

Resumo

Na primeira parte do presente estudo, são apresentadas, resumidamente, as tecnologias de adesivos e vedantes, que servem de base para a apresentação da tecnologia Flextec[®], uma tecnologia que junta o melhor destes dois tipos de materiais. Relativamente aos adesivos apresentam-se algumas das teorias de adesão, a ligação adesiva ao longo dos tempos, as vantagens e desvantagens da utilização de adesivos e por fim, os diversos tipos de adesivos e suas principais aplicações. Relativamente aos vedantes, a introdução é semelhante, referindo-se os seus tipos, classificação e aplicações, nomeadamente a aplicação em juntas. Uma vez que a tecnologia em estudo, é um exclusivo Henkel, foi dedicada uma parte da introdução para a apresentação da empresa e do seu portfólio de produtos, destacando-se aqueles que se apresentam como soluções recentes e inovadores, nas suas gamas, dentro da divisão de construção. Após esta introdução, é apresentada a tecnologia Flextec[®], com as suas vantagens, campos de aplicação e gama de produtos associados.

Na segunda parte, apresentam-se os resultados do trabalho experimental realizado nas instalações da Henkel, com um dos produtos com tecnologia Flextec[®] - Sista Solyplast SP-301 Fachadas, em que foram elaborados 42 provetes com diferentes tipos de materiais utilizados em fachadas e o adesivo. Os provetes foram sujeitos a ensaios qualitativos de tracção e a maioria deles apresentou ruptura coesiva, resultado que garante que o produto cumpre os requisitos do certificado CIDEMCO apresentado pelo produto. Nesta segunda parte, são também apresentados outros trabalhos relacionados com utilização da tecnologia Flextec[®], em novas soluções de construção.

Palavras chave: adesivo, vedante, polímero, flextec, superflex, cola, fachada ventilada

Abstract

In the first part of this study, both adhesives and sealants technologies are, in summary, presented, as they are the basis for the presentation of Flextec® technology, a technology that brings together the best of both types of materials. Relatively to adhesives, the bonding theories, adhesive bonding history, advantages and disadvantages of the adhesives use, are presented, as well as the various types of adhesives and its main applications.

For sealants, the introduction is quite similar, referring to their types, classification and applications, particularly regarding the joint application.

Since the technology under study is a Henkel exclusive, it has been dedicated a part of the introduction chapter, to the company presentation and its products portfolio, especially those that present as new and innovative solutions in their ranges, within the construction division.

After this introduction, the Flextec® technology is presented, with its principal advantages, major applications and ranges of associated products.

In the second part, the results of the experimental work, conducted on Henkel facilities, with a Flextec® technology product – Sista Solyplast SP-301 Fachadas, in which forty two samples were prepared with different types of materials used in facades and this adhesive, are presented.

The samples were subject to qualitative traction tests, to rupture, and most of them showed cohesive rupture, a result which ensures that the product SP-301 Fachadas, meets the CIDEMCO certificate requirements.

Also, in this second part, they are presented other works relate with the use of Flextec® technology, in new construction solutions.

Key words: adhesive, sealant, polymer, flextec, superflex, glue, vented facade

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço ao Eng.^o Rui Salgueiro Alves, pelo grande apoio e ajuda em todo o trabalho, sempre com a maior disponibilidade.

À Eng.^a Ana Cabral e Dr. João Gomes, pelo esclarecimento de dúvidas que foram necessariamente surgindo ao longo do trabalho.

À minha família por todo o apoio e compressão ao longo destes anos

E a ti, Joana, pelo grande apoio que me deste e continuas a dar.

A todos o meu obrigado

Índice de Conteúdos

<i>Resumo</i>	<i>i</i>
<i>Abstract</i>	<i>ii</i>
<i>Agradecimentos</i>	<i>iii</i>
1 <i>Introdução</i>	1
1.1. Adesivos	1
1.1.1. Teorias da adesão	2
1.1.2. Vantagens e Desvantagens da utilização de adesivos	8
1.1.3. Testes mecânicos de ligações adesivas	10
1.1.4. Classificações e aplicações dos adesivos	13
1.2. Vedantes	26
1.2.1. Propriedades dos vedantes	30
1.2.2. Classificação de Vedantes	33
1.3. Empresa – Henkel	40
1.3.1. Colas, Vedantes e Tratamentos de Superfícies	41
1.3.2. Produtos para Construção	42
1.4. Tecnologia Flextec®	57
1.4.1. Vantagens sobre Poliuretanos e Silicones	59
1.4.2. Aplicações	60
1.4.3. Categorias de produtos com tecnologia Flextec®	63
2 <i>Materiais e Métodos</i>	95
2.1. Introdução	95
2.2. Designação das amostras	95
2.3. Preparação dos provetes.....	96
2.4. Ensaio de resistência à tracção	101
3 <i>Resultados e Discussão</i>	103
3.1. Resultados Experimentais	103

3.2.	Discussão dos resultados	106
4.	<i>Certificações</i>	107
4.1.	Características das amostras	107
4.2.	Ensaio efectuados	107
4.3.	Procedimentos.....	108
4.3.1.	Ensaio de tracção a 23°C	108
4.3.2.	Ensaio de cisalhamento a 23°C.....	108
4.3.3.	Fadiga mecânica – Ensaio de tracção a 23°C	108
4.3.4.	Envelhecimento acelerado.....	109
4.3.5.	Resistência à neblina salina	109
4.3.6.	Resistência à atmosfera de SO ₂	110
4.4.	Especificações.....	110
4.5.	Resultados	111
5.	<i>Estudos relacionados com a tecnologia Flextec®</i>	112
5.1.	Materiais e Métodos	112
5.2.	Resultados	114
5.2.1.	Força e Deslocamento relativo madeira-vidro.....	115
5.2.2.	Consequências da deformação da madeira.....	115
5.2.3.	Tipos de falha e utilização de primário.....	116
5.2.4.	Influência do tipo de vidro	117
5.2.5.	Estética e radiação UV	117
5.2.6.	Precauções de segurança	118
5.2.7.	Conclusões do estudo	118
6.	<i>Conclusões</i>	119
7.	<i>Bibliografia</i>	131

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema de uma gota de líquido numa superfície sólida, mostrando o ângulo de contacto e as energias envolvidas	4
Figura 2 – Cola natural obtida a partir de ossos de bovino	7
Figura 3 – Ilustração das forças a que as ligações adesivas estão sujeitas (a) Ensaio de cisalhamento (b) Ensaio de arranque (c) Ensaio de clivagem	11
Figura 4 – Principais tipos de ruptura em ligações adesivas	12
Figura 5 – Exemplo de adesivo epóxi	17
Figura 6 – Exemplo de adesivo fenólico.....	18
Figura 7 – Exemplo de adesivo acrílico (Cianoacrilato).....	19
Figura 8 – Exemplo de adesivo de uretano.....	21
Figura 9 – Exemplo de fitas adesivas	22
Figura 10 - Adesivos termofusíveis (hot-melt)	23
Figura 11 – Exemplo de adesivo base solvente (cola contacto).....	25
Figura 12 – Exemplo de adesivo de emulsão (Cola branca)	26
Figura 13 - Tipos de movimentos em juntas (a) Extensão, (b) Compressão,	28
Figura 14 – Junta onde foi excedida a capacidade de movimento do vedante	28
Figura 15 – Junta com pouca profundidade, que limita a sua capacidade de movimento	29
Figura 16 – Exemplo de junta bem dimensionada	29
Figura 17 - Comportamento de um mástique elástico (a) Compressão, (b) Extensão.	31
Figura 18 – Esquema de classificação de vedantes	33
Figura 19 – Processo de reticulação de silicões	36
Figura 20 – Classificação dos silicões	36

Figura 21 - Metylan Univeral e Metylan Especial	43
Figura 22 – Pattex TQ-500 – Bucha Quimica	44
Figura 23 – Pattex Power Tape	45
Figura 24 – Pattex – Repair Extreme	45
Figura 25 – Pattex PL-700 Total Fix.....	45
Figura 26 – Rubson SL3000	46
Figura 27 – Exemplo de aplicação do produto Rubson SL3000.....	47
Figura 28 – Sista – Silicones acéticos.....	48
Figura 29 – Sista – Silicones neutros	49
Figura 30 – Sista – Mastiques acrilicos	50
Figura 31 – Sista - Poliuretano.....	50
Figura 32 – Sista – Madeiras	51
Figura 33 – Gama de produtos SP	51
Figura 34 – Tangit PVC-FLEX	53
Figura 35 – Tangit PVC-U	54
Figura 36 – Tangit METALOCK	54
Figura 37 – Tangit UNI-LOCK	55
Figura 38 – Estrutura básica dos polímeros Flextec: cadeias poliéter (em baixo) com grupos silano reactivos nos terminais (em cima)	58
Figura 39 – Estruturas dos polímeros SP, poliuretano e polímeros MS	58
Figura 40 – Exemplo de aplicação em alvenaria	60
Figura 41 – Exemplo de aplicação em carpintaria	61
Figura 42 – Exemplo de aplicação em coberturas	61
Figura 43 – Exemplo de aplicação em painéis de fachadas	62
Figura 44 – Exemplo de aplicação em instalação de móveis de cozinha	62

Figura 45 – Exemplo de aplicação em canalização	63
Figura 46 – Sista Solyplast SP 201 Juntas	64
Figura 47 – Exemplo de aplicação do produto Sista SP-201 Juntas	65
Figura 48 – Junta terminada	66
Figura 49 – Sista Solyplast SP-101 Cola e Veda	67
Figura 50 – Exemplo de aplicação do produto SP-101	68
Figura 51 – Aplicação de SP-101 em casas pré-fabricadas	69
Figura 52 – Aplicação de SP-101 em clarabóias	69
Figura 53 – Aplicação de SP-101 em coberturas metálicas	70
Figura 54 – Aplicação de SP-101 em painéis exteriores	71
Figura 55 – Aplicação de SP-101 em painéis interiores	71
Figura 56 – Aplicação de SP-101 em piscinas	73
Figura 57 – Aplicação de SP-101 em pedra natural	73
Figura 58 – Sista Solyplast SP-Trans	75
Figura 59 – Estudo comparativo de transparência	77
Figura 60 – Estudo comparativo de força de adesão	78
Figura 61 – Estudo comparativo de deslizamento	78
Figura 62 – Sistema SP-301 Fachadas	79
Figura 63 – Esquema de fachada ventilada	82
Figura 64 - Exemplos da utilização de fachadas ventiladas	83
Figura 65 – Procedimento para aplicação da cola nos painéis	85
Figura 66 – Procedimentos para fixações directas	85
Figura 67 – Procedimentos para fixações mistas	85
Figura 68 – Thomsit – P685 Elast Universal	88

Figura 69 – Exemplo de aplicação de Thomsit P685	89
Figura 70 – Thomsit P675-F	91
Figura 71 – Espuma P675-F	92
Figura 72 – Etapas da aplicação do sistema P675-F	94
Figura 73 - Dimensões dos provetes utilizados.....	96
Figura 74 - Tangit PE/PP/PVDF – Cleaning Tissues.....	96
Figura 75 - Sista Solyplast - Primário Flextec	97
Figura 76 – Aplicação do primário nas amostras	98
Figura 77 – Sistema de enchimento dos provetes	98
Figura 78 – Pistola para aplicação de mastiques	99
Figura 79 – Aplicação do adesivo nos provetes.....	99
Figura 80 – Alisamento da superfície dos provetes.....	100
Figura 81 – Exemplo de provete	100
Figura 82 – Equipamento utilizado na realização dos ensaios de tracção.....	101
Figura 83 – Etapas dos ensaios dos provetes.....	102
Figura 84 – Ruptura Coesiva (Lote B).....	104
Figura 85 – Ruptura Adesiva (Lote F)	104
Figura 86 – Falha de Material (Lote E).....	104
Figura 87 – Resultados dos ensaios	105
Figura 88 – Exemplos da aplicação de primário nos provetes	113
Figura 89 – Esquema do equipamento utilizado nos ensaios	113
Figura 90a e b – Curvas carga vs deslocamento relativo	115
Figura 91a e b – Curvas Carga/Deslocamento relativo(a) e Carga/Deformação da madeira (b)	116
Figura 92 – Consequências da expansão tangencial da madeira no vidro	116

Figura 93a e b – Diferentes tipos de falha do mesmo adesivo, dependendo da aplicação de primário..... 117

Figura 94 – Curvas de carga vs deslocamento vertical- vidro laminado (testes 02 e 04) 117

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Classes de vedantes	39
Tabela 2 – Dados técnicos do produto Sista SP-201 Juntas.....	66
Tabela 3 – Dados técnicos do produto Sista SP-101 Cola e Veda	74
Tabela 4 – Dados técnicos do produto Sista Solyplast SP-Trans	77
Tabela 5 – Dados técnicos do Sista Solyplast SP-301 Fachadas	86
Tabela 6 – Dados técnicos do primário Flextec	86
Tabela 7 – dados técnicos da fita adesiva de dupla face Flextec®	87
Tabela 8 – Dados técnicos do Thomsit P685	90
Tabela 9 – Características de Thomsit P675-F	92
Tabela 10 – Características da espuma	93
Tabela 11 - Identificação das amostras e respectivos fabricantes	95
Tabela 12 – Descrição da elaboração dos provetes (Lote F)	101
Tabela 13 – Resultados dos ensaios dos provetes	103
Tabela 14 - Especificações	110
Tabela 15 – Resumo dos resultados obtidos	111
Tabela 16 – Sumário dos testes efectuados	114

1. Introdução

Neste capítulo introdutório são apresentados alguns temas que permitem contextualizar a utilização da tecnologia em estudo. Neste particular, introduzem-se as tecnologias de adesivos e vedantes com utilização actual, com as suas vantagens e desvantagens. Após esta introdução, é apresentada de forma ligeira a empresa em que o trabalho experimental foi realizado, com especial enfoque no seu portfólio de produtos de construção, especialmente os mais inovadores. Por fim, é apresentada a tecnologia Flextec[®], objecto de estudo, com a sua caracterização, principais aplicações e vantagens face aos produtos similares, apresentados anteriormente.

1.1. Adesivos

Um adesivo é um material com a capacidade de manter unidos materiais sólidos, através de uma ligação de superfície. A adesão é a atracção física da superfície de um material pela superfície de um outro. Um material aderido é o material sólido ao qual o adesivo adere e a ligação adesiva, ou junta adesiva é o conjunto formado pelo material aderido e adesivo. ⁽¹⁾

A adesão efectiva é a força de uma ligação adesiva e depende principalmente das forças de adesão, mas a sua magnitude é determinada pelas propriedades físicas do adesivo e do material aderido, bem como das forças de ligação que se estabelecerem entre os dois materiais.

A interfase é o volume de material em que as propriedades de uma substância gradualmente se transformam nas propriedades de uma outra. Esta interfase é útil para descrever as propriedades de uma ligação adesiva. A interface, contida na interfase, é o ponto de contacto entre a superfície de um material e a superfície de um outro.

1.1.1. Teorias da adesão

Não existe uma única teoria unificadora da adesão, descrevendo a relação entre adesão efectiva e as interacções intermoleculares e interatómicas, que ocorrem entre o adesivo e o material aderido, quer na interface, quer na interfase. As teorias existentes são, na sua maioria, racionalizações de fenómenos observados.

Em seguida apresentam-se algumas destas teorias, incluído a teoria de difusão, electrostática, de energia de superfície e interligação mecânica.

- **Teoria de difusão**

A teoria de difusão na adesão é a mais aplicada a polímeros. Esta assume uma solubilidade mútua do material aderido e adesivo, com formação de uma verdadeira interfase. O parâmetro de solubilidade, a raiz quadrada da densidade de energia coesiva de um material, permite uma medição das interacções intermoleculares a ocorrer no seio do material.

Termodinamicamente, as soluções de dois materiais são mais prováveis, quando os parâmetros de solubilidade são semelhantes. Dai a conhecida observação “ igual dissolve igual”.

Por outras palavras, a adesão entre dois materiais poliméricos, um o material aderido e o outro o adesivo, é maximizada quando os parâmetros de solubilidade dos dois são semelhantes. A melhor adesão efectiva é obtida quando existe uma solubilidade mútua entre adesivo e material aderido.

A teoria de difusão não é aplicável a materiais substancialmente diferentes, como polímeros em metais, e não é normalmente aplicável a adesões entre polímeros substancialmente diferentes.

- **Teoria Electrostática**

A base da teoria electrostática de adesão é a diferença das electronegatividades dos materiais aderentes ⁽²⁾. Se dois materiais com diferentes electronegatividades mensuráveis, forem postos em contacto, pode ocorrer uma transferência de electrões do material com menor electronegatividade, para o de maior electronegatividade.

Esta transferência forma então uma dupla camada de carga ao longo de uma interface e ocorre uma atracção. Note-se que a teoria electrostática é geralmente considerada como sendo incompleta, na sua descrição do fenómeno.

- **Teoria da energia de superfície e molhabilidade**

Esta teoria está relacionada com o efeito das forças intermoleculares e interatómicas, nas energias de superfície do adesivo e do material aderido, e a energia interfacial entre os dois. As distâncias a que as forças interatómicas e intermoleculares actuam são da ordem de 10^{-7} cm, assim, e para que estas forças, e consequentemente a adesão, tenham um valor mensurável, o adesivo terá que ter um contacto íntimo com o material, ou seja, a superfície do material aderido terá que estar completamente molhada pelo adesivo.

A energia de superfície, a energia em excesso que um material possui, devido à sua superfície, pode ser compreendida examinando a molécula no seio da estrutura do material, em que a molécula experiencia ligações intermoleculares essencialmente em todas as direcções. Por seu lado, uma molécula na superfície apresenta ligações intermoleculares unicamente na direcção do material e no mesmo plano da superfície. Não existem forças intermoleculares acima da superfície e a falta destas forças causa a alteração das propriedades físicas das camadas de moléculas imediatamente adjacentes à superfície

Geralmente a densidade das camadas da superfície é menor do que a do interior do material e como as distâncias entre moléculas são aumentadas, a energia intermolecular aumenta também, originando um excesso, ou energia de superfície. A energia interfacial que é usualmente menor em magnitude, que a energia de superfície, verifica-se quando um material está em contacto com uma substância diferente. Esta energia surge porque as forças intermoleculares num meio, não são necessariamente correspondidas pelas forças intermoleculares noutra material.

Para líquidos, as quantidades energia de superfície e tensão de superfície, usualmente atribuídas ao símbolo γ , são numericamente as mesmas e são dadas em unidades de mJ/m^2 . A energia de superfície ou tensão de superfície de um líquido é facilmente observada, já que estes aparentam ter uma pele. As energias de superfície de líquidos orgânicos comuns variam de 10 a 605 mJ/m^2 , à temperatura ambiente. A energia de superfície da água, à temperatura ambiente, é de aproximadamente 72 mJ/m^2 .

Para uma superfície sólida, a energia de superfície e a tensão de superfície não são o mesmo, a nível termodinâmico. A energia de superfície pode ser definida como uma variação da energia livre em função de uma variação da área de superfície de um material.

A energia de superfície de sólidos não pode ser medida directamente, no entanto, o valor para a maioria dos sólidos inorgânicos, está na casa das centenas de mJ/m^2 , e para polímeros, é aproximadamente igual à dos líquidos orgânicos.

A teoria da molhabilidade, relacionada com a adesão, está intrinsecamente relacionada com o estudo dos ângulos de contacto de líquidos em superfícies sólidas. O balanço de forças no ponto de contacto entre líquido e sólido pode ser descrito da seguinte forma: ⁽³⁾

$$\gamma_{LV} \cos \theta = \gamma_{SV} - \gamma_{SL}$$

onde :

γ_{LV} – tensão interfacial Líquido-Vapor

γ_{SV} - tensão interfacial Sólido-Vapor

γ_{SL} – tensão interfacial Sólido-Líquido

θ – ângulo de contacto

Estes parâmetros são exemplificados na figura:

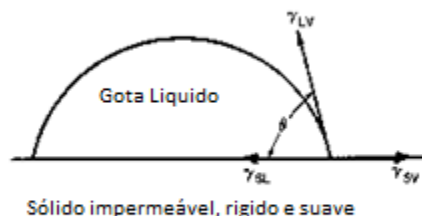


Figura 1 – Esquema de uma gota de líquido numa superfície sólida, mostrando o ângulo de contacto e as energias envolvidas ⁽¹⁾

O trabalho de adesão, W_A , pode ser definido em termos de energias de superfície do adesivo e material aderido. ⁽⁴⁾

$$W_A = \gamma_1 + \gamma_2 - \gamma_{12}$$

e a equação de Young-Dupre permite calcular o trabalho de adesão através de uma simples medida do ângulo de contacto e da tensão de superfície do líquido.

$$W_A = \gamma_{LV} (1 + \cos\theta)$$

Muito do trabalho experimental na ciência da adesão centra-se na relação entre adesão efectiva e o trabalho de adesão. Investigações recentes indicam que a adesão efectiva pode ser relacionada com o trabalho de adesão, conjuntamente, com uma função descrevendo os mecanismos de dissipação de energia associados a uma ligação adesiva. ⁽⁵⁾

A energia de superfície de polímeros é uma importante consideração na teoria da molhabilidade. ^{(6) (7)} A tensão crítica de molhagem, γ_C , de uma superfície sólida, fornece um critério para o completo molhante da superfície.

Para um poder molhante completo, a tensão superfície do líquido que está a molhar deverá ser menor que a tensão crítica da superfície do sólido molhada. A tensão crítica é determinada através da medição de ângulos de contacto de equilíbrio de vários líquidos, numa única superfície gerando um gráfico $\cos \theta$ vs γ_{LV} . Este gráfico, extrapolado para $\cos \theta = 1$, define a tensão crítica de molhabilidade da superfície. Uma situação em que $\gamma_{LV} \leq \gamma_C$ é necessária, mas não suficiente para uma boa adesão.

Também importantes nesta teoria de adesão são as ligações através da interface, que podem advir de ligações de hidrogénio, ácido-base de Lewis, ou outras interacções dador-receptor, ou ligações covalentes. A ligação numa interface é exemplificada pela acção de agentes de acoplamento, tais como certos silanos, zirconatos, titanatos e complexos de crómio, sendo que estes agentes formam uma ligação covalente entre um substrato inorgânico e uma cobertura orgânica.

- **Teoria de Interbloqueamento mecânico**⁽¹⁾

Se um adesivo e um material aderido, diferindo substancialmente nas suas propriedades físicas se encontram numa superfície aguda, existe um plano abrupto de transferência de forças sob carga.

Adicionalmente, existe uma área interfacial mínima entre os dois e assim mínimas oportunidades de ligação. Se ao invés de uma interface aguda, existir uma superfície microscopicamente áspera, à qual o adesivo pode ser aplicado, então existe possibilidade de interbloqueamento mecânico.

Uma superfície microscopicamente áspera faculta mais pontos de transferência de forças sob carga, bem como mais superfície para uma possível ligação interfacial. Uma superfície áspera fornece também a possibilidade do efeito chave-fechadura. Se o adesivo molhou tão bem o material aderido, de forma que o adesivo tenha preenchido completamente as rugosidades na superfície do material aderido, então o adesivo terá que passar fisicamente pelas rugosidades, de forma a ser removido. Esta é a mesma situação de quando uma chave é girada numa fechadura. As rugosidades na fechadura não podem ser passadas com a chave, e a chave não pode ser removida.

A viscosidade do adesivo, bem como o tempo de contacto do adesivo no material aderido têm um papel substancial na determinação de como uma superfície mecanicamente rugosa é aderida através de um adesivo.

- **Orientações para uma boa adesão**

As várias teorias de adesão podem ser aplicadas para formular orientações para se obter uma boa adesão.⁽¹⁾

1. Um adesivo deverá possuir uma tensão da superfície líquida, menor do que a tensão de molhamento crítica da superfície do material aderido.
2. O material aderido deverá ser suficientemente áspero, a nível microscópico, para que as rugosidades na superfície, sejam pelo menos, da ordem de 1 μm em tamanho.

3. A viscosidade do adesivo e as condições de aplicação deverão permitir que as rugosidades da superfície do material aderido sejam completamente preenchidas.
4. Na presença de uma ambiente adverso, deverão ser providenciadas capacidades de ligação covalente, na interface.

Para uma boa adesão, o adesivo e o aderente deverão, se possível, apresentar solubilidade mútua até ao ponto em que ambos se difundem um no outro, formando uma zona interfásica.

- **História da ligação adesiva**

Um dos primeiros registos da utilização de ligação adesiva é um mural descoberto num sepulcro na antiga Tebas, que representa o folheamento de mobiliário através de um adesivo termofusível. O folheamento foi também discutido na História Natural, de Plínio, e a ligação adesiva é mencionada na Bíblia. As mais antigas formas de adesivos, foram aquelas de origem natural, e.g. colas que eram elaboradas a partir de partes de animais contendo colagénio, ou através de sangue de animais.

As colas de caseína ou de leite são conhecidas desde o século IX, e existem até aos dias de hoje, numa forma não substancialmente diferente daquela discutida por Teófilo. Algumas das mais antigas resinas utilizadas para formar adesivos, são materiais como betume, *shellac* resinas de insecto e piche.



Figura 2 – Cola natural obtida a partir de ossos de bovino ⁽⁸⁾

Alguns avanços importantes na tecnologia dos adesivos incluem:⁽⁹⁾

- A síntese em 1869 da nitrocelulose, o primeiro adesivo sintético;
- A síntese em 1912 de resinas de fenol-formaldeído por Baekeland, que formam a base de muitos adesivos modernos;
- A síntese em 1928 do policloropreno ou neopreno, que encontrou grande utilização em adesivos elastoméricos de elevada força.

A década de 30 do século XX marcou o desenvolvimento de fitas auto-adesivas. Apesar de terem sido utilizados adesivos em aviões construídos em madeira, no início do século, o primeiro adesivo para colagem de metal para utilização aeronáutica foi desenvolvido em 1941 por Nicholas de Bruyne, da Aerotech Company. Um desenvolvimento significativo, nos fins dos anos 40, foi o advento dos primeiros adesivos à base de resinas epoxidicas, seguidas nos anos seguintes (50 e 60) pelos adesivos de cianoacrilato, que curam sob a influência da humidade. Foram também desenvolvidos adesivos anaeróbios, bem como de base silicone. Os adesivos resistentes a temperaturas elevadas, tais como as poliamidas aromáticas foram formulados nos EUA nos fins dos anos 60, no âmbito do programa espacial. Do fim dos anos 40 até aos anos 80, os avanços mais significativos na tecnologia de ligação adesiva envolveram a junção de diferentes tipos de polímeros para formar polímeros híbridos. Mais notável é a utilização de materiais elastoméricos em combinação com polímeros reticulados, com elevada força, como epóxis e fenólicos.⁽¹⁾

Recentemente, o trabalho na área dos adesivos centra-se na modificação de materiais de elevada temperatura, de elastómeros e de outros materiais. Estes avanços têm também sido expandidos aos métodos de aplicação dos adesivos, variando consoante o tipo de adesivo utilizado.

1.1.2. Vantagens e Desvantagens da utilização de adesivos⁽¹⁾

- **Vantagens dos adesivos**

A tecnologia de ligação adesiva é apenas um dos meios de juntar ou ligar materiais. Outras tecnologias de junção incluem a utilização de fixadores mecânicos e.g. parafusos, porcas, rebites e pregos.

Comparativamente a outros métodos de junção, os adesivos apresentam várias vantagens. Primeiro, um adesivo devidamente aplicado permite uma junção com uma distribuição mais uniforme de força sob carga do que um fixador mecânico, que requer sempre um furo ou mais, no material utilizado. Neste caso, o furo actua como um concentrador de tensões e a sua presença afecta as propriedades expectáveis do material. Em segundo lugar, os adesivos permitem a junção de materiais diferentes, tais como metais, sem facilitação de fenómenos corrosivos.

Se dois metais, susceptíveis de corrosão galvânica, forem juntos através de um fixador mecânico metálico, o metal mais activo irá corroer-se mais rapidamente do que se estivesse separado.

Se a junção, ao invés, for efectuada com o adesivo, este irá actuar como isolante eléctrico, protegendo o metal mais activo do menos activo.

A utilização de adesivos aumenta também, a resistência à fadiga. Este factor é especialmente importante na indústria aeronáutica em que os adesivos são aplicados rotineiramente de forma a aumentar a resistência à fadiga e diminuir a propagação de falhas, comparativamente com a utilização de fixadores mecânicos.

As juntas adesivas podem ser de material sensível ao calor e ao choque, ao contrário das fixações mecânicas, devido ao impacte do fixador na montagem.

A ligação adesiva pode juntar e selar simultaneamente, podendo ser utilizada para fuselagens de aviões, depósitos de ar e água.

Por fim, a utilização de adesivos resulta na redução de peso, comparativamente ao metal, já que a maioria dos adesivos tem densidades substancialmente menores do que as dos metais.

- **Desvantagens dos adesivos**

Apesar das suas vantagens, existem algumas desvantagens na utilização de adesivos. A maior limitação é que a junta adesiva é formada através de uma ligação de superfície, e é desta forma, sensível às condições da superfície do substrato.

Se a superfície está substancialmente contaminada com óleos ou poeiras, então o adesivo não irá aderir devidamente e a durabilidade da ligação adesiva é limitada. Por seu lado, os fixadores mecânicos não apresentam este problema. Desta forma, concomitantemente com o aumento da utilização de adesivos, têm-se desenvolvido tecnologias de preparação das superfícies dos substratos.

Outra limitação da ligação adesiva é a falta de procedimentos de controlo de qualidade, não destrutivos. Quando um rebite ou fixador mecânico não foi devidamente aplicado, é normalmente visível, por seu lado, o adesivo que se encontra entre materiais é muito difícil de inspeccionar.

Foram desenvolvidas técnicas não destrutivas de avaliação e.g. scanners ultrasónicos, raios X, mas estes métodos não conseguem prever a força de uma ligação adesiva. Fornecem, porém informação relativa à presença de falhas ou vazios na ligação.

A ligação adesiva pode também levar a um processamento mais lento do que a utilização de fixadores mecânicos, dependendo substancialmente do tipo de adesivo que é utilizado.

Finalmente, a junção adesiva é ainda algo limitada porque a maioria dos designers, arquitectos e engenheiros não estão devidamente familiarizados com as características de engenharia dos adesivos.

Como a ligação adesiva depende da ligação de superfície para a sua força, o adesivo terá que estar em contacto com uma área substancialmente maior de material, ao contrário da área ocupada por um fixador mecânico.

1.1.3. Testes mecânicos de ligações adesivas

As três principais forças a que as ligações adesivas estão sujeitas são representadas na figura 3. A figura 3a mostra a aplicação de uma força de cisalhamento, em que um suporte é traccionado ao longo de um outro, a figura 3b ilustra uma força de arranque e nesta situação, pelo menos um dos suportes deverá ser suficientemente flexível para ser removido da ligação adesiva. A clivagem é representada por fim na figura 3c. Os ensaios de clivagem e de arranque são muito semelhantes, mas o primeiro aplica-se quando os materiais são não deformáveis e os últimos quando os materiais são deformáveis.⁽⁵⁾

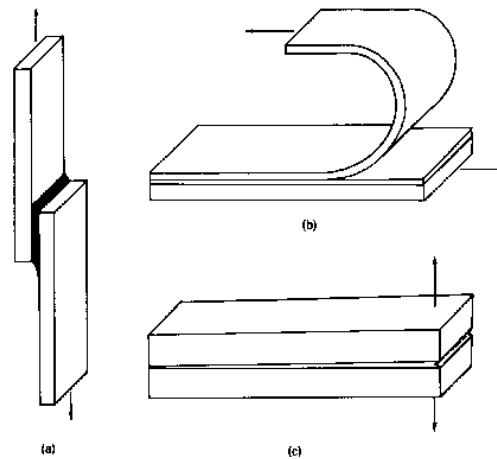


Figura 3 – Ilustração das forças a que as ligações adesivas estão sujeitas (a) Ensaio de cisalhamento (b) Ensaio de arranque (c) Ensaio de clivagem⁽¹⁾

O principal tipo de provete de teste, utilizado na indústria apresenta uma largura de 2,54 cm (1 in) e uma aba de 3,23 cm², ligada com adesivo. Os suportes são escolhidos de acordo com a indústria; alumínio para a aeroespacial, aço para a automóvel e madeira para aplicações de construção.

As juntas adesivas, realizadas desta forma, são testadas até ruptura, num equipamento de ensaios de tracção. A temperatura do teste, assim como a taxa de extensão são devidamente especificadas.

Os resultados são apresentados em unidades de pressão, onde a área da ligação adesiva é considerada a área onde a força é aplicada.

Os testes de arranque são efectuados, utilizando muitas geometrias diferentes. No teste mais simples, o teste de arranque em T, os suportes são idênticos em tamanho, forma e espessura. Estes são juntos nas suas extremidades, a um equipamento de tensionamento e então separados em forma de T.

A temperatura do teste, bem como a taxa de separação do suporte são especificadas. A força requerida para abrir a ligação adesiva é medida e os resultados são reportados em termos de N/m (libras por polegada). Existem muitas outras configurações de teste, cada uma dependente da aplicação do adesivo. Estes testes encontram-se bem descritos na literatura ASTM.

Os testes mecânicos de fractura são tipicamente em adesivos estruturais. Desta forma, testes como o provete de cantilever duplo, em que dois suportes espessos ligados por um adesivo são separados por clivagem, fornecem informações

relacionadas com possíveis falhas estruturais. Os resultados podem ser reportados de inúmeras formas, mas a mais utilizada, aplica uma quantidade conhecida como taxa de libertação da energia de tensão.

- **Falha da ligação adesiva**

Resultante dos ensaios efectuados, verifica-se a ocorrência da falha da ligação adesiva, que se pode manifestar sobre várias formas, sendo que os principais tipos de falha/ruptura, são apresentados na figura 4 e descritas em seguida.

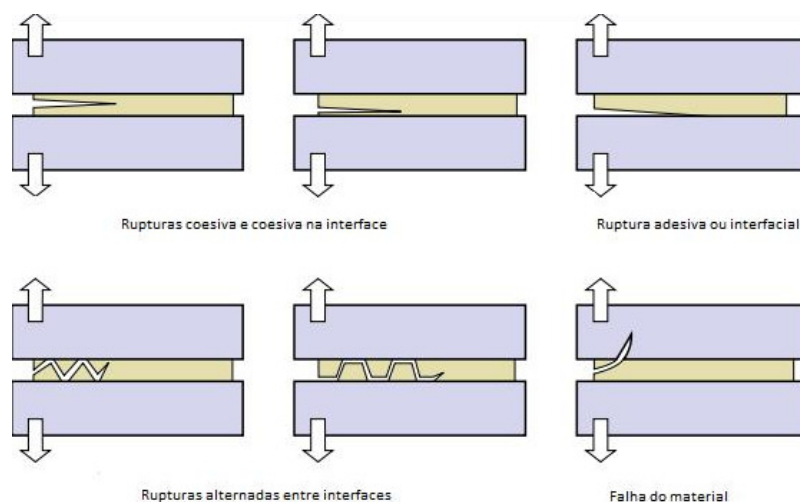


Figura 4 – Principais tipos de ruptura em ligações adesivas

- **Ruptura Coesiva**

A ruptura coesiva ocorre quando uma falha se propaga no seio do polímero que constitui o adesivo. Neste caso, as superfícies de ambos os suportes ficarão cobertas com adesivo. Esta falha pode propagar-se no centro da camada, tendo-se assim uma ruptura coesiva, ou perto de uma interface, sendo que neste caso, ter-se-á uma ruptura coesiva na interface. Em termos de performance e controlo de qualidade do adesivo e da ligação adesiva, é recomendável verificar-se uma ruptura coesiva.

- **Ruptura Adesiva ou Interfacial**

A ruptura é adesiva ou interfacial quando esta ocorre entre o adesivo e o suporte aderente. Na maioria dos casos, a ocorrência deste tipo de falha confirma a menor resistência à ruptura do adesivo em questão. Este é um tipo de falha que não é aceitável em termos de qualidade e certificação de um adesivo para determinada aplicação. Geralmente este tipo de falha é solucionado através do condicionamento da superfície dos suportes ou através da utilização de primários.

- **Rupturas Alternadas**

Estes tipos de ruptura combinam o comportamento das rupturas coesivas e adesivas, havendo zonas em que se verifica ruptura coesiva e outras em que a mesma é adesiva. Num dos casos, a falha passa de uma interface para a outra, alternadamente. No outro caso, verifica-se que a falha se propaga, em alguns pontos, de forma coesiva ou adesiva, sendo que as superfícies se caracterizam por uma percentagem de áreas coesivas e adesivas.

- **Ruptura do suporte**

Neste caso, a ruptura ocorre no suporte e não no adesivo e verifica-se quando o adesivo é mais resistente que o material do suporte. Neste caso, o adesivo mantém-se inalterado e ocorre falha do suporte.

1.1.4. Classificações e aplicações dos adesivos ⁽¹⁰⁾

Como já foi anteriormente referido, a utilização de adesivos teve início com a utilização de materiais naturais, devidamente processados para os fins em questão. Estes variam de composição e classificação consoante a fonte natural utilizada: sangue, colágeno, resinas, amido, etc. Assim têm-se adesivos de base proteica, de amido e celulósicos.

- **Adesivos de base proteica**

Os adesivos de base proteica, são normalmente utilizados como adesivos estruturais, sendo que todos eles são ácidos poliamínicos derivados de sangue, caseína [9000-71-9], soja, couros de animais, colágeno e ossos. Os mecanismos de endurecimento e reticulação tipicamente utilizados incluem a insolubilização através de cal hidratada e a desnaturação. Os métodos de desnaturação requerem energia obtida através de calor, pressão ou radiação, bem como através de desnaturantes químicos, como o dissulfato

de carbono [75-15-0] ou a tiureia [62-56-6]. Também podem ser utilizados sais complexantes, tais como os baseados em cobalto, cobre ou crómio. A remoção de água de uma proteína irá também desnaturar o material. ⁽¹⁾

A fórmula típica de um adesivo de base proteica inclui uma proteína natural, que foi solubilizada através da utilização de hidróxido de sódio e depois dispersa em água. Esta proteína ionizada é então misturada com cal hidratada, que actua como agente de reticulação, anti-espuma, silicato de sódio, vários desnaturantes químicos e biocidas. Estes últimos materiais são adicionados já que as proteínas são também nutrientes para micróbios. São também adicionados enchimentos de forma a modificar a viscosidade. Dependendo da formulação, a duração de utilização deste tipo de adesivo pode variar de várias horas a vários dias. O adesivo é tipicamente aplicado com um rolo e normalmente curado por calor numa prensa. Esta fórmula é normalmente utilizada na manufactura de contraplacados, em que as características críticas incluem o conteúdo de humidade da madeira, falta de espuma no revestimento, tempo de utilização apropriado e finalmente resistência à humidade. O conteúdo de humidade é crítico para a performance adesiva, já que as propriedades da madeira são substancialmente afectadas pela quantidade de água presente. Devido a esta característica, os adesivos de base proteica são normalmente classificados pela sua resistência à humidade. Os adesivos de sangue ou mistura sangue-soja são considerados os mais resistentes à humidade, seguidos dos de caseína ou caseína-soja.

- **Adesivos de base amido**

Os amidos, na forma de amilose [9005-82-7] e amilopectina [9037-22-3], ambos hidrocarbonetos ramificados, são obtidos de plantas, através de lexiviação a quente de raízes e sementes. O amido resultante é um material granular e semicristalino, que terá de ser preparado de forma a ser disperso em água e então utilizado como adesivo. O amido pode ser quimicamente modificado de várias formas, sendo uma delas, a modificação do amido em água, na presença de um ácido mineral. A utilização de hipoclorito de sódio [7681-52-9] ou outros agentes oxidantes leva à obtenção de amidos oxidados, nos quais a associação de cadeias é reduzida. Os adesivos de base amido típicos incluem vários aditivos e modificadores. Um tipo de modificador é um plastificante, que pode ser utilizado para flexibilizar o adesivo. São também adicionados conservantes de forma a prevenir que estes materiais forneçam nutrientes a microrganismos. Por fim, os enchimentos, tais como caolino [1332-58-7],

argila e carbonato de cálcio [471-34-1], são adicionados para modificar a viscosidade do adesivo e para reduzir o custo de material. Este tipo de adesivos encontra a sua grande aplicação na área da colagem de papel, cola de etiquetas e adesivos de envelopes.

- **Adesivos Celulósicos**

Os adesivos celulósicos são obtidos por modificação da celulose [9004-34-6], obtida da polpa de madeira e fibras de algodão. A celulose pode ser nitrada para formar nitrato de celulose [9004-70-0], que é solúvel em solventes orgânicos. Quando o nitrato de celulose é dissolvido em amil-acetato [628-63-7], p.e, obtém-se um adesivo que é simultaneamente resistente à água e flexível. A esterificação da celulose, por sua vez, origina materiais como o acetato de celulose [9004-35-7], que é utilizado como auto-adesivo.

A reacção com éteres leva a materiais como a metilcelulose [9004-67-5], que são solúveis em água e que podem ser modificados com gliceral [56-81-5] para produzir adesivos utilizados como pastas de papel de parede.

Com o advento da indústria química e dos polímeros sintéticos, a gama de formulações de adesivos sofreu um grande aumento, com novos materiais a surgir com grande frequência. Os adesivos sintéticos recentes podem ser classificados de diversas formas, tais como, o mecanismo de cura, o tipo de química presente e aplicação (estrutural e não estrutural).

Um adesivo estrutural é um sistema de resina, usualmente termoendurecível, utilizado para ligar materiais de elevada capacidade, podendo a junta suportar uma carga, em excesso, de 6,9 MPa (1000 psi) à temperatura ambiente. Os adesivos estruturais são a forma mais resistente de adesivos e são desenhados para suportar cargas permanentemente. Estes adesivos existem numa grande variedade de formas, sendo a mais comum o adesivo bi-componente, facilmente disponível para o mercado de consumo. O segundo mais familiar é aquele que é obtido através de líquidos que curam à temperatura ambiente.

Em seguida apresentam-se alguns dos tipos de adesivos mais conhecidos e respectivas aplicações principais.

- **Resinas Epoxidicas**

A química das resinas epoxidicas é algo variada, no entanto, a forma mais utilizada é aquela formada pela reacção de 4,4 – isopropilidenobifenol (Bisfenol A) [80-05-7], $C_{15}H_{16}O_2$ e epíclorohidrina [106-89-8], C_3H_5ClO . Esta resina epoxidica é mais comumente conhecida por éter diglicídico do bisfenol A. A sua química pode ser expandida através de outras reacções com o bisfenol A, como material de partida, originando resinas de peso molecular variável, que apresentam funcionalidades terminais oxirano ou hidróxilo. A formulação da maioria dos adesivos epoxidicos é baseada na apropriada selecção dos vários pesos moleculares do éter diglicídico do bisfenol A e os seus produtos de cadeia expandida.⁽¹⁰⁾

A química, para a comum cura à temperatura ambiente, destas resinas inclui reacção com aminas alifáticas ou mercaptanos para formar amino álcoois ou mercaptoéter alcóois, respectivamente. Uma cura a temperatura elevada, utiliza geralmente anidridos. Ambas as reacções são usualmente catalisadas, sendo um dos catalisadores mais comuns para esta reacção, o tris(dimetilamino)fenol [31194-38-4], $C_{12}H_{21}N_3O$. A reacção dos álcoois que estão muitas vezes presentes nas resinas epoxidicas com oxiranos para formar éter álcoois é outra das formas de cura comuns.

Os adesivos que curam à temperatura de 120 °C ou 170 °C, requerem a utilização de agentes de cura, que são latentes à temperatura ambiente, mas que reagem rapidamente à temperatura de cura. A dicianodiamina [461-58-5], $C_2H_4N_4$, é um destes agentes de cura para estas resinas. Ela é insolúvel no epóxi, à temperatura ambiente, mas solubiliza-se rapidamente a temperaturas elevadas.

Os adesivos epóxi bi-componentes, facilmente disponíveis nas lojas, existem em dois tubos, um tubo contém a resina epoxidica, o outro contém o endurecedor. Os agentes de cura comuns, para a cura à temperatura ambiente de diaminas, são materiais como as poliamidas disponíveis sob o nome comercial Versamid®. Estas poliamidas resultam da reacção de ácidos diméricos e diaminas alifáticas, como a dietilenodiamina [111-40-0], $C_4H_{13}N_3$. Outros agentes de cura são a trietilenotetraamina [112-24-3], $C_6H_{18}N_4$, e as diaminas de polipropileno glicol.



Figura 5 – Exemplo de adesivo epóxi

As propriedades físicas dos epóxi, de cura à temperatura ambiente, dependem fortemente da estrutura química do agente de cura. Se existir uma elevada densidade de ligações cruzadas, devido à funcionalidade poliamina, o epóxi resultante tenderá a ser frágil. Se, pelo contrário, existir uma longa distância entre as funcionalidades amino, no agente de cura, a resina curada tenderá a ser mais flexível.

Os adesivos estruturais de epóxi são utilizados numa extraordinariamente ampla gama de aplicações, estando disponíveis essencialmente em todas as formas apresentadas, com excepção de combinações primário-líquido ou como líquidos de cura à temperatura ambiente. A maior aplicação tecnológica para epóxi é a ligação adesiva para a indústria aeroespacial, sendo também utilizados em estruturas secundárias na fuselagem, asas e superfícies de controlo de aviões.

- **Resinas fenólicas**

As resinas fenólicas são formadas pela reacção do fenol [108-95-2], C_6H_6O , e formaldeído [50-00-0], CH_2O . Se forem utilizadas condições básicas e excesso de formaldeído, obtém-se uma resina fenólica *resole*, que irá curar por si própria, libertando água. Se for utilizado um catalisador ácido e um excesso de fenol, o resultado é uma resina fenólica *novolac*, que não se auto-cura. Estas resinas são tipicamente formuladas para conter um agente de cura, normalmente hexametilenotetraamina [100-97-0], $C_6H_{12}N_4$.

Os adesivos de resinas fenólicas estão disponíveis em filme ou em solução e normalmente requerem curas de, pelo menos, 170° C. Para a maioria dos adesivos fenólicos os voláteis são eliminados durante o processo de cura. A cura é realizada sob elevada pressão, tipicamente excedendo 300 – 700 kPa (44-100 psi) e a ligação é atingida numa prensa a quente ou numa autoclave.

Estas resinas são das formas mais antigas de adesivos estruturais sintéticos e a sua utilização vai desde a indústria automóvel a aplicações aeronáuticas. Estes adesivos têm também a reputação de fornecer a ligação estrutural mais durável ao alumínio. Porém, devido aos voláteis e à necessidade de elevadas pressões, as resinas fenólicas são utilizadas em menor volume que as resinas epoxidicas.



Figura 6 – Exemplo de adesivo fenólico

- **Adesivos acrílicos** ^{(1), (10)}

Os adesivos estruturais acrílicos podem ser classificados em três grandes grupos: os acrílicos activados à superfície (anaeróbios), os acrílicos activados à superfície de 2ª geração e os cianoacrilatos.

Os adesivos estruturais anaeróbios são tipicamente formulados a partir de monómeros acrílicos, tais como o metacrilato de metilo [80-62-6], $C_5H_8O_2$ e ácido metacrílico [79-41-4], $C_4H_6O_2$. Frequentemente são adicionados agentes de reticulação como dimetacrilatos. Como iniciador da polimerização utiliza-se um peróxido, como o hidroperóxido de cumeno [80-15-9].

Os anaeróbios polimerizam através de um mecanismo redox que ocorre entre as superfícies contendo o hidroperóxido e óxido de ferro. Para a catálise desta reacção são utilizados materiais como sacarina [81-07-2] e N,N-dimetil-p-toluidino [99-97-8]. Estes adesivos são largamente utilizados em construção, maquinaria, motores de automóveis e aplicações similares.

Os adesivos de cianoacrilato (Super-colas) são materiais que polimerizam rapidamente à temperatura ambiente. O monómero padrão para este tipo de adesivo é o etil-2-cianoacrilato [7085-85-0], que rapidamente se envolve numa polimerização aniónica. A sua cura rápida torna-os aptos para utilização na indústria electrónica, montagem de magnetes para altifalantes, colagem de cablagens e outras montagens que requeiram montagem rápida.

Esta polimerização aniónica é normalmente iniciada pela presença de água. Desta forma, deverá existir um certo nível de humidade atmosférica ou humidade superficial de modo a poder realizar-se a polimerização. Estes adesivos não apresentam ligações cruzadas ao contrário dos activados à superfície, e por isso, apresentam menor resistência à temperatura.



Figura 7 – Exemplo de adesivo acrílico (Cianoacrilato)

- **Adesivos resistentes a temperaturas elevadas**

Os adesivos estruturais com resistência a temperaturas elevadas são utilizados na indústria aeroespacial e noutras, em que sejam necessárias juntas resistentes à temperatura e simultaneamente leves. Estas juntas são muitas vezes encontradas em motores de automóveis, aviões e foguetes. Para formar estes adesivos, utilizam-se resinas que apresentam elevadas temperaturas de transição vítrea e elevada densidade de ligações cruzadas. Em geral, a espinha dorsal do polímero é formada por ligações múltiplas em detrimento de ligações simples. Um exemplo é a poliamida formada pela reacção de um anidrido aromático e uma amina aromática.

- **Adesivos elastoméricos modificados**

A principal característica das resinas discutidas até ao momento é que após cura, ou após polimerização, estas apresentam-se extremamente frágeis. Desta forma, a utilidade de resinas comuns sem modificação, como adesivos estruturais, é muito limitada. Para que resinas com grande densidade de ligações cruzadas possam ser utilizadas como adesivos estruturais, terão que ser modificadas para assegurar resistência à fractura. Este tipo de modificação pode ser efectuado pela adição de um elastómero que seja solúvel na resina reticulada. Este procedimento geralmente reduz

a temperatura de transição vítrea, mas aumenta a flexibilidade e conseqüentemente a resistência à fractura da resina curada.

Uma das primeiras modificações de adesivos estruturais, por introdução de elastómeros, ocorreu durante a 2ª Guerra Mundial, quando foi demonstrado que adesivos fenólicos podiam ser modificados com resinas de polivinil acetato [26591-54-8], obtendo-se um material com performance superior.

Estes modificadores elastoméricos têm sido também utilizados para aumentar a performance de adesivos epóxi, já que, da mesma forma que para as resinas fenólicas, elastómeros de butadieno-acrilonitrilo modificam os epóxi, com aumento da força de arranque. Por exemplo, as borrachas de butadieno-nitrilo de elevado peso molecular e contendo grupos carboxilo, têm sido utilizados como agentes flexibilizantes. As resinas epóxi têm sido também modificadas por elastómeros cujas fases se separam, de forma a constituir um sistema epóxi endurecido. Tais elastómeros são baseados em borrachas de butadieno-nitrilo, que apresentam baixo peso molecular e com terminações carboxi ou amino. A pré-reacção destes elastómeros com um epóxi forma um copolímero que é solúvel na resina antes da cura, mas insolúvel após a mesma.

Os adesivos estruturais acrílicos têm sido igualmente modificados com elastómeros de forma a obter sistemas endurecidos com separação de fases. Uma contribuição significativa nesta tecnologia foi realizada em adesivos acrílicos que foram modificados pela adição de polietileno clorosulfonado, de forma a obter um adesivo estrutural com separação de fases. Tais adesivos contêm também metil metacrilato, ácido metacrílico glacial e agentes reticulantes como dimetacrilato de etileno glicol.

O sistema de iniciação da polimerização, que inclui hidroperóxido de cumeno, N, N – dimetil-*p*-toluidino e sacarina, pode ser aplicado na superfície do aderendo como primário, ou pode ser formulado como a segunda parte em adesivos bi-componentes. A modificação de cianoacrilatos por intermédio de elastómeros foi também tentada: copolímeros de acrilonitrilo, butadieno e estireno; copolímeros de etileno com metilacrilato ou copolímeros de metacrilato com butadieno e estireno, têm sido utilizados para o efeito. No entanto, devido à extrema reactividade do monómero, a modificação de adesivos de cianoacrilato é muito difícil e a pureza do material é essencial, de forma a poder modificar-se o cianoacrilato sem provocar reacção prematura.

- **Adesivos de Uretano** ⁽¹⁾

Os adesivos estruturais de uretano são aqueles baseados na reacção de um diisocianato e um diól, sendo a reacção de ligação cruzada efectuada entre um isocianato e carbamato para formar um alofanato, ou entre um isocianato e uma ureia para formar um biureto. Os dióis são tipicamente poliésteres, tais como o polipropileno ou óxido de politetrametileno glicol. Os polióis de poliéster, como a policaprolactona diol, são também utilizados. O polietileno e glicóis similares, por seu lado, não são utilizados devido à sua afinidade para com a água.

As propriedades físicas dos adesivos de poliuretano resultam de uma forma especial de separação de fases, que ocorre na estrutura reticulada do poliuretano. As porções uretano dos poliuretanos tendem a separar-se das porções póliol, obtendo-se boas forças de cisalhamento, flexibilidade a baixa temperatura e elevada força de arranque.

Relativamente a aplicações, os poliuretanos são, na sua maioria, utilizados como adesivos bi-componentes, sendo que o primeiro componente é maioritariamente o diisocianato ou o pré-polímero de diisocianato e o segundo componente é o póliol. São também utilizados modificadores de viscosidade, tais como cargas inorgânicas ou outros polímeros.



Figura 8 – Exemplo de adesivo de uretano

- **Auto-adesivos**⁽¹⁰⁾

Estes adesivos, materiais que aderem simplesmente através da pressão dos dedos, são agressiva e permanentemente pegajosos e não requerem qualquer tipo de activação para além da pressão dos dedos, devendo ser removidos de uma superfície lisa sem deixar resíduos.

Estes adesivos são maioritariamente utilizados na forma de fitas adesivas, com inúmeras aplicações: máscaras, aplicações médicas, isolamento eléctrico, montagem, empacotamento e outras aplicações. A escolha da formulação do adesivo depende muito da aplicação e condições de utilização. Estes adesivos encontram-se também disponíveis na forma de aerossol, para utilização em artes gráficas e fotografia.



Figura 9 – Exemplo de fitas adesivas

A fórmula geral de um auto-adesivo inclui um polímero elastomérico, uma resina com elevada adesividade, quaisquer enchimentos necessários, oxidantes e estabilizantes, se necessários, e agentes reticulantes. Na formulação deste tipo de adesivos terão que ser ponderadas três propriedades: força de arrancamento, força de cisalhamento e adesividade. A força de cisalhamento é medida pendurando um peso na extremidade de um pedaço de fita e medindo o tempo até a falha. A adesividade é o termo técnico aplicado para quantificar a sensação de colagem de um material. Em geral, a força de cisalhamento e a adesividade destes adesivos aumentam, e atingem um máximo, em função da quantidade de resina adesiva adicionada. Também a força de arrancamento aumenta com o aumento da quantidade de resina adicionada.

O elastómero mais utilizado, e porventura o mais antigo, em auto-adesivos é a borracha natural, com a patente mais antiga a datar de 1845. Outros elastómeros utilizados incluem borrachas butílicas, polivinil éteres, acrílicos e silicões.

- **Adesivos termofusíveis**

Estes adesivos são materiais termoplásticos, 100% não voláteis, que podem ser fundidos e aplicados em estado líquido a um suporte. A ligação é formada quando o adesivo solidifica novamente.

A formulação de termofusíveis envolve a disponibilização das melhores propriedades físicas, ao longo de uma gama de temperaturas o mais ampla possível. Este tipo de adesivo é geralmente útil na gama de temperaturas entre a temperatura de transição vítrea e a temperatura de fusão. Estes adesivos são baseados em polímeros termoplásticos que podem ser combinados ou não. No caso dos combinados, utilizam-se copolímeros de etileno e acetato de vinilo, ceras parafínicas, copolímeros de estireno-butadieno, copolímeros de estireno-etilacrilato e polipropileno de baixa densidade. No estado não combinado, utilizam-se poliésteres, poliamidas e poliuretanos.



Figura 10 - Adesivos termofusíveis (hot-melt)

O polímero termoplástico mais utilizado é o copolímero de etileno e acetato de vinilo (EVA), que se pode obter numa larga gama de pesos moleculares, bem como numa variedade de composições. Muitas vezes adicionam-se flexibilizantes e plastificantes de forma a melhorar a resistência aos choques mecânicos e as propriedades térmicas do adesivo. Como plastificantes utilizam-se, por exemplo, polibutenos e ftalatos.

Os adesivos termofusíveis, normalmente aplicados através de um aplicador automático ou pistola de cola, são materiais extremamente úteis devido às suas rápidas características de junção.

Os problemas associados à utilização destes adesivos, devem-se a um menor desempenho a altas temperaturas, já que, sendo termoplásticos, tendem a ceder sob carga. Muitos destes problemas podem ser solucionados, através da introdução de um

certo grau de interligação, que deverá ocorrer após a aplicação do adesivo, não à temperatura em que este é mantido líquido no aplicador.

Relativamente a aplicações, uma das maiores é a da indústria de encadernação de livros, nomeadamente os de capa mole, apresentando como vantagens da sua aplicação, o curto tempo de aplicação, lombadas rectas e estáveis e boa velocidade de encadernação. A escolha do adesivo correcto depende do tipo de papel, do tipo de produto, da utilização do produto e a resistência e tratamento da lombada. Estes adesivos são também utilizados na indústria de mobiliário e calçado. Para além destas aplicações, têm vindo a aumentar as suas aplicações a nível doméstico.

- **Adesivos de base solvente**

Estes materiais são formados por uma solução de um polímero de elevado peso molecular num solvente apropriado. Apesar de o polímero ser usualmente um elastómero existem muitos casos em que o adesivo contém um polímero não elastomérico como cloreto de polivinilo.

Estes adesivos podem ser divididos em três categorias: ligação por contacto, reactiváveis e ligação de solvente. A cola de contacto é aplicada em spray ou rolo, em ambos os lados da combinação de aderendos. Após evaporação do solvente, os suportes são juntos e o adesivo actua. Os adesivos reactiváveis são aplicados em ambos os lados dos suportes e deixando o solvente evaporar totalmente, o adesivo pode ser reactivado, esfregando a superfície com solvente.

Um adesivo com base borracha pode ser uma mistura complexa de materiais. O componente principal é um elastómero do qual o adesivo deriva muita da sua força. São muitas vezes adicionados materiais adesivos, para fornecer adesividade e aumentar a auto-adesão. Os plastificantes utilizam-se para tornar o adesivo permanentemente suave e utilizam-se também pigmentos e cargas, para alterar a cor, controlar a viscosidade e reduzir os custos. Os solventes, componentes-chave dos adesivos com base solvente, reduzem a viscosidade para permitir uma aplicação adequada. Também podem ser adicionados antioxidantes para fornecer estabilidade.

O elastómero mais utilizado é o policloropreno (neopreno), que é especialmente adequado para colas de contacto, quando utilizado na presença de resinas adesivas adequadas.

As características de aplicação dependem muito do tipo de solvente utilizado. O principal mercado para estes adesivos é o dos laminados, sendo estes adesivos utilizados em grande variedade de mobiliário onde se aplicam superfícies em fórmica.



Figura 11 – Exemplo de adesivo base solvente (cola de contacto)

- **Adesivos de emulsão**

O adesivo de emulsão mais utilizado é baseado em copolímeros de poliacetato de vinil e polivinil-álcool, formados pela polimerização por radicais livres num sistema de emulsão. O polivinil álcool é tipicamente formado pela hidrólise do poliacetato de vinil. As propriedades da emulsão são derivadas do polímero utilizado na polimerização, bem como do sistema utilizado para emulsionar o polímero em água. A emulsão é estabilizada através da combinação de um surfactante e um sistema de protecção de colóides.

Estes adesivos são conhecidos como colas brancas ou colas de carpinteiro e encontram-se disponíveis sob várias designações comerciais. As aplicações centram-se na colagem de papel e madeira.



Figura 12 – Exemplo de adesivo de emulsão (Cola branca)

1.2. Vedantes⁽¹¹⁾

A principal diferença entre adesivos e vedantes está relacionada com o facto de os vedantes apresentarem, geralmente, uma menor força e um alongamento superior do que os adesivos. Sendo o principal objectivo de um vedante selar montagens e juntas, estes têm de apresentar suficiente adesão aos substratos e resistência às condições ambientais, de forma a manter a ligação ao longo do período de utilização.

Em termos de classificação podem ter-se vedantes ou mástiques vedantes, com as seguintes características:

- **Vedante** – produtos utilizados para vedar ou eliminar uma junta/fenda num, ou entre diversos materiais. Ex: fitas, perfis, produtos moldados ou produtos por injeção.
- **Mástique vedante** – vedante aplicado por injeção (estado plástico) numa junta ou num outro espaço entre elementos de construção, adquirindo aí, as suas propriedades finais.

Quando os vedantes são utilizados entre substratos com diferentes coeficientes de expansão térmica ou diferente alongamento sob carga, necessitam de ter uma flexibilidade e alongamento adequados. Deste modo, os vedantes contêm geralmente materiais de enchimento inertes e são usualmente formulados com elastómeros para providenciar estas propriedades.

De um modo geral, estes materiais apresentam uma consistência pastosa que permite um mais fácil preenchimento de falhas entre substratos, mesmo em aplicações verticais, tais como juntas de dilatação em fachadas de edifícios. Outra característica requerida está relacionada com a retracção após a aplicação, que terá de ser reduzida.

Relativamente a propriedades, os vedantes situam-se entre os adesivos de elevada força e as massas e pastas de enchimento. Estas apresentam apenas uma função, encher fendas e fissuras, ao contrário dos vedantes que, apesar de não terem uma elevada força, apresentam um vasto número de propriedades, igualmente relevantes, tais como selagem do substrato na linha de colagem, eficácia em manter a humidade dentro ou fora do local de aplicação, isolamento térmico e acústico, podendo actuar como barreiras ignífugas. Por vezes, apresentam também propriedades eléctricas, desejáveis em certas aplicações.

Em resumo, os vedantes são usualmente aplicados na resolução de vários tipos de situações, quer em aplicações domésticas ou industriais.

Independentemente da aplicação, um vedante apresenta algumas funções básicas:

- Preencher uma falha entre dois ou mais substratos;
- Formar uma barreira através de propriedades físicas do próprio vedante e por adesão ao substrato;
- Manter as propriedades de selagem para o esperado tempo de vida, condições de serviço e ambientais;
- Compensar movimentos entre elementos de construção;
- Melhorar a aparência estética;
- Também pode funcionar como cola (ex: colagem de vidro)

O vedante garante estas funções através de uma correcta formulação para atingir uma aplicação específica e performances adequadas e expectáveis.

Ao contrário dos adesivos, não existem muitas alternativas funcionais para o processo de selagem. A solda ou soldadura podem também ser utilizados como vedantes em certas circunstâncias, dependendo do substrato e do movimento relativo a que os

substratos estarão sujeitos. No entanto a simplicidade e fiabilidade oferecidas pelos elastómeros orgânicos, usualmente, torna-os uma escolha evidente para realizar estas funções.

Associado ao vedante, está sempre a junta quer se pretende preencher, pelo que é importante perceber a sua dinâmica e a forma correcta de a dimensionar para que, qualquer que seja o vedante, se obtenham os melhores resultados.

Em relação à dinâmica, as juntas estão sujeitas a diversos tipos de movimentos, que podem ser classificados de acordo com as forças que actuam sobre os elementos. A figura 6 apresenta alguns destes movimentos.

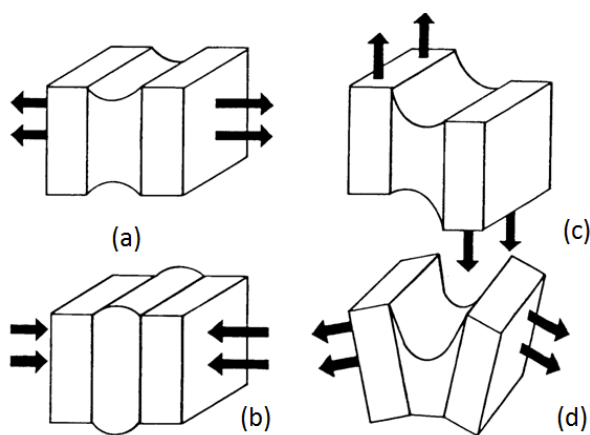


Figura 13 - Tipos de movimentos em juntas (a) Extensão, (b) Compressão, (c) movimento vertical, (d) movimento horizontal ⁽¹²⁾

Quanto ao dimensionamento este deverá ser o adequado à junta que se pretende vedar, para que não se obtenham juntas mal dimensionadas, como as apresentadas nas figuras 14 e 15.



Figura 14 – Junta onde foi excedida a capacidade de movimento do vedante ⁽¹²⁾



Figura 15 – Junta com pouca profundidade, que limita a sua capacidade de movimento ⁽¹²⁾

O dimensionamento correcto da junta deverá ter em conta os movimentos devido aos materiais e temperatura e a capacidade de movimento dos vedantes. O primeiro passo deverá ser a limpeza da junta e colocação de um cordão de fundo de junta, se aplicável. Caso seja necessário, deverá ser aplicada fita de protecção nos bordos da junta. Seguidamente o vedante pode ser aplicado, evitando a formação de bolhas e após aplicação, o produto deverá ser alisado e deverão ser retiradas as fitas de protecção antes da formação de pele.



Figura 16 – Exemplo de junta bem dimensionada ⁽¹²⁾

No que respeita a classificação, os vedantes são primeiramente classificados pela sua forma física, sendo as três maiores classes: ⁽¹¹⁾

- **Vedantes mono-componente** – Geralmente apresentados em cartuchos, não necessitam de um equipamento especial para a sua aplicação. As tecnologias incluem acrílicos (base aquosa), butilos (base solvente), latex, silicone e uretanos.
- **Vedantes bi-componentes** – Constituídos por duas partes, normalmente o componente base e o componente activador. Este activador é tipicamente adicionado ao componente base e misturado para um determinado período de tempo antes da aplicação. Estes materiais requerem aplicadores mais específicos e equipamento de mistura para preparar e aplicar o produto. Quanto a tecnologias, estas incluem époxi, silicone e uretano.
- **Fitas vedantes** – Estas fitas são fornecidas como vedantes num suporte flexível. Os tipos incluem butilos e silicones (pré-formados) e fita de uretano (fornecidas em estado comprimido).

1.2.1. Propriedades dos vedantes ⁽¹¹⁾

As propriedades mecânicas dos vedantes incluem o alongamento, compressibilidade, força de tensão, módulo de elasticidade, resistência à tracção (“tear”) e resistência à fadiga. Dependendo da natureza da aplicação, um vedante pode requerer uma baixa ou elevada força.

O vedante terá que ter suficientes características mecânicas para permanecer ligado ao substrato durante o período de utilização, bem como actuar como uma barreira. Relativamente aos substratos, estes podem mover-se consideravelmente, requerendo que o vedante se expanda ou contraia significativamente, sem perder adesão à superfície.

A definição da capacidade de movimento é um processo complexo, sendo que a temperatura, taxa de variação de temperatura e configuração da junta influenciam os resultados. Em certas aplicações, a força poderá ser mais importante que a elasticidade. Forças reduzidas, ou mais correctamente, módulos de tensão baixos, poderão ser o factor mais importante numa situação em que o vedante junta uma ou mais superfícies fracas.

A força de tensão é requerida principalmente para evitar falha coesiva sob carga e não tanto para transferir carga entre substratos, como no caso da maioria dos adesivos.

O módulo pode algumas vezes prever as características de expansão ou de compressão de um vedante. Em geral, vedantes com módulos baixos-médios permitem suportar movimentos significativos sem colocar muita tensão no vedante ou nos substratos.

Alguns vedantes de elevada performance são formulados para uma superior capacidade de movimento, muitas vezes excedendo em larga percentagem a prevista.

A força de compressão é a tensão de compressão máxima que um vedante pode suportar sem ceder ou experienciar excessiva extensão. A deformação da compressão é a impossibilidade do vedante de retornar às dimensões originais, após ter sido comprimido. Uma elevada deformação por compressão é usualmente originada por uma cura posterior ou formação de ligações cruzadas degradativas, do material sob compressão. Este tipo de deformação não é desejável numa junta que necessita de expandir e contrair continuamente.

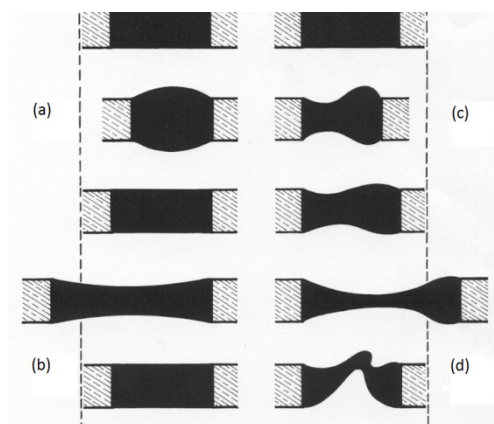


Figura 17 - Comportamento de um mástique elástico (a) Compressão, (b) Extensão e de um mástique plástico (c) Compressão, (d) Extensão ⁽¹²⁾

Os vedantes podem estar expostos a vários tipos de desgaste mecânico, nomeadamente aqueles aplicados em locais com grande movimento, por exemplo, os vedantes utilizados em juntas de dilatação em estradas. Desta forma, estes materiais têm de apresentar boa resistência à abrasão, rasgamento e perfuração.

Os vedantes flexíveis, disponíveis em cura química e sem cura, exibem variados graus de resistência ao desgaste. Neste particular, a maior resistência pertence aos vedantes de uretano.

As cargas dinâmicas, choques e rápidas variações na tensão podem também causar falha de ligação. Desta forma, a consideração de vedantes elastómeros resistentes e flexíveis, que podem ser esticados e retornar ao seu tamanho original, deverá ser o primeiro passo no processo de selecção de juntas desenhadas para cargas mecânicas.

A adesão é também um factor importante na determinação da performance de um vedante. As mesmas regras de adesão que se aplicam aos adesivos aplicam-se também aos vedantes. A adesão é primeiramente afectada pelas interacções físico-químicas entre o material vedante e a superfície em que é aplicado. No entanto, em certas juntas onde existe grande movimento, uma elevada adesão do vedante a um substrato específico poderá não ser muito desejável. Nessas situações, a força do adesivo é superior à força coesiva do vedante, e o vedante poderá ceder na expansão ou contracção.

As condições que irão influenciar a adesão dos vedantes incluem exposição à humidade, extremos de temperatura, considerações de movimento e limpeza das superfícies.

Por vezes é necessária a aplicação de processos de condicionamento da superfície ou de um primário, para tornar o substrato compatível com o respectivo vedante.

A resistência aos elementos é definida como o grau de resistência do vedante à exposição ao calor, humidade, frio, radiação solar, etc.

O grau de resistência é determinado pelo polímero de base e a natureza dos aditivos utilizados na formulação do vedante. Geralmente os vedantes são formulados para uma resistência máxima a um único elemento, por exemplo, a humidade.

Em muitas situações, a aparência do vedante é quase tão importante como as suas propriedades físicas. Desta forma, a maioria dos vedantes está disponível numa gama alargada de cores, tornando possível a combinação com o ambiente em que é utilizado.

Os vedantes podem também originar efeitos químicos no substrato em que são aplicados. Esta incompatibilidade pode originar o amolecimento ou endurecimento do vedante, rachas no vedante e substrato e inibição da cura do vedante, ou causar outros tipos de alterações.

1.2.2. Classificação de Vedantes ⁽¹¹⁾

Os vedantes podem ser divididos nas seguintes categorias principais:

- Acrílicos
- Butílicos
- Látex
- Polissulfidas
- Poliuretanos
- Silicones
- Polímeros modificados (SMP)
- Polímeros Flextec

A figura seguinte apresenta o esquema de classificação de acordo com o tipo de endurecimento.

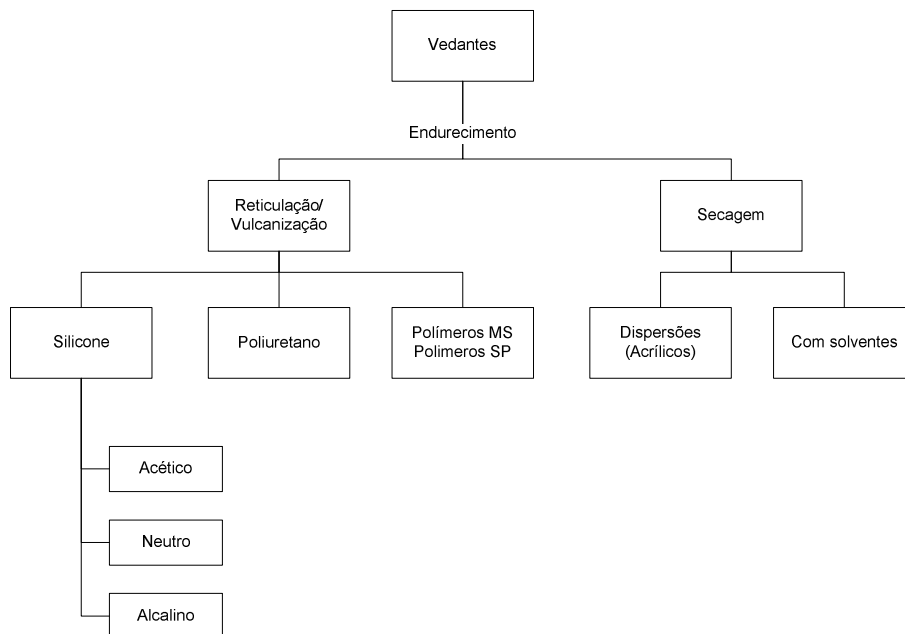


Figura 18 – Esquema de classificação de vedantes ⁽¹²⁾

- **Acrílicos**

Os vedantes acrílicos são aplicados em construção residencial e comercial ligeira, em vedações em juntas interiores, caixilhos em portas e janelas e juntas ou fissuras em paredes e estuque. São produtos não reactivos, que secam por evaporação de água. Geralmente apresentam capacidade para suportar $\pm 12,5\%$ de movimento, de acordo com as especificações ASTM C920 ⁽¹³⁾, Classe 12-1/2. Estes vedantes podem ser pintados, exibindo porém algum encolhimento após a cura. Outras das desvantagens são o seu pouco tempo de utilização após abertura e o facto de não serem adequados para juntas sujeitas à acção permanente da água.

- **Butílicos**

Os vedantes butílicos apresentam excelente adesão à maioria dos substratos, excelente resistência à transmissão de vapor de água, porém a sua capacidade de suporte de movimento é limitada ($\pm 10\%$). Em relação à resistência ao tempo e ao envelhecimento, apresentam igualmente boas propriedades. No entanto, apresentam alguma retracção após cura, podem endurecer e rachar ao longo do tempo, sobretudo em superfícies expostas, sendo que alguns destes vedantes não são adequados para aplicações com exposição aos raios UV.

- **Látex**

Estes vedantes são utilizados maioritariamente em aplicações de construção residencial e comercial ligeira, para uso interior e exterior. Apresentam elevada capacidade de movimento, com $\pm 25\%$, de acordo com as especificações ASTM C920, Classe 25. Permitem a pintura após endurecimento, sendo recomendada a utilização de tintas de látex. Em termos de resistência apresentam muito boa durabilidade exterior. No entanto, tal como os acrílicos e butílicos, exibem alguma retracção após a cura.

- **Polisulfidas**

Os vedantes de polisulfidas foram os primeiros vedantes de elevada performance, maioritariamente utilizados em aplicações industriais, cumprindo com as especificações ASTM C920, Classe 12-1/2 ou 25. A sua pobre recuperação limita a sua utilização em juntas com elevados movimentos cíclicos, no entanto, podem ser formulados para uma excelente resistência química.

Apresentam igualmente boas performances em aplicações submersas. Uma das desvantagens em relação a outros vedantes, é a necessidade de primário em quase todos os substratos.

- **Poliuretanos**

Os poliuretanos são polímeros reactivos com terminais isocianatos que reagem com a humidade ambiental. Estes vedantes são utilizados em aplicações industriais e comerciais, não podendo ser utilizado em aplicações que envolvam a utilização de vidro, nem podem ser aplicados em suportes absorventes e húmidos, já que se podem formar bolhas nessas superfícies. São utilizados em juntas onde se exige elevada resistência mecânica, juntas transitáveis, juntas náuticas, juntas de dilatação em edifícios e sistemas de ventilação e ar condicionado. Apresentam excelente adesão, geralmente sem utilização de primário, em diversas superfícies, e podem ser formulados para uma boa resistência aos raios UV, que pode ser comprometida pela utilização de determinada cor. Permitem também um elevado poder de recuperação elástica e boa resistência a produtos químicos e à abrasão. Estes vedantes permitem a pintura, após endurecimento, e algumas formulações podem conter baixos níveis de solventes.

- **Silicones**

Os silicones são os vedantes mais conhecidos e com a maior aplicação em uniões estruturais e uniões envolvendo a utilização de vidro, nomeadamente juntas dilatação e juntas de ligação entre elementos de construção, sanitários, cozinhas e vedação de vidro e caixilharia.

São produtos reactivos à humidade e têm como principal vantagem uma excelente capacidade de movimento, que pode exceder os 50%, de acordo com a norma ASTM C920, Classe 50 e Classe 100/50. Esta capacidade mantém-se igualmente a baixas temperaturas. Apresentam também excelente estabilidade ao calor e raios UV, baixa retracção, resistência a microrganismos e a ácidos e bases diluídas, bem como a produtos de limpeza domésticos.

Em termos de adesão, apresentam boa adesão em muitos substratos, especialmente vidro, sendo que a aplicação de primário é recomendada em certos substratos,

particularmente porosos. Como aspectos menos positivos, não são pintáveis e certas formulações apresentam forte odor e dependendo da combinação polímero/reticulante, são libertados distintos produtos voláteis (HX), durante a reticulação.

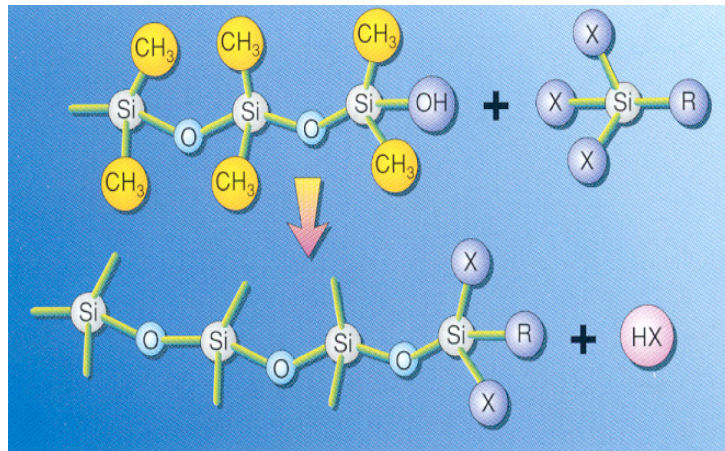


Figura 19 – Processo de reticulação de silicões ⁽¹²⁾

Relativamente ao sistema de reticulação, os silicões podem ser classificados de acordo com o esquema seguinte.

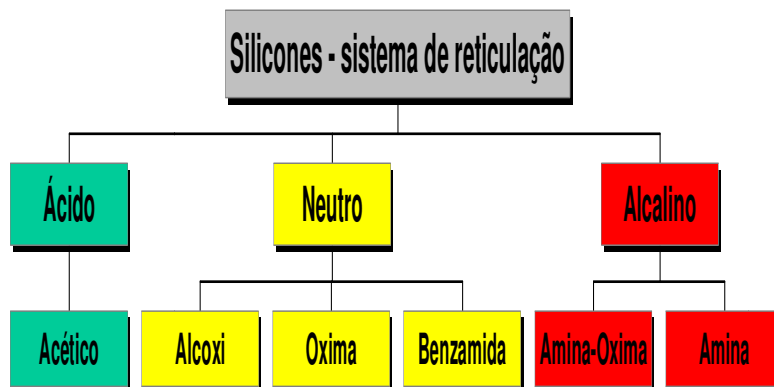


Figura 20 – Classificação dos silicões ⁽¹²⁾

Em termos de requisitos para utilização nas várias aplicações, tem-se para cada uma delas:

Silicones em juntas

- Ausência de retracção;
- Elevado poder de recuperação elástica;
- Elasticidade elevada;
- Estanquicidade à água;
- Resistência à água;
- Neutralidade face ao suporte;
- Adesão aos materiais

Silicones em sanitários

- Adesão aos materiais (cerâmica, vidro, poliéster, alumínio, madeira tratada);
- Fungicida, resistência ao mofo e fungos, previne o aparecimento de manchas negras nas juntas;
- Elasticidade permanente;
- Resistência à acção continua da água e/ou humidade;
- Resistência química à acção abrasiva de desinfectantes e produtos de limpeza

Silicones em vidro e caixilharia

- Adesão a diferentes materiais;
- Absorção dos movimentos dos diferentes materiais;
- Resistência aos raios UV e intempéries;
- Transparência na vedação/colagem de vidro-vidro

- **Polímeros modificados (SMP)¹**

Esta é uma das mais recentes tecnologias no campo dos vedantes, permitindo uma ampla utilização na construção, indústria, bricolage, indústrias automóvel e marítima e mercados de transporte, não sendo recomendados para aplicações estruturais envolvendo utilização de vidro (SSG)². Apresentam excelente adesão e boas capacidades de movimento, juntando-se a boa estabilidade aos raios UV e calor. Com estas características, permite uma ligação excepcional a plásticos, metais, madeira e pedra. Em termos de movimento, estes vedantes podem exceder $\pm 50\%$ de movimento (ASTM C920), mesmo a baixas temperaturas. No que respeita à sua utilização e segurança, são de fácil aplicação e podem ser pintados e não contêm solventes, libertando menos COV e menos odores, comparativamente com outros tipos de solventes.

Em relação aos polímeros Flextec[®], a mais recente tecnologia em vedantes, estes irão ser descritos no capítulo dedicado a esta tecnologia.

Em todos os tipos de vedantes apresentados anteriormente as suas capacidades de movimento são descritas em termos de classes, referentes à norma ASTM C920. Esta norma é similar, mas não idêntica à norma ISO 11600:20002, que é apresentada em seguida, para que a classificação dos vedantes seja mais facilmente compreendida.

A norma ISO 11600:2002 ⁽¹⁴⁾ – “ Building construction – Jointing products – Classification and requirements for sealants”, apresenta as diversas classificações e requerimentos na utilização de vedantes na construção.

Em termos de classificação, esta inicia-se com o tipo de selante, sendo que de acordo com as suas aplicações, os vedantes são separados em dois tipos:

- Tipo G – Vedantes para utilização em juntas de vidro/envidraçamento (SSG)
- Tipo F – Vedantes de construção para utilização em juntas de construção

Divididos nestes dois tipos, os vedantes são classificados de acordo a sua eficácia na função de selagem, em juntas com parâmetros de movimentos apresentados na tabela 1.

¹ SMP – Silyl Modified Polymers

² SSG – Strutural Sealant Glazing

Tabela 1 – Classes de vedantes ⁽¹³⁾

Classe	Amplitude de teste (%)	Capacidade de movimento (%)
25	± 25	25
20	± 20	20
12,5	$\pm 12,5$	12,5
7,5	$\pm 7,5$	7,5

Nota: As classes 25 e 20 aplicam-se a ambos os tipos, G e F, enquanto as classes 12,5 e 7,5 se aplicam somente ao tipo F.

Para além da sua divisão em classes, os vedantes podem ser sub-divididos em diferentes subclasses, de acordo com determinadas características. Os vedantes da classe 25 e 20 são adicionalmente sub-classificados de acordo com o seu módulo de tensão secante. Desta forma, tem-se:

- Selante de baixo módulo - código LM
- Selante de alto módulo - código HM

Por seu lado, os vedantes da classe 12,5 são adicionalmente classificados de acordo com a sua recuperação elástica.

- Recuperação elástica igual ou superior a 40% - código E (elástico)
- Recuperação elástica inferior a 40% - código P (plástico)

Os vedantes das classes 25, 20 e 12,5E designam-se vedantes elásticos, enquanto os vedantes das classes 12,5P e 7,5P se designam vedantes plásticos.

1.3. Empresa – Henkel⁽¹⁵⁾

A empresa Henkel com a sua sede central em Düsseldorf, Alemanha, foi fundada em 1876 por Fritz Henkel. Em 130 anos, a Henkel tem vindo a crescer continuamente, desenvolvendo-se desde uma pequena empresa familiar a uma empresa globalmente activa, bem sucedida internacionalmente, inovadora e dirigida ao consumidor.

Hoje, o Grupo Henkel é líder com marcas e tecnologias que tornam a vida das pessoas mais simples e mais agradável. Com cerca de 52.000 colaboradores a nível mundial, é uma das companhias alemãs mais internacionais no mercado global, sendo que pessoas de 125 países confiam nas marcas e tecnologias da Henkel.

A Henkel opera a nível mundial em 3 unidades estratégicas de negócio: Detergentes e Cuidados do Lar, Cosmética e Higiene Pessoal e Adesivos e Tecnologias (Adesivos, Vedantes e Produtos para Tratamento de Superfícies).

Algumas partes integrantes da Divisão de Adesivos e Tecnologias são os segmentos de colas, sistemas de revestimentos de pisos, colagem e vedação de juntas, impermeabilização, colocação de cerâmicos e sistemas de isolamento de fachadas pelo exterior.

Produtos inovadores

A Henkel é uma das empresas mais orientadas para a inovação, sendo que a intensiva componente de Investigação e Desenvolvimento garante um fornecimento constante de produtos inovadores e sistemas baseados em novas tecnologias.

Seguem-se alguns exemplos de lançamentos inovadores no mercado profissional da construção civil.

- 1ª Empresa em Portugal a lançar uma gama completa de produtos de base aquosa e totalmente isenta de solventes, para o mercado de revestimentos de pisos (gama Thomsit).
- Lançamento de uma gama completa de vedantes de roscas adaptada à canalização e climatização (gama Tangit). Inclui ainda o produto Tangit Uni-Lock, um fio vedante, certificado, que veio revolucionar os métodos de trabalho dos profissionais e fruto de desenvolvimentos internos do Grupo Henkel.

- Desenvolvimento e introdução no mercado da tecnologia Flextec®, aplicada a vários sectores da construção civil, desde a colagem e vedação, à colocação de pavimentos em madeira.

O ponto forte do Grupo Henkel é o seu vasto know-how, sendo a Henkel a parceira ideal para os profissionais, oferecendo excelência e alta performance dos seus produtos, sistemas de produtos e um know-how baseado em vários anos de experiência.

1.3.1. Colas, Vedantes e Tratamentos de Superfícies

Com um extenso portfólio de produtos, as colas, vedantes e produtos para tratamento de superfícies da Henkel, têm aplicação nos sectores dos transportes, electrónica, aeronáutica, metal, bens de consumo e indústrias de manutenção, reparação e embalagens.

Estes produtos estão agrupados em 4 grandes divisões:

- Industrial;
- Casa, Escola e Escritório;
- Bricolage (DIY)
- Construção

Em relação ao presente estudo, a maior atenção será focada na divisão de construção, sendo esta a que concentra a maior diversidade de produtos e onde os produtos com a tecnologia em estudo estão inseridos.

De forma resumida apresentam-se as restantes divisões principiando pela divisão de Casa, Escola e Escritório, mercado em que a Henkel é conhecida há mais de 75 anos devido à sua inovação, qualidade e experiência em colas para o lar, escola e escritório. Neste grupo de produtos incluem-se as marcas Loctite®, com as diversas formulações e especificações de cianoacrilatos, vulgarmente conhecidos por supercolas, a marca Pattex® adequada para todo o tipo de bricolage, com as colas de montagem, fitas multiusos, colas de madeira e de contacto. Em relação a esta marca, esta vai ser mais detalhadamente apresentada na divisão de construção.

Por fim, tem-se a marca Pritt[®], com várias aplicações e produtos como correctores, colas em barra e fitas.

A divisão de Bricolage (DIY) congrega muitos dos produtos da divisão de Construção, pelo que estes serão, neste capítulo, melhor apresentados. A divisão Industrial concentra todo o know-how da Henkel para providenciar a melhor solução em termos de produtos, para cada indústria específica, adaptando ou desenvolvendo novos produtos. Os mercados em questão são diversos e incluem a Construção e Mobiliário, Cuidados com a Saúde, Electrodomésticos e Electrónica, Embalagem e Papel, Processamento de Metais e Fabrico de Máquinas e Transportes. As marcas incluem as seguintes: AblestiK[™], Acheson[™], Adhesin[®], Bonderite[®], Hysol[®], Loctite[®], entre outras.

1.3.2. Produtos para Construção

A Henkel tem um vasto portfólio de marcas profissionais e inovadoras concebidas para satisfazer as necessidades dos especialistas da construção, quer seja para ladrilhar, pavimentar, pintar, quer para as tarefas de carpintaria e canalização.

Além disso, a Henkel desenvolveu soluções inovadoras e personalizadas no campo das colas e vedantes, que vão de encontro à procura dos profissionais e entusiastas da bricolage.

Em termos de produtos, estes dividem-se pelas seguintes marcas, de acordo com as suas características e aplicações.

- **Metylan** ⁽¹⁵⁾



A marca Metylan foi criada na Alemanha em 1953, como pasta para papel de paredes à base de pó, para utilização industrial. Mais tarde, com o desenvolvimento de papéis mais pesados, criou-se o Metylan Especial. Esta é uma marca específica, com uma única área de utilização, que tem vindo a crescer, devido ao maior interesse em novos ambientes decorativos, com o regresso dos papéis de parede decorativos.

O produto Metylan Especial é uma cola metilcelulósica de alta qualidade, reforçada com resinas sintéticas e fungicidas para a colagem de papéis pesados, têxteis, vinílicos e outros papéis especiais.

Por seu lado, Metylan Universal é especialmente indicado para papéis pintados, leves e papéis com reverso de cortiça.

Ambos os produtos apresentam uma grande aderência, fácil dissolução, transparência, não manchando os suportes, permitem um bom ajuste do papel e apresentam um alto rendimento.



Figura 21 - Metylan Univeral e Metylan Especial ⁽¹⁵⁾

- **Pattex** ⁽¹⁵⁾



Esta é a marca especialista em colas, tanto para a bricolage como para os profissionais. Durante décadas inovou através de novas tecnologias e novos produtos, esforçando-se por tornar a vida do consumidor mais fácil e as tarefas de bricolage mais eficientes. Os produtos desta marca são aplicados e utilizados nas mais diversas situações e sobre todo o tipo de materiais, existindo sempre uma solução adequada a cada aplicação.

Os diversos produtos da gama dividem-se nas seguintes categorias:

- Colas de montagem
- Massas de colar

- Colas universais
- Fitas multiusos
- Colas específicas
- Bucha química
- Cola de madeira
- Cola contacto

Aplicações

De entre os vários produtos das categorias, destacam-se aqueles que introduzem novas tecnologias e conseqüentemente novas soluções para determinada situação. Neste particular destacam-se as buchas químicas e as fitas multiusos.

A utilização de buchas químicas consiste na fixação de elementos através de uma união química estrutural, baseada numa resina de dois componentes. As buchas químicas são a solução mais segura para suporte de pesos médios a elevados, funcionando tanto em materiais maciços (cimento, betão, pedra) como em materiais ocos (ladrilhos, blocos ocos de betão) ou de consistência irregular.

As buchas químicas evitam a dependência da medida das tradicionais buchas físicas, ou seja, funcionam como buchas à medida. Além disso a sua resistência é maior do que a de uma bucha física média.



Figura 22 – Pattex TQ-500 – Bucha Química ⁽¹⁵⁾

Outros produtos inovadores, são as novas fitas adesivas Power Tape®. A sua tecnologia de três camadas faz deste um produto com elevadas prestações: impermeável, com elevado poder adesivo, até em superfícies molhadas, grande resistência, e com inúmeras aplicações, tanto domésticas como profissionais.



Figura 23 – Pattex Power Tape ⁽¹⁵⁾

Nesta gama, existem também produtos que aplicam a nova tecnologia Flextec®, de forma a criar materiais mais flexíveis e resistentes. É o caso das colas de montagem PL 700, de utilização profissional e da Pattex Repair Extreme, uma cola para várias utilizações, mais a nível doméstico.



Figura 24 – Pattex – Repair Extreme ⁽¹⁵⁾



Figura 25 – Pattex PL-700 Total Fix ⁽¹⁵⁾

- **Rubson** ⁽¹⁵⁾



A marca especialista em impermeabilizantes, com mais de 50 anos de experiência e líder em vários países. Apresenta uma gama completa contra a humidade e a alta tecnologia, aliada às certificações europeias, garantindo resultados definitivos na construção.

Em termos de categorias de produtos têm-se as seguintes:

- Silicone líquido
- Impermeabilizantes
- Primários
- Hidrofugantes

De entre os produtos desta gama, destaca-se o inovador Silicone Líquido SL3000, que representa uma nova tecnologia na impermeabilização de coberturas. Trata-se de um revestimento líquido baseado na tecnologia Silicotec[®].

É um produto 100% silicone de base aquosa, fácil de utilizar, 100% estanque, com grande elasticidade (400%), grande resistência aos UV e ao envelhecimento, grande capacidade de enchimento, permeável ao vapor de água. Resiste a temperaturas extremas (-20°C a +80°C), é isento de substâncias classificadas como perigosas e com certificação ETA 005.



Figura 26 – Rubson SL3000 ⁽¹⁵⁾

Campos de aplicação

Este produto tem como principal aplicação a impermeabilização e protecção de coberturas planas e inclinadas, algerozes, terraços, telas asfálticas, uniões em chaminés, clarabóias e saídas de ventilação. É especialmente indicado para a reconstrução e reparação de fugas, ligações entre telhados e locais de entrada de canalizações.



Figura 27 – Exemplo de aplicação do produto Rubson SL3000

Suportes

Relativamente aos suportes, o produto pode ser aplicado sobre suportes minerais, betão, cimento, fibrocimento, telhas, cerâmicos, telas asfálticas, betuminosas ou plásticas, metais, plásticos, isolamentos térmicos, poliuretano, poliestireno, madeira, aglomerado e contraplacado.

- **Sista**⁽¹⁵⁾



Esta é a marca profissional para vedar, selar e colar, com silicões de elevada qualidade, acrilatos e espumas expansíveis, com garantia dos melhores resultados.

Os produtos agrupam-se nas seguintes categorias:

- Cola e Veda
- Silicones
- Vedantes
- Acrílicos
- Primários
- Espumas PU
- Pistolas

Aplicações

A gama é constituída por diversos produtos para as mais diversas utilizações. Em termos de silicones, têm-se silicones acéticos e neutros. Os silicones acéticos são vedantes de silicone, monocomponente, com cura por vulcanização acética em contacto com o ar. Estes são especialmente formulados para a vedação de todo o tipo de juntas de estanquicidade e de ligação. São resistentes aos raios UV, intempéries, a água e produtos de limpeza. Apresentam também certificação SNJF de 1ª categoria sobre vidro e alumínio (juntas de grande movimento). Apresentam elevada elasticidade e grande adesão a diversos materiais: alumínio lacado e anodizado, vidro, superfícies vitrificadas, com aplicações na vedação em vidro e caixilharia de alumínio/vidro. Em juntas de material sanitário, estão disponíveis produtos com fungicidas incorporados.



Figura 28 – Sista – Silicones acéticos ⁽¹²⁾

Os silicones neutros, por seu lado, são produtos especialmente formulados para a vedação de todo o tipo de juntas de estanquicidade e de ligação em metais, plásticos e todos os tipos de materiais de construção. Apresentam grande elasticidade, boa aderência sobre a maioria dos suportes e apresentam também certificação SNJF de 1ª categoria sobre alumínio e betão.

Em relação aos acéticos, têm como vantagens a ausência de odor e o facto de não atacarem os suportes, mantendo as restantes características.

Em termos de suportes, estes são mais diversos: metais (alumínio, aço inox, ferro, etc.), plásticos (PVC, PC, ABS, metacrilato), vidro, superfícies vitrificadas, materiais de construção (betão, granito, tijolo, cimento) e madeira.



Figura 29 – Sista – Silicones neutros ⁽¹²⁾

Para além dos silicones a gama Sista dispõe também de mástiques vedantes acrílicos de grande elasticidade, especialmente formulados para a vedação de juntas em interiores, juntas de construção com movimento médio e reparação de fissuras em paredes e tectos pintáveis. Apresentam grande poder de fixação sobre superfícies porosas e boa adesão a vários suportes.

Em relação a estes, os acrílicos são aplicáveis em plásticos (PVC e poliéster), vidro, metais (alumínio, aço, ferro), materiais de construção (betão, mármore, tijolo, superfícies vitrificada, madeira, gesso e pedra).



Figura 30 – Sista – Mastiques acrílicos⁽¹²⁾

Encontram-se também disponíveis, para além dos silicones e acrílicos, poliuretanos de nova geração, com propriedades mais avançadas que os poliuretanos convencionais. Este produto é especialmente formulado para a vedação de todo o tipo de juntas de estanquicidade e de ligação, juntas transitáveis e juntas submetidas a elevados esforços.

É de fácil aplicação a qualquer temperatura, pintável depois de endurecido, sem odor e apresentado em cartucho de plástico não deformável, contrapondo as desvantagens dos poliuretanos convencionais.

O produto adere a vários suportes: vidro, cerâmica, cimento, metais pintados, alumínio lacado e anodizado, mármore, granitos e pedra.

Relativamente a aplicações é utilizável em todo o tipo de juntas pintáveis e transitáveis, fixação de tectos e coberturas, juntas em estruturas e coberturas metálicas, condutas de ar condicionado e reparação em carroçarias de veículos.



Figura 31 – Sista - Poliuretano⁽¹²⁾

A gama comporta também produtos específicos para certos materiais, tais como a madeira e vidro, com silicões e vedantes acrílicos, com características específicas para utilização em juntas madeira/madeira e acabamentos finais. Os acrílicos permitem a pintura e o envernizamento e possuem ambos uma ampla gama de cores especiais para madeira. No caso do vidro, existem produtos especialmente designados para a colagem de vidro sobre estruturas e colagem de vidro em obra.



Figura 32 – Sista – Madeiras ⁽¹²⁾

Nesta gama de produto encontram-se também as mais recentes tecnologias em termos de adesivos, com os novos produtos a patentear a tecnologia Flextec[®]. Trata-se de uma tecnologia única da Henkel que garante as melhores prestações em relação às tecnologias tradicionais baseadas em silicões, poliuretanos e polímeros MS.

Resume-se à aplicação prática de novos polímeros exclusivos desenvolvidos pela Henkel e com uma estrutura química mais avançada. De entre estes destacam-se os produtos Sista SP (Figura 33) que serão descritos no capítulo dedicado à tecnologia Flextec[®].



Figura 33 – Gama de produtos SP ⁽¹²⁾

- **Tangit** ⁽¹⁵⁾



Os produtos Tangit são fruto de investigações intensivas e de uma experiência que remonta a mais de 40 anos, garantindo desta forma uma qualidade incomparável. A gama Tangit apresenta diferentes colas e produtos de limpeza para tubagens, bem como soluções profissionais para vedação de roscas.

A gama Tangit apresenta as seguintes categorias de produtos:

- Colas para PVC
- Limpeza e Tratamento de tubagens plásticas
- Vedantes de roscas

Aplicações

Instalação de piscinas e banheiras de hidromassagem ⁽¹⁶⁾

O produto PVC-Flex é o mais recente elemento da gama Tangit. Trata-se de uma cola de secagem rápida, específica para a união de tubos de PVC flexível. É especialmente indicada para o encaixe de tubos e uniões, para o fabrico, preparação e manutenção de tubagens de piscinas e banheiras de hidromassagem. É também adequada para reparações rápidas em uniões de tubos de PVC rígido. A sua fórmula especial reduz até 4 vezes o tempo de secagem, o que permite uma rápida colocação em uso da instalação.

A elevada resistência de Tangit PVC-Flex deriva do seu funcionamento como soldadura química, uma vez que se aglomera com o PVC nos dois lados da união. As colagens são resistentes à água e a estabilidade química da colagem, especialmente contra ácidos inorgânicos, está dependente da tolerância dos tubos, tempo de secagem, pressão e temperatura de serviço, tipo de ácido e a sua concentração.

A estrutura tixotrópica deste material é adequada para evitar escorrimentos e assim garantir uma cobertura uniforme das superfícies a colar, bem como o preenchimento de falhas até 0,6 mm.

Em termos regulamentares, o produto cumpre os requisitos exigidos na norma DIN 16970 – União de Tubagens e Acessórios em PVC e dispõe do certificado emitido pelo “ Centro Tecnológico da Água (TZW) na Alemanha, KTW – Adequado para contacto com água potável.



Figura 34 – Tangit PVC-FLEX⁽¹⁵⁾

Instalação de tubagens de PVC-U

O produto Tangit PVC-U é uma cola especial que garante uniões resistentes e duradouras em tubagens, pranchas e perfis de PVC rígido, condutas industriais, condutas de esgoto, condutas de água potável, carpintaria PVC, canalização de cabos e união de válvulas em agulhas de rega. A cola especial para PVC é ainda indicada para tubagens de escoamento em ABS/ASA.

Este produto é composto por uma solução de PVC combinada com aditivos especiais e solventes orgânicos que lhe conferem propriedades como a tixotropia, estabilidade e durabilidade. Actua fisicamente sobre o PVC dissolvendo a zona superficial e formando uma soldadura química entre a cola e o PVC. A sua estrutura tixotrópica permite preencher tolerâncias e, desta forma, obter uma colagem perfeita.⁽¹⁷⁾

As uniões realizadas com Tangit Cola Especial para PVC duram tanto tempo como a tubagem.



Figura 35 – Tangit PVC-U ⁽¹⁵⁾

Colocação de roscas ⁽¹⁸⁾

Para este tipo de aplicações, a marca Tangit apresenta uma gama completa de vedantes de rosca. O produto Tangit Metalock é um vedante anaeróbico, monocomponente à base de éster dimetacrilato, que endurece e polimeriza rapidamente na ausência de oxigénio. É resistente ao choque, vibrações e à maioria dos líquidos e gases. Após polimerização, este produto não migra e não retrai.

Este produto é apropriado para a união de roscas metálicas, até 3 polegadas de diâmetro, de vários metais ou ligas: aço, cobre, latão, bronze, níquel, ferro fundido, alumínio e aço inoxidável, sem necessidade de activadores. É facilmente desmontável em roscas até 1,5 polegadas.

Tangit Metalock substitui de forma prática as fitas de PFTE (Teflon[®]) e o linho, assegurando a estanquicidade entre as roscas metálicas. É adequado para redes de gás, água quente e fria, ar comprimido, fuel, fluidos de refrigeração e ácidos e bases diluídos. Resiste a temperaturas operativas entre -55°C e +150°C, no entanto, exposições esporádicas a temperaturas mais elevadas não prejudicam as características de vedação do produto.



Figura 36 – Tangit METALOCK ⁽¹⁵⁾

O produto Tangit UNI-LOCK, por seu lado, é um vedante universal apropriado para garantir a estanquicidade de uniões de tubagens roscadas plásticas e/ou metálicas, substituindo igualmente as fitas de Teflon® e o linho, utilizados normalmente para estas uniões.

É particularmente recomendado em situações em que seja necessário colocar as tubagens imediatamente em funcionamento após a união. Permite a desmontagem e reutilização das roscas. As uniões são reajustáveis permitindo fazer acertos sem perder a estanquicidade.

Aplicável sobre roscas de tubos rígidos ou flexíveis em instalações de água quente e fria (potável ou não), gás, ar comprimido e fluidos de refrigeração. Pode ser utilizado em tubagens até 6 polegadas de diâmetro, vedando instantaneamente para qualquer pressão e temperatura e em qualquer tipo de rosca.

Relativamente aos materiais, é compatível com vários tipos de plásticos (polietileno, polipropileno, PVC, ABS) e metais (aço, aço inoxidável, cobre, bronze, latão, cromados, niquelados e galvanizados).

Em termos técnicos, o produto é apresentado na forma de fio de poliamida revestido com pasta vedante. Apresenta grande resistência ao choque, vibrações, aos óleos, ácidos e bases diluídos e fluidos de refrigeração.

No que respeita a legislação, o produto cumpre com as normas EN-751-2 e DIN 30660 para gases das 1ª, 2ª e 3ª família e água quente até 130°C (aprovação DVGW). Cumpre também o standard KTW para água potável quente ou fria, até 95°C e a norma BS 6920 para água potável até 85°C (aprovação WRc).



Figura 37 – Tangit UNI-LOCK ⁽¹⁸⁾

- **Thomsit**⁽¹⁵⁾

Thomsit

Esta marca apresenta uma vasta gama de colas, massas de regularização, primários e produtos auxiliares para todos os tipos de aplicações profissionais na instalação de pavimentos.

Categorias de produtos

- Colas para revestimentos de pisos
- Massas de regularização
- Primários

Aplicações

A principal aplicação da marca Thomsit é a preparação, regularização de suportes e instalação de pavimentos. Quando são necessárias as máximas prestações e segurança em tecnologia para a instalação de pavimentos, a Henkel oferece produtos inovadores e soluções de confiança, desde a preparação do substrato e nivelamento do pavimento, até à fixação de alcatifas, parquet e revestimentos (PVC, linóleo, etc.).

Os produtos incluem uma vasta gama de colas, massas de regularização, primários e produtos auxiliares para todo o tipo de aplicações profissionais na instalação de pavimentos.

Mais especificamente, a gama apresenta massas para reparar e preparar betonilhas, produtos para aplicar em suportes cerâmicos, várias colas para diversos tipos de materiais em situações específicas e também produtos com a nova tecnologia Flextec®, para a colagem elástica de pavimentos.

1.4. Tecnologia Flextec®

A tecnologia Flextec® da Henkel é uma plataforma avançada para a nova geração de selantes e adesivos. As soluções baseadas nesta tecnologia combinam as vantagens dos adesivos e vedantes actuais, eliminando as suas deficiências. Esta nova tecnologia apresenta como principais benefícios técnicos:

- Adesão universal em quase todos os tipos de superfícies;
- Elevado poder adesivo inicial;
- Elevado espectro de propriedades mecânicas;
- Pode ser pintado;
- Excelente resistência UV;
- Cola materiais problemáticos (permite correcções);
- Sem solventes (isocianatos);
- Funciona mesmo em superfícies húmidas ou molhadas;
- Fácil aplicação, sem resíduos;
- Combinam módulo elevado com elasticidade (colagens elásticas) e excelente recuperação elástica (vedações elásticas);
- Não fissuram nem retraem;
- Não atacam os suportes

A modularidade é sinónimo de flexibilidade, sendo que da combinação de um pequeno número de elementos diferentes, de diferentes formas, resulta uma grande variedade de componentes finais. Com a sua tecnologia Flextec®, a Henkel atingiu este objectivo, sendo os pré-polímeros Flextec os blocos de construção para muitos tipos diferentes de produtos, desde vedantes a adesivos. ⁽¹⁹⁾

A estrutura básica dos polímeros é relativamente simples, com grupos silicones, altamente reactivos, também designados por compostos silano, colocados nas pontas de cadeias poliéter de diferentes tamanhos (Figura 38). Ao contrário dos poliuretanos e polímeros MS, os polímeros Superflex/Flextec incorporam três grupos reactivos, que lhes conferem prestações superiores aos restantes produtos (Figura 39).

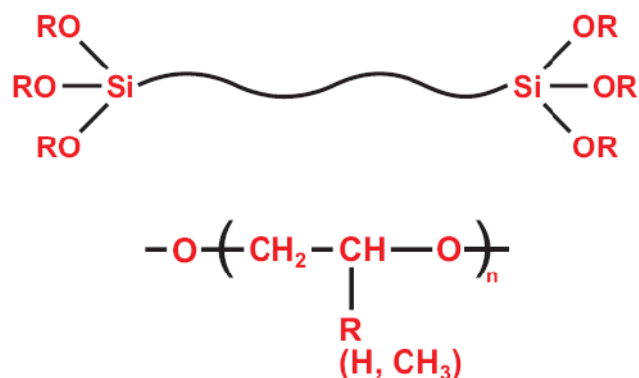


Figura 38 – Estrutura básica dos polímeros Flextec: cadeias poliéter (em baixo) com grupos silano reactivos nos terminais (em cima) ⁽¹⁹⁾

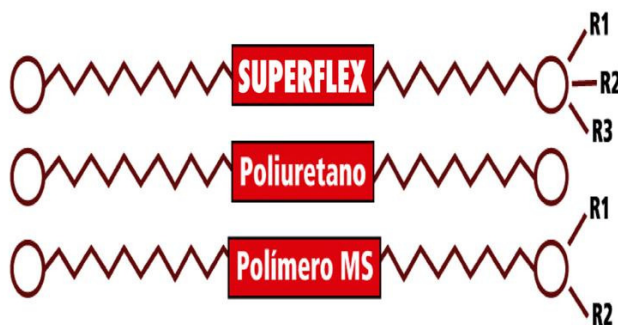


Figura 39 – Estruturas dos polímeros SP, poliuretano e polímeros MS ⁽¹²⁾

Por modificação do comprimento destas cadeias de polímeros ou por variação do número de compostos silano ou a sua posição na molécula, os investigadores obtêm produtos, que em alguns casos, apresentam diferentes características.

Quanto maiores as cadeias, mais elástico será o produto, sendo assim possível cobrir um largo espectro de elasticidades, variando de produtos com baixo módulo de elasticidade, destinados ao mercado dos vedantes, a produtos com módulo superior, mais adequados para adesivos.

A ramificação da cadeia, por sua vez, afecta a força do produto, já que quanto mais ramificada for a cadeia, mais forte será o produto.

Os investigadores podem controlar a velocidade à qual os adesivos e vedantes reagem e curam, variando o tipo de moléculas, e.g. grupos metoxi, ligadas aos grupos

silano nos terminais da cadeia. Este factor é importante, uma vez que o tempo de cura tem de ser individualmente ajustado para cada produto e aplicação.

Os polímeros não são os únicos constituintes dos adesivos e vedantes, que podem ser constituídos por 10 ou 15 componentes individuais, tais como estabilizadores UV, que tornam os produtos resistentes à radiação solar, enchimentos especiais que influenciam as propriedades mecânicas e outros aditivos que possibilitam o ajuste da consistência dos produtos. ⁽¹⁹⁾

1.4.1. Vantagens sobre Poliuretanos e Silicones

Os produtos baseados na tecnologia Flextec[®] apresentam propriedades muito semelhantes às dos poliuretanos e silicones, sem, no entanto, apresentar as suas desvantagens. Por exemplo, os polímeros aderem a quase todas as superfícies, e apresentam uma muito maior estabilidade UV comparativamente com os poliuretanos, tornando-os adequados a aplicações exteriores. Os polímeros aderem também em substratos húmidos, podem ser pintados e são compatíveis com tintas e revestimentos. Para além destas vantagens, não se tornam quebradiços a baixas temperaturas, i.e. apresentam o que se designa por “flexibilidade a frio”.

Estes produtos não contêm solventes nem isocianatos e sendo monocomponente, não são apenas fáceis de aplicar, como também combinam todas as propriedades positivas dos poliuretanos e silicones.

Para além disso, estes produtos inovadores podem ser utilizados quando os poliuretanos ou silicones falham, particularmente em situações de colagem difícil, tais como selagens debaixo de água, ou a ligação de materiais com diferentes comportamentos de expansão térmica, e.g. vidro com poliéster reforçado ou aço. Outras aplicações possíveis incluem problemas de selagem em unidades de armazenamento refrigeradas ou tanques de gases liquefeitos.

Os produtos com esta tecnologia tem inúmeras aplicações na construção, variando porém conforme o produto utilizado, mas estes tornam-se uma das ferramentas mais versáteis para qualquer tipo de trabalho. ⁽¹⁹⁾

1.4.2. Aplicações ⁽²⁰⁾

Os produtos Flextec[®] têm aplicação nos seguintes ramos de construção e/ou bricolage.

- **Alvenaria**

Podem ser utilizados em juntas de dilatação, vedação de caleiras, fendas e fissuras, colocação de clarabóias, colagem de painéis de isolamento e fixação de elementos de construção.



Figura 40 – Exemplo de aplicação em alvenaria ⁽²⁰⁾

- **Carpintaria**

Neste ramo, os produtos podem ser aplicados em vedação de marco-obra, juntas de acabamentos de interiores, colocação de pavimentos, colocação de painéis em exteriores e interiores.



Figura 41 – Exemplo de aplicação em carpintaria ⁽²⁰⁾

- **Coberturas**

Neste caso, podem ser utilizados na colagem de telhas e vedação e fixação de elementos e acessórios.



Figura 42 – Exemplo de aplicação em coberturas ⁽²⁰⁾

- **Painéis**

Neste particular, estes produtos tem utilização na colagem elástica de painéis para fachadas, mais concretamente, fachadas ventiladas.



Figura 43 – Exemplo de aplicação em painéis de fachadas ⁽²⁰⁾

- **Instalação**

Neste caso, estes adesivos e vedantes podem ser aplicados na colocação de móveis de cozinha, aplicação de mármore, vedação de juntas de bancada e fixação de lava-loiças.



Figura 44 – Exemplo de aplicação em instalação de móveis de cozinha ⁽²⁰⁾

- **Canalização**

Neste âmbito, os produtos podem ser utilizados em vedação de sanitários e divisórias, fixação de água, instalação de água e ar condicionado e fixação de acessórios eléctricos.



Figura 45 – Exemplo de aplicação em canalização ⁽²⁰⁾

Estas são algumas das aplicações e serão mais detalhadas aquando da apresentação dos produtos com a tecnologia Flextec®.

1.4.3. Categorias de produtos com tecnologia Flextec®

Os produtos Flextec® estão agrupados de acordo com dois grandes tipos de aplicação: colagem e vedação e colagem elástica de pavimentos, que em seguida, são descritos.

Tecnologia Flextec® aplicada à área de colagem e vedação (também designada por Superflex Technology)

Esta tecnologia pretende preencher as lacunas actuais existentes nos produtos para juntas e colagens elásticas, nomeadamente dos produtos à base de silicones, poliuretanos e polímeros MS, que apresentam vários problemas dependendo da situação e do material em que são utilizados. Com a tecnologia Flextec® obtêm-se produtos de qualidade superior que agregam as vantagens dos diversos vedantes actuais, eliminando as suas deficiências e limitações.

Vantagens sobre os silicones – melhor adesão multimateriais, comportamento neutro face aos suportes, aplicável sobre superfícies húmidas, pintável, sem classificação de perigosidade.

Vantagens sobre poliuretanos – melhor aplicabilidade a baixas temperaturas, aplicável sobre superfícies húmidas, sem formação de bolhas, maior adesão a vários materiais,

maior resistência aos raios UV, sem solventes nem isocianatos, não é necessário cartucho de alumínio, deformável.

Vantagem sobre polímeros MS – permite obter diferentes variantes de produtos com alta elasticidade, alto poder de colagem e maior poder de recuperação elástica.

Os produtos baseados nesta tecnologia na área da colagem e vedação são o Sista Solyplast SP 201 Juntas, Sista Solyplast SP 101 Cola e Veda, Sista Solyplast Trans e Sista Solyplsta SP 301, que de seguida se apresentam.

- **Sista Solyplast SP 201 Juntas** ⁽²⁰⁾

Trata-se de um vedante especial baseado em “polímeros Superflex”, utilizado para todo o tipo de juntas. Este novo produto tem uma alta elasticidade, excelente adesão à maioria dos materiais de construção, sendo possível a sua aplicação em superfícies húmidas.

Pode ser pintado depois de endurecido e apresenta elevada resistência à temperatura, água e radiação solar. É de fácil aplicação mesmo a baixas temperaturas, não contendo solventes nem isocianatos.



Figura 46 – Sista Solyplast SP 201 Juntas ⁽²⁰⁾

- **Suportes**

O produto pode ser aplicado em vidro, cerâmica, superfícies vitrificadas, pedra, ferros, galvanizados, inox, cimento, fibrocimento, metais em geral, betão e betão celular, alumínio lacado e anodizado, PVC rígido, policarbonato, aglomerados, melamina, telhas, tijolo, madeiras e estratificados e poliéster – fibra de vidro.

- **Campos de aplicação**

O produto pode ser utilizado em juntas de fachadas, em edifícios, entre elementos pré-fabricados, de marco-obra, varandas e terraços, paredes e pavimentos, em construções ligeiras, em construções metálicas e de madeira e em juntas de dilatação em geral

- **Preparação da superfície**

As superfícies a unir devem estar limpas e isentas de pó, gorduras e sujidade. No caso de juntas, estas devem ser projectadas de modo acompanhar a capacidade de movimento do vedante. Em geral a largura mínima deve ser de 5 mm, no caso de juntas inferiores a 10 mm de largura, a relação largura/profundidade deve ser 1/1. Para juntas acima de 10 mm de largura, a relação largura/profundidade deve ser de 2/1.

- **Modo de emprego**

Cortar a ponta do cartucho e o bico de acordo com a abertura desejada. Introduzir o mástique na pistola manual ou pneumática standard e iniciar a aplicação evitando a formação de bolhas. Assegurar um bom contacto entre o mástique e os bordos da junta. Caso necessário, alisar com água com sabão antes da formação da pele.



Figura 47 – Exemplo de aplicação do produto Sista SP-201 Juntas ⁽²¹⁾



Figura 48 – Junta terminada

- **Dados técnicos** ⁽²²⁾

Tabela 2 – Dados técnicos do produto Sista SP-201 Juntas

Do produto antes de polimerizar	
Consistência	Pasta tixotrópica
Temperatura de aplicação	5 a 35 °C
Densidade	Aprox. 1,38 g/cm ³
Odor	Álcool
Deslizamento	Nulo
Formação de pele	Aprox. 15 minutos
Perda de “tack”	Aprox. 20 minutos
Velocidade de cura (23 °C, 50% HR)	3 mm/dia
Do produto após polimerização	
Odor	Sem odor
Dureza Shore A	Aprox. 50
Módulo 100% alongamento	Aprox. 0,55 N/mm ² (NF-P85507)
Módulo ruptura	Aprox. 1,10 N/mm ² (NF-P85506)
Alongamento na ruptura	Aprox. 500% (NF- P85507)
Recuperação elástica	Aprox. 40% (NF-P85506)
Capacidade movimento da junta	Até 25%
Resistência térmica	-30 a +90 °C

- **Sista Solyplast SP-101 Cola e Veda** ⁽²⁰⁾

É um cola e veda especial, com grande poder de colagem associado a uma alta flexibilidade, com uma excelente adesão à maioria dos materiais de construção e aplicável também sobre superfícies húmidas.

O produto pode ser pintado depois de endurecido e apresenta elevada resistência à temperatura, água e radiação solar. É de fácil aplicação mesmo a baixas temperatura, e tal como o produto anterior, Sista Solyplast SP-201, não contém solventes nem isocianatos.



Figura 49 – Sista Solyplast SP-101 Cola e Veda ⁽²⁰⁾

- **Suportes**

Tal como o produto Sista Solyplast SP-201, este produto é aplicável à maioria dos materiais e suportes, sendo estes os mesmos do SP-201.

- **Campos de aplicação**

- Juntas de dilatação, transitáveis em estruturas metálicas e pintáveis;
- Vedação em caixilharia de alumínio, PVC e madeira;
- Colagem de metais, de cerâmica e vidro, rodapés, perfis, lambris, degraus, azulejos, painéis de madeira e estratificados, elementos de PVC;
- Conduatas de ar condicionado, aquecimento e ventilação, colagens e vedações entre os materiais especificados.



Figura 50 – Exemplo de aplicação do produto SP-101 ⁽¹²⁾

Sendo este um produto bastante versátil e com excelentes propriedades, tem vindo a substituir gradualmente outros materiais mais tradicionais, mas com consideráveis desvantagens em relação ao SP-101, nas mais diversas situações. Seguidamente apresentam-se algumas destas situações.

Casos Práticos

- **Casas Pré-Fabricadas**

Dados Técnicos

Cliente: Fabricante de casas

Aplicação: Colagem e vedação

Vantagens SP 101: Alta resistência UV; Multimateriais; Força de Colagem

Produto substituído: Poliuretano



Figura 51 – Aplicação de SP-101 em casas pré-fabricadas ⁽¹²⁾

- **Clarabóia transitável**

Dados Técnicos

Cliente: Serralharia

Aplicação: Vedação

Vantagens SP 101: Alta resistência UV; Transitável

Produto substituído: Poliuretano



Figura 52 – Aplicação de SP-101 em clarabóias ⁽¹²⁾

- **Cobertura metálica**

Dados Técnicos

Cliente: Especialista em coberturas.

Aplicação: Vedação.

Vantagens SP 101: Alta resistência UV; Aplicação em superfícies húmidas.

Produto substituído: Poliuretano



Figura 53 – Aplicação de SP-101 em coberturas metálicas⁽¹²⁾

- **Painéis exteriores**

Dados Técnicos

Cliente: Especialista em fachadas

Aplicação: Colagem

Vantagens SP 101: Força de colagem; Sem primário

Produto substituído: Poliuretano



Figura 54 – Aplicação de SP-101 em painéis exteriores ⁽¹²⁾

- **Painéis interiores**

Dados Técnicos

Cliente: Carpintaria

Aplicação: Colagem

Vantagens SP 101: Força de colagem; Flexibilidade

Produto substituído: Poliuretano/Colas de montagem



Figura 55 – Aplicação de SP-101 em painéis interiores ⁽¹²⁾

Em todos estes casos, os produtos substituídos foram poliuretanos e colas de montagem, produtos que embora de aplicação válida com boas propriedades, perdem na competição directa com o Sista Solyplast SP-101. No caso dos poliuretanos, apresenta como vantagens uma maior resistência aos raios UV, em aplicações exteriores; a adesão a quase todos os tipos de materiais, como comprovam os diferentes suportes apresentados; o facto de ser um produto sem solventes, o que o torna mais seguro e de aplicação mais amigo do ambiente. Em termos de embalagem, o SP-101 também ganha vantagem uma vez que é fornecido em embalagens plásticas, ao contrário dos poliuretanos, em cartuchos de alumínio, cartuchos estes que quando deformados, não se conseguem utilizar devidamente. Em comum com os poliuretanos, o produto SP-101 é também pintável e com grande resistência à tracção.

Em relação às colas de montagem, o produto SP-101 apresenta uma elevada flexibilidade; não contrai, ao contrário das colas de montagem; apresenta boa capacidade de enchimento e boa resistência ao arrancamento e escorregamento. Em termos ambientais, apresenta clara vantagem, ao não apresentar na sua composição, solventes e conseqüentemente sem etiquetagem de material perigoso. Como desvantagem apresenta apenas um maior tempo de secagem em relação às colas de montagem.

- **Reparação de piscinas**

Dados Técnicos

Cliente: Especialista em piscinas

Aplicação: Vedação

Vantagens SP 101: Alta resistência aos raios UV e produtos com cloro

Produto substituído: Cimento



Figura 56 – Aplicação de SP-101 em piscinas ⁽¹²⁾

- **Reparação de pedra natural**

Dados Técnicos

Cliente: Ladrilhadores

Aplicação: Colagem

Vantagens SP 101: Força de colagem; Resistência ao exterior

Produto substituído: Cimento



Figura 57 – Aplicação de SP-101 em pedra natural ⁽¹²⁾

Nestes dois últimos casos, a substituição apresenta inúmeras vantagens, uma vez que o cimento é um material que não garante elevadas propriedades no caso de aplicações em contacto com a água, como as piscinas e que por sua vez, noutra tipo de utilizações, é de aplicação mais lenta e com maior dispêndio de materiais.

A aplicação de SP-101 é, nestes casos, mais fácil e com melhores propriedades finais, qualquer que seja o suporte.

- **Preparação da superfície**

A preparação das superfícies é idêntica à descrita para a aplicação do produto Sista Solyplast SP-201.

- **Modo de emprego**

Em juntas, o procedimento é idêntico ao do produto SP-201. No caso de colagens, aplicar o produto sobre a peça a fixar, em tiras ou pontos. Ajustar o material sobre a superfície onde se pretende colar, exercendo pressão. Para colagem de grandes superfícies não absorventes, recomenda-se a aplicação por pontos, distanciados alguns centímetros em relação aos outros. Na colagem de peças pesadas em aplicações verticais poderá ser necessário fixar as peças com fita adesiva ou calços.

- **Dados técnicos** ⁽²³⁾

Tabela 3 – Dados técnicos do produto Sista SP-101 Cola e Veda ⁽²³⁾

Do produto antes de polimerizar	
Consistência	Pasta tixotrópica
Temperatura de aplicação	5 a 35 °C
Densidade	Aprox. 1,37 g/cm ³
Odor	Álcool
Deslizamento	Nulo
Formação de pele	Aprox. 40 minutos
Perda de “tack”	Aprox. 45 minutos
Velocidade de cura (23 °C, 50% HR)	2-3 mm/dia
Do produto após polimerização	
Odor	Sem odor
Dureza Shore A	Aprox. 53
Módulo 100% alongamento	Aprox. 1,10 N/mm ² (NF-P85507)
Módulo ruptura	Aprox. 1,60 N/mm ² (NF-P85506)
Alongamento na ruptura	Aprox. 300% (NF- P85507)
Recuperação elástica	Aprox. 90% (NF-P85506)
Capacidade movimento da junta	Até 12,5%
Resistência térmica	-30 a +90 °C

- **Sista Solyplast SP-Trans – Cola e Veda Transparente** ⁽²⁰⁾

Este produto é um cola e veda elástico e transparente, baseado na tecnologia Flextec[®], que endurece em contacto com a humidade ambiental. Depois de endurecido, obtêm-se uniões elásticas, sem contracção e resistentes aos movimentos térmicos dos suportes. O produto tem como principais características o facto de ser totalmente transparente, apresentar elevado módulo de elasticidade e grande força de aderência sobre uma vasta gama de suportes, porosos e não porosos. É de fácil aplicação à pistola, a qualquer temperatura e aplicável mesmo sobre superfícies húmidas, uma vez que não descola, não pinga nem forma fios durante a aplicação, não atacando os suportes. Tal como os restantes produtos da gama SP, não contém solventes, isocianatos, sílicones ou qualquer substância classificada como perigosa e tem a possibilidade de ser pintado depois de seco, sendo especialmente recomendada a utilização de tintas acrílicas.



Figura 58 – Sista Solyplast SP-Trans ⁽¹²⁾

- **Suportes**

Este produto pode ser utilizado em diversos materiais, com excelente compatibilidade multimaterial: vidro, cerâmica, aço galvanizado, aço inoxidável, alumínio anodizado, ferro, latão, cobre, metais pintados, tijolo, telhas, betão, placas de gesso cartonado, poliéster-fibra de vidro, aglomerados-DM, melamina, plásticos, etc.

- **Campos de aplicação**

- **Vedação:** caixilharia de alumínio, metálica ou madeira, acabamentos em móveis, acessórios de casa de banho, tabiques, uniões entre vidros, remates e juntas de acabamento em geral;

- **Fixação:** vidros, rodapés, lambris, peitoris, elementos em sanitários, coberturas envidraçadas, degraus, etc.

- **Preparação do suporte**

Aquando da aplicação, os suportes devem estar limpos e isentos de poeiras, gorduras, óleo ou qualquer resto de contaminantes que possam afectar a aderência do produto. Os suportes devem estar firmes e as tintas devem estar perfeitamente aderidas. Notar que a cura do produto requer humidade ambiental.

- **Modo de emprego**

Nos casos em que se pretende vedar, o primeiro passo é proteger os limites da junta. De seguida preencher a junta por completo evitando a formação de bolhas. Após a aplicação, remover o excesso com uma espátula e alisar imediatamente com água e sabão. Para colagens, aplicar o produto em tiras verticais, afastadas cerca de 10 cm, exercendo pressão sobre a peça a unir, evitando a sobreposição das tiras de produto. Após aplicação, providenciar ventilação (folga mínima de 1 mm). Se necessário, apoiar os suportes durante a cura do produto.

- **Dados técnicos**

Tabela 4 – Dados técnicos do produto Sista Solyplast SP-Trans ⁽²⁴⁾

Propriedades gerais	
Base	Prepolimeros Flextec®
Odor	Álcool
Consistência	Pasta tixotrópica
Deslizamento	Nulo (ISSO-7390)
Densidade	Aprox. 1,05 g/ml (ISO-10563)
Extrusão	Aprox. 350g/min (ISO-9048)
Formação de pele	10 minutos (23 °C, 50% HR)
Perda de tack	40 minutos (23 °C, 50% HR)
Velocidade de cura	2-3 mm/24h (23 °C, 50% HR)
Dureza Shore A	45 (ISO-7619)
Resistência térmica	Desde -30 °C a 80 °C (100 °C, pontualmente)
Temperatura aplicação	Entre 10 e 40 °C
Propriedades como cola	
Módulo elasticidade a 50%	0,80 N/mm ² (ISO- 8339)
Força tensão máxima	13,0 kg/cm ² (DIN 53504)
Alongamento na ruptura	200 % (DIN 53504)
Força de aderência	Entre 10 e 12 Kg/cm ² (ISO – 4587)
Teste de peso estático	1,5 Kg/cm ² ; 4 sem, 50 °C

- **Estudos entre produtos concorrentes** ⁽¹²⁾

O produto foi sujeito a ensaios comparativos com outros produtos, de forma a aferir as suas propriedades superiores. É um produto com maior transparência e que não amarelece (Figura 59).

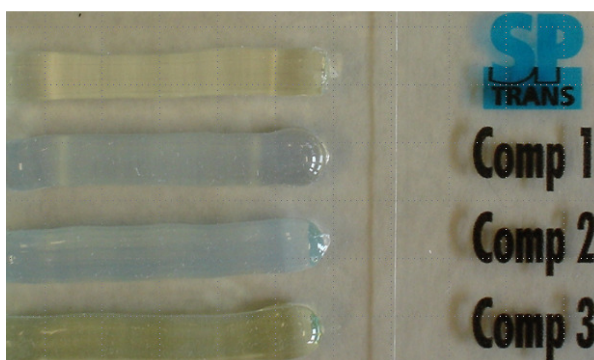


Figura 59 – Estudo comparativo de transparência ⁽¹²⁾

Apresenta também uma maior força de adesão, em vários materiais, de acordo com a norma EN 1465 (Figura 60).

Kg/cm ²	Vidro	Alumínio lacado	Policarbonato
SP TRANS	8,7	10,6	6,6
Comp 1	6,0	4,4	3,4
Comp 2	7,0	5,2	3,4
Comp 3	7,4	6,2	4,4

Figura 60 – Estudo comparativo de força de adesão ⁽¹²⁾

Em termos de utilização é também de mais fácil aplicação mesmo em superfícies verticais, de acordo com a norma ISO 7390 (Figura 61).

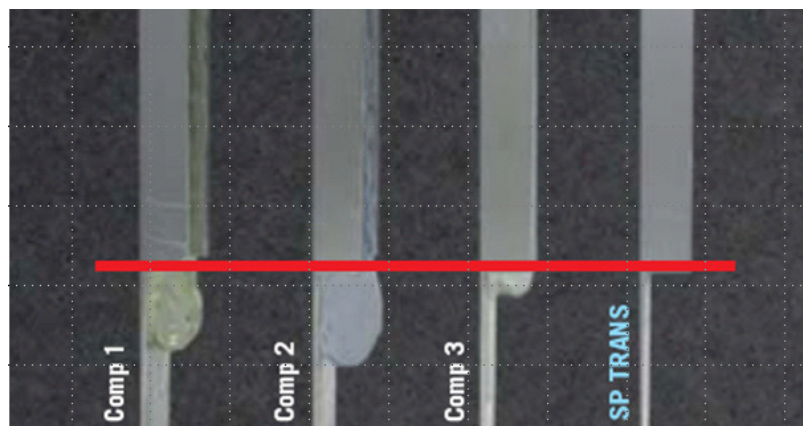


Figura 61 – Estudo comparativo de deslizamento ⁽¹²⁾

- **Sista Solyplast SP-301 – Fachadas** ⁽²⁵⁾

Sista Solyplast SP-301 é um sistema baseado na tecnologia Flextec[®], especialmente recomendado para a colagem elástica de painéis em fachadas ventiladas. A versatilidade do produto permite realizar colagens directas em obra, assim como trabalhos de montagem de módulos em oficina. A sua utilização permite poupar tempo nas montagens de fachadas ventiladas, evitando o uso de ferramentas, máquinas de rebitar, etc., e ao prescindir de ancoragens mecânicas visíveis, melhora-se o acabamento estético.

Este sistema foi testado com êxito em conformidade com a futura norma ETAG (Guia para a Aprovação Técnica Europeia) “Acessórios para revestimentos externos de fachadas – parte III – Revestimentos colados”, pelo laboratório certificado CIDEMCO.

(26)

O sistema para fachadas ventiladas consiste numa cola elástica de alto módulo baseada na tecnologia Flextec[®], com um primário universal sobre qualquer suporte que o requeira, assim como uma fita auto-adesiva de dupla face para trabalhos de colocação directa de painéis.



Figura 62 – Sistema SP-301 Fachadas ⁽²⁷⁾

A utilização deste sistema permite diminuir as tensões nas montagens, evitando a acumulação de fortes tensões pontuais no painel, como as que são produzidos por parafusos, rebites ou ancoragens mecânicas, absorvendo e distribuindo também os diferentes movimentos produzidos nos painéis devido a mudanças de temperatura ou por acção da carga de vento.

Em termos de durabilidade e resistência, o sistema é certificado, tendo sido ensaiado no laboratório notificado CIDEMCO, de acordo com o projecto de norma ETAG para fachadas ventiladas, apresentando:

- Resistência à intempérie: Ensaio de envelhecimento acelerado, com ciclos de calor, radiação solar, frio e chuva, sem qualquer perda de propriedades;
- Resistência à fadiga mecânica, em ciclos de tensão/compressão, sem qualquer perda de propriedades. Também resiste ao ensaio combinado de envelhecimento acelerado + fadiga mecânica

- Resistência a agentes químicos: Resiste aos ensaios de nevoeiro salino (EN-ISO 9227) e atmosfera sulfurosa (EN-ISO 3231)

Para além destas características, o sistema é isento de substâncias perigosas, apresentando um odor suave, não contendo isocianatos, solventes ou qualquer outra substância classificada como perigosa.

- **Suportes**

Em termos de compatibilidades, o sistema pode ser aplicado sobre os diferentes suportes utilizados em fachadas ventiladas:

- Painéis: Painéis compósitos com revestimento de alumínio, painéis de fibrocimento, madeira, cerâmica ou pedra natural, etc;
- Estruturas mecanicamente ancoradas à fachada, como ripas de alumínio extrudido ou de madeira.
- Suportes como madeira, betão ou cimento, gesso cartonado prensado, etc.

Devido à grande variedade de acabamentos e revestimentos, recomenda-se a utilização do primário associado.

- **Campos de aplicação**

Relativamente aos campos de aplicação, o sistema, devido à sua grande versatilidade, pode ser utilizado nas seguintes aplicações:

- Trabalhos em fachadas ventiladas utilizando diferentes métodos de fixação
- Fixação directa de painéis leves sobre subestruturas para fachadas ventiladas.

- União em oficina de módulos para fachadas ventiladas.
- Utilização conjunta com sistemas de fixação mecânica de painéis (ocultos ou visíveis).
- Colocação de painéis e revestimentos interiores e exteriores, assim como qualquer aplicação de colagem onde seja necessária uma cola elástica.
- O produto não é recomendado para fachadas estruturais nem para painéis de vidro. Para este tipo de aplicações recomenda-se o silicone Sista Solyplast Estrutural.

Dado que a grande utilização deste produto está centrada na colagem de painéis em fachadas ventiladas, é pertinente uma explicação sobre o que são e como são constituídas estas fachadas, bem como uma apresentação das suas vantagens relativamente a sistemas de construção mais tradicionais.

A aplicação de colas elásticas para a colagem de painéis é recente, tal como o é a própria utilização de fachadas ventiladas sendo que, no entanto, seja apontada como a “construção do futuro”, em contraponto com a construção dita tradicional.

As fachadas ventiladas são a solução ideal para revestimentos exteriores., sendo que este sistema não tem uma aplicação específica, podendo ser utilizado em qualquer tipo de edifício. A fachada ventilada pode ser definida como um sistema de protecção e revestimento exterior de edifícios, caracterizado pelo afastamento entre a parede do edifício e o revestimento, criando, assim, uma câmara-de-ar em movimento (Figura 63).⁽²⁸⁾

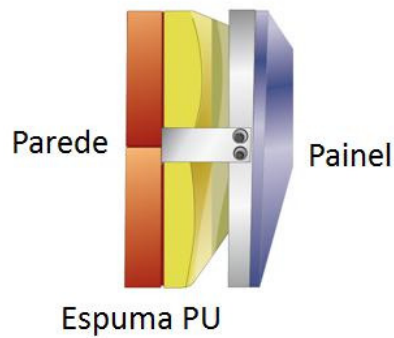


Figura 63 – Esquema de fachada ventilada ⁽²⁷⁾

O adjectivo “ ventilada” deriva exactamente desta câmara-de-ar que permite a ventilação natural e contínua da parede do edifício, através do efeito de chaminé (o ar entra frio pela parte inferior e sai quente pela parte superior).

Deste modo, com o arejamento das paredes, evitam-se as comuns humidades (e, conseqüentemente, a formação de bolores e manchas de humidade nas paredes) e condensações características das fachadas tradicionais e conseqüentemente consegue-se um maior conforto térmico.

A fachada ventilada tem ainda como outras vantagens, a montagem fácil e possibilidade de colocação das instalações eléctricas e sanitárias no espaço criado entre a parede e o revestimento.

O revestimento exterior pode ser feito recorrendo a diversos materiais construtivos nomeadamente, madeira, vidro, pedra, lajes de betão pré-fabricadas, betão polímero, materiais metálicos, resinas fenólicas, entre outros. Nas fachadas ventiladas também podem ser aplicados painéis solares térmicos ou painéis com integração de células fotovoltaicas que associam as vantagens de gerar energia eléctrica e térmica, diminuindo, desta forma, o consumo energético do edifício. Os elementos utilizados no revestimento das fachadas ventiladas oferecem também uma resistência passiva ao fogo.



Figura 64 - Exemplos da utilização de fachadas ventiladas ⁽²⁷⁾

Elementos principais da fachada ventilada

- O revestimento exterior, que tem principalmente uma função estética e de protecção da parede do edifício;
- A câmara-de-ar, que permite a ventilação natural da parede, sendo a condição essencial para o funcionamento do sistema;
- A estrutura de fixação onde é aplicado o revestimento, que poderá ser de metal ou madeira e tem como função fornecer estabilidade ao sistema, sendo através desta estrutura que se consegue o afastamento necessário para criar a câmara-de-ar;
- Capa isolante, que deverá ser aplicada na parede do edifício de forma a garantir a sua estabilidade térmica.

Convém referir que todos os materiais utilizados na construção de uma fachada ventilada deverão ser protegidos de acordo com o ambiente onde estarão expostos, de modo a evitar a sua corrosão, apodrecimento ou outras patologias.

Vantagens das Fachadas Ventiladas

De um modo geral, pode dizer-se que as vantagens oferecidas pelo sistema de fachada ventilada se situam ao nível da melhoria estética e funcional de fachadas de edifícios e ausência de manutenção, quando comparada com os processos tradicionais.

Melhoria estética – uma vez que este sistema não só evita a deterioração do edifício, como não coloca entraves aos criadores, permite criar obras de elevada beleza estética.

Melhoria funcional – devido às qualidades inerentes ao sistema: excelente isolamento térmico, maior durabilidade (protegendo a própria estrutura interna do edifício), diminuição dos problemas relacionados com humidade e infiltrações, redução do consumo de energia do edifício, graças à melhoria do conforto térmico.

- **Modo de emprego**

O sistema de fixação assenta nas seguintes fases de realização: Preparação do suporte, colocação da fita auto-adesiva, aplicação da cola e posicionamento dos painéis.

A sua correcta aplicação principia pela limpeza das superfícies, que devem estar também secas. Seguidamente deve ser aplicado o primário que irá otimizar a adesão da cola aos materiais utilizados. Este deve ser aplicado a pincel, rolo ou por pulverização, deixando depois secar aproximadamente 10 minutos. Após secagem do primário, aplicar a fita de dupla face, para uma fixação inicial dos painéis e para delimitação da espessura de cola necessária. Aplicada a fita, segue-se a aplicação da cola, paralelamente à fita de dupla face. A figura 65 mostra o procedimento mais adequado para a correcta aplicação da cola. Por fim, os painéis devem ser colocados em posição, dentro de 10 minutos após a aplicação da cola, exercendo uma forte pressão sobre os painéis, evitando deformá-los. Uma vez pressionado contra a fita adesiva, não se poderão fazer ajustes na posição do painel.

Existem diversos sistemas de colocação de painéis para fachadas diferentes do mencionado, alguns dos quais são mistos, isto é, combinam a fixação mecânica (oculta ou visível) com a colagem elástica. As figuras 66 e 67 evidenciam as diferenças porquanto os procedimentos sejam semelhantes.

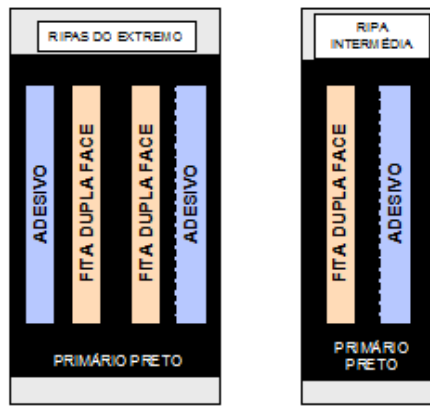


Figura 65 – Procedimento para aplicação da cola nos painéis ⁽²⁵⁾



Figura 66 – Procedimentos para fixações directas ⁽²⁵⁾



Figura 67 – Procedimentos para fixações mistas ⁽²⁵⁾

- **Dados técnicos**

Tabela 5 – Dados técnicos do Sista Solyplast SP-301 Fachadas ⁽²⁵⁾

Propriedades gerais	
Base	Tecnologia Flextec
Odor	Ao endurecer liberta álcool, uma vez endurecido, é inodoro
Densidade	Aprox. 1,36 g/ml
Perda de “tack”	Aprox. 50 min (23°C e 50% HR)
Formação de pele	Aprox. 40 min (23°C e 50% HR)
Velocidade de cura	2-3 mm/24 horas (23°C e 50% HR)
Dureza Shore A	Aprox. 53
Recuperação elástica	Aprox. 90% (ISO 7389)
Resistência térmica	-30°C a 90 °C
Propriedades mecânicas	
Força tracção máxima	1,56 MPa – ruptura coesiva (r.c)
Resistência ao cisalhamento	1,33 MPa – r.c
Fadiga mecânica	
Força tracção máxima	1,57 MPa – r.c (100% vs resultados s/fadiga)
Resistência ao cisalhamento	1,47 Mpa – r.c (100% vs resultados s/fadiga)
Envelhecimento acelerado	
Força tracção máxima	1,52 Mpa – r.c (97% vs resultados s/envelhecimento)
Fadiga mecânica após envelhecimento acelerado	
Força tracção máxima	1,67 MPa – r.c (100% vs resultados iniciais)
Resistência nevoeiro salino (EN-ISO 9227)	
Força tracção máxima	1,46 MPa – r.c (93% vs resultados s/exposição)
Resistência atmosfera sulfurosa (EN-ISO 3231)	
Força tracção máxima	1,53 Mpa – r.c (98% vs resultados s/ exposição)

Tabela 6 – Dados técnicos do primário Flextec ⁽²⁵⁾

Propriedades gerais	
Cor	Preto
Aspecto	Líquido homogéneo
Odor	Característico a cetonas
Densidade	Aprox. 0,98 g/cm ³
Teor em sólidos	Aprox. 37% (3h-105°C)
Viscosidade	Aprox. 12 s (DIN 53211, 20°C, 4 mm Ø)
Espessura camada aconselhada	50 µm (húmido)
Tempo secagem	Min. 10 minutos (clima standard DIN 50014)
Actividade do primário	Até 72 h após aplicação
Temperatura de aplicação	De 15°C a 25°C
Intervalo de temperaturas de serviço	De -40°C a 90°C

Tabela 7 – dados técnicos da fita adesiva de dupla face Flextec®⁽²⁵⁾

Propriedades gerais	
Tipo de adesivo	Acrílico
Densidade	0,05 g/cm ³
Espessura	3 mm
Largura	12 mm
Resistência térmica	De -20°C a +100°C

Tecnologia Flextec® aplicada à área de colocação de pavimentos de madeira (também designada por Sicure® Technology

Esta tecnologia permite a colagem rápida e segura de todo o tipo de pavimentos em madeira, com claras vantagens ambientais. A tecnologia Flextec® permite obter diferentes tipos de colas, desde colas elásticas e resistentes (colagem definitiva de madeira) e colas elásticas removíveis com propriedades insonorizantes, sem perigosidade para o ambiente ou para os aplicadores. É uma alternativa aos actuais sistemas baseados em colas de base aquosa, colas com solventes, colas de poliuretano ou de polímeros MS, que apresentam desvantagens em determinadas situações.

Estes produtos não contêm água, evitando desta forma a dilatação da madeira, nem solventes e isocianatos, sendo ambiental e humanamente seguros. Apresentam excelente aplicabilidade mesmo a baixas temperaturas, com considerável redução do tempo de aplicação e do cansaço. São facilmente removidos da madeira e das mãos, não são nocivos para a pele ou para o ambiente, com classificação de “muito baixa emissão” de compostos orgânicos voláteis.

Os produtos baseados nesta tecnologia, na área de colocação de pavimentos de madeira são:

- Thomsit P685 Elast Universal;
- Thomsit P675F

- **Thomsit P685 Elast Universal**

É uma cola elástica mono componente, para parquet, que permite efectuar colagens elásticas e resistentes com as seguintes principais propriedades:

- Elevada flexibilidade;
- Redução significativa do ruído de impacto (absorção do ruído até 12 dB);
- Fácil aplicação, mesmo com baixas temperaturas;
- Sem solventes, nem isocianatos

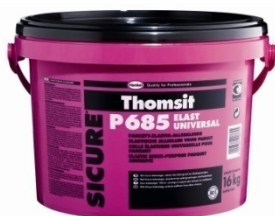


Figura 68 – Thomsit – P685 Elast Universal ⁽¹⁵⁾

- **Campos de aplicação**

Este produto tem várias aplicações possíveis, no campo da colagem de pavimentos.

- Colagem de todo o tipo de revestimentos de madeira, quer seja parquet, lamparquet, régua de madeira e laminados;
- Indicado para suportes absorventes e não absorventes;
- A elasticidade da cola reduz a tensão exercida sobre o suporte, evitando a sua ruptura
- A tecnologia Sicure[®] permite colagens elásticas e resistentes com propriedades insonorizantes, constituindo uma alternativa às convencionais colas de poliuretano por não apresentarem qualquer perigosidade para o ambiente ou para os aplicadores.

- **Preparação das superfícies**

As superfícies devem estar de acordo com a norma DIN 18 365, secas, limpas, sem fendas e terão que ser resistentes à tracção e à compressão. Os resíduos de cola deverão ser eliminados. As superfícies cerâmicas, em pedra e mármore deverão também ser lixadas.

No caso de ser necessária a regularização da superfície, utilizar o produto Thomsit DX – Massa de regularização de secagem rápida, aplicada numa espessura mínima de 5 mm.

As superfícies com humidade superior a 3,5% ou sujeitas a humidade capilar, por exemplo, pisos térreos, devem ser tratados com o produto Thomsit 755 – Isolamento epóxico contra a humidade em pavimentos.

Nesta situação deve aplicar este produto sobre o suporte, com um rolo de pele de carneiro, em duas demãos cruzadas, adicionando sobre a segunda mão areia fina e seca.

Após secagem (24 horas em condições normais) varrer o excesso de areia e proceder à colagem de acordo com as indicações do fabricante. Ter em atenção que a areia espalhada deve cobrir totalmente o primário e estar totalmente agarrada após o endurecimento. Para evitar partículas soltas, recomenda-se para além de varrer, aspirar a superfície.



Figura 69 – Exemplo de aplicação de Thomsit P685

- **Modo de emprego**

Aplicar uniformemente a cola com uma espátula nº 3, aplicando somente a quantidade de cola que permita ser revestida antes da mesma iniciar o seu endurecimento/formação de pele (30-45 min). Colocar, sem tempo de espera, o parquet, verificando que o seu reverso fica completamente em contacto com a cola. Permitir uma margem de 10-15 mm entre a madeira colocada e as paredes, pilares, etc.

Na colocação de madeira pré-acabada deve haver o cuidado de verificar se a superfície está nivelada. No caso de colagem de parquet em mosaico, tacos ou pré-acabado, é indispensável a utilização de um maço de borracha para bater as peças.

Esperar pelo menos 24 horas antes do afixamento da madeira, em suportes absorventes e pelo menos 48 horas em suportes não absorventes.

Limpar os utensílios de trabalho logo após a sua utilização. No caso de aplicação de pré-acabado remover imediatamente manchas de colas antes do endurecimento.

- **Dados Técnicos**

Os principais dados técnicos do produto são apresentados na tabela seguinte.

Tabela 8 – Dados técnicos do Thomsit P685⁽²⁹⁾

Cor	Beje
Aspecto	Pastoso
Densidade	1,55 kg/L
Tempo de espera	Nulo
Tempo aberto/formação de pele	30-45 min.
Transitável	12-14 horas
Tratamentos posteriores da madeira	
Suportes absorventes	Min. 24 horas
Suportes não absorventes	Min. 48 horas
Resistência à temperatura	
Na armazenagem	0° a 50°C
Na colagem	Até 50°C adequado para pavimentos com aquecimento
Resistência à água	Sim

- **Thomsit P675-F** ⁽³⁰⁾

O sistema P675F permite a fácil instalação de parquet pré-acabado e laminados com junta macho-fêmea, através da combinação de uma cola elástica – Tecnologia Flextec[®], aplicada em cordão, com uma espuma especial que limita os pontos de transmissão acústica, permitindo uma redução do ruído até 18 dB (PV CSTB nº AC06 – 131/2).

Comparado com outros sistemas acústicos de colagem por cordão, permite:

- Facilidade e rapidez de aplicação
- Maior conforto e menor cansaço
- Menor volume de materiais a manipular

O produto pode ser aplicado em suportes absorventes (betonilhas, massas de regularização), ou não absorventes, por exemplo, em reabilitação de pavimentos cerâmicos.

Para suportes sujeitos a aquecimento do piso, devem ser aplicados os produtos Thomsit P625 ou Thomsit P685.

Em termos de composição, o produto é formado por dois componentes:

- Componente A – Cola reactiva sem solventes nem água, baseado na tecnologia Flextec[®];



Figura 70 – Thomsit P675-F ⁽³¹⁾

- Componente B – Espuma flexível em cordão, auto-adesiva numa das faces.

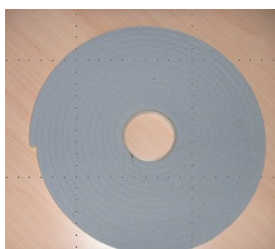


Figura 71 – Espuma P675-F⁽³¹⁾

- **Dados Técnicos**

As tabelas seguintes apresentam, de forma resumida, as características da cola e da espuma.

Tabela 9 – Características de Thomsit P675-F⁽³⁰⁾

Cor	Branca
Densidade	1.4 Kg/L
Rendimento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 salsicha de 600 ml para aprox. 1,6 m² (colagem em cordão com bico de 6mm de diâmetro) ▪ 1 caixa com 20 unidades para aprox. 32m²
Temperatura ideal de utilização	15 a 30°C
Início de endurecimento	20-30 minutos
Velocidade de reticulação	3-4 mm/ 24h
Módulo a 100% alongamento	Aprox. 0,55 Mpa (aprox. 5,5 Kg/cm ²)
Módulo na ruptura	1,1 Mpa (aprox. 11 Kg/cm ²)
Dureza Shore A	50
Resistência à temperatura	-30 a 90°C
Resistência à humidade	Excelente

Tabela 10 – Características da espuma⁽³⁰⁾

Cor	Cinza
Material	Poliuretano de célula aberta, auto-adesiva
Dimensões	Aprox. 10x15mm em rolos de 8m de comprimento
Rendimento	<ul style="list-style-type: none">▪ Aprox. 2 metros lineares / m²▪ 1 caixa com 8 rolos de 8m para aprox. 32m²

- **Preparação das superfícies**

A preparação das superfícies é idêntica à requerida na utilização do produto Thomsit P685, devendo as superfícies estar de acordo com a norma DIN 18 365. Deverão ser utilizados, caso seja necessário, produtos complementares, para uma aplicação eficaz do produto.

- **Modo de emprego**

Este sistema de colocação foi objecto de ensaios de medida de isolamento do ruído de transmissão ΔL (conforme as normas NF EN ISO 140-1, NF EN 20140-2 e NF EN ISO 140-8, complementada pela norma NF EN ISO 717/2). Este sistema acústico permite obter um ΔL_w de 18 dB (Relatório de ensaios CSTB N° AC06-131/2).

As características acústicas finais para o sistema suporte/cola/parquet são dependentes de cada elemento individual e sobretudo das características do parquet. Para obter a máxima eficácia deste sistema de colocação, respeitar escrupulosamente o modo de aplicação seguinte:

- Prever uma junta periférica de 1-2cm entre a madeira a colocar e as paredes, pilares, etc.
- Colocar a espuma auto-adesiva em sentido transversal ao da aplicação da madeira. Assegurar um intervalo de 50 cm entre cada cordão de espuma.
- Aplicar o cordão de cola, com um diâmetro de 6mm, em intervalos de 15 cm, no mesmo sentido da aplicação da espuma. Aplicar a cola em todo o perímetro da área a instalar.
- Instalar a madeira, antes do início do endurecimento da cola (aprox. 30 min).

O tempo de endurecimento final da cola é função do tipo de suporte, da humidade da madeira e das condições ambientais de temperatura e humidade. O parquet é transitável 12 a 24h após a sua colocação, sendo a colocação de mobiliário possível após um mínimo de 24 horas.

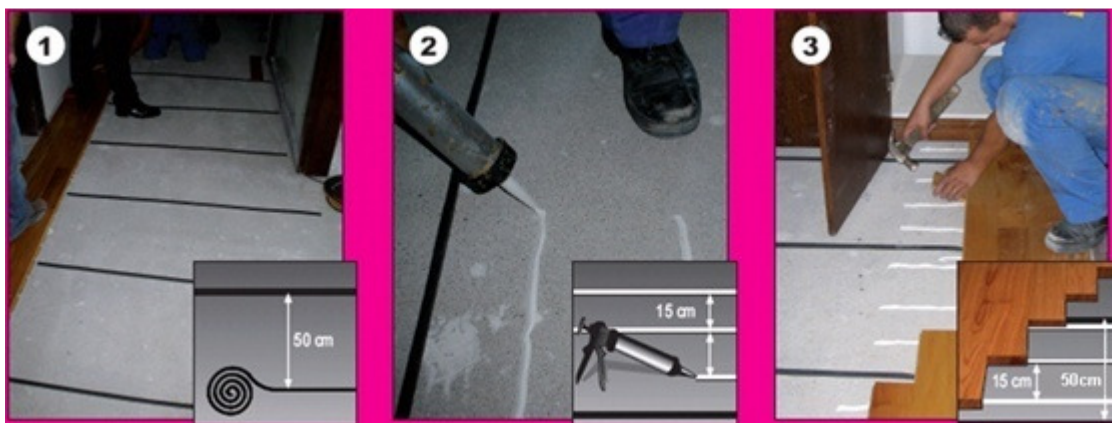


Figura 72 – Etapas da aplicação do sistema P675-F⁽³⁰⁾

2. Materiais e Métodos

2.1. Introdução

A parte experimental do trabalho consistiu na elaboração e ensaio de tracção de 42 provetes, a partir de sete tipos de materiais, utilizados como revestimentos (fachadas ventiladas), de cinco fabricantes distintos. Os provetes foram elaborados utilizando amostras destes materiais, com e sem utilização de primário (Sista Solyplast - Primário Flextec) e com a utilização do adesivo SISTA-SOLYPLAST SP-301. Após elaboração e respectiva cura, os provetes foram ensaiados num equipamento para ensaio de tracção de forma a registar qualitativamente a sua resistência à tracção e comportamento.

Os ensaios foram realizados integralmente nas instalações da Henkel Ibérica Portugal.

2.2. Designação das amostras

As amostras foram cortadas nas dimensões adequadas para a elaboração dos provetes e de seguida agrupadas nos respectivos lotes, consoante o fabricante. Estes lotes são representados na tabela seguinte.

Tabela 11 - Identificação das amostras e respectivos fabricantes

Lote	Fabricante/Referência
A	Ibero Perfil – Ref ^a Fórmica Exterior UF-1614
B	Ibero Perfil – Ref ^a Fórmica interior
C	Trespa Meteon
D	Cociga – Fenólico exterior mogno
E	Cociga – fenólico exterior carvalho
F	Arpa exterior
G	Fundermax – Akro Rubin

2.3. Preparação dos provetes

Os provetes foram preparados de acordo com as dimensões padronizadas, indicadas na figura 73³. De forma a remover quaisquer resíduos de gordura ou sujidade, tanto as amostras como os cubos de Teflon[®] necessários para a preparação dos provetes, foram limpos com Tangit PE/PP/PVDF – Cleaning Tissues[®] (figura 74).

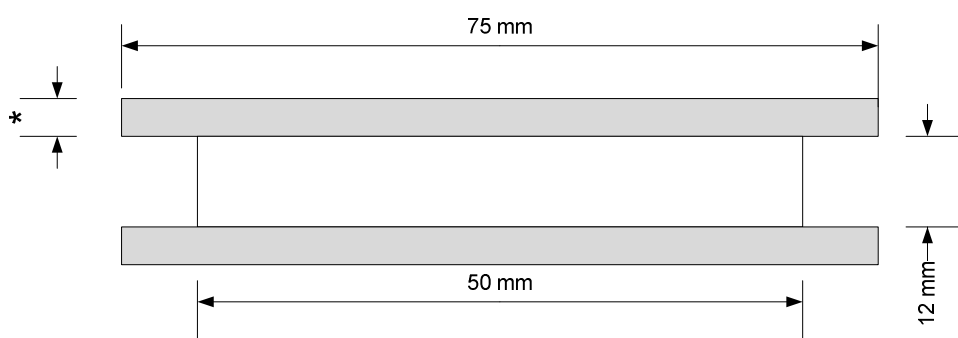


Figura 73 - Dimensões dos provetes utilizados



Figura 74 - Tangit PE/PP/PVDF – Cleaning Tissues

³ Relativamente à espessura dos provetes, esta depende do fabricante e do lote.

De forma a analisar a adequada adesão do adesivo aos materiais utilizados, e a sua influência na resistência à tracção, foram elaborados provetes com e sem aplicação de primário. As amostras foram separadas em dois grupos, um deles com aplicação de primário seguido da aplicação do adesivo e outro com a aplicação directa do adesivo.

Como primário, utilizou-se o produto complementar do adesivo SP-301, o primário Sista Solyplast - Primário Flextec (Figura 75). Este produto caracteriza-se pelas suas boas propriedades de cobertura, estabilidade UV e elevada resistência inicial, sendo livre de hidrocarbonetos clorados e solventes aromáticos.

Para a sua adequada aplicação, as amostras foram reunidas sobre fita adesiva (Figura 76) e o primário foi então aplicado com recurso a um rolo de forma a garantir uma aplicação homogénea e com a espessura adequada ($\sim 50 \mu\text{m}$). Após aplicação do primário, as amostras secaram durante 10 minutos.



Figura 75 - Sista Solyplast - Primário Flextec

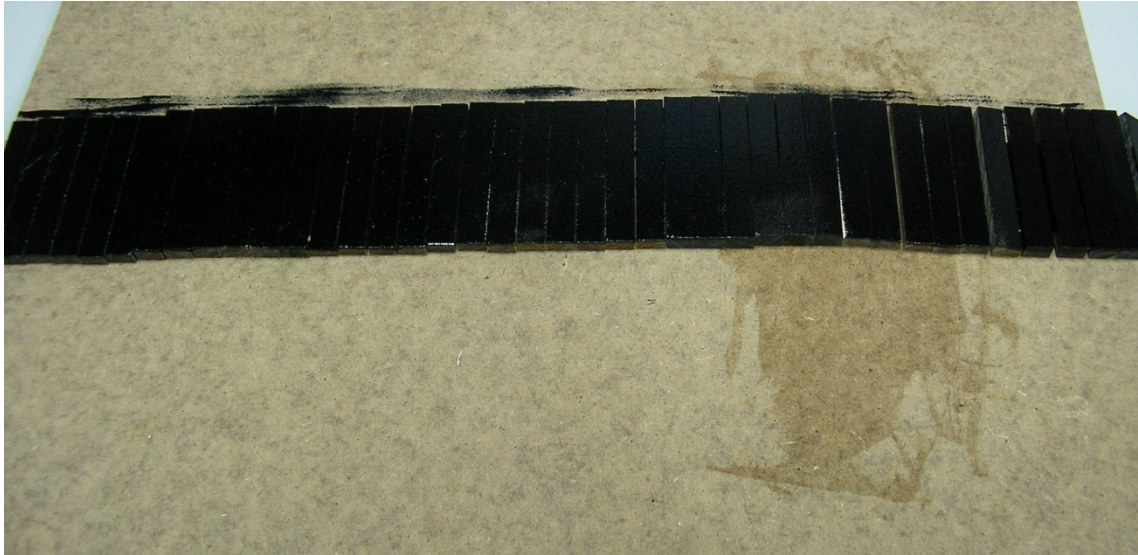


Figura 76 – Aplicação do primário nas amostras

Com o primário seco, as amostras foram montadas com recurso a cubos de Teflon®, e agrupadas num sistema de aperto adaptado para o efeito (Figura 77), tendo o cuidado de manter as peças devidamente alinhadas e juntas, de forma a conseguir uma boa distribuição do adesivo.



Figura 77 – Sistema de enchimento dos provetes

Para aplicação do adesivo SP-301, utilizou-se uma pistola para aplicação de mastiques (Figura 78) com o bico cortado a uma secção de 8 mm. Para cada um dos provetes a aplicação começou na base da placa, correndo o espaço entre os cubos, de baixo para cima, preenchendo completamente a cavidade, de forma a eliminar possíveis vazios no provete (Figura 79). Este procedimento foi repetido para todos os restantes provetes.



Figura 78 – Pistola para aplicação de mástiques

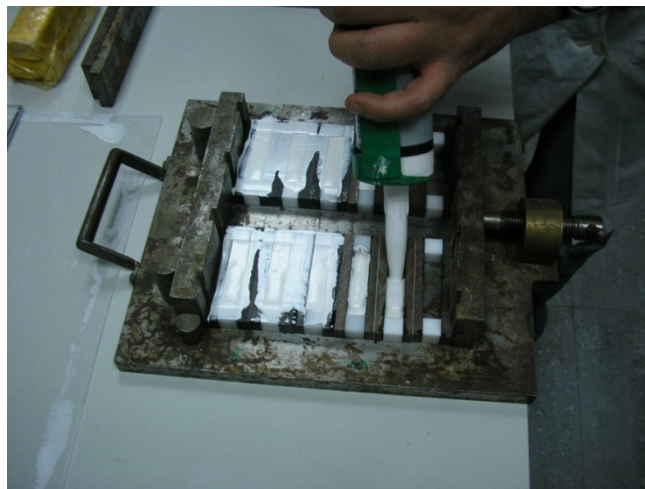


Figura 79 – Aplicação do adesivo nos provetes

Após enchimento de todos os provetes, o material foi alisado com o recurso a uma espátula de forma a obter um acabamento liso do provete. Este procedimento é ilustrado na figura 80.



Figura 80 – Alisamento da superfície dos provetes

Após esta operação, os provetes foram desenformados e retirados do sistema de aperto, tendo o cuidado de não deslocar quer as amostras quer os cubos de Teflon®. Os provetes obtidos (Figura 81) foram então novamente agrupados para o período de cura, com a duração de 28 dias, para obtenção das propriedades finais do material.

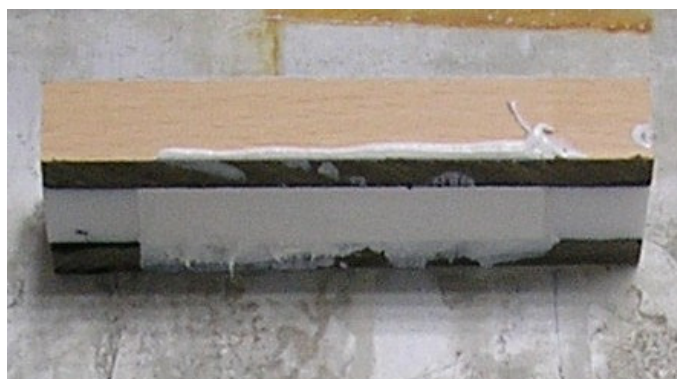


Figura 81 – Exemplo de provete

Devido a problemas de adesão ao material do lote F, tiveram de ser elaborados novos provetes F1, F2, F3, F4, com as condições indicadas na tabela 12.

Tabela 12 – Descrição da elaboração dos provetes (Lote F)

Provete	Descrição
F1	Limpeza com MEK + primário + SP 301
F2	Limpeza com álcool + Lixa grão 100 + primário + SP 301
F3	Limpeza com álcool + Lixa grão 100 + SP 301 (s/primário)
F4	Limpeza com MEK + Lixa grão 100 + SP 301 (s/primário)

Foi alterado o agente de limpeza de forma a aferir a sua influência no desempenho, assim como a utilização de lixa para preparar a superfície, com e sem aplicação de primário.

2.4. Ensaios de resistência à tracção

Os ensaios de resistência à tracção foram realizados após a cura dos provetes elaborados. Para o efeito foi utilizado um equipamento hidráulico, Lukas Hydraulik GmbH, modelo Lukas LZOH 10/50-20 PN500 100 KN, adaptado para a realização dos ensaios (Figura 82).



Figura 82 – Equipamento utilizado na realização dos ensaios de tracção

O ensaio consiste na tracção do provete até à sua ruptura, verificando-se se a ruptura é adesiva, isto é, se o adesivo se separa do material, se é coesiva, quando é o próprio adesivo a sofrer ruptura ou se existe falha de material, quando ocorre, por exemplo, fractura do material.

Os resultados foram analisados de forma qualitativa, uma vez que a análise quantitativa dos valores de tensão de ruptura não foi possível de se efectuar, devido à pouca sensibilidade do equipamento utilizado. No entanto, para efeitos de certificação e de utilização, o produto é aprovado para o material em questão, sempre que se verifique ruptura coesiva.

A figura 83 mostra as etapas dos ensaios efectuados. Assim, de cima para baixo e no sentido dos ponteiros do relógio tem-se: o provete no início do tracção; o provete no limite de resistência, apresentando sinais de estrição nas zonas laterais; a ruptura do provete e por fim, o provete evidenciando a ocorrência de ruptura coesiva.

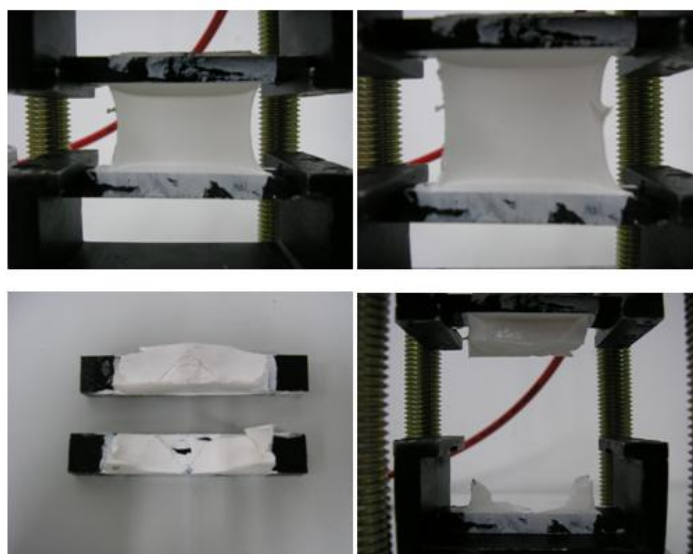


Figura 83 – Etapas dos ensaios dos provetes

O procedimento foi efectuado para todos os restantes provetes, registando-se o tipo de ruptura sofrida.

3. Resultados e Discussão

3.1. Resultados Experimentais

A tabela seguinte mostra os resultados obtidos para cada um dos provetes, indicando-se se ocorreu ruptura coesiva (R.C), ruptura adesiva (R.A) ou falha do material do provete (F.M).

Tabela 13 – Resultados dos ensaios dos provetes

Lote/Código	C/ primário	Lote/Código	S/ primário
AP#1	R.C	AS#1	R.C
AP#2	R. C	AS#2	R.C
AP#3	R. C	AS#3	R.C
BP#1	R.C	BS#1	R.C
BP#2	R.C	BS#2	R.C
BP#3	R.C	BS#3	R.C
CP#1	R.C	CS#1	R.C
CP#2	R.C	CS#2	R.C
CP#3	R.C	CS#3	R.C
DP#1	F.M	DS#1	R.C
DP#2	R.C	DS#2	R.C
DP#3	R.C	DS#3	F.M
EP#1	F.M/R.C	ES#1	F.M/R.C
EP#2	F.M/R.C	ES#2	F.M/R.C
EP#3	F.M	ES#3	F.M
FP#1	R.A	FS#1	R.A
FP#2	R.A	FS#2	R.A
FP#3	R.A	FS#3	R.A
F1	R.C	F3	R.A
F2	R.C	F4	R.A
GP#1	R.C	GS#1	F.M
GP#2	R.C	GS#2	F.M/R.C
GP#3 (72 H)	R.C	GS#3 (72 H)	R.A/F.M

Em seguida mostram-se as imagens exemplificativas de cada um dos possíveis resultados: ruptura coesiva (Figura 84), ruptura adesiva (Figura 85) e falha do material (Figura 86), seguindo-se as imagens dos resultados para todos os provetes de cada lote (Figura 87).

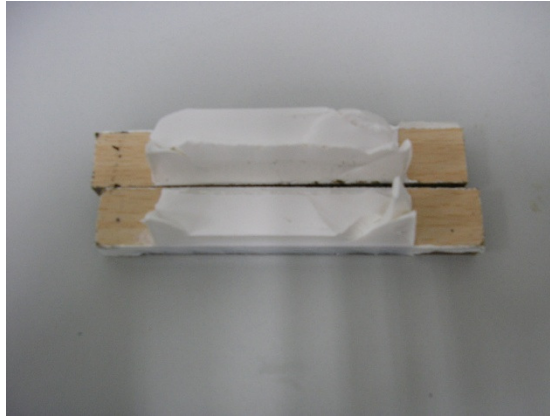


Figura 84 – Ruptura Coesiva (Lote B)

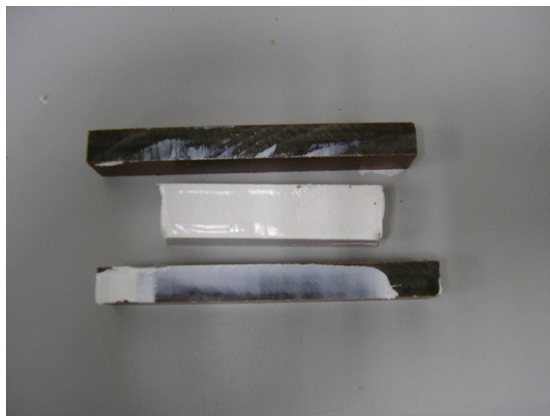


Figura 85 – Ruptura Adesiva (Lote F)



Figura 86 – Falha de Material (Lote E)



Figura 87 – Resultados dos ensaios

3.2. Discussão dos resultados

Após a realização dos ensaios e com os resultados obtidos, verifica-se que o adesivo SP 301 apresentou o comportamento esperado, ou seja, verificou-se a ocorrência de ruptura coesiva na grande maioria dos provetes, com exceção de provetes em que se registou falha do material ou ruptura adesiva.

Analisando cada um dos lotes, verificou-se que os provetes do lote A apresentaram, na sua totalidade, ruptura coesiva. O mesmo se verificou no lote B, do mesmo fabricante, em que o desempenho foi semelhante, com e sem aplicação do primário.

O lote C, apresentou, igualmente, bom desempenho, com ruptura coesiva total, tanto com aplicação do primário, como sem o mesmo. Os provetes do lote D apresentaram na sua maioria ruptura coesiva, com exceção de dois provetes em que se verificou falha do material, que não resistiu à força de tracção exercida. Neste caso, a falha do material verificou-se tanto no provete com primário como no provete sem primário. No lote E, todos os provetes apresentaram falha de material, com os provetes partidos na sua totalidade com alguns deles a apresentar um misto de ruptura coesiva e falha de material. Este comportamento foi comum aos provetes com e sem primário. No lote F, verificaram-se os resultados mais peculiares, obtendo-se, algum tempo após a preparação dos provetes, ruptura adesiva total em todos os provetes, prova de que o adesivo não conseguiu aderir ao material, não obstante, a limpeza e a aplicação de primário. Neste caso, e como já foi indicado, tiveram de ser elaborados novos provetes, porém, sem triplicados, com novas condições de aplicações: alteração do agente limpeza, utilizando-se MEK e álcool e efectuando um tratamento da superfície através da lixagem com lixa grão 100, utilizando-se também o primário. Neste novo lote, verificou-se que os provetes com primário apresentaram ruptura coesiva, enquanto os sem primário registaram novamente ruptura adesiva, mesmo com o tratamento de superfície e aplicação de MEK. Por fim, o lote G apresentou também resultados variáveis, com os provetes com primário a registarem ruptura coesiva, mesmo o provete em que o adesivo foi aplicado ao fim de 72 horas, dando boas indicações relativas ao período de utilização do primário, desde que este se mantenha limpo. No caso dos provetes sem primário, verificaram-se os três tipos de comportamento, provetes com falha de material, misto de falha de material e ruptura coesiva e no provete com 72 H, ruptura adesiva.

4. Certificações

O adesivo ensaiado, “Sista-Solyplast SP-301”, foi certificado de acordo com a futura norma “GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF KITS FOR EXTERNAL WALL CLADDINGSPart III : BONDED CLADDING KITS”⁽³²⁾, tendo sido os ensaios realizados com a certificação CIDEMCO⁽²⁶⁾. Seguidamente apresenta-se, resumidamente, o processo de certificação, com as amostras utilizadas, os ensaios efectuados e respectivos procedimentos, por fim, os resultados obtidos.

4.1. Características das amostras

Para o efeito foram ensaiados 90 provetes com o tamanho 50 x 100 mm (largura x comprimento) e uma espessura de adesivo de 3 mm, com as seguintes características:

- Adesivo – SISTA-SOLYPLAST SP-301
- Primário – SISTA-SOLYPLAST PRIMÁRIO FLEXTEC
- Suportes – Cerâmica prensada; Perfil alumínio – liga 6060 (SIMAGALTOK 60) T5
- Particularidades – Primário aplicado sobre os dois suportes

4.2. Ensaios efectuados

Os ensaios efectuados correspondem aos requeridos na norma ETAG⁽³²⁾

- Ensaio de tracção a 23° C
- Ensaio de cisalhamento a 23° C
- Fadiga mecânica – ensaio de tracção a 23° C
- Fadiga mecânica – ensaio de cisalhamento a 23° C
- Ensaio de envelhecimento acelerado

- Resistência a neblina salina
- Resistência à atmosfera de SO₂

4.3. Procedimentos

4.3.1. Ensaio de tracção a 23 °C

As amostras são acondicionadas a (23±2) °C e (50±5) % de humidade relativa, durante 28 dias. Salvo indicação, estas são as condições aplicadas em todos os ensaios em termos de acondicionamento.

Após o acondicionamento, os provetes são traccionados até rotura, a uma velocidade de 5 mm/min, registando-se, graficamente, a variação força – alongamento. A partir dos dados obtidos, calcula-se a resistência à tracção, tendo em conta o valor da força máxima alcançada.

Após a rotura, mede-se a espessura e largura do adesivo aplicado e é determinado também o tipo de ruptura, adesiva ou coesiva.

4.3.2. Ensaio de cisalhamento a 23 °C

Neste ensaio, o procedimento é semelhante, em termos de acondicionamento e recolha de dados, variando só o tipo de ensaio.

4.3.3. Fadiga mecânica – Ensaio de tracção a 23 °C

Este ensaio é realizado em duas ocasiões:

1. Fadiga mecânica em provetes sem ensaios prévios
2. Fadiga mecânica em provetes depois de envelhecimento acelerado

Depois de acondicionados, submetem-se os provetes a uma tensão repetitiva, sob tracção com um tempo de ciclo de 6 segundos, seguindo o processo da norma.

- 100 ciclos desde $0,1 \sigma_{des}$ a σ_{des}
- 250 ciclos desde $0,1 \sigma_{des}$ a $0,8 \sigma_{des}$
- 5000 ciclos desde $0,1 \sigma_{des}$ a $0,6 \sigma_{des}$

sendo $\sigma_{des} = R_{u,5}/6$ (calculando $R_{u,5}$ a 23°C)

Depois do ensaio, as amostras são acondicionadas a $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ e $(50\pm 5)\%$ de humidade relativa, durante (24 ± 4) horas, submetendo-se depois os provetes a um ensaio de tracção a 23°C , registando-se os valores de força de alongamento e avaliando o tipo de ruptura.

Para o caso do ensaio de cisalhamento, o procedimento é semelhante.

4.3.4. Envelhecimento acelerado

Após o acondicionamento, os provetes são expostos, durante 6 semanas, dentro de uma câmara, às seguintes condições:

- 8 horas de calor simulando a radiação solar, mediante a utilização de uma bateria de lâmpadas.
- 24 horas de chuva, mediante a utilização de um chuveiro de água
- 40 horas de frio, expondo os provetes a -20°C
- 8 horas de chuva, mediante chuveiro de água
- 8 horas de calor, simulando a radiação solar

Após estes ensaios, os provetes são acondicionados e ensaiados da mesma forma que nos ensaios anteriores.

4.3.5. Resistência à neblina salina

Após o acondicionamento, os provetes são submetidos a uma atmosfera salina, durante 480 horas, segundo a norma UNE –EN ISO 9227:2007, voltando-os a cada 24 horas para garantir uma exposição homogéna.

Após este ensaios, os provetes são acondicionados e ensaiados da mesma forma que nos ensaios anteriores.

4.3.6. Resistência à atmosfera de SO₂

Após o acondicionamento, os provetes são submetidos a uma atmosfera de SO₂ (0,20 litros de SO₂) durante um total de 20 ciclos, segundo a norma UNE –EN ISSO 3231:1998.

Após este ensaios, os provetes são acondicionados e ensaiados da mesma forma que nos ensaios anteriores.

4.4. Especificações

As especificações requeridas na norma são apresentadas na tabela seguinte.

Tabela 14 - Especificações ⁽²⁶⁾

Ensaio	Propriedades	Tipo de rotura
Tracção após fadiga mecânica	$\Delta X_{\text{mean}} \geq 0,75. \Delta X_{\text{mean}} (23^\circ\text{C})$	Ruptura $\geq 90\%$ coesiva
Cisalhamento após fadiga mecânica	$\Delta X_{\text{mean}} \geq 0,75. \Delta X_{\text{mean}} (23^\circ\text{C})$	Ruptura $\geq 90\%$ coesiva
Tracção após envelhecimento	$\Delta X_{\text{mean}} \geq 0,75. \Delta X_{\text{mean}} (23^\circ\text{C})$	Ruptura $\geq 90\%$ coesiva
Tracção após envelhecimento e fadiga	$\Delta X_{\text{mean}} \geq 0,75. \Delta X_{\text{mean}} (23^\circ\text{C})$	Ruptura $\geq 90\%$ coesiva
Tracção após neblina salina	$\Delta X_{\text{mean}} \geq 0,75. \Delta X_{\text{mean}} (23^\circ\text{C})$	Ruptura $\geq 90\%$ coesiva
Tracção após SO₂	$\Delta X_{\text{mean}} \geq 0,75. \Delta X_{\text{mean}} (23^\circ\text{C})$	Ruptura $\geq 90\%$ coesiva

4.5. Resultados

A tabela seguinte apresenta o resumo dos resultados obtidos nos ensaios efectuados, bem como a sua classificação de acordo com as especificações. Os restantes resultados podem ver consultados nos anexos.

Tabela 15 – Resumo dos resultados obtidos⁽²⁶⁾

Referência	Adesivo “SISTA-SOLYPLAST SP-301”	RESULTADO
Tracção a 23 °C	1,56±0,08 Ruptura coesiva 98%	Satisfatório
Cisalhamento a 23 °C	1,33 ±0,04 Ruptura coesiva 99%	Satisfatório
Tracção após fadiga mecânica	1,57±0,03 Ruptura coesiva 97%	Satisfatório
Cisalhamento após fadiga mecânica	1,47±0,04 Ruptura coesiva 100%	Satisfatório
Tracção após envelhecimento	1,52±0,10 Ruptura coesiva 96%	Satisfatório
Tracção após envelhecimento e fadiga	1,67±0,10 Ruptura coesiva 97%	Satisfatório
Tracção após neblina salina	1,46±0,15 Ruptura coesiva 94%	Satisfatório
Tracção após SO ₂	1,53±0,12 Ruptura coesiva 97%	Satisfatório

5. Estudos relacionados com a tecnologia Flextec® (33) (34)

A utilização de polímeros Superflex/Flextec® tem sido motivo de vários estudos, com vista à sua caracterização em casos práticos e comparação das suas propriedades com as dos restantes adesivos estruturais, já existentes.

Vários estudos foram realizados pelo Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, com aplicação destes polímeros e produtos similares, no caso particular da ligação adesiva estrutural entre madeira e vidro.

A utilização estrutural de soluções compósitas de madeira e vidro está ainda numa fase inicial de desenvolvimento, mas tem vindo a aumentar, nos últimos anos, o interesse e o número de estudos efectuados, sobretudo devido aos desenvolvimentos tecnológicos na área dos adesivos estruturais, que permitem soluções de construção anteriormente impraticáveis.

Neste particular, os estudos experimentais efectuados, têm por objectivo analisar o desempenho de vários adesivos na ligação madeira-vidro, sendo os provetes elaborados sujeitos a ensaios de cisalhamento, sob a influência de diferentes variáveis. Assim foram analisados vários adesivos, incluindo várias marcas e tipos de adesivos, tais como silicones, metacrilatos, poliuretano, epóxi, acrílicos, polímeros superflex e polímeros MS.

Com os testes efectuados pretende-se atingir o equilíbrio ideal entre força e flexibilidade na ligação adesiva madeira-vidro, sendo de extrema importância que o adesivo combine estas duas propriedades, de modo a que possa ser utilizado neste tipo de aplicação estrutural. O adesivo deverá também permitir a flexão, expansão e retracção da madeira de acordo com as variações de carga e humidade.

5.1. Materiais e Métodos

Para o efeito, foram efectuados ensaios de cisalhamento dos vários provetes elaborados com seis tipos diferentes de produtos: Poliuretano (Sikaflex®265); Silicone (Sikasil®SG-20); Polímeros Superflex (Sista Soloplast® SP-101); Metacrilato (Sikafast®5211), Acrílico (3M™Scotch-Weld™ DP-810) e fita acrílica (3M™VHB™4910F). Para além do adesivo, variou também o tipo de vidro utilizado (vidro laminado 5.5.1 e vidro temperado 5 mm) e a utilização ou não de primário.

Os provetes são constituídos por uma placa de vidro fixa entre duas placas de madeira, da espécie *Pseudotsuga Menziessi*, com uma superfície de contacto de 40 000 mm².

De notar que, aquando da elaboração dos provetes e aparte a utilização de primário, as placas de vidro foram desengorduradas com dimetilcetona e devidamente secas, sendo os elementos de madeira soprados com ar comprimido.

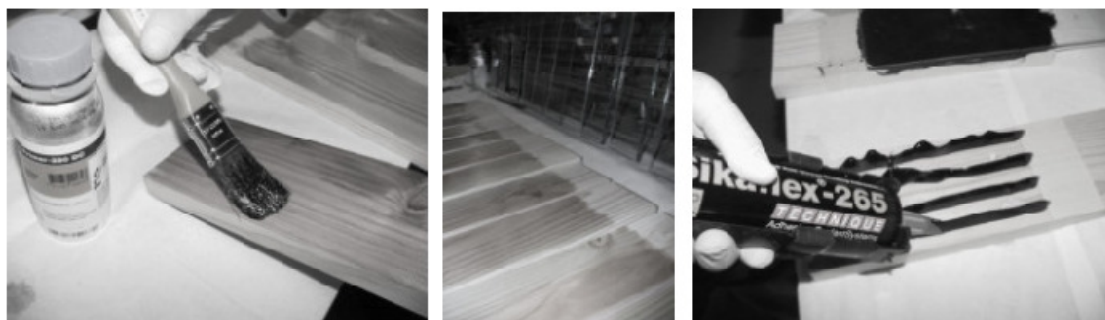


Figura 88 – Exemplos da aplicação de primário nos provetes⁽³⁴⁾

Relativamente aos ensaios, os provetes foram submetidos a cisalhamento, a uma velocidade de 15 microns/s, sendo que os ensaios forneceram dados relacionados com resistência, deslocamento relativo madeira-vidro, permitido pelo adesivo e deformação da madeira.

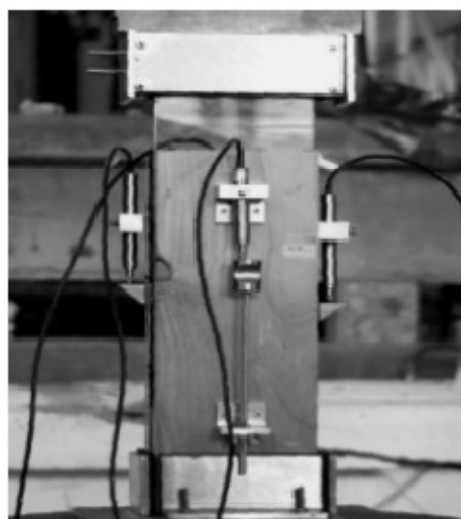


Figura 89 – Esquema do equipamento utilizado nos ensaios⁽³⁴⁾

5.2. Resultados

Os resultados obtidos nos ensaios deram forma a conclusões sobre vários aspectos importantes, tais como a força e deslocamento relativo do conjunto madeira-vidro, deformação da madeira e suas consequências, tipos de falha, variações devido a tratamentos de superfícies e utilização de primários, influência do tipo de vidro e precauções de segurança que terão de ser asseguradas. A tabela seguinte apresenta o resumo dos resultados obtidos.

Tabela 16 – Sumário dos testes efectuados ⁽³⁴⁾

Lab. Test Type Test Specification	Shear Stress Compression Test							
	01	02	03	04	05	06	07	08
Maximum Load – Average [kN]								
A Sika [®] poly ure than.	38	68	39	15	15	11	11	1.9
B Sika [®] silicone		16	20	20				
C Sista [®] poly mer		60	45	55	14	11	10	2.4
D Sika [®] methacry lat.		72	50	62	19*	15	11	4.5
E 3M [®] acrylic 2		88	57	73				
F 3M [®] acrylic tape		02	01	03				
Relative Displacement Timber-Glass – Average [mm]								
A Sika [®] poly ure than.	4.7	5.1	5.8	4.3	1.9	1.5	1.6	1.1
B Sika [®] silicone		3.9	4.8	4.9				
C Sista [®] poly mer		5.0	3.8	5.2	2.5	2.6	1.8	0.6
D Sika [®] methacry lat.		0.1	0.1	0.2	0.1	0.4	0.7	0.5
E 3M [®] acrylic 2		0.1	0.0	0.1				
F 3M [®] acrylic tape		9.6	10.	10.				
Failure Mode* ¹								
A Sika [®] poly ure than.	○●	○	○	◆●	■	■●	◆●●	●
B Sika [®] silicone		◆●●	◆●●	◆●●				
C Sista [®] poly mer		○	○	◆○■	■	◆■	◆■	■
D Sika [®] methacry lat.		○	○	○	○	○■□	◆○■	■
E 3M [®] acrylic 2		◆○●	○	◆○■				
F 3M [®] acrylic tape		◆■	◆■	◆■				

* Maximum Load Capacity of Equipment achieved. Specimen kept on resisting.

*¹ Failure Mode:

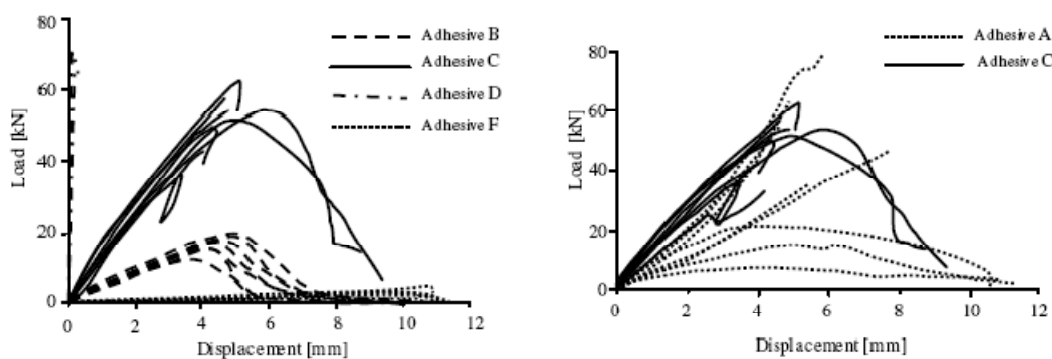
○-Glass failure; □-Wood failure; ●-Glass adhesion interface; ■-Wood adhesion interf.; ◆-Adhesive cohesion.

5.2.1. Força e Deslocamento relativo madeira-vidro

Baseado na análise da figura 90a, é possível identificar três grupos diferentes, neste contexto:

- Adesivos muito resistentes e insuficientemente flexíveis (metacrilato, acrílicos bi-componentes);
- Adesivos altamente flexíveis, mas insuficientemente resistentes (silicones e fita acrílica);
- Adesivos que equilibram ambos os factores-chave: resistência e flexibilidade (polímeros Superflex e poliuretanos)

Neste terceiro grupo e, a respeito da variabilidade de comportamento, é possível observar na figura 90b, que os polímeros Superflex – adesivo C – contrariamente ao poliuretano – adesivo A – apresentam, em todas as circunstâncias, uma uniformidade convergente com critérios de segurança.

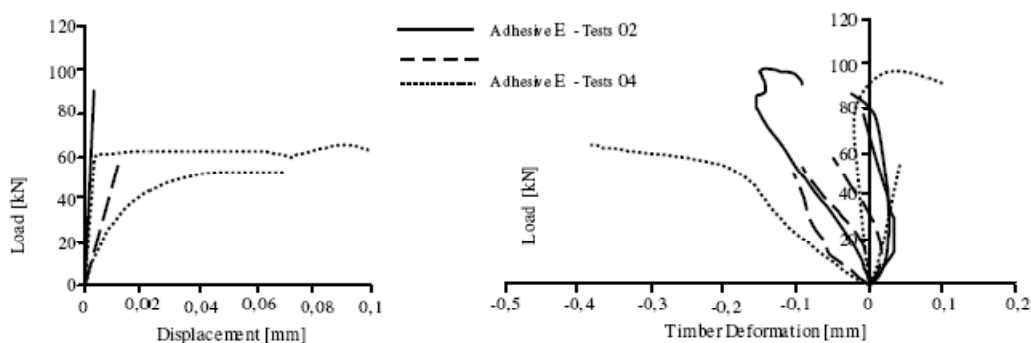


Figuras 90a e b – Curvas carga vs deslocamento relativo ⁽³⁴⁾

5.2.2. Consequências da deformação da madeira

Quanto maior a carga suportada pelo adesivo, maior a força a que quer a madeira e o vidro serão submetidos. Uma comparação entre as figuras 91a e 91b, ambas respeitantes a um adesivo rígido – acrílico bi-componente – mostra que a deformação longitudinal da madeira é superior que o deslocamento relativo entre madeira e vidro. Este facto traz consequências para o comportamento do provete, já que a deformação longitudinal tem repercussões na sua expansão tangencial, o que representa precisamente o que deverá ser minimizado, já que é responsável pelo aumento da tensão na superfície do vidro directamente em contacto com a madeira, como é

apresentado na figura 92. A limitação da dimensão tangencial da madeira em contacto com o vidro, claramente representa uma solução válida para esta situação.



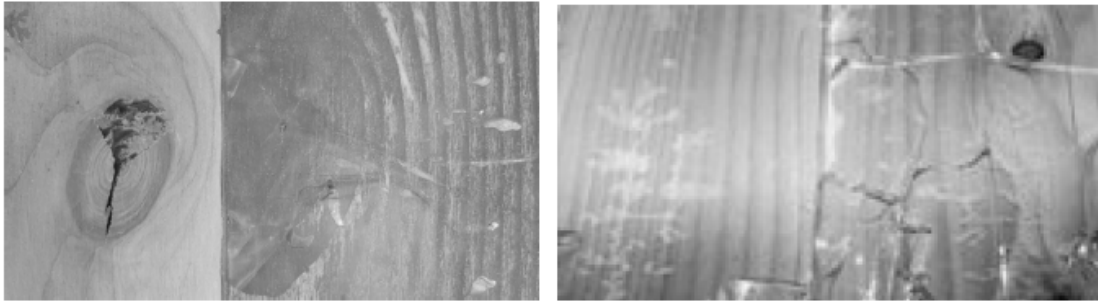
Figuras 91a e b – Curvas Carga/Deslocamento relativo(a) e Carga/Deformação da madeira (b) ⁽³⁴⁾



Figura 92 – Consequências da expansão tangencial da madeira no vidro ⁽³⁴⁾

5.2.3. Tipos de falha e utilização de primário

Foram observados diferentes tipos de falha, dependendo do tipo de adesivo e das variáveis implementadas. Foi possível concluir que o tratamento da superfície tem uma influência decisiva na falha da ligação adesiva. Na figura 93, relativa ao mesmo produto – acrílico bi-componente – é possível observar dois tipos diferentes de falha, através da ligação à madeira – com primário aplicado – e através da ligação ao vidro – sem primário, respectivamente.



Figuras 93a e b – Diferentes tipos de falha do mesmo adesivo, dependendo da aplicação de primário⁽³⁴⁾

5.2.4. Influência do tipo de vidro

O vidro temperado, apesar de mais resistente a tensões superficiais, que o vidro laminado apresenta duas desvantagens consideráveis e decisivas, o seu comportamento frágil e uma superfície irregular. As repercussões destas características são apresentadas na figura 94.

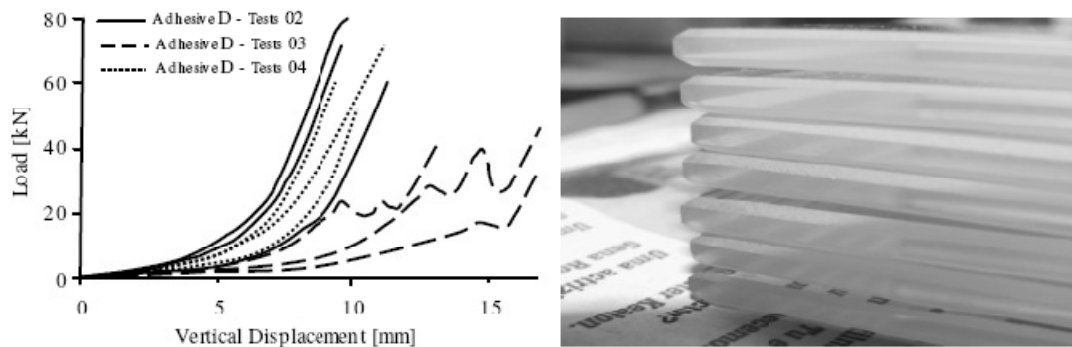


Figura 94 – Curvas de carga vs deslocamento vertical- vidro laminado (testes 02 e 04) e vidro temperado(teste 03)(a); superfície irregular do vidro temperado (b)⁽³⁴⁾

5.2.5. Estética e radiação UV

Especialmente devido à utilização de vidro, a radiação solar é um aspecto decisivo aquando da escolha do adesivo, não só por razões funcionais e estruturais - resistência aos raios UV – mas também por razões estéticas. Neste particular, o silicone é o produto que melhor responde a este tipo de necessidades.

5.2.6. Precauções de segurança

A segurança é um aspecto crucial e indispensável, sendo que esta implica critérios de deformabilidade e ductilidade ao invés de características frágeis, que não permitem absorver tensões, normalmente mais resistentes mas com maior facilidade de colapso.

5.2.7. Conclusões do estudo

A solução de colagem apresentada neste estudo pode ser um sistema real, no que respeita à utilização estrutural de compósitos madeira-vidro. Dependendo da geometria do conjunto, as características mecânicas específicas dos seus componentes e a carga envolvida, será necessário aplicar um adesivo mais rígido ou mais dúctil. Os resultados obtidos, relativos a força e ductilidade, demonstram uma ampla gama de comportamentos mecânicos – de extremamente rígido a significativamente dúctil – e suportam a viabilidade desta solução para as aplicações previstas.

No entanto, esta solução terá que ser sujeita a outro tipo de testes de forma a ser aceite como solução de construção estrutural: variação da humidade relativa, radiação UV, envelhecimento e aplicabilidade.

6. Conclusões

Através dos resultados obtidos verifica-se que o adesivo SISTA-SOLYPLAST SP-301 cumpre, qualitativamente, os pressupostos do certificado CIDEMCO ⁽²⁶⁾ que apresenta. Na maioria dos provetes ensaiados, verificou-se a ocorrência de ruptura coesiva, o que garante a utilização do adesivo com o material em questão. Em alguns tipos de materiais, observou-se falha do material, resultado que também possibilita a utilização do material, uma vez que o ponto fraco da ligação é o próprio material. No caso mais crítico, verificou-se a ocorrência de ruptura adesiva, ou seja, o adesivo não aderiu ao material. Este tipo de comportamento prova que cada material tem de ser analisado caso a caso, uma vez que, dentro do mesmo lote, pode apresentar comportamentos distintos. Em relação à utilização do primário, verificou-se que em certos materiais, a sua aplicação é fundamental, para garantir uma adesão adequada. Noutros casos, esta aplicação não afecta qualitativamente os resultados, porém esta influência teria de ser mensurada em termos quantitativos, uma vez que deverão existir diferenças no valor da resistência à tracção de amostras com e sem primário. Contudo, é sempre recomendada a aplicação do primário, em qualquer tipo de material, de forma a garantir os melhores resultados possíveis.

Relativamente à apresentação dos produtos com a tecnologia Flextec[®], verifica-se a sua crescente aplicabilidade, devido às suas características superiores, quer em termos de performance, quer em termos de segurança. Dai o interesse no estudo das suas propriedades e a proposta de novas aplicações, tais como as apresentadas pela Universidade do Minho, sendo que as perspectivas de trabalhos futuros se centram na utilização e comparação destes produtos com os previamente utilizados.

7. Bibliografia

1. **Kirk-Othmer.** *Encyclopedia of Chemical Technology.* 2001.
2. **Smilga, B. V. Derjaguin and V. P. J.** *Appl. Phys.* 38. 1967, p. 4609.
3. **Young, T.** *Trans. R. Soc.* 1805, Vol. 95.
4. **Dupre, A.** *Theorie Mechanique de la Chaleur.* 1869.
5. **Hamed, A. N. Gent and G. R.** *Encyclopedia of Polymer Science and Engineering.* New York : John Wiley & Sons, 1985.
6. **Zisman, H. W. Fox and W. A. J.** *Colloid Sci.* . 1950, Vol. 5.
7. **W. A. Zisman, in F. M. Fowkes, ed.** Contact Angle, Wettability and Adhesion. *Adv. Chem. Ser. No. 43.* American Chemical Society, Washington, D.C, 1964, Vol. 43.
8. <http://www.kremerpigments.com>. [Online] [Citação: 19 de 08 de 2009.]
9. **Delmonte, J.** *The Technology of Adhesives.* New York : Reinhold, 1947.
10. **INTERNATIONAL, ASM.** *Adhesives and Sealants* . 1990. ISBN 0-87170-281-9.
11. <http://adhesives.org/AdhesivesSealants/SealantTechnologies.aspx>. *Adhesives.org*. [Online]
12. **Alves, Rui Salgueiro.** Apresentação Sista Solyplast. s.l. : Henkel.
13. **ASTM.** ASTM C920-08 . *Standard Specification for Elastomeric Joint Sealants.* 2008.
14. **Standard, ISO - International.** ISO 11600. *Building construction - Jointing products - Classification and requirements for sealants.* 2002.
15. <http://www.henkel.pt>. [Online] 19 de Julho de 2009.
16. **Construlink.com.** Ficha Técnica. *Tangit PVC-FLEX - HENKEL.* 2008.
17. Guião Técnico - Cola especial para PVC rígido. *Ficha técnica - Henkel* . 2005. Vol. 20.
18. **Construlink.com.** Ficha Técnica. *Vedação de roscas em aquecimento.* 2007. Vol. 35.
19. **Henkel.** Flextec Inside. *In View of Tomorrow.* 2005.
20. —. Flextec Applications Catalogue. 2007.
21. **Construlink.com.** Ficha Técnica Henkel. *Colas, Adesivos e Mastiques.* 2007. Vol. 31.
22. **Henkel.** Ficha técnica. *Sista Solyplast SP-201 Juntas.* 2007.
23. —. Ficha Técnica. *Sista Solyplast SP-101 Cola e Veda.* 2007.

24. —. Ficha Técnica - Sista Sopolyplast SP-Trans. 2005.
25. —. Ficha técnica. *Sista Solyplast SP-301 Fachadas*. 2007.
26. **CIDEMCO, CERTIFICADO**. *ADHESIVO "SISTA-SOLYPLAST SP-301" - HENKEL IBÉRICA, S.A.* 2008. 16489/7.
27. **Alves, Rui Salgueiro**. Apresentação SP-301 Fachadas. 2008.
28. **Construlink.com**. *Dossier Técnico-Económico - Fachadas Ventiladas*. Outubro 2006.
29. **Henkel**. Ficha Técnica - P685. 2007.
30. —. Ficha Técnica - P675F. 2008.
31. **Alves, Rui Salgueiro**. Thomsit - Colas e Sistemas para Revestimentos de Pisos. 2008.
32. **EOTA**. *"GUIDELINE FOR EUROPEAN TECHNICAL APPROVAL OF KITS FOR EXTERNAL WALL CLADDINGSPart III : BONDED CLADDING KITS"* . s.l. : ETAG, 2007.
33. **Cruz, Paulo e Pequeno, José**. Structural Timber-Glass Adhesive Bonding. Guimarães : University of Minho - Civil Engineering Department, 2005.
34. **Cruz, Paulo J.S., Pacheco, José A.L., Pequeno, José M.B.** Experimental studies on structural timber glass adhesive bonding. Guimarães : University of Minho - Civil Engineering Department, 2005.

ANEXOS