivo de baixa qualidade, por causar a oxidação dos materiais, devido a isso, o breu é modificado com álcoois polifuncionais, especificamente, o de glicerol. Após a modificação, apresenta forma sólida e cor clara, possui baixa oxidação e acidez, é muito usado em ceras depilatórias, produção de vernizes e adesivos *hot melt*.

A resina sintética hidrogenada C5 é derivada do petróleo e é oriunda da polimerização de leves frações de petróleo. São resinas termoplásticas de cor branca obtidas através da polimerização e hidrogenação de ingredientes cíclicos, monômeros e derivados. Esta classe de resinas é usada principalmente em adesivos *hot melt*, adesivos sensíveis à pressão à base de borrachas devido a possuir cor clara, boa estabilidade térmica e compatibilidade com os demais componentes utilizados na fabricação.

O antioxidante é um pó branco e cristalino que tem por finalidade prolongar o tempo de vida do adesivo, visto que possui um desempenho excepcional no retardamento da degradação e antienvelhecimento, além de ajudar na proteção térmica, evitando assim, a alteração da coloração a altas temperaturas dos adesivos no meio de aplicação.

### Normativas

Para o processo de fabricação dos adesivos *hot melt*, atualmente não existem normas nacionais ou internacionais que regem a fabricação, especificação dos materiais e composição

do produto. As normas utilizadas ao longo do processo são somente as normas de análises e qualidade do produto que estão apresentadas no Quadro 04 listadas a seguir:

**Quadro 04 - Normas**

NORMAS	DESCRIÇÃO
ABNT NBR 9393:2021	ADESIVOS DE FUSÃO – DETERMINAÇÃO DA VISCOSIDADE – MÉTODO DO VISCOSÍMETRO BROOKFIELD
ABNT NBR 9424:2020	ADESIVOS DE FUSÃO – DETERMINAÇÃO DO PONTO DE AMOLECIMENTO – MÉTODO DO ANEL E DA ESFERA
ABNT NBR ISO 9001:2015	SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE - REQUISITOS

**Fonte:** Próprio autor, 2023

A norma ABNT NBR 9393:2021, é aplicável apenas aos viscosímetros do tipo Brookfield. O ensaio consiste juntamente com o Thermosel também do tipo Brookfield. Este método consiste em determinar qual a viscosidade do adesivo através da medição realizada pelo sensor de cisalhamento.

A norma ABNT NBR 9424:2020, permite a determinação do ponto de amolecimento através do método do anel e da esfera. Este método consiste em determinar qual a temperatura do ponto de amolecimento do material, sem que ocorra a interatividade com o reagente utilizado, neste caso, a glicerina bidestilada, pois tem estabilidade térmica à elevada temperatura de fusão do adesivo.

A norma ABNT NBR ISO 9001: 2015 não é obrigatória, mas permite abertura de vendas no mercado e um selo de certificação que remete à confiança do produto na indústria que o fabricou.

Os adesivos possuem venda direta ao uso industrial, abrangendo diversos ramos e cabe a cada empresa verificar a normativa de substratos de acordo com as legislações nacionais ou internacionais de contato com o produto fabricado pela empresa compradora (contato primário e/ou secundário com o produto).

Este trabalho tem como objetivo estudar o uso de copolímeros de blocos SIS e SBS e sua relação com a composição e as propriedades adesivas em *hot melt* PSA, através da preparação de diferentes formulações (testes) em laboratório de pesquisa e desenvolvimento.

## METODOLOGIA

Para realizar o estudo do uso das borrachas foram realizadas em laboratório quatro formulações (misturas), com porcentagens distintas listadas conforme Quadro 05, observa-se que as porcentagens foram alteradas apenas nas borrachas, as demais porcentagens das formulações são distribuídas conforme as matérias-primas listadas no quadro 01 e foram mantidas igualmente.



**Quadro 05 - Porcentagens estudadas**

Material	Formulação 01	Formulação 02	Formulação 03	Formulação 04
	%	%	%	%
SIS	5	13	18	0
SBS	13	5	0	18

Fonte: Próprio autor, 2023

Para a fabricação de 400 g de cada formulação descrita no quadro 05, foi utilizado aquecimento constante de aproximadamente 150°C juntamente com agitação mecânica com hélice em um recipiente de alumínio (tacho), adicionou-se primeiramente o óleo mineral com as borrachas e após a completa dissolução de ambos, completou-se a mistura com as demais resinas e por último o antioxidante.

Todas as misturas foram analisadas por meio da viscosidade e ponto de amolecimento de acordo com as normativas aplicadas a cada ensaio.

O ensaio de viscosidade consiste juntamente com um viscosímetro e um Thermosel do tipo Brookfield onde é determinado a temperatura de aquecimento de referência para análise no Thermosel e após a estabilização da temperatura é inserido na câmara de amostra do container aproximadamente 11g do adesivo para medição com o fuso correspondente (spindle 27). Após a fusão completa do adesivo e a temperatura estabilizada é feita a junção dos dois aparelhos através de uma haste entre o Thermosel e o Viscosímetro, este qual já está com a rotação definida para a análise (20 rpm). A medição final é feita após a estabilização do resultado no visor analógico do viscosímetro (aproximadamente de 15 a 20 minutos após início da medição). A Figura 03 detalha a análise.

As especificações para as análises de viscosidade para os adesivos desenvolvidos foram definidas em (spindle 27 / 20 rotações por minuto (rpm) / 150°C), pois foram os parâmetros que melhores se encaixam com as amostras desenvolvidas e ambas as amostras foram realizadas com os mesmos parâmetros de medição, visto que qualquer alteração nos parâmetros alteraria a análise final entre as amostras.

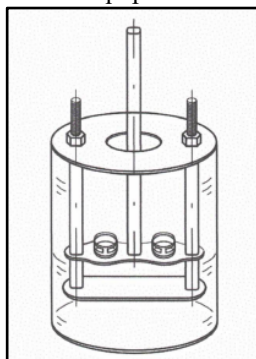
**Figura 03 - Análise de Viscosidade - Método ABNT NBR 9393:2015**



Fonte: Próprio autor, 2023

Para análise do ponto de amolecimento o adesivo é colocado em um molde em formato de anel, onde é mantido envolto sobre o guia de centralização da esfera e é inserida a esfera de aço em cima. Este conjunto é alocado ao suporte para o ponto de amolecimento que posteriormente é inserido dentro do béquer com a glicerina bidestilada e aquecido em placa de aquecimento com agitação contínua, fazendo com que a amostra dentro do anel amoleça e ceda ao peso da esfera, a qual se desloca para a base inferior, é neste momento que a temperatura é medida com um termômetro e anotada manualmente conforme ilustra a Figura 04.

Figura 04 - Equipamento Manual



Fonte: ABNT NBR 9424:2020

Ao longo do estudo foram realizadas outras análises sensoriais que consistem em:

- **Análise de sensibilidade ao toque “tack”**

Com as mãos sem muita pressão ou força é realizado o toque no corpo de amostra PSA, este o qual serve para identificar a sua fixação – pegajosidade ao leve toque.

- **Análise de adesão na colagem**

Consiste em verificar se há atração física ou a união das duas substâncias a serem coladas. A adesão descreve a intensidade da fixação de uma superfície.

A fim, de analisar a adesão na colagem, foi feita, com o auxílio de uma pistola de cola quente de uso industrial, uma aplicação de cada uma das quatro formulações, numa placa de vidro, como pode ser observado na Figura 05 e, em seguida, nesta mesma placa, foi colado um

pedaço de espuma e aplicado mais uma camada de cola, assim como mais uma camada de espuma, conforme a Figura 06, representadas abaixo:

**Figura 05** - Adesivo sendo aplicado na placa de vidro



Fonte: Próprio autor, 2023.

**Figura 06** - Adesivo sendo aplicado em cima da espuma já colada na placa



Fonte: Próprio autor, 2023.

- *Análise de coesão na colagem*

Consiste na realização da colagem com o substrato a ser aderido, colocando um peso em uma de suas extremidades e realizando a avaliação ao longo dos dias para verificar se o material resiste à força peso externa, avaliando assim qual amostra é mais resistente e coesa. Coesão é a força interna do adesivo que deve suportar forças externas sem romper/quebrar.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Transcorreram-se o desenvolvimento e a fabricação de quatro amostras, onde apenas a proporção de copolímeros de blocos (borrachas termoplásticas) fora modificada, mas sempre mantendo o padrão de 18% de material por formulação. Após, com o auxílio do viscosímetro foi medida a viscosidade e ponto de amolecimento com o equipamento manual de cada uma das amostras, conforme pode-se verificar os resultados expostos na Tabela 01:

**Tabela 01** - Viscosidade e ponto de amolecimento das amostras desenvolvidas

Amostra	% SIS	% SBS	Viscosidade (cP) (27/ 20 rpm/ 150°C)	Ponto de Amolecimento (°C)
01	5	13	2.312	63
02	13	5	1.750	63
03	18	0	2.500	63
04	0	18	2.625	63

Fonte: Próprio autor, 2023

Como é possível observar, na Tabela 01, cada uma das quatro amostras, apresentam viscosidades diferentes, isto acontece pelo fato de que cada borracha em determinada proporção traz uma característica diferente para a mistura (formulação). Já o ponto de amolecimento foi igual para todas as amostras, devido ao fato das quatro apresentarem o mesmo percentual de borracha, esses resultados e variações já eram esperados visto que foram utilizados copolímeros com cadeias moleculares diferentes.

Após o resfriamento dos adesivos fabricados, realizou-se uma análise de sensibilidade ao toque, denominada de *tack*, a fim de se encontrar a melhor formulação, os resultados obtidos estão representados no Quadro 06.

**Quadro 06** - Análise de Sensibilidade em cada formulação

Formulações	Análise de Sensibilidade <i>tack</i>
01, 02 e 03	Excelente <i>tack</i> ao pressionar levemente a amostra com os dedos
04	Baixo <i>tack</i> ao pressionar levemente a amostra com os dedos

Fonte: Próprio autor, 2023

Como foi possível observar, as formulações 1, 2 e 3 obtiveram um excelente *tack*, isto se deve ao fato de que em suas composições há a presença da borracha SIS, que tem como

principal característica proporcionar grande flexibilidade e “taquificação” nas aplicações. Enquanto, a formulação 4, foi composta apenas por borracha SBS e teve um baixo *tack*, pois esta borracha não possui essa característica como sendo principal, diferente do que se pode observar quando há presença da borracha SIS na formulação.

Na análise da adesão, foi constatado que todas as quatro amostras obtiveram adesão no substrato, ou seja, nas quatro formulações houve adesão tanto na espuma, quanto no vidro.

Posteriormente, a fim de analisar a coesão, foi colocado um peso padrão de 37g nas extremidades de cada amostra, como apresentado na Figura 07, que representa as amostras em seu primeiro dia de colagem. Foi realizado um monitoramento de trinta dias, onde a cada sete dias foi medido o quanto, em centímetros (cm), as amostras se deslocavam entre a espuma e a cola.

**Figura 07** - Teste de coesão das amostras no 1º dia, sem deslocamento.

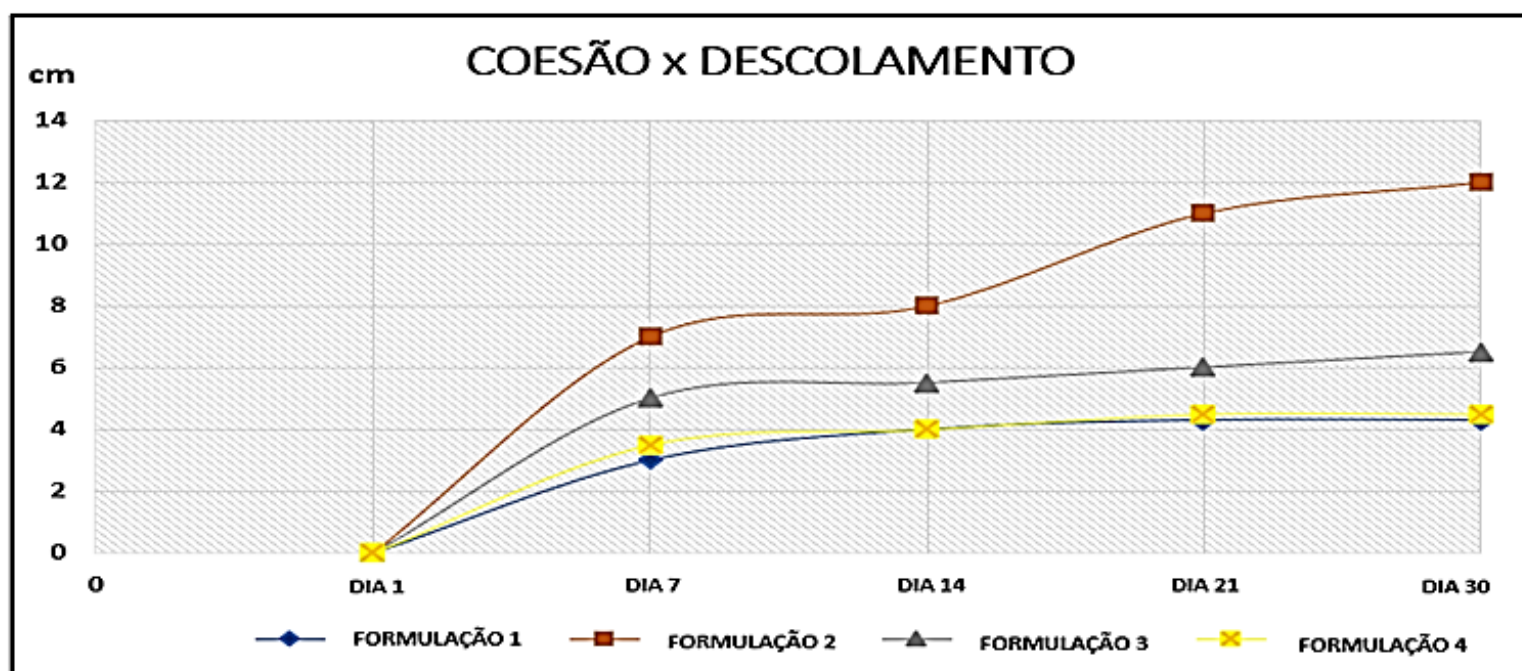


**Fonte:** Próprio autor, 202

Com o passar dos trinta dias, obtiveram-se os seguintes resultados de coesão através do deslocamento que estão representados no Gráfico 01:

**Gráfico 01** - Análise da coesão na colagem





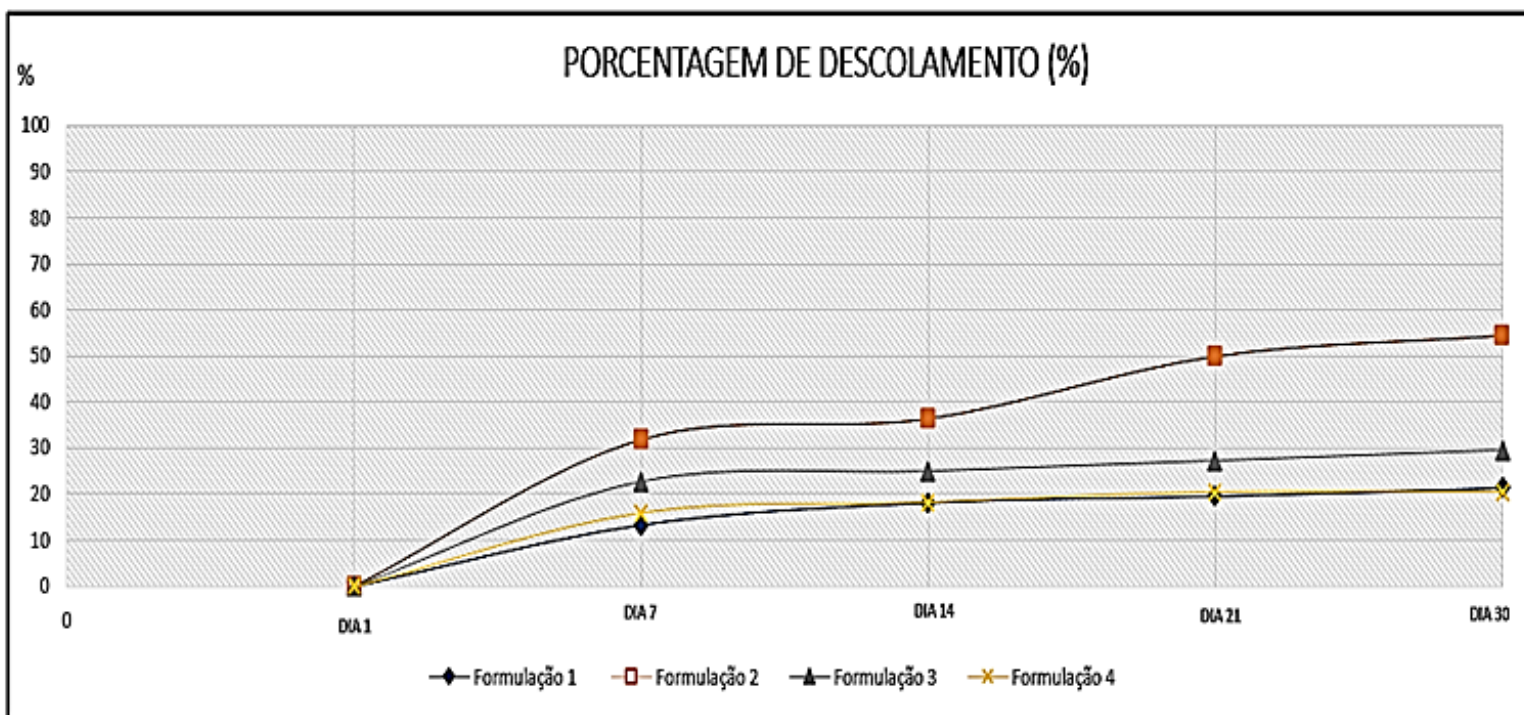
Fonte: Próprio autor, 2023

Conforme é possível observar, no primeiro dia, todas as amostras obtiveram aderência e não houve deslocamento. No sétimo dia, já foi possível observar que todas as amostras se deslocaram, e a formulação 2 foi a que mais se deslocou. No décimo quarto e vigésimo primeiro dia foram feitas novas análises, onde constatou-se que novamente ocorreram novos deslocamentos, nenhum em proporções iguais, e novamente a formulação 2 foi a que mais se deslocou dentre as demais, fato que já era esperado, visto que possuía apenas 5% de borracha SBS e não foi suficiente para que houvesse uma boa adesão. Após os trinta dias, pode-se constatar que as amostras que obtiveram maior coesão foram as amostras 1 e 4, devido à elevada presença de borracha SBS em sua composição (13% e 18%, respectivamente). Já a amostra 2 e 3, foram as que apresentaram resultados de descolamento maior, por possuírem em sua formulação, uma porcentagem pequena ou nula da borracha SBS em sua composição (5% e 0%, respectivamente).

Também, foi feito um gráfico com a porcentagem de deslocamento de cada uma das formulações desde o primeiro dia, até o trigésimo dia, com medições realizadas no sétimo, décimo quarto e vigésimo primeiro dia, conforme pode-se ver no Gráfico 02.

Gráfico 02 - Porcentagem de deslocamento com o passar dos dias





Fonte: Próprio autor, 2023

Neste gráfico é possível ver com clareza qual é a melhor formulação, através das porcentagens de deslocamento na espuma, ao decorrer dos trinta dias. A primeira formulação, obteve um deslocamento de 21,36%, a segunda 54,54%, (sendo a formulação com maior percentual de deslocamento), enquanto a terceira teve um deslocamento de 29,54% e a quarta deslocou-se apenas 20,45%, ficando muito próxima da formulação 1.

Apesar de apresentarem a mesma porcentagem de borracha entre si (18%), a formulação 1 é composta por 5% SIS e 13% SBS, enquanto a 2, traz em sua formulação 13% SIS e 5% SBS. E é justamente esta diferença de porcentagem de borracha presente em ambas que faz uma a ser melhor e a outra inferior, uma vez que ambas apresentaram excelente taquificação, devido à presença da borracha SIS em suas formulações. Esta última é responsável por dar *tack* ao adesivo.

Já, no quesito adesão na colagem, ambas se saíram bem, visto que colaram o substrato. Porém, quando analisada a coesão, a formulação 2, foi insuficiente, pois apresentou o maior deslocamento dentre as quatro. Mesmo obtendo boa “taquificação” e adesão, com o passar do tempo esta formulação iria causar muitos problemas para a finalidade de utilização, pois a mesma se romperia facilmente quando fosse aplicada uma força externa sobre ela. Fato, que não aconteceria com a formulação 1 que também possui boa “taquificação”, excelente adesão no substrato, além de resultados satisfatórios quando foi aplicada uma força coesiva sobre a mesma, pois seus 13% de borracha SBS é excelente e sua cadeia é mais difícil de ser quebrada, fator que proporciona uma alta força coesiva, elevada resistência e dureza, logo esta não ocasionará problema quando for comercializada, pois mesmo que seja aplicada uma força externa proporcional a aplicação sobre ela, a mesma não virá a romper tão facilmente, quando comparada à formulação 2. Vale ressaltar que a formulação 4 não foi escolhida como sendo uma das melhores, pois foi insuficiente no teste de “tackificação”, ela possui aderência ao substrato, mas não possui sensibilidade ao toque – *tack*.

Com todas as análises realizadas, foi possível concluir que a melhor e mais propícia formulação para a fabricação de adesivos *hot melt* PSA para aplicação nos substratos de espumas de colchão, é a formulação 1, que é composta por 5% de borracha SIS e 13% de SBS, devido essas porcentagens de borrachas, proporcionam alta adesividade, excelente “tackificação” e coesão.

## CONCLUSÃO

Este trabalho objetivou determinar e encontrar uma formulação para colagem de substratos na indústria moveleira para a substituição de adesivos a base d’água.

O estudo mostrou que as características de cada um dos copolímeros de blocos (SIS e SBS) e as porcentagens aplicadas proporcionam diferentes características aos adesivos. Quanto maior o percentual de borracha SIS maior o descolamento e o *tack*, e quanto maior o percentual de borracha SBS melhor a coesão, porém quando somente a SBS foi utilizada na composição do adesivo, este apresentou baixa “tackificação”. Quando há mais SIS em relação à SBS o adesivo fica mais flexível e com maior “tack” e com baixa coesão (rompimento fácil). E quando há mais SBS em relação à SIS, o adesivo fica com maior dureza e coesão e ainda sim mantém o “tack” mesmo utilizando a borracha SIS em menor proporção.

Concluiu-se que não é possível desenvolver um adesivo somente com a borracha SIS porque ela não fornece coesão necessária para certas aplicações ou somente com a borracha SBS porque ela não apresenta a característica de “tackificação”. Devido a isso, ajustar a proporção entre elas é importante.

Após todos os dados analisados, conclui-se que a formulação 1, com 5% da borracha SIS e 13% da borracha SBS por apresentar pouco descolamento, excelente “tackificação” e aderência ao substrato foi considerada a melhor composição para a troca concreta de adesivos a base d’água por adesivos *hot melt* na indústria moveleira por apresentar maior rapidez de colagem, excelente estabilidade térmica e agilidade no manuseio.

## REFERÊNCIAS

BORRACHA SINTÉTICA: **PROCESSO DE FABRICAÇÃO E APLICAÇÕES VERSÁTEIS**. Pochteca Coremal, 2023. Disponível em: <https://brasil.pochteca.net>. Acesso em: 27 de agosto de 2023.

PHILLIPS, J.P.; DENG, X.; STEPHEN, R.R.; FORTENBERRY, E.L.; TODD, M.L.; McCLUSKY, D.M.; STEVENSON, S.; MISRA, R.; MORGAN, S.; LONG, T.E. Nano- and bulk-tack adhesive properties of stimuli-responsive, fullerene- polymer blends, containing polystyrene-block-polybutadiene-block- polystyrene and polystyrene-block-polyisoprene-block-polystyrene rubber- based adhesives. *Polymer*, v.48, p. 6773-6781, 2007

QUINN, T.H. **Low odor, light color, disposable article construction adhesive**. Patente americana, nº 6,846,876 B1, 25 de janeiro de 2005

MARIN, G., DERAİL, C., **Rheology and adherence of pressure sensitive adhesives**, *The Journal of Adhesion*, 82, 469-485, 2006

WILLIAMS, N. L. **Elastic Analysis of the loop tack test for pressure sensitive adhesives.** Dissertação de mestrado, Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, EUA, 2000.

GALAN, C.; SIERRA, C.A., FATOU, J.M.G, DELGADO, J.A., **A Hot-Melt Pressure-Sensitive Adhesive Base on Styrene-Butadiene-Styrene Rubber.** The Effect of Adhesive Composition on the Properties, Journal of Applied Polymer Science, v. 62, p. 1268-1275, 1996.

I. Antonello. **DETERMINAÇÃO DE ASCAREL EM ÓLEO MINERAL ISOLANTE DE TRANSFORMADOR.** UFSC. Centro de Ciências Físicas e Matemáticas – Departamento de Química.

### **Kraton™ D Products**

AKIYAMA, S., KOBORI, Y., SUGISAKI, A., KOYAMA, T., AKIBA, I. **Phase behavior and pressure sensitive adhesive properties in blends of poly(styrene-b-isoprene-b-styrene) with tackifier resin.** Polymer, v. 41, p. 4021-4027, 2000

CAETANO, Mario. **Elastómeros Termoplásticos, 2020.** Disponível em: <https://www.ctborracha.com/borracha-sintese-historica/materias-primas/borrachas/elastomeros-termoplasticos/>. Acesso em: 27 de Agosto de 2023.

BOSTIK, 2023. **O Impacto Ambiental Dos Adesivos Usados Na Higiene Descartável Hoje E Amanhã.** Disponível em: [https://www.bostik.com/brazil/pt\\_BR/markets-applications/disposable-hygiene-adhesives/trends-overview/sustainability/substances-disposable-hygiene/environmental-hygiene-adhesives//](https://www.bostik.com/brazil/pt_BR/markets-applications/disposable-hygiene-adhesives/trends-overview/sustainability/substances-disposable-hygiene/environmental-hygiene-adhesives//). Acesso em: 05 de setembro de 2023.

CALLISTER, W. D., **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução.** John Wiley & Sons, Inc., 2002.

KEMPARTS, 2023. **Saiba quais são os tipos de resinas e suas respectivas aplicações.** Disponível em: <https://kemparts.com.br/blog/produtos-e-aplicacoes/saiba-quais-sao-os-tipos-de-resinas-e-suas-aplicacoes/>