

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Mestrado em Engenharia Química

2013/2014



Desenvolvimento de uma Cola Biodegradável

Mestrado em Engenharia Química

Tecnologias de Proteção Ambiental

Desenvolvimento de uma Cola Biodegradável

Disciplina de Dissertação/Estágio

Realizado por,

Sandra Cristina Fernandes Azevedo Mouta

1080971@isep.ipp.pt

Departamento de Engenharia Química

Professores Orientadores:

Cristina Frutuoso

Gilberto Pinto

Alfredo Crispim

Julho de 2014

Agradecimentos

Por detrás das nossas realizações pessoais, além de um considerável esforço próprio esconde-se normalmente um número muito grande de contribuições, apoios, sugestões, comentários ou críticas vindas de muitas pessoas. A sua importância assume no caso presente uma valia tão preciosa que, sem elas, com toda a certeza, teria sido muito difícil chegar a qualquer resultado digno de menção.

Por isso não poderia deixar de mencionar alguns nomes como forma de agradecimento sincero pela contribuição prestada.

À Colquímica o meu reconhecido agradecimento pela oportunidade, pelas ótimas condições de trabalho e por me acolherem de forma tão afetuosa fazendo sentir-me em casa.

À orientadora Eng^a Cristina Frutuoso pela oportunidade, pelos ensinamentos, pela paciência e por toda a disponibilidade demonstrada.

À Mestre Eng^a Andreia Rocha pela ajuda, pelos ensinamentos, pela paciência e pela amizade prestada durante a minha estadia na Colquímica.

A todos os colaboradores da Colquímica pelo apoio, pela amabilidade e simpatia desde o primeiro dia, com especial destaque para os colegas do departamento de Investigação e Desenvolvimento.

Ao orientador Dr. Gilberto Pinto pelo apoio prestado.

Ao Prof. Dr. Alfredo Crispim pelos ensinamentos, preocupação, paciência, compreensão, disponibilidade prestada e pela forma amigável como sempre me auxiliou.

À Prof. Dr^a Teresa Sena Esteves pela ajuda preciosa no fornecimento de material para o teste de biodegradabilidade.

Ao CIETI, Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial, pelo acolhimento e disponibilidade de material e equipamentos para a realização do trabalho.

Às colegas Vânia, Ana e Maria João, do CIETI, pela forma carinhosa como me receberam e pela boa disposição.

Ao Prof. Dr. Eduardo Soares pela disponibilidade de material e pela ajuda prestada.

Aos meus pais e irmã pela compreensão, paciência, força, apoio e incentivo que sempre me deram, pelas más disposições e nervosismo de tantas horas e pelo carinho com que sempre me sustentaram.

Aos amigos pela compreensão, paciência, companhia e palavra amiga sempre pronta.

Ao ISEP e ao Departamento de Engenharia Química por todo o apoio, pois sem ele seria impossível a realização desta dissertação.

A todos o meu sincero e sentido OBRIGADO!

Sumário

Este documento especifica o trabalho realizado no estágio, que decorreu na Colquímica, sediada em Valongo. Este trabalho teve como objetivo colaborar no desenvolvimento de uma cola com características biodegradáveis.

O estágio foi orientado pela Engenheira Cristina Frutuoso, no que diz respeito à orientação por parte da Colquímica, e pelo Professor Dr. Gilberto Pinto e Alfredo Crispim, ISEP.

O trabalho foi dividido em duas instâncias, sendo a primeira direcionada para a formulação de uma cola com características biodegradáveis e a segunda para a realização do teste de *Sturm*, um teste de biodegradabilidade capaz de quantificar a quantidade de CO₂ produzido pelo processo de biodegradação.

Inicialmente foram desenvolvidas e estudadas dez formulações através das variações de resinas e óleo plastificante e estudado o seu comportamento reológico relacionado à variação de viscosidade em função da temperatura. Com base nos resultados obtidos verificou-se que a melhor formulação seria a A8.

Estudaram-se as propriedades mecânicas da formulação escolhida e decidiu-se que esta estaria apta a ser usada no fecho de caixas de cartão de produtos ultra congelados assim como no fecho de caixas de cartão de detergentes em pó com peso até 3 Kg.

Depois de escolhida a formulação deu-se início ao teste de *Sturm*, teste meramente orientativo. Durante dezassete dias avaliou-se a quantidade de CO₂ produzida durante o processo de biodegradação.

Após avaliação dos resultados verificou-se que a taxa de biodegradação para a amostra foi de 0,055 g de CO₂.

Com a finalidade de confirmar os resultados obtidos no teste de *Sturm* foi efetuada uma réplica do ensaio, a qual se encontra a decorrer sendo os resultados facultados, posteriormente, à empresa.

Palavras-chave: Colas termofusíveis, Cola biodegradável, Teste de *Sturm*

Abstract

This thesis specifies the study realized during the internship, held in the company Colquímica, headquartered in Valongo. This study aimed to collaborate in producing an adhesive with biodegradable characteristics.

The internship was guided by the engineer Cristina Frutuoso, within Colquímica, and by Professors Dr. Gilberto Alfredo Pinto and Alfredo Crispim, within ISEP.

The study was divided in two stages, the first being directed to the development of an adhesive with biodegradable characteristics and the second for the realization of the Sturm test, which is a test of biodegradability able to quantify the amount of CO₂ produced in the process of biodegradation.

Initially there were ten formulations, which were developed and studied through the variations of resins and plasticizing oil, and their rheological behavior was studied with the variation of viscosity with temperature. Based on the results obtained it was observed that the best formula would be A8.

The mechanical properties of the chosen formulation were studied and it was decided that this would be able to be used in the closing of card boxes of ultra-frozen products as well as in the closing of boxes of powdered detergents weighing up to 3 kg.

After the selection of the formulation, the Sturm test was initiated only as a guide test. During seventeen days the amount of CO₂ produced in the process of biodegradation was evaluated.

After evaluating the results obtained, it was observed that the biodegradation rate for the sample was 0,055 g CO₂.

In order to confirm the results obtained in the Sturm test, it was performed a replica of the trial, which is ongoing being the results provided subsequently to the company.

Keywords: Hot melt adhesive, biodegradable adhesive, Sturm test.

Índice

1.Introdução.....	1
1.1 A Colquímica	1
1.2 Breve História da Colquímica	2
1.3 I&D	3
1.4 Colas e os seus constituintes	3
2.Colas	5
2.1 Colas termofusíveis	5
2.1.1 Composição das Colas Termofusíveis.....	5
2.1.1.1 Polímero Base.....	5
2.1.1.2 Resinas.....	8
2.1.1.2.1 Resinas de Hidrocarboneto	8
2.1.1.2.2 Resinas Fenólicas	9
2.1.1.2.3 Resinas Terpeno-Fenólicas.....	10
2.1.1.2.4 Resinas de Colofónia	10
2.1.1.2.5 Resumo das Propriedades das Resinas	11
2.1.1.3 Aditivos	12
2.1.1.3.1 Óxido de Zinco.....	12
2.1.1.3.2 Óxido de Magnésio.....	12
2.1.1.4 Antioxidante.....	13
2.1.1.5 Estabilizadores.....	13
2.1.1.6 Plastificante	14
2.2 Produção de Colas Termofusíveis	14
2.3 Testes Laboratoriais Para Caracterização de Colas	15
2.3.1 Viscosidade	15
2.3.2 Ponto de Amolecimento	16
2.3.3 Coesão.....	17
2.3.4 Densidade.....	17
2.3.5 Dureza.....	18
2.3.6 SAFT (<i>Shear adhesion Failure Temperature</i>) – Resistência ao calor	19
2.3.7 Colagens.....	20
2.3.7.1 Adesão.....	21
2.3.7.2 Resistência ao Calor	21

2.3.7.3 Resistência ao Frio	21
2.3.7.4 Resistência ao peso	22
2.3.8 Tempo Aberto e <i>Setting Time</i>	22
2.3.9 Estabilidade Térmica	23
3. Biodegradabilidade	25
3.1 Vantagens e Desvantagens de um Produto Biodegradável	25
3.2 Testes de Biodegradabilidade	25
3.2.1 Teste de <i>Sturm</i>	26
3.2.2 Teste de Placas	28
3.2.3 Teste de Enzimas	28
3.2.4 Consórcio Microbiano.....	29
3.2.5 Teste de Lamas Ativadas Semicontínuo	29
3.2.6 Teste Anaeróbio.....	29
3.2.7 Teste <i>Headspace</i> VTT.....	30
4. Cola Biodegradável	31
4.1 Matérias-primas biodegradáveis.....	31
4.1.1 Polímeros biodegradáveis.....	31
4.1.2 Óleo de Castor	32
4.1.3 Resina de Colofónia	33
4.1.3.1 A Cor.....	34
4.1.4 Resina de Politerpeno	35
4.1.5 Antioxidante.....	36
5. Testes realizados.....	37
5.1 Testes em Laboratório.....	37
5.1.1 Matérias-primas usadas nas formulações.....	37
5.1.2 Materiais e equipamentos utilizados para a realização dos testes e análises	37
5.1.3 Procedimento	38
5.1.4 Preparação das amostras e ensaios.....	41
5.2 Teste de <i>Sturm</i>	41
5.2.1 Reagentes	41
5.2.2 Material	42
5.2.3 Procedimento	42
6. Resultados e Discussão.....	45

6.1 Teste em Laboratório.....	45
6.1.1 Análise de Viscosidade	45
6.1.1.1 Curvas de Viscosidade.....	46
6.1.2 Análise do Ponto de Amolecimento	47
6.1.3 Análise na Estufa	47
6.1.4 Análise da Densidade.....	48
6.1.5 Análise da Dureza.....	49
6.1.6 Análise de Resistência ao calor (SAFT)	49
6.1.7 Análise de Colagens.....	50
6.1.7.1 Análise de Teste de Peso	51
6.1.7.2 Análise de Teste a Frio	52
6.1.8 Análise de Tempo aberto e <i>Setting time</i>	52
6.1.9 Análise da Estabilidade Térmica	52
6.2 Teste de <i>Sturm</i>	53
7.Conclusões.....	55
8.Bibliografia.....	57
Anexo A.....	61
Anexo B.....	63
Anexo B1 – Ficha técnica do Polímero	63
Anexo B2 – Ficha técnica do Óleo Plastificante.....	64
Anexo B3 – Ficha técnica das Resinas.....	66
Anexo B4 – Ficha técnica do Antioxidante.....	74
Anexo C	75
Anexo C1 - Determinação das massas de CO ₂ resultantes do teste de Sturm	75
Anexo C2 - Determinação da taxa de biodegradação	77

Índice de Figuras

Figura 2.1 – Classificação dos polímeros.....	6
Figura 2.2 – Representação da estrutura macromolecular de um elastômero.....	7
Figura 2.3 – Representação da estrutura macromolecular de um termoplástico.....	7
Figura 2.4 – Representação da estrutura macromolecular de um termoendurecível.....	7
Figura 2.5 – Estrutura química de uma resina de hidrocarboneto.....	9
Figura 2.6 – Alguns tipos de resinas Fenólicas.....	9
Figura 2.7 – Estrutura química de uma resina Terpeno-Fenólica.....	10
Figura 2.8 – Principais constituintes da resina de Colofónia.....	11
Figura 2.9 – Estrutura química de um estabilizador: 2-Hidroxi-4-n-octiloxibenzofenona.....	13
Figura 2.10 – Esquema do processo de produção de colas termofusíveis.....	14
Figura 2.11 – Viscosímetro e forno.....	16
Figura 2.12 – Equipamento Bola e Anel.....	16
Figura 2.13 – Colas na estufa para avaliação da coesão.....	17
Figura 2.14 – Balança com picnómetro para determinação da densidade.....	18
Figura 2.15 – Durómetro.....	19
Figura 2.16 – Esquema da preparação dos provetes.....	20
Figura 2.17 – Sistema para determinação do SAFT.....	20
Figura 2.18 – Equipamento de colagem composto por pistola de colagem e tapete transportador.....	21
Figura 2.19 – Equipamento para determinação do Tempo aberto e <i>Setting time</i>	23
Figura 3.1 – Esquema da montagem para monitoramento da produção de CO ₂ (Teste de <i>Sturm</i>).....	27
Figura 4.1 – Classificação dos polímeros.....	32
Figura 4.2 – Correspondência da cor Gardner com o grau da resina colofónia.....	35
Figura 4.3 – Monoterpenos.....	36
Figura 5.1 – Reator utilizado na preparação das formulações.....	41
Figura 5.2 – Representação da montagem experimental.....	43
Figura 6.1 – Curva de viscosidade da amostra A8 e amostra padrão.....	46
Figura 6.2 – Colagens efetuadas em caixas de cartão de produtos ultra congelados.....	51
Figura 6.3 – Colagens feitas em sacos de farinha.....	51
Figura 6.4 – Teste de estabilidade térmica efetuado durante 80 horas.....	53
Figura 6.5 – Massa de CO ₂ obtida ao longo de 17 dias.....	53

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Propriedades gerais das resinas.....	12
Tabela 4.1 – Correspondência entre a cor Gardner e o grau da resina, de acordo com a norma portuguesa NP 99.....	34
Tabela 4.2 – Principais Terpenos.....	35
Tabela 5.1 – Formulação das amostras referentes à primeira etapa.....	39
Tabela 5.2 – Formulação da amostra com alteração do óleo plastificante (segunda etapa).....	40
Tabela 5.3 – Formulação da amostra com cera de carnaúba (terceira etapa).....	40
Tabela 5.4 – Composição da solução de Sabouraud.....	43
Tabela 6.1 – Resultados das análises de viscosidade das amostras produzidas nas três etapas de produção.....	45
Tabela 6.2 – Resultado do teste de Ponto de amolecimento.....	47
Tabela 6.3 – Observações registadas dos ensaios na estufa.....	48
Tabela 6.4 – Resultados do ensaio de densidade.....	48
Tabela 6.5 – Resultado do ensaio de dureza para a amostra A8 e Padrão.....	49
Tabela 6.6 – Resultado do ensaio de SAFT, com os provetes de cartão canelado, para a amostra A8.....	49
Tabela 6.7 – Resultado do ensaio de SAFT, com os provetes de caixas de papelão, para a amostra A8.....	50

1.Introdução

A presente introdução destina-se a dar a conhecer os objetivos do trabalho bem como a empresa acolhedora e o estado atual dos conhecimentos sobre produção de colas termofusíveis, não pretendendo ser, de forma alguma, uma descrição exaustiva de tudo o que existe sobre o tema Colas termofusíveis.

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma Cola termofusível Biodegradável em parceria com a empresa Colquímica, com orientação da Eng^a Cristina Frutuoso, por parte da Colquímica, e do Prof. Dr. Gilberto Pinto e co-orientação do Prof. Dr. Alfredo Crispim, pelo ISEP.

O trabalho teve início no mês de Fevereiro, com pesquisas sobre o tema, e fim no mês de Julho com a elaboração do teste de biodegradabilidade. A planificação do mesmo pode ser consultada no Anexo A.

1.1 A Colquímica

A Colquímica, fundada em 1953, é uma empresa portuguesa que se dedica ao desenvolvimento, produção e comercialização de colas para aplicações industriais. É pioneira em Portugal no desenvolvimento de colas sólidas termofusíveis, é líder nacional e uma das oito maiores produtoras de colas da Europa com presença em mais de meia centena de países e quatro Continentes. Atua em diferentes setores de atividade, desde o automóvel, têxtil, bebidas, alimentar, colchões, cortiça, indústria médica, higiene pessoal e embalagens.

Conta com três unidades fabris, duas em Portugal e uma na Polónia e apresenta uma capacidade de produção de 50.000 toneladas/ano.

No início da década de 90, a Colquímica iniciou o seu processo de internacionalização, sendo atualmente exportadas mais de 90% das vendas da Empresa, o que reflete a sua dimensão global e o modelo estruturado com que labora.

Internacionalização, Investigação e Desenvolvimento, Orientação para o cliente, Recursos Humanos e Sustentabilidade são os cinco eixos estratégicos em que a Colquímica tem vindo a desenvolver a sua atividade.

A Empresa assenta ainda, a longo prazo, numa estratégia de contínua diversificação de mercados fora e dentro da União Comunitária [1].

1.2 Breve História da Colquímica

Fundada em 1953 por João António Koehler, com a denominação JAKoehler, Lda, a Colquímica surgiu no mercado como pioneira na produção de colas de base aquosa, tornando-se, 19 anos depois, na primeira empresa portuguesa a desenvolver colas termofusíveis.

Ao longo da década de 70 a Colquímica especializou-se no desenvolvimento e produção de colas termofusíveis, inicialmente destinadas à indústria de mobiliário e, posteriormente, às indústrias de embalagem, etiquetagem, tabaco e produtos de higiene pessoal.

Em 1989 surge a necessidade de construção de novas instalações fabris com capacidade de produção de 5000 toneladas/ano, com o objetivo de expandir a presença das colas Hot-melt no mercado.

A segunda geração da família Koehler integra a empresa a partir de 1993 sendo com esta que a internacionalização estimula o negócio familiar. Após 7 anos da internacionalização, a Colquímica atinge uma taxa de exportação de 70%.

No ano 2008 a empresa inaugurou a nova sede social, um espaço que agrega a Sede Administrativa da Organização, os Laboratórios de Investigação e Desenvolvimento e uma fábrica renovada com capacidade para produzir 35000 toneladas/ano de cola. Estas novas infraestruturas permitem responder com sucesso a novas normas e exigências internacionais de qualidade, higiene e segurança, tendo ainda contribuído para o reconhecimento da sua política de desenvolvimento sustentável nas vertentes sociais e ambientais.

A *European Nonwoven Association* EDANA galardoou a empresa, em 2011, com o *Index11 Award* na categoria da Campanha de Marketing mais Criativa. Foi ainda atribuída à empresa uma menção honrosa no Prémio Barclays Internacionalização, um reconhecimento para Médias Empresas que, com sucesso, expandem o seu negócio nos mercados mundiais.

Em 2012 a taxa de exportação da Colquímica supera os 90%, assumindo-se os mercados internacionais como principal pilar de crescimento da empresa absorvendo a maior fatia das suas vendas e produção [1].

1.3 I&D

Na tentativa de contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos, a Colquímica tem a ambição de estar na linha da frente das soluções mais inovadoras antecipando tendências através do desenvolvimento de colas eficientes e ecológicas.

O departamento de Investigação e Desenvolvimento conta com investigadores ao serviço dos seus clientes capazes de responder com rapidez e qualidade às suas necessidades, desenvolvendo produtos *taylor made* com elevado grau de customização, maioritariamente para projetos de grande complexidade.

O desenvolvimento de novos produtos está também associado à evolução tecnológica das ferramentas colocadas ao serviço dos investigadores e, por isso, a Colquímica dispõe de equipamentos que oferecem a possibilidade de simular o produto final [1].

1.4 Colas e os seus constituintes

As colas termofusíveis, também conhecidas como *Hot-melt Adhesive*, são soluções que recorrem a matérias-primas de origem sintética e que se apresentam em formato sólido sendo, posteriormente, aquecidas e aplicadas em estado líquido. A cola adere a quente e solidifica rapidamente, dependendo da humidade e temperatura [1].

Estas colas são produzidas por materiais derivados do petróleo que demoram centenas de anos a se decompor no ambiente. É neste sentido que os materiais biodegradáveis se tornam um dos expoentes de toda uma nova geração contagiada com o pensamento verde [2].

A utilização de polímeros naturais, que são normalmente biodegradáveis, é um parâmetro de importante conceção para o desenvolvimento de produtos com características ambientais diferentes, pois estes levam à diminuição da produção de resíduos sólidos produzidos pela utilização de materiais de plástico.

Uma definição aceitável para materiais biodegradáveis “ são os materiais obtidos pela natureza ou por via sintética, que se decompõe por ação biológica dos microrganismos com pH, condições e tempo total de processamento de temperatura adequados para a conclusão” [3].

Existem diferentes tipos de materiais biodegradáveis que podem ser usados como matéria-prima na produção de colas termofusíveis, tais como amido não modificado, ácido láctico e resinas.

2. Colas

As colas são misturas, normalmente poliméricas, capazes de manter dois materiais unidos, colados por forças de superfície (devido às forças de atração entre as superfícies) ou por ancoragem mecânica (relacionada com a penetração do adesivo no substrato), no qual as superfícies a serem unidas denominam-se substratos. Podem ser tanto rígidos quanto flexíveis.

2.1 Colas termofusíveis

Colas termofusíveis, também conhecidas como *Hot-melt Adhesive*, apresentam uma estrutura 100% sólida à temperatura ambiente, são livres de solvente, o que elimina consideravelmente os riscos de intoxicação por inalação, ao mesmo tempo que torna o processo de colagem extremamente rápido, solidificando rapidamente dependendo da humidade e temperatura.

A sua composição é baseada em polímeros termoplásticos, os quais têm a propriedade de fundir por aquecimento e de solidificar novamente por arrefecimento. Estes materiais podem ser várias vezes aquecidos e arrefecidos sem que ocorra alteração significativa das suas propriedades [4].

2.1.1 Composição das Colas Termofusíveis

As colas Hot-Melts são misturas que recorrem a matérias-primas de origem sintética e que são comercializadas em formatos sólidos diversos e, posteriormente, aquecidas e aplicadas em estado líquido. São aplicadas em fusão, a temperaturas que oscilam entre os 140° e os 180° e estão presentes tanto na construção como na sua embalagem.

As colas termofusíveis são formuladas fundamentalmente a partir de um polímero base, resinas, aditivos antioxidantes, óleos plastificantes e ceras.

2.1.1.1 Polímero Base

Um polímero é uma macromolécula composta por unidades estruturais de repetição denominadas meros, ligados entre si através de ligações covalentes. Dada a diversidade de estruturas que as macromoléculas podem apresentar, os polímeros classificam-se como naturais, semi-sintéticos e sintéticos como se pode verificar através da Figura 2.1.

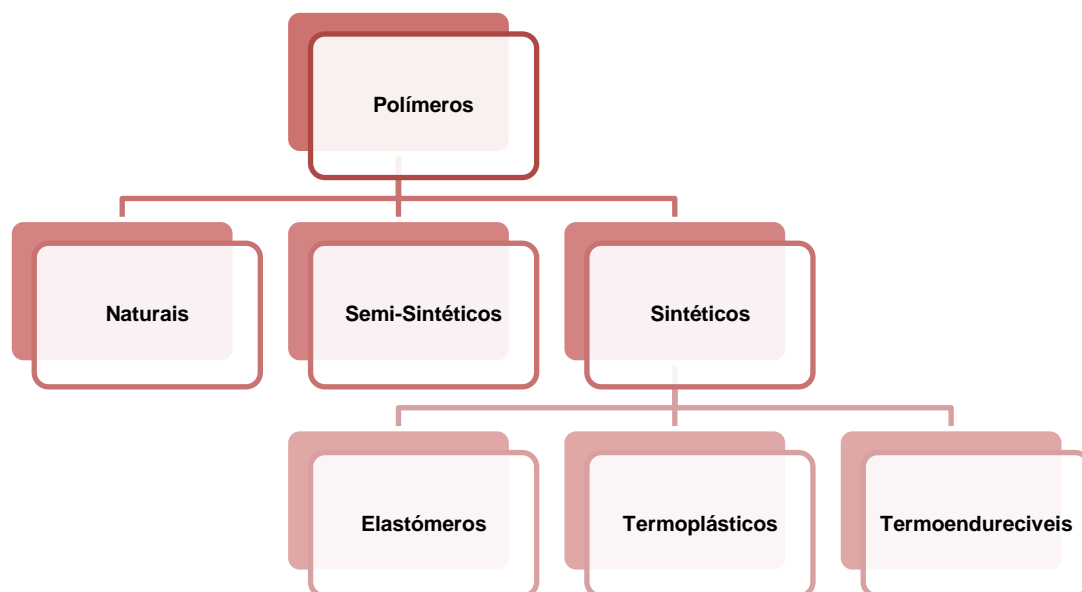


Figura 2.1 – Classificação dos polímeros.

Os polímeros que podem ser extraídos diretamente da natureza são designados por polímeros naturais, como o látex extraído da árvore *hévea brasiliensis*, a celulose extraída da madeira e do algodão.

Os polímeros semi-sintéticos são obtidos por reações químicas a partir de polímeros naturais. Estes são obtidos através da manufatura de substâncias naturais, como é o caso da caseína, do etanoato e do nitrato de celulose.

Os polímeros sintéticos são obtidos através de reações químicas. Estes podem ser divididos em elastómeros, termoplásticos e termoendurecíveis.

Os elastómeros, de origem natural ou sintética, possuem um elevado grau de elasticidade, ou seja, quando submetidos a uma tensão, mesmo que pequena, sofrem uma deformação significativa. Quando removida a tensão o material volta às suas dimensões originais, sendo esta deformação reversível. Estes possuem uma estrutura macromolecular composta por longas cadeias o que lhes confere uma grande flexibilidade, como se observa na Figura 2.2.

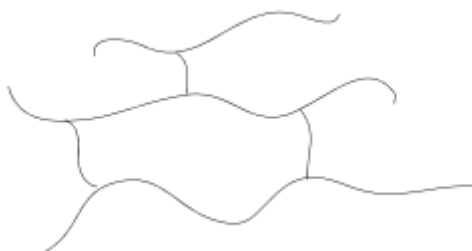


Figura 2.2 – Representação da estrutura macromolecular de um elastômero.

Consoante a sua capacidade de serem fundidos e solidificados repetidamente com ou sem perda significativa das suas propriedades fundamentais, os restantes polímeros sintéticos podem classificar-se como termoplásticos ou termoendurecíveis.

Os termoplásticos suportam vários ciclos térmicos (fusão seguida de solidificação) sem perda significativa das suas propriedades. São constituídos por macromoléculas lineares ou ligeiramente ramificadas e a coesão intermolecular é garantida por ligações químicas fracas (ver Figura 2.3).

Os termoendurecíveis apresentam a sua forma definitiva quando sujeitos a um único ciclo térmico, não podendo voltar a ser submetidos a um aquecimento sem deterioração das suas propriedades. São formados por estruturas poliméricas muito ramificadas, como se pode ver na Figura 2.4, e a coesão intermolecular é garantida por ligações químicas fortes.



Figura 2.3 – Representação da estrutura macromolecular de um termoplástico.



Figura 2.4 – Representação da estrutura macromolecular de um termoendurecível.

O polímero base é o responsável pelas principais propriedades mecânicas de uma cola.

2.1.1.2 Resinas

Resina é um corpo não cristalino, insolúvel em água, na sua maioria solúvel em óleos essenciais, éter e óleos gordos quentes. A resina funde sob a influência do calor, não sublima e queima com uma chama [5].

As resinas sintéticas são polímeros preparados através de processos de polimerização por adição ou por condensação. São bastante utilizadas na produção de colas, na forma de soluções ou dispersões.

A principal característica das resinas é aumentar a pegajosidade (*tack*) da cola melhorando algumas das suas propriedades, entre as quais a adesão entre diferentes substratos, a absorção de cargas, variação da viscosidade assim como do tempo aberto do produto. Além disso, influenciam a força de coesão, a resistência à temperatura, a elasticidade e o tempo de vida do produto final [5].

As resinas são distinguidas quanto à sua composição.

2.1.1.2.1 Resinas de Hidrocarboneto

As resinas de hidrocarboneto são resinas termoplásticas e apresentam na sua composição química um elevado teor de estireno e um ponto de amolecimento baixo. Apresentam ainda uma boa solubilidade em hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, assim como na maioria dos solventes utilizados na indústria, com exceção da água e dos álcoois [5].

Estas resinas conferem à cola uma elevada pegajosidade, aumentam o tempo aberto do produto final. Para além disso, aumentam a resistência a rasgão e abrasão, atuando como auxiliares de processo, na medida em que facilitam a dispersão, aumentam a flexibilidade, melhoram a incorporação de cargas, aumentam a adesão entre substratos da borracha, como o plástico, o metal e a fibra de vidro.

São compatíveis com resinas fenólicas e borracha clorada e, ainda com plastificantes do tipo ftalatos, com parafina clorada e com elastómeros, tais como NR, SBR e PCP.

As resinas de hidrocarboneto têm alto índice de humidade, podendo ser combinadas com grande número de pigmentos sem risco de deterioração ou gelificação dos mesmos. A sua neutralidade confere às partículas resistência à água, bases e ácidos diluídos.

Estas resinas, quando associadas a resinas alquílicas, reduzem a viscosidade do adesivo, aumentando o extrato seco, favorecendo a dureza do filme, apresentando melhorias no brilho e na secagem da película [6].

Na Figura 2.5 está representada a estrutura química de uma resina de hidrocarboneto.

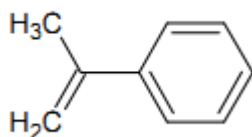


Figura 2.5 – Estrutura química de uma resina de hidrocarboneto.

2.1.1.2 Resinas Fenólicas

As resinas fenólicas são solúveis em solventes orgânicos, tais como hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, em álcoois, em cetonas e em ésteres, e apresentam um elevado grau de dureza.

Apresentam uma rápida secagem, uma ótima resistência a agentes químicos e à humidade, mas por sua vez tornam a cola muito amarela, sendo por isso evitadas quando se pretende colas de cores claras.

São resistentes à água, ao calor e à abrasão e muito solúveis em solventes fortes [7].

Na Figura 2.6 estão representados alguns dos fenóis mais utilizados.

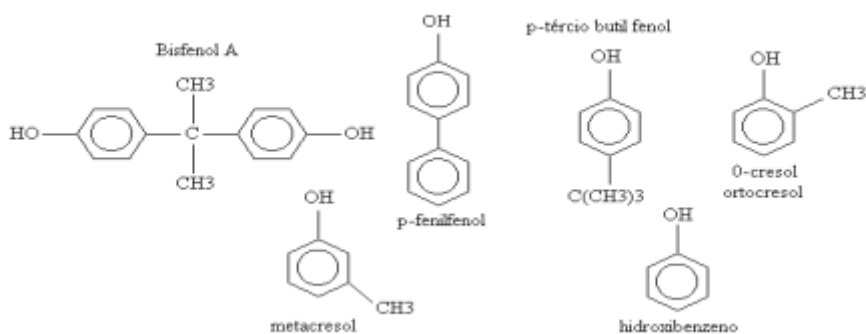


Figura 2.6 – Alguns tipos de resinas Fenólicas [8].

De entre as resinas fenólicas podem distinguir-se algumas, tal como as resinas terpeno-fenólicas.

2.1.1.2.3 Resinas Terpeno-Fenólicas

Este tipo de resinas são utilizadas quando se pretende aumentar o tempo aberto da cola [9].

Na Figura 2.7 está representada a estrutura química da resina terpeno-fenólica.

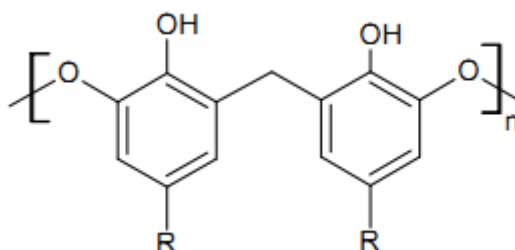


Figura 2.7 – Estrutura química de uma resina Terpeno-Fenólica [8].

2.1.1.2.4 Resinas de Colofónia

Estas resinas conferem à cola pegajosidade e baixa força de coesão, sendo muito sensíveis à oxidação.

A estrutura química da composição da resina de colofónia é composta por ácido abiético (24%), neoabiético (19%), dehidroabiético (5%), palústrico (21%), pimárico (5%), isopimárico, levopimárico e dextropimárico (representando no seu conjunto 17%), cujas estruturas estão representadas na Figura 2.8 [10].

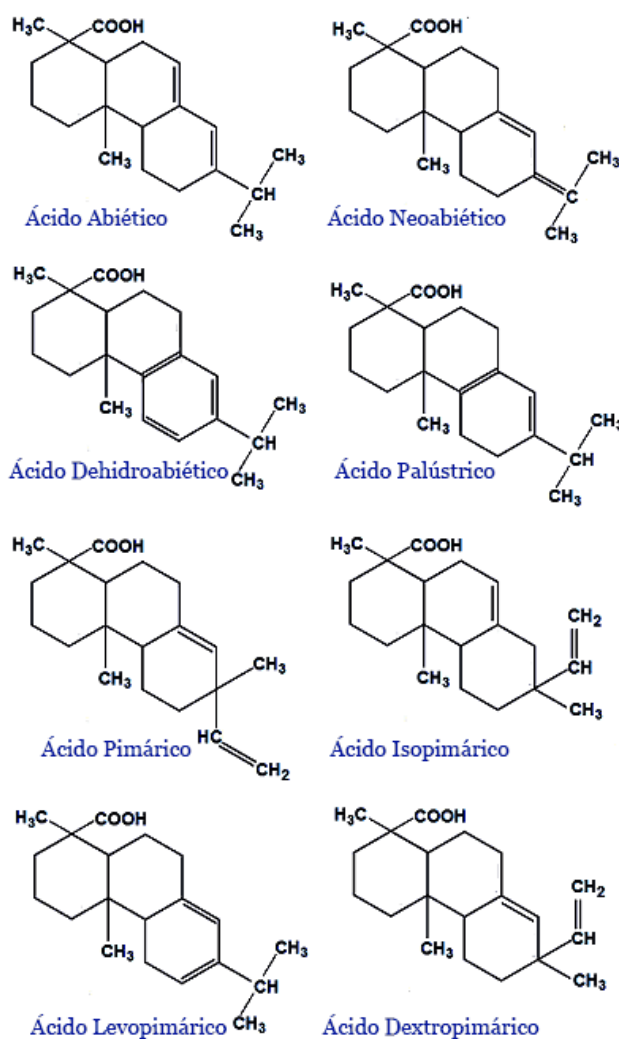


Figura 2.8 – Principais constituintes da resina de Colofónia [10].

A resina de Colofónia possui como características uma viscosidade elevada, tempo de vida longo, fraco odor, sendo compatível com NR, CR, SBR, SIS e EVA.

2.1.1.2.5 Resumo das Propriedades das Resinas

Na Tabela 2.1 apresenta-se um resumo das propriedades gerais das resinas. Estas propriedades são as principais características a ter em consideração para o desenvolvimento de novos produtos, de forma a se obter o que se pretende em termos de comportamento do produto final.

Tabela 2.1 – Propriedades gerais das resinas [5].

Tipo	Força de Coesão	Pegajosidade	Tempo Aberto	Resistência à Temperatura	Elasticidade	Tempo de Vida
Hidrocarboneto	↓	↓	↑	↑	↓	Longo
Terpeno-Fenólicas	↓	↑	↑	↓	Médio	Curto
Colofónia	↓	↑	↑	↓	↓	Longo

As resinas têm um tempo de vida, tempo que, no caso das resinas de hidrocarboneto e de colofónia, é longo, ou seja, ao fim de algum tempo, o seu *tack* (pegajosidade) pode ser reativado por aquecimento. O que não acontece com as resinas do tipo fenólicas, pois apresentam um tempo de vida curto.

É por esta razão que, mediante as características pretendidas no produto, é feita uma combinação de resinas de forma a se poder obter o desempenho desejado.

2.1.1.3 Aditivos

É necessário o uso de aditivos para conferir um determinado comportamento do produto ao longo do processo produtivo, como por exemplo, melhorar as propriedades mecânicas para influenciar a viscosidade.

Óxido de Zinco, Óxido de Magnésio, Antioxidante, Estabilizadores e Plastificantes são alguns dos aditivos usados na produção de colas.

2.1.1.3.1 Óxido de Zinco

O óxido de zinco (ZnO) é um ativador na borracha natural e SBR (Borracha de Butadieno Estireno), funcionando como agente de cura para a vulcanização do PCP.

É um produto que se utiliza em quantidades muito reduzidas, numa percentagem de aproximadamente 5% relativamente ao peso da borracha [11].

2.1.1.3.2 Óxido de Magnésio

O óxido de magnésio (MgO) é utilizado em colas que contenham na sua composição átomos de cloro, comportando-se como um aceitador de cloro, com o objetivo de evitar a formação de ácido clorídrico. Assim, evita o envelhecimento e a oxidação da cola e, conseqüentemente, evita a degradação das propriedades da cola [11].

2.1.1.4 Antioxidante

Os antioxidantes são utilizados para evitar ou retardar o envelhecimento da cola. O envelhecimento manifesta-se pelas variações na dureza, ou pela mudança de coloração, ou pela degradação das propriedades físicas ou até mesmo pelo aparecimento de fendas após aplicação da cola sobre o substrato [11].

A ocorrência do envelhecimento dá-se em consequência das sucessivas reações de oxidação na cadeia polimérica. O oxigénio absorvido ao longo do tempo pode ser responsável pela degradação das macromoléculas manifestada pelo amolecimento em presença de calor ou pelo endurecimento e fragilidade ao frio.

Os compostos utilizados que atuam como antioxidantes são: aminas secundárias, diaminas e seus derivados, compostos de quinolina, ditiocarbamatos, Ésteres de ácido fosfórico e Fenóis [6].

2.1.1.5 Estabilizadores

Estas matérias-primas evitam a absorção do adesivo quando o aderente é poroso, evitando ainda alguma reação química que leve à degradação da cola. Os estabilizadores à luz UV são utilizados de forma a minimizar as variações das propriedades dos adesivos com o tempo.

Na Figura 2.9 encontra-se representada a estrutura química de um estabilizador usado na produção de colas.

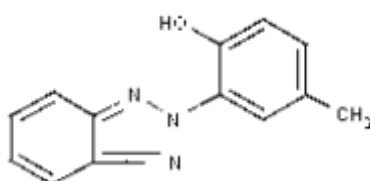


Figura 2.9 – Estrutura química de um estabilizador: 2-Hidroxi-4-n-octiloxibenzofenona.

Tendo em conta que os elastómeros com ligações insaturadas, tais como NR, SBR, SIS e SBS, sofrem degradação com facilidade por ataque químico das ligações duplas C=C, é introduzido um estabilizador no produto [6].

2.1.1.6 Plastificante

Plastificante é um dissolvente orgânico de alto ponto de ebulição que se incorpora numa cola para aumentar a sua flexibilidade. A sua adição na cola pode diminuir consideravelmente a temperatura à qual os polímeros, principalmente os de estrutura linear, apresentam propriedades elásticas.

Os plastificantes permitem um maior deslizamento, ou por lubrificação superficial ou por abrandamento das atrações inter-moleculares.

Um excesso de plastificante na cola provoca o afloramento (eflorescência), ou seja, a migração do plastificante para a superfície, formando uma película oleosa [12].

2.2 Produção de Colas Termofusíveis

As colas termofusíveis são classificadas consoante a sua base polimérica, elas podem ser de base EVA (Ethylene Vinyl-Acetate), de Bloco Polímero, Poliamida, Poliuretano, Poliulfinas. As base EVA são constituídas por cera, resina, antioxidante e polímero enquanto as de bloco polímero são compostas por resina, óleo, antioxidante e polímero.

Na Colquímica utiliza-se um processo de produção como o representado na Figura 2.10 para produzir estas colas.

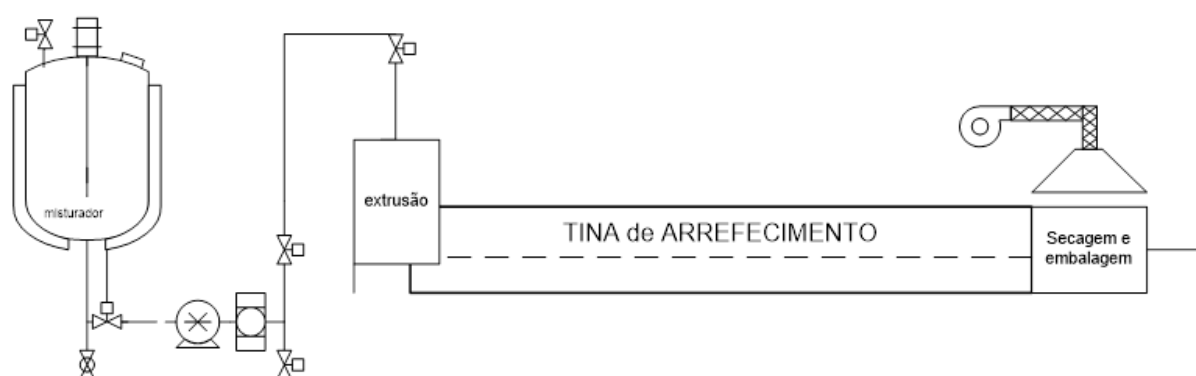


Figura 2.10 – Esquema do processo de produção de colas termofusíveis [1].

No misturador são adicionadas as matérias-primas e, após estarem fundidas, junta-se o polímero e mistura-se até a mistura se tornar homogénea. A temperatura no

misturador depende do tipo de cola produzida. Posteriormente, esta mistura é expulsa para uma tina de arrefecimento, composta por água na gama de temperaturas 8°C-12°C, onde a cola estabiliza antes de ser armazenada. Seguidamente, a cola é seca e embalada de acordo com a sua finalidade.

A cola é armazenada em diversos formatos sólidos (Big pillows, Blocos de ½ Kg, Grânulos, Pérolas, Small pillows, Tambores e Bastões) consoante o tipo de aplicação.

2.3 Testes Laboratoriais Para Caracterização de Colas

Para a caracterização de uma cola deve-se ter em conta os tipos de substrato que se pretende unir e o modo de aplicação do produto, por forma a definir características desejáveis na cola que tornam mais eficiente o processo de adesão.

Nas colas termofusíveis são avaliados os parâmetros viscosidade, ponto de amolecimento, densidade, resistência ao calor, ao frio, à descolagem e à compressão, coesão, dureza, estabilidade térmica e adesão, com a finalidade de caracterizar a cola, bem como verificar qual o tipo de substrato para aplicação da mesma.

2.3.1 Viscosidade

É o termo comumente conhecido que descreve as propriedades de escoamento de um fluido, isto é, o atrito das camadas internas dentro do fluido que impõe resistência a fluir [4].

Em colas termofusíveis, a viscosidade é medida a quente em um sistema de viscosímetro e forno (Figura 2.11) com temperatura controlada, cuja unidade de medida é cP (centipoise), equivalente a mPa.s (milipascais por segundo) e está baseada na norma ASTM D3236.



Figura 2.11 – Viscosímetro e forno.

2.3.2 Ponto de Amolecimento

O ponto de amolecimento pode ser definido como a temperatura onde se inicia o amolecimento de determinada cola e está baseado nas normas ASTM E28 e ASTM D36.

Uma determinada quantidade de adesivo é inserida em um anel sobre o qual se coloca uma esfera de aço inox. Este conjunto de bola e anel é aquecido em um banho de glicerina até que a bola atravesse a camada de cola e caia na glicerina. É neste momento que é lida a temperatura, a qual corresponde ao ponto de amolecimento da cola. Na Figura 2.12 está representado um equipamento de Bola e Anel.

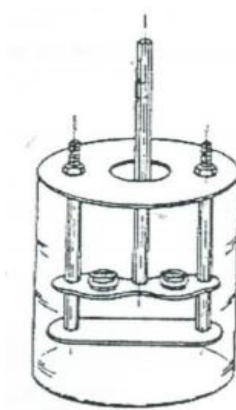


Figura 2.12 – Equipamento Bola e Anel [13].

O ponto de amolecimento é uma característica avaliada somente em colas termofusíveis, pois é a partir da temperatura a que funde que ela possibilita a sua aplicação no processo.

2.3.3 Coesão

A coesão é a resistência interna da cola, isto é, é a capacidade que o filme de cola exibe para resistir a uma força de descolagem. Mais especificamente é a força que o filme de cola oferece à deformação mecânica.

Com o aumento da temperatura a cola tende a ficar mais flexível e cede aos esforços de deformação, logo a sua coesão é menor. Esta característica está relacionada com as forças intermoleculares que atuam entre os materiais que constituem a cola. Quanto mais fortes forem as forças intermoleculares da cola, maior é a força de coesão e, conseqüentemente, maior é a resistência à descolagem [14].

Trata-se de um teste empírico e sensitivo no qual se avaliam vários parâmetros, nomeadamente a rapidez com que a cola se torna coesa, ou seja o *setting time*.

Na Figura 2.13 pode-se ver as colas na estufa para avaliação da coesão.



Figura 2.13 – Colas na estufa para avaliação da coesão.

2.3.4 Densidade

A densidade de um sólido é a razão entre o peso de uma porção desse sólido e de igual volume de água destilada a 20°C.

O ensaio baseia-se em pesar, numa balança analítica, o picnómetro com água destilada, o picnómetro com água destilada e um pedaço da cola sólida e ainda o picnómetro com água destilada com o sólido no interior (ver Figura 2.14). A densidade da cola é determinada através da equação 2.1.

$$d = \frac{\text{Picnómetro com água e sólido} - \text{Picnómetro com água}}{\text{Picnómetro com água e sólido} - \text{Picnómetro com água e sólido no interior}} \quad (2.1)$$



Figura 2.14 – Balança com picnómetro para determinação da densidade.

2.3.5 Dureza

A dureza é uma medida da resistência do material à deformação permanente.

A dureza Shore é a medida da profundidade da penetração de um “dente” específico quando forçado a penetrar no material a testar, em condições bem definidas.

Para se proceder ao teste de dureza deve preparar-se as amostras 24 horas antes de se efetuar o teste, com o objetivo de garantir a estabilidade da cola.

As amostras são preparadas em formas de silicone redondas, com o formato de um círculo com peso de 7 gramas. Após a estabilização, coloca-se a amostra no durómetro (Figura 2.15) e mede-se a dureza em cinco pontos diferentes da amostra. O valor da dureza é a média aritmética das cinco leituras [15].

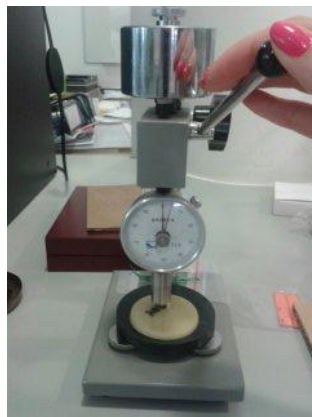


Figura 2.15 – Durómetro.

2.3.6 SAFT (*Shear adhesion Failure Temperature*) – Resistência ao calor

O SAFT é um teste que tem como objetivo determinar a resistência à temperatura de uma cola submetendo-a a uma força constante e a uma taxa de aumento de temperatura também constante.

O teste consiste em unir dois provetes de cartão canelado com dimensões 7,5x2,5 cm e 7,5x5 cm. Os provetes são unidos por um cordão de cola com peso, aproximadamente, de 1 grama. As amostras são colocadas no suporte da estufa, às quais é pendurado um peso de 1 Kg.

As amostras devem ser colocadas dentro de uma estufa onde ocorrerá o aumento de temperatura constante. No momento em que os provetes não resistem mais a uma determinada temperatura, o peso cai e o tempo será registado. A temperatura é determinada através da equação 2.2.

$$T (^{\circ}\text{C}) = \text{tempo (min)} \times 0,5 + 30 \quad (2.2)$$

Na Figura 2.16 apresenta-se o exemplo de colagem dos provetes.

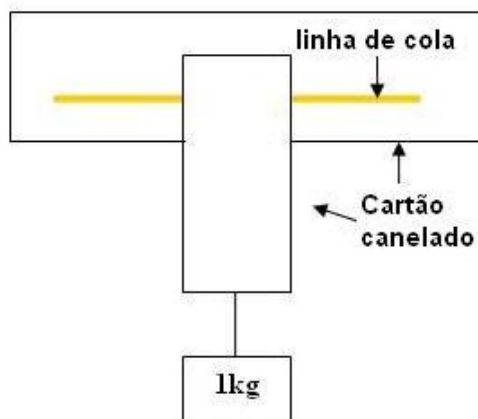


Figura 2.16 – Esquema da preparação dos provetes [16].

Na Figura 2.17 está representado o sistema para determinação do SAFT.

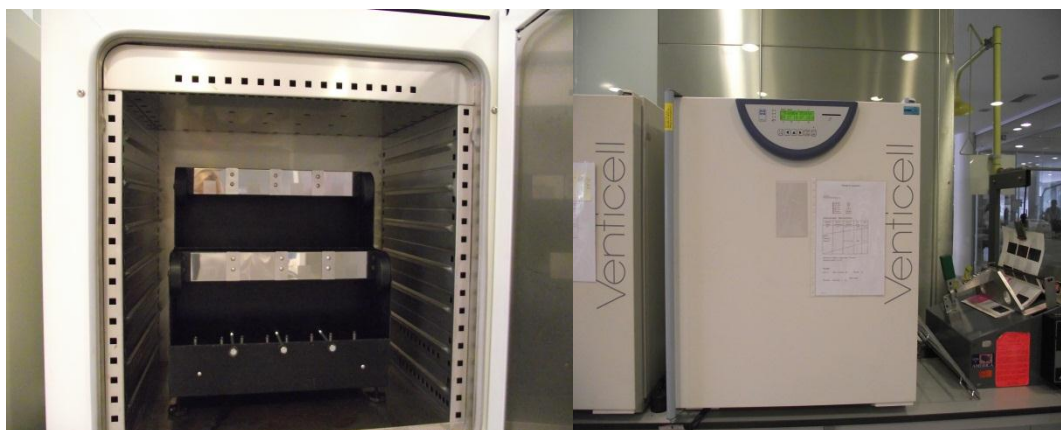


Figura 2.17 – Sistema para determinação do SAFT.

Este ensaio também foi realizado com outros tipos de substrato, cedidos pelo cliente.

2.3.7 Colagens

Existem diversos tipos de substrato e, para saber se uma cola adere a esse substrato faz-se uma colagem.

No equipamento (ver Figura 2.18) coloca-se a cola e deixa-se fundir. Após a estabilização da cola são efetuadas as colagens em provetes do substrato que se

pretende avaliar, tendo o cordão de cola uma espessura de, aproximadamente 1 grama. A avaliação das colagens é efetuada após 24 horas.

Para que uma colagem seja satisfatória é necessário que haja o rompimento das fibras do substrato.



Figura 2.18 – Equipamento de colagem composto por pistola de colagem e tapete transportador.

2.3.7.1 Adesão

Após as colagens verifica-se se a cola apresenta boa adesão ao substrato através da descolagem dos substratos. Se houver o rompimento das fibras do substrato diz-se que a cola apresenta boa adesão.

2.3.7.2 Resistência ao Calor

O ensaio ao calor é efetuado através do SAFT mas com provetes de substratos onde a cola será aplicada, tendo os provetes as mesmas dimensões e, estando sujeitos às mesmas condições do ensaio de SAFT.

2.3.7.3 Resistência ao Frio

Após as colagens os provetes são colocadas numa câmara de frio, fazendo variar a temperatura. A cada 24 horas são verificadas algumas das colagens e, alterada a temperatura para, desta forma, se conseguir obter a temperatura máxima a que a cola consegue resistir.

A adesão da cola verifica-se com o rompimento das fibras do substrato.

2.3.7.4 Resistência ao peso

O ensaio de resistência ao peso não é um ensaio efetuado tradicionalmente, é o género de ensaio que se faz quando o tipo de aplicação da cola o justifica.

Este ensaio permite avaliar a resistência da cola quando o substrato é submetido a um determinado peso, à temperatura ambiente, isto é, após a colagem do substrato, coloca-se um determinado peso no seu interior e deixa-se a embalagem em suspensão durante 24 horas à temperatura ambiente.

2.3.8 Tempo Aberto e *Setting Time*

O tempo aberto é o tempo necessário para a obtenção da resistência máxima à descolagem, isto é, é o tempo de secagem de uma cola sem sobreposição de substratos.

O que influencia o tempo aberto de uma cola é, essencialmente, o tipo e concentração da resina aplicada na formulação [14].

O *setting time* é o mínimo intervalo de tempo de compressão necessário para que a ligação/colagem entre os substratos seja eficiente.

O Tempo aberto e *setting time* estão relacionados com o binómio cera – resina.

No equipamento, representado na Figura 2.19, coloca-se a cola e deixa-se fundir. Após a estabilização da cola são efetuadas as colagens em provetes de cartão canelado com as dimensões 15x15 cm e 15x7 cm, tendo o cordão de cola uma espessura de 2 mm.

Para determinar o *setting time* seleciona-se um valor de tempo aberto e *setting time* e procede-se à colagem dos provetes. O valor de *setting time* é alterado até se obter um valor para o qual a colagem seja satisfatória, isto é, quando houver rutura das fibras do cartão.

Aquando da determinação do *setting time* procede-se à determinação do tempo aberto com o valor de *setting time* determinado. Esta determinação ocorre do mesmo modo que a determinação do *setting time*. Primeiro é determinado o *setting time* com um tempo aberto baixo e depois determina-se o Tempo aberto [17].



Figura 2.19 – Equipamento para determinação do Tempo aberto e *Setting time*.

2.3.9 Estabilidade Térmica

Este método tem como objetivo a verificação do comportamento das colas termofusíveis quando submetidas às temperaturas habituais de utilização e a uma temperatura de 170°C durante 80 horas.

O ensaio baseia-se na análise visual dos sinais de degradação anormais de uma cola, durante oitenta horas e a um período de aquecimento pré definido. São considerados sinais de degradação térmica a formação superficial de pontos negros, formação de peles, perda de fluidez, formação de gel, separação de fases e alteração da cor [18].

3. Biodegradabilidade

Em tempos em que a sustentabilidade se tornou um dos principais assuntos a ser discutido a nível mundial, com a finalidade de uma melhoria nas atitudes do ser humano em relação ao ambiente, os produtos biodegradáveis tornam-se um dos expoentes de toda uma geração contagiada com o pensamento verde.

Proteger o meio ambiente tornou-se uma questão importante, pois cada vez mais as empresas investem na utilização de materiais ecológicos como reforço para melhorar a sua imagem e minimizar os danos no meio ambiente. Os benefícios associados a essa utilização podem contribuir para na educação das futuras gerações que desejam melhorar as condições do planeta.

A biodegradação é o processo natural de decomposição dos materiais orgânicos pelos microrganismos. As bactérias encontram-se presentes em grande número no tratamento de águas residuais, no solo e nos cursos de água e desenvolvem-se através da decomposição dos produtos químicos em compostos mais simples, como nutrientes e água [19].

Estes materiais também apresentam vantagens e desvantagens na sua utilização.

3.1 Vantagens e Desvantagens de um Produto Biodegradável

Materiais biodegradáveis apresentam benefícios económicos, as organizações podem aumentar o lucro com a venda destes produtos, e são versáteis pois as suas matérias-primas não se esgotam. Mas o maior benefício destes produtos é a decomposição completa e mais rápida, contribuindo desta forma para a diminuição da deposição de resíduos sólidos em aterros sanitários.

Porém, as matérias-primas apresentam custo elevado e propriedades nem sempre satisfatórias [19].

3.2 Testes de Biodegradabilidade

Existe uma vasta gama de testes que avaliam a biodegradabilidade de um polímero, dos mais simples ao complexo. Os testes simples são rápidos, com uma durabilidade de 28 a 42 dias e, são usados como rastreio para avaliar o grau de biodegradação do polímero. Já os testes complexos têm longa duração (no mínimo 6 meses) e são simulações que permitem avaliar a biodegradabilidade do polímero. Para ambos os ensaios, existem quatro características a avaliar: a precisão, reprodutibilidade, tempo e custo.

A precisão dá-nos a informação de quão certo é o teste a realizar, nas condições impostas para a avaliação da biodegradação de um polímero em ambiente natural. Em testes com condições ideais, a amostra pode biodegradar rapidamente, podendo ainda biodegradar lentamente ou mesmo não biodegradar em todos os ambientes.

A reprodutibilidade é essencial para que possam ser feitas comparações entre polímeros biodegradáveis.

Embora os testes de curta duração sejam uma boa opção quando é necessário resultados rápidos, por outro lado eles podem tornar-se um problema quanto à velocidade de biodegradação quando se trata da análise a uma amostra que contém uma mistura de polímeros, em que um dos polímeros não apresente características biodegradáveis. Para combater esta problemática é recomendado que cada polímero seja testado em separado, sendo posteriormente analisada toda a amostra com ensaios mais complexos.

Os polímeros biodegradáveis apresentam um valor, consideravelmente, mais elevado do que os seus concorrentes e, se os testes de biodegradabilidade forem caros, este conjunto poderá aumentar ainda mais o diferencial de custo. Nesta perspetiva considera-se o custo um dos fatores importantes [20].

Seguidamente serão explicados, de modo sucinto, alguns dos testes que poderão ser realizados.

De entre os diferentes testes existentes para avaliar a biodegradabilidade dos polímeros a curto prazo, salienta-se o teste de *Sturm*, pois será o teste realizado neste trabalho visto apresentar uma montagem experimental simples, de fácil manuseio, de baixo custo e com um período de ensaio de 28 dias.

3.2.1 Teste de *Sturm*

O teste de *Sturm* é uma técnica para avaliar a biodegradação de polímeros. O processo baseia-se na produção de CO₂, principal metabólito da respiração dos microrganismos decompositores de compostos orgânicos.

O sistema apresenta uma duração de 28 dias e é composto por um compressor de ar, um reator (B) e dois recipientes para a recolha do CO₂, posicionados antes (A) e após (C) o reator, todos conectados por tubos de vidro estando estes conectadas a tubos imersos no conteúdo dos recipientes e reator. No reator é utilizado um composto orgânico como inóculo e os recipientes contêm uma solução de hidróxido de bário

(Ba(OH)₂). A aeração é mantida pelo bomba de ar conectada ao primeiro recipiente, onde o CO₂ contido no ar reage com o Ba(OH)₂ presente na solução. O ar isento de CO₂ passa para o reator, onde os microrganismos se encontram em contacto com a amostra. A respiração celular dos microrganismos vai produzir CO₂ que será transferido pelo fluxo de ar até o próximo recipiente. No último recipiente o CO₂ da respiração celular reagirá com o Ba(OH)₂ formando carbonato de bário e precipitando [21,22].

Na Figura 3.1 está representado o esquema de montagem para monitoramento da produção de CO₂.

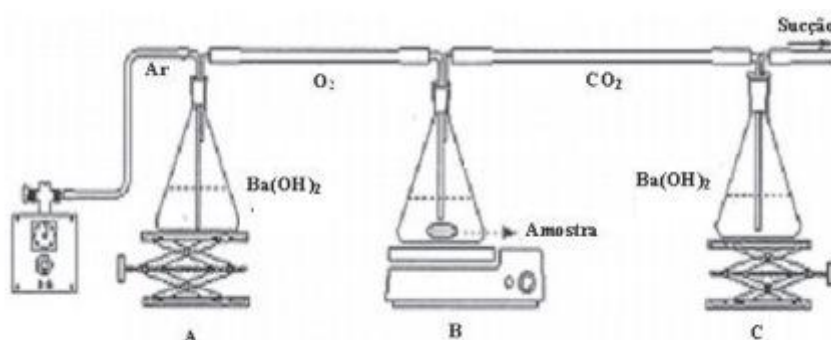
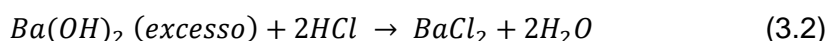
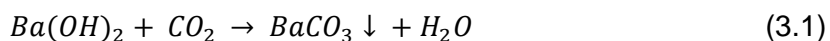


Figura 3.1 – Esquema da montagem para monitoramento da produção de CO₂ (Teste de Sturm) [20].

A cada 48 horas, o último recipiente é substituído por outro contendo a mesma solução, sendo o conteúdo desse recipiente filtrado e, seguidamente titulado com uma solução de ácido clorídrico (HCl). Desta titulação obtém-se a quantidade de produção de CO₂ por diferença, ou seja, pela determinação do Ba(OH)₂ em excesso e, conseqüente obtenção do Ba(OH)₂ precipitado como BaCO₃, o qual é diretamente proporcional ao CO₂ produzido de acordo com as equações 3.1 e 3.2.



A partir dos resultados obtidos é possível quantificar a massa teórica de CO₂ (em gramas) presente na amostra utilizada. A partir desta quantificação avalia-se a biodegradabilidade da amostra [21,22].

3.2.2 Teste de Placas

Este método é muito simples e pode ser utilizado como um teste preliminar para ensaios com polímeros biodegradáveis. A amostra de polímero é colocada em um agar de sal mineral, suplementado com uma pequena concentração de uma fonte de carbono para iniciar o crescimento de fungos. De seguida, é inoculada com uma cultura pura de fungos, tais como de *Aspergillus niger*, e é incubada durante 21-28 dias a uma temperatura apropriada.

A biodegradabilidade é visualmente avaliada através da medição da perda de peso em seco, não sendo nenhuma destas medições quantitativas ou precisas. O uso de uma cultura fúngica pura não dá uma boa representação de biodegradação, pois os fungos podem não ter as enzimas que degradam conhecidos polímeros biodegradáveis. No entanto, o método fornece uma ideia inicial da biodegradabilidade do polímero de uma maneira rápida, fácil e reprodutível.

3.2.3 Teste de Enzimas

Neste teste são usadas enzimas específicas que catalisam a biodegradação de um polímero específico de um modo rápido e simples. Uma amostra de polímero é colocada em uma solução de enzima, incubando-se a uma temperatura constante, com agitação, durante um período adequado de tempo. A biodegradabilidade é mensurada pela perda de peso e pelas modificações em propriedades mecânicas.

Este método tem a vantagem de poder ser reproduzido, podendo ser utilizado como um teste de rastreio para os polímeros biodegradáveis. É um teste rápido, mas isso tem o problema de que as condições de teste não são suficientemente precisas para o ambiente a ser usado isoladamente como um teste de viabilidade. Também as enzimas específicas têm de ser usadas para diferentes polímeros e as misturas de enzimas são geralmente uma necessidade, porque as vias de biodegradação são complicadas e necessitam de mais de uma enzima para a biodegradação total a ocorrer.

3.2.4 Consórcio Microbiano

Os consórcios microbianos específicos podem ser identificados para diferentes polímeros e utilizados para avaliar o grau de biodegradabilidade de um método de teste reprodutível. Para criar o consórcio pode-se utilizar uma amostra de polímero como isco em um ambiente natural. Após algum tempo de incubação apropriada no ambiente, as colônias microbianas que crescem na amostra são estudadas. O microrganismo identificado pode então ser utilizado no consórcio.

O Consórcio é um método muito atraente, uma vez que ele pode ser reprodutível e os microrganismos são obtidos a partir do ambiente natural. A Sociedade Americana de Testes e Materiais publicou um padrão usando um consórcio de microrganismos de serapilheira em locais de compostagem. Este teste mede a biodegradabilidade por mudanças nas propriedades mecânicas, peso molecular e perda de peso percentual.

A desvantagem da utilização de consórcios microbianos é que diferentes ambientes se tornam uma necessidade para produzir consórcios microbianos específicos para cada ambiente e, talvez, para cada polímero. Não pode ser dado como certo que um consórcio será capaz de degradar todos os polímeros.

3.2.5 Teste de Lamas Ativadas Semicontínuo

Este teste utiliza uma unidade de lamas arejadas semicontínua. A unidade fica reabastecida diariamente com água peptonada, extratos de carne e um material polimérico, habitualmente semelhante ao da amostra de teste. O inóculo é utilizado a partir de uma unidade de lama municipal, mas outros inóculos podem ser adicionados, bem como a microflora do solo fértil e águas superficiais.

A taxa de biodegradação é medida pela percentagem de perda de peso em função do tempo. O aparelho é mais complexo do que os testes anteriormente descritos e os procedimentos não são tão simples.

3.2.6 Teste Anaeróbio

Este teste envolve a medição do gás produzido, o dióxido de carbono ou o metano, a partir de um meio aquoso, em anaerobiose. As medições são, habitualmente, efetuadas por um método respirométrico, método que mede a taxa de respiração de um organismo vivo.

Foi efetuado um teste padrão usando um inóculo de lodo de Água Residual Municipal. Este inóculo foi incubado, a 35 °C, no escuro até ocorrer o término da libertação do gás.

Este teste é razoavelmente simples de se executar.

3.2.7 Teste *Headspace* VTT

A VTT é o Centro de Pesquisa Técnica da Finlândia. Este teste é executado em meio aquático e aeróbio, como o teste de *Sturm*, mas um pouco mais simples.

A evolução de dióxido de carbono é utilizada para medir a biodegradação, mas sem a necessidade de uma respirometria. Para a garrafa *headspace*, um inóculo de lodo de água residual é adicionado com o polímero de teste. A garrafa *headspace* pode então ser armazenada em uma variedade de temperaturas e, uma vez por semana, a partir da percentagem de dióxido de carbono são medidas as fases gasosa e líquida.

Este teste é simples e fácil de executar. Muitas amostras podem ser testadas ao mesmo tempo e é razoavelmente reprodutível.

4. Cola Biodegradável

Com a utilização de um conjunto de substâncias biodegradáveis é possível produzir uma cola com características biodegradáveis.

Neste capítulo irão ser abordadas as matérias-primas biodegradáveis utilizadas na produção da cola termofusível.

4.1 Matérias-primas biodegradáveis

Tradicionalmente, as colas do tipo cola quente (Hot-melt) são produzidas por materiais sintéticos derivados do petróleo, cujo processo de decomposição pode durar centenas de anos. Em contrapartida, se usar uma matéria-prima de origem vegetal/animal consegue-se obter um produto com características biodegradáveis, ou seja, em que o seu processo de decomposição demora muito menos tempo.

4.1.1 Polímeros biodegradáveis

Os polímeros biodegradáveis são conhecidos há muito tempo, sendo desenvolvidos inicialmente para aplicações biomédicas. O interesse por estes polímeros tem crescido muito nos últimos anos, pois surgem como uma alternativa à persistência de polímeros não biodegradáveis descartados no meio ambiente [23].

A biodegradação de um polímero é o seu uso como nutriente por conjuntos de microrganismos (bactérias, fungos ou algas) existentes no meio ambiente em que ele foi inserido. A taxa de crescimento de microrganismos vai determinar a taxa de degradação do polímero. A taxa de biodegradação é uma das variáveis mais importantes a serem determinadas e deve ser da ordem de semanas ou meses.

Os polímeros biodegradáveis podem ser classificados em função da sua origem em polímeros agrícolas (amido ou celulose), microbianos, quimicamente modificados a partir de polímeros agrícolas e misturas de biopolímeros [3].

Na Figura 4.1 encontra-se representada a classificação dos polímeros.

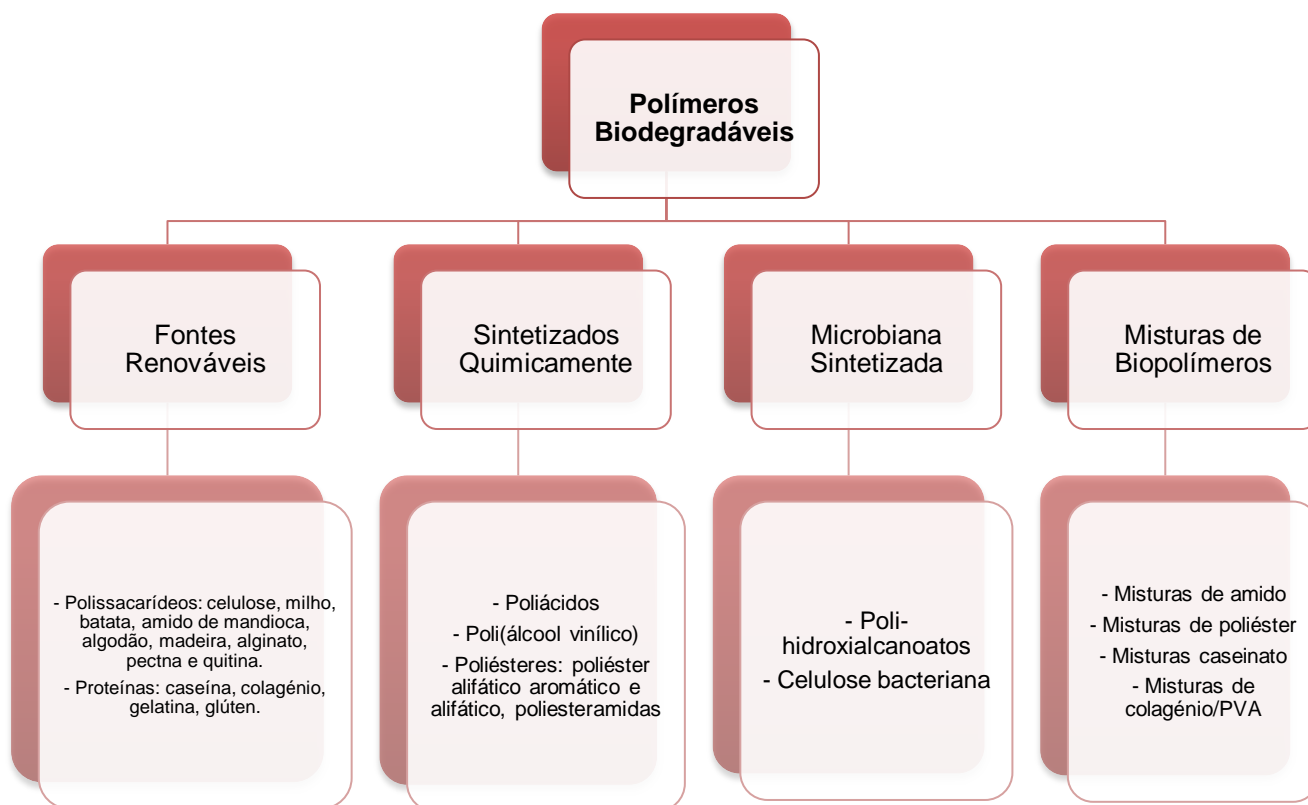


Figura 4.1 – Classificação dos polímeros [3].

Os polímeros biodegradáveis apresentam propriedades físicas e químicas semelhantes aos polímeros derivados do petróleo, sendo distinguidos pelo tempo que demoram a degradar no meio ambiente. O tempo de degradação de um polímero resultante de fontes renováveis é de 6 a 12 meses enquanto um polímero que provém de fontes de petróleo demora entre 40 a 50 anos ou até 200 anos, no caso do PET [24].

O polímero utilizado neste trabalho tem nome comercial Capa 6500, tratando-se de um poliéster linear derivado do monómero de caprolactona (consultar Anexo B1).

4.1.2 Óleo de Castor

Os plastificantes são aditivos aplicados em alguns tipos de materiais poliméricos, com o objetivo de melhorar o processo e aumentar a flexibilidade, alterando a viscosidade do sistema e aumentando a mobilidade das macromoléculas [4].

Têm como objetivo facilitar a aplicação das colas, bem como evitar a cristalização dos polímeros e resinas existentes nas formulações dos mesmos, mantendo a pegajosidade superficial. Podem ser sólidos ou líquidos de alto ponto de ebulição [4].

Os plastificantes de origem natural podem ser divididos em três grupos: plastificante de origem animal, de origem vegetal e de origem mineral.

De entre os plastificantes de origem vegetal encontra-se o óleo de castor também designado por óleo de rícino. É um plastificante extraído das sementes do arbusto *Ricinus communis*, designado de forma mais comum como mamoneiro, as quais rendem aproximadamente 50% de óleo [25].

Este óleo tem na sua constituição cerca de 80% a 95% de ácido ricinoleico ($C_{18}H_{34}O_3$), sendo os restantes 5% a 20% constituídos por vários ácidos gordos, entre os quais ácido oleico ($C_{18}H_{34}O_2$), ácido linoleico ($C_{18}H_{32}O_2$), ácido esteárico ($C_{18}H_{36}O_2$) e ácido palmítico ($C_{16}H_{32}O_2$) e pequenas quantidades de outros ácidos gordos.

Os óleos usados neste trabalho apresentam-se no estado sólido, com cor amarelada e têm nome comercial Óleo de Castor Hidrogenado e Óleo de Castor 12 HSA (Hydroxystearic Acid) (consultar Anexo B2).

4.1.3 Resina de Colofónia

Resina é uma secreção extraída de diversos tipos de plantas, sendo a mais conhecida a resina de colofónia.

A colofónia é uma resina termoplástica obtida através dos pinheiros. O método utilizado na sua obtenção faz variar o produto resultante. São três os métodos mais utilizados para obtenção da colofónia. O primeiro é conhecido como goma de colofónia e é obtido através de incisões praticadas nos caules das árvores de onde se retira o óleo-resina sendo, posteriormente, destilado com ácido sulfúrico para se obter a goma; o segundo método consiste em obter a resina através de ramos e troncos de madeiras de pinho, que são lavados e picados, passando seguidamente por um processo de destilação; no terceiro método pode obter-se a resina através da destilação fracionada do *tall oil*, um subproduto da indústria da celulose [4,5].

Devido à sua fácil oxidação e outras possíveis reações como cristalização, são utilizadas resinas de colofónia modificadas ou derivadas de colofónia. Entre as mais importantes modificações para uso em colas, está a polimerização, a hidrogenação e a esterificação. A partir destas modificações, as resinas de colofónia oferecem

propriedades taquificantes à cola, oferecendo pegajosidade e uma baixa força de coesão [4,5].

A resina de colofónia é constituída essencialmente por ácidos resínicos, de fórmula $C_{20}H_{30}O_2$, os quais são diterpenos com estrutura tricíclica.

As resinas de colofónia utilizadas durante as formulações têm nome comercial Sylvalite RE-100F e YT 311 (consultar Anexo B3). Estas resinas são distinguidas pela sua composição e características. A resina Sylvalite RE-100F é composta por éster de pentaeritritol e colofónia enquanto a resina YT 311 é composta por éster de glicerina e colofónia, apresentando afinidade com resinas de hidrocarboneto e terpénicas.

4.1.3.1 A Cor

A cor da resina de colofónia é uma das suas características mais importantes, uma vez que está relacionada com o seu grau de pureza, podendo ser também importante face à cor pretendida do composto vulcanizado. A cor da resina depende da espécie vegetal de onde é extraída, além do processo de obtenção.

A classificação da cor utilizada a nível mundial é a cor Gardner (de acordo com a norma ISO 4630-1:2004 – Clear liquids – Estimation of colour by the Gardner colour scale). Nesta classificação são definidos 18 índices de cor, referenciados pelos algarismos 1 a 18. Na Tabela 4.1 encontra-se representado, para as resinas de colofónia, a equivalência entre os índices de Gardner e os graus das resinas segundo a norma portuguesa NP 99, enquadrando-se entre os índices 3 e 15.

Tabela 4.1 – Correspondência entre a cor Gardner e o grau da resina, de acordo com a norma portuguesa NP 99 [10].

Índice de Cor Gardner	Grau
3	3A
4	2A
5	Y
6	X
7	WW
8	WG
9	N
10	M
11	K

12	I
13	H
14	G
15	F

Na Figura 4.2 é fácil de visualizar a correspondência da cor Gardner com alguns graus de resina colofônia.

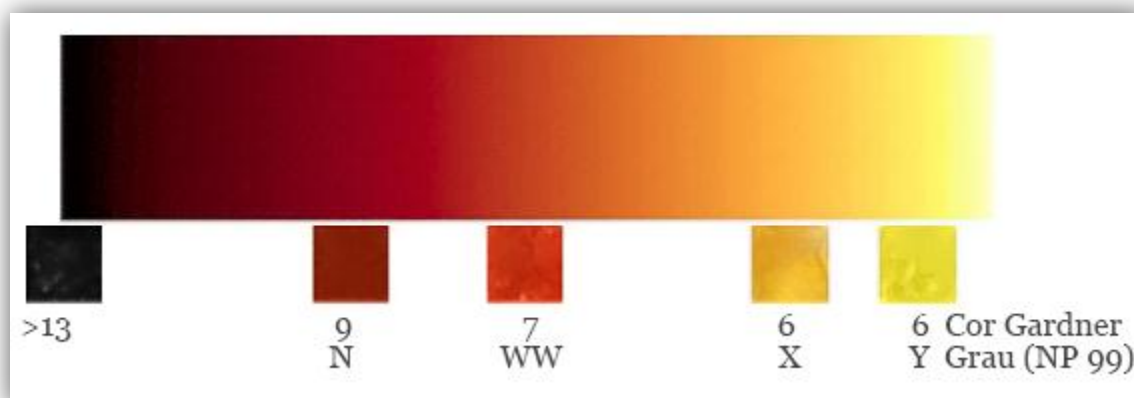


Figura 4.2 – Correspondência da cor Gardner com o grau da resina colofônia [10].

4.1.4 Resina de Politerpeno

Os terpenos constituem uma família de substâncias de origem vegetal, obtidas de várias espécies, principalmente das *Pinaceae* e plantas do género *Citrus*, da família das *Rutaceae*. A sua fórmula química geral é $(C_5H_8)_n$, que corresponde à fórmula do poli-isopreno.

Na Tabela 4.2 estão referenciados alguns dos principais terpenos.

Tabela 4.2 – Principais Terpenos [26].

Terpenos	Nº de unidades Isopreno	Nº átomos de carbono
Hemiterpeno	1	5
Monoterpeno	2	10
Sesquiterpeno	3	15
Diterpeno	4	20
Sesterpeno	5	25

Triterpeno	6	30
Tetraterpeno	8	40
Politerpeno	>100	>500

As resinas terpénicas são obtidas através de um processo de polimerização catiónica, na presença de um catalisador ácido de Lewis. As unidades utilizadas são os monoterpenos designados por α -pineno, β -pineno e d-limoneno, de fórmula química $C_{10}H_{16}$, mas com diferentes arranjos moleculares, como se demonstra na Figura 4.3.

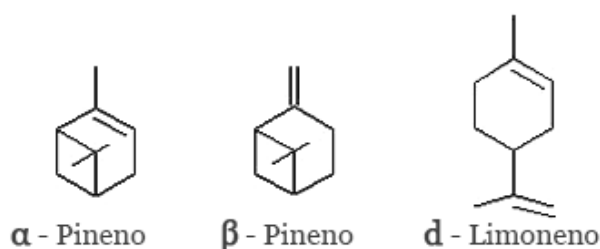


Figura 4.3 – Monoterpenos [25].

A resina de politerpeno usada nas formulações tem nome comercial Sylvares TR 7125 (consultar Anexo B3).

4.1.5 Antioxidante

Os aditivos antioxidantes são produtos orgânicos que, quando presentes em um sistema, inibem ou retardam o processo oxidativo, protegendo e impedindo a sua degradação através da ação de agentes como oxigénio, ozono, calor e luz, mantendo as características originais do produto por um longo tempo [27].

As colas termofusíveis sofrem ação do calor no seu processo de fabricação e aplicação, podendo se degradar, perdendo propriedades mecânicas tais como adesão, coesão, *tack* e até alterações na viscosidade. Logo, é importante a utilização de um antioxidante nas formulações, a fim de se evitar estas degradações [27].

O antioxidante utilizado nas formulações tem nome comercial Hostanox O16 (consultar Anexo B4), sendo a sua composição química de base fenólica.

5. Testes realizados

5.1 Testes em Laboratório

O objetivo deste trabalho foi estudar e desenvolver formulações para uma cola termofusível biodegradável, através de variações de resinas e óleo plastificante avaliando desta forma as propriedades mecânicas e reológicas (viscosidade), comparando-as com uma formulação utilizada comercialmente, mas com matérias-primas sintéticas, na tentativa de relacionar os resultados obtidos com o referencial teórico.

5.1.1 Matérias-primas usadas nas formulações

- Resina
 - ✓ Sylvalite RE – 100F
 - ✓ YT 311
 - ✓ Sylvares TR 7125
- Antioxidante
 - ✓ Hostanox O16
- Plastificante
 - ✓ Óleo de Castor 12 HSA
 - ✓ Óleo de Castor Hidrogenado
- Polímero
 - ✓ Capa 6500
- Cera
 - ✓ Cera de Carnaúba

5.1.2 Materiais e equipamentos utilizados para a realização dos testes e análises

- ✓ Papel siliconado
- ✓ Balança digital
- ✓ Viscosímetro Brookfield
- ✓ Equipamento de Bola e Anel
- ✓ Estufa
- ✓ Reator Hager
- ✓ Durómetro
- ✓ Placa de aquecimento

- ✓ Balança Analítica
- ✓ Embalagens de ultra congelados
- ✓ Embalagens de detergentes de lavar roupa
- ✓ Sacos de papel de lojas comerciais
- ✓ Formas de silicone
- ✓ Formas de alumínio
- ✓ Varetas
- ✓ Picnómetro
- ✓ Provetes de cartão canelado
- ✓ Shear bank tester
- ✓ Massas de 1Kg
- ✓ Glue Testing Unit Type ZP 93001
- ✓ Pistola de colagem
- ✓ Câmara de frio

5.1.3 Procedimento

Para a realização dos ensaios experimentais foram elaboradas dez formulações. A formulação das amostras foi dividida em três etapas, sendo as matérias-primas usadas nas formulações óleo de castor, resina derivada de colofónia, resina à base de politerpeno, antioxidante, polímero derivado da caprolactona e cera de carnaúba.

Numa primeira fase foram produzidas oito amostras com variação da resina. Estas amostras continham óleo de castor 12 HSA (Hydroxy Stearic Acid), resina de colofónia e de politerpeno, antioxidante e polímero derivado de caprolactona.

Nas cinco primeiras amostras foi utilizada uma resina de colofónia denominada Sylvalite RE 100F, tendo-se feito variar a resina nas formulações seguintes, passando a utilizar YT 311 na sexta formulação e YT 311 com Sylvares TR 7125 na sétima e oitava formulações. As resinas foram escolhidas de acordo com os seus constituintes, sendo a Sylvalite RE 100F e a YT 311 base colofónia e a Sylvares TR 7125 base politerpeno. Estas amostras foram comparadas com a amostra padrão.

A amostra padrão utilizada foi uma cola termofusível comercializada pela empresa para fecho de caixas de cartão de produtos ultra congelados. Apresenta um desempenho mecânico já conhecido e propriedades de colagem aceitáveis no mercado do fecho de caixas de cartão de produtos ultra congelados. A sua formulação é composta por resinas sintéticas.

Numa segunda etapa foi produzida uma formulação com variação do óleo plastificante. Nesta formulação foi usado óleo de castor hidrogenado.

Na terceira e última etapa, formulou-se uma amostra onde se optou pela substituição do óleo plastificante pela cera de carnaúba e a utilização apenas da resina de colofónia, tendo sido os restantes constituintes os mesmos.

Nas tabelas 5.1, 5.2 e 5.3 encontram-se as formulações de todas as amostras, calculadas em quantidades percentuais de cada componente somando um total de 100%.

Tabela 5.1 – Formulação das amostras referentes à primeira etapa.

Matéria-Prima		Massa (em %)							
Nome Comercial	Descrição	1	2	3	4	5	6	7	8
Óleo de Castor 12 HSA	Óleo Plastificante	19,8	9,8	14,8	12,3	7,3	7,3	7,3	7,3
Óleo de Castor Hidrogenado	Óleo Plastificante	-	-	-	-	-	-	-	-
Sylvalite RE-100F	Resina de Colofónia	60	60	60	60	65	-	-	-
Sylvares TR 7125	Resina de Politerpeno	-	-	-	-	-	-	15	3
YT 311	Resina de Colofónia	-	-	-	-	-	65	50	62
Hostanox O16	Antioxidante	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Capa 6500	Polímero	20	30	25	27,5	27,5	27,5	27,5	27,5
Cera de Carnaúba	Cera	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabela 5.2 – Formulação da amostra com alteração do óleo plastificante (segunda etapa).

Matéria-Prima		Massa (em %)
Nome Comercial	Descrição	9
Óleo de Castor 12 HSA	Óleo Plastificante	-
Óleo de Castor Hidrogenado	Óleo Plastificante	7,3
Sylvalite RE-100F	Resina de Colofónia	-
Sylvares TR 7125	Resina de Politerpeno	3
YT 311	Resina de Colofónia	62
Hostanox O16	Antioxidante	0,2
Capa 6500	Polímero	27,5
Cera de Carnaúba	Cera	-
	Total	100

Tabela 5.3 – Formulação da amostra com cera de carnaúba (terceira etapa).

Matéria-Prima		Massa (em %)
Nome Comercial	Descrição	10
Óleo de Castor 12 HSA	Óleo Plastificante	-
Óleo de Castor Hidrogenado	Óleo Plastificante	-
Sylvalite RE-100F	Resina de Colofónia	-
Sylvares TR 7125	Resina de Politerpeno	-
YT 311	Resina de Colofónia	65
Hostanox O16	Antioxidante	0,2
Capa 6500	Polímero	27,5
Cera de Carnaúba	Cera	7,3
	Total	100

5.1.4 Preparação das amostras e ensaios

Para a preparação das amostras foram pesadas as massas dos componentes de cada formulação em balança semi-analítica. Estes foram colocados num reator (ver Figura 5.1) sob aquecimento (160°C) e com agitação controlada. Todas as amostras foram preparadas em condições semelhantes e, após estarem prontas, foram colocadas em caixas siliconadas para facilitar o arrefecimento e manuseio das mesmas.



Figura 5.1 – Reator utilizado na preparação das formulações.

Para cada amostra foram realizados ensaios de Viscosidade, pois com base no valor da viscosidade é possível verificar se a formulação se encontra aceitável para as aplicações.

Para estas análises foram efetuados os testes de tempo aberto e *setting time*, densidade, dureza, resistência ao calor, testes de peso, testes a frio, colagens e estabilidade térmica.

5.2 Teste de Sturm

O objetivo deste teste foi avaliar a biodegradabilidade da cola formulada através da quantificação do CO₂ produzido durante o processo de biodegradação.

5.2.1 Reagentes

- Ácido Clorídrico (HCl)
- Fenolftaleína
- Vermelho de Metila
- Hidróxido de Bário (Ba(OH)₂)

- Meio Sabouraud
 - Peptona
 - Glicose
 - Extrato de Carne
 - Cloreto de sódio (NaCl)
- Tetraborato de sódio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)
- Água destilada
- Areia
- Húmus

5.2.2 Material

- Balança analítica
- Elevadores
- Bomba de vácuo GilAir 5 TRi-mode Air Sample
- Bomba de ar Air Pump S-2000A
- Papel de filtro
- Erlenmeyers 500 mL
- Ligações em vidro
- Placa de agitação
- Frasco Schot
- Frasco de vidro
- Filtro
- Pipeta 25 mL
- Bureta 1000 mL
- Suporte universal e garras
- Bureta 25 mL
- Balança digital
- Espátula
- Vareta
- Balão volumétrico 1000 mL

5.2.3 Procedimento

Com todo o material devidamente limpo procedeu-se à montagem experimental de todo o equipamento, de acordo com a Figura 5.2.

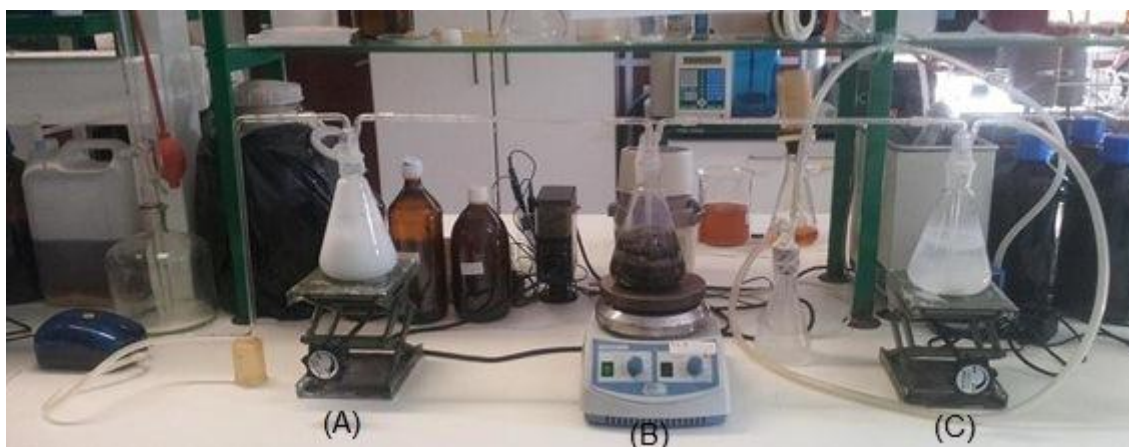


Figura 5.2 – Representação da montagem experimental.

Inicialmente preparou-se uma solução de HCl de concentração 0,303 Molar. Essa solução foi preparada diluindo 83 mL de HCl concentrado em 1000 mL de água destilada. Com o tetraborato de sódio (Bórax) e o indicador Vermelho de Metila padronizou-se a solução de HCl com a finalidade de descobrir a concentração exata dessa solução.

Seguidamente, preparou-se a solução de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ a ser utilizada nos erlenmeyers antes e após o reator, diluindo 4,8g de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ em 400 mL de água destilada para cada um dos erlenmeyers.

Para a preparação da solução Sabouraud foi necessário garantir que todo o material, assim como todo o meio envolvente estava estéril. Após a preparação do meio Sabouraud, o qual foi preparado de acordo com os reagentes e quantidades mencionadas na Tabela 5.4, colocou-se o mesmo devidamente armazenado num frasco Schot no autoclave para ser esterilizado para, posteriormente poder ser utilizado.

Tabela 5.4 – Composição da solução de Sabouraud.

Reagente	Quantidade
Peptona	10 g
Glicose	40 g
NaCl	7,5 g
Extrato de carne	3,5 g
Água destilada	1000 mL

Depois de todas as soluções preparadas colocou-se 400 mL da solução de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ em cada um dos erlenmeyers e 200 mL da solução de Sabouraud juntamente com 50g

inóculo (húmus e areia com granulometria 790-1190 na proporção 1:1) e 4,77g da amostra no reator.

Seguidamente ligou-se as bombas de ar (com caudal de 4 L/min) e vácuo (com caudal 2,5 L/min) e deu-se início ao teste que teve duração de 17 dias.

A cada 48 horas, com exceção do fim de semana, substituiu-se o erlenmeyer (C) por outro com igual solução. A solução substituída foi filtrada por um sistema de vácuo e titulada com a solução de HCl 0,303M adicionando 5 gotas de fenolftaleína. As massas de CO₂ produzidas foram determinadas segundo cálculos estequiométricos, de acordo com as equações 3.1 e 3.2.

Para este ensaio foi efetuado também o ensaio em branco, cujo procedimento foi idêntico ao descrito anteriormente, sem a presença da amostra.

6. Resultados e Discussão

6.1 Teste em Laboratório

Nos subcapítulos seguintes irão ser analisados os resultados dos testes efetuados.

A formulação escolhida foi comparada com uma amostra padrão (K melt Ultra C 2409) destinada ao fecho de caixas de cartão de produtos ultra congelados. A escolha da amostra padrão está relacionada com os testes de viscosidade, ponto de amolecimento e estufa, uma vez que os resultados destes eram semelhantes aos resultados da amostra Padrão. Os testes realizados posteriormente servirão para confirmar a finalidade de aplicação da cola.

De acordo com os testes de viscosidade, ponto de amolecimento e estufa verificou-se que a melhor formulação seria a oitava, sendo, posteriormente analisado o desempenho mecânico e as propriedades de colagem dessa mesma formulação.

6.1.1 Análise de Viscosidade

As análises de viscosidade foram realizadas em duas temperaturas diferentes em condições iguais para todas as amostras.

A viscosidade da amostra A8 foi realizada a três temperaturas diferentes para a obtenção da curva de viscosidade.

Tabela 6.1 – Resultados das análises de viscosidade das amostras produzidas nas três etapas de produção.

Viscosidade (cPs)										
T (°C)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120	286	25900	-	-	-	-	-	2940	-	-
140	-	-	580	1143	1258	1450	2385	1750	2585	1058
160	-	-	-	-	-	-	-	753	-	-

De um modo geral todas as amostras apresentam valores de viscosidade coerentes com a sua formulação. As amostras A1 e A2 foram medidas a uma temperatura de 120°C, sendo as restantes amostras medidas a uma temperatura de 140°C.

A amostra A1, composta por 20% de polímero de caprolactona, apresentou uma viscosidade muito baixa comparativamente com a amostra A2, formulada com 30% do mesmo polímero, a qual apresenta uma viscosidade muito elevada.

Na amostra A3 foi utilizado 25% de polímero, sendo usada uma temperatura de trabalho de 140°C, e a viscosidade manteve-se baixa, tendo sido necessário acrescentar polímero dando origem à amostra A4 com 27,5% de polímero. Esta amostra assim como as amostras A5, A6, A7 e A8 apresentam um valor de viscosidade que permite a sua aplicação entre 140°C e 160°C.

A amostra A9, formulada com óleo de castor hidrogenado, apresenta uma viscosidade mais elevada que a amostra A8, o que seria de esperar pois o óleo de castor hidrogenado apresenta uma viscosidade mais elevada que o óleo de castor 12 HSA.

No que diz respeito à amostra A10, formulada com cera de carnaúba, esta apresenta uma viscosidade de 1058 cPs, um valor aceitável para as aplicações.

A amostra Padrão, a 160°C, apresenta uma viscosidade de 350 cPs. Este valor é mais baixo do que o valor da amostra A8 para a mesma temperatura, 753 cPs.

6.1.1.1 Curvas de Viscosidade

A Figura 6.1 representa as curvas de viscosidade da amostra A8 e da amostra Padrão.

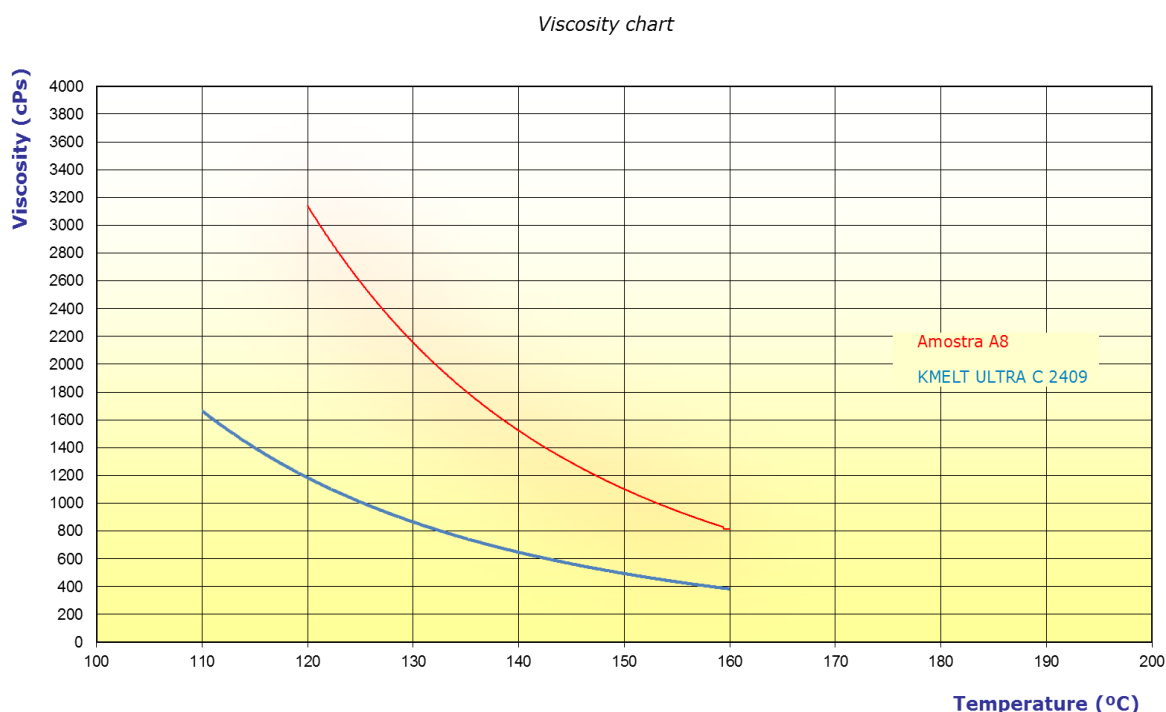


Figura 6.1 - Curva de viscosidade da amostra A8 e da amostra padrão.

Pela análise da figura verifica-se que as colas apresentam comportamento semelhante, apresentando uma diminuição da viscosidade em função do aumento da temperatura e que, em nenhuma delas ocorreu uma queda brusca da viscosidade, o que evidencia que a sua utilização é viável até 160°C.

Na amostra A8, em temperaturas abaixo dos 130°C, a viscosidade tende a aumentar consideravelmente, o que dificulta a aplicação da cola. A sua temperatura de aplicação ideal é os 140°C apresentando uma viscosidade de 1750 cPs.

6.1.2 Análise do Ponto de Amolecimento

A Tabela 6.2 apresenta os resultados do ponto de amolecimento para as amostras A3, A8, A9 e A10 e amostra Padrão.

Tabela 6.2 – Resultado do teste de Ponto de amolecimento.

Amostra	A3	A8	A9	A10	Padrão
Ponto de amolecimento (°C)	70	62	72	82	68

É notório que as amostras apresentam valores diferentes umas das outras, isto porque apresentam composição diferente. A amostra que mais se aproxima da amostra Padrão é a A3, apresentando um ponto de amolecimento de 70°C.

A amostra A9, constituída por cera de carnaúba, é a que apresenta um ponto de amolecimento mais elevado, pois a cera de carnaúba tem um ponto de fusão mais elevado que o óleo de castor, 81°C e 72°C, respetivamente.

6.1.3 Análise na Estufa

Na Tabela 6.3 encontram-se apresentados os resultados observados nos ensaios na estufa.

Tabela 6.3 – Observações registadas dos ensaios na estufa.

Amostra	Observações
A1	Muito fina, dura e quebradiça.
A2	Quebradiça e muito viscosa para as aplicações.
A3	Muito pouco viscosa e com pouco <i>tack</i> .
A4	Apresenta boa viscosidade mas pouco coesa e quebradiça.
A5	Apresenta características mais próximas das desejadas, com mais <i>tack</i> mas ainda muito quebradiça à temperatura ambiente.
A6	Mais clara e mais límpida, mas ainda muito quebradiça.
A7	Fraca coesão e elevada dureza.
A8	Com mais <i>tack</i> , menos quebradiça, mais coesa.
A9	Mais clara e mais rápida em tempo aberto e coesão, mas muito dura e quebradiça.
A10	Mais escura e muito mais quebradiça. Sem <i>tack</i> e coesão.
Padrão	Boa coesão e viscosidade, com <i>tack</i> , pouco quebradiça à temperatura ambiente.

6.1.4 Análise da Densidade

Na Tabela 6.4 estão registados o resultado do teste de densidade para a amostra A8.

Tabela 6.4 – Resultados do ensaio de densidade.

	Densidade
Picnómetro com água (g)	76,95075
Picnómetro com água + sólido (g)	77,27830
Picnómetro com água e sólido no interior (g)	77,02262
Média	1,281090

A amostra apresenta uma densidade de 1,28, sendo esta um pouco elevada comparativamente com a amostra Padrão, a qual apresenta uma densidade de 0,98.

6.1.5 Análise da Dureza

A Tabela 6.5 apresenta os valores registados no ensaio de dureza para a amostra A8 e amostra Padrão.

Tabela 6.5 – Resultado do ensaio de dureza para a amostra A8 e Padrão.

	A8	Padrão
Dureza	96	87
	97	86
	96	86
	93	86
	99	88
Média	96,2	86,6

A amostra Padrão apresenta uma dureza mais baixa que a amostra A8, 86,6 e 96,2 respetivamente.

6.1.6 Análise de Resistência ao calor (SAFT)

O teste de SAFT está diretamente relacionado com o teste de Ponto de Amolecimento, no qual a amostra apresentou valores em torno de 60°C. O teste de SAFT teve início com uma temperatura de 30°C.

Foram efetuados dois ensaios de resistência ao calor com a amostra A8, em que no primeiro foram usados provetes de cartão canelado e no segundo provetes de caixas de papelão, sendo que o primeiro ensaio apresentou valores de 59°C e o segundo 58,5°C. Na Tabela 6.6 e 6.7 estão representados os resultados do teste de SAFT.

Tabela 6.6 – Resultado do ensaio de SAFT, com os provetes de cartão canelado, para a amostra A8.

Tempo (min)	T (°C)
61,4	60,70
53,9	56,95
56,0	58,00
58,7	59,35
58,5	59,25
61,1	60,55
57,3	58,65
Média	59,06

Tabela 6.7 – Resultado do ensaio de SAFT, com os provetes de caixas de papelão, para a amostra A8.

Tempo (min)	T (°C)
59,6	59,80
60,0	60,00
54,1	57,05
59,3	59,65
56,4	58,20
53,3	56,65
Média	58,56

Os valores de temperatura foram determinados através da equação 2.2.

6.1.7 Análise de Colagens

Este ensaio tem como objetivo analisar o desempenho da cola nos diversos substratos.

Efetuaram-se ensaios em caixas de cartão de produtos ultra congelados (ver Figura 6.2), em caixas de cereais, caixas de iogurtes, sacos de embalar farinha, embalagens de detergente da roupa e sacos de papel de estabelecimentos comerciais.

Dos ensaios efetuados a amostra A8 apresentou bom desempenho em quase todos os substratos, com exceção das caixas de iogurte, sacos de embalar farinha (ver Figura 6.3) e sacos de papel de estabelecimentos comerciais.



Figura 6.2 – Colagens efetuadas em caixas de cartão de produtos ultra congelados.



Figura 6.3 – Colagens feitas em sacos de farinha.

6.1.7.1 Análise de Teste de Peso

A análise de resistência ao peso serviu para avaliar a resistência da amostra A8 numa embalagem de detergente da roupa de 40 doses, ou seja, com um peso de 3400 Kg.

Efetuuou-se a colagem de uma embalagem de detergente e colocou-se três pesos de 1 Kg no interior da caixa. Colocou-se a caixa em suspensão durante 8 horas, verificando que a amostra apresentou bons resultados, mostrando boa adesão ao substrato.

6.1.7.2 Análise de Teste a Frio

Depois de efetuadas as colagens em caixas de produtos ultra congelados e, após 24 horas, foram colocados os provetes numa câmara de frio, ao longo de 6 dias, a diferentes temperaturas.

Foi avaliado o comportamento da amostra A8 para as temperaturas -4°C, -15°C, -20°C, -25°C e -28°C. A amostra apresentou bom desempenho até a temperatura de -25°C, não apresentando boa adesão a -28°C.

6.1.8 Análise de Tempo aberto e *Setting time*

O tempo aberto para a amostra A8 encontra-se entre 5-7 segundos com um *setting time* de 1,5 segundos.

A amostra Padrão apresenta um tempo aberto entre 10-12 segundos com um *setting time* de 5 segundos.

A amostra A8 apresenta *setting time* mais rápido que a amostra Padrão, enquanto o tempo aberto se apresenta mais baixo. Isto significa que a cola formulada necessita de menos compressão para colar do que a amostra Padrão.

6.1.9 Análise da Estabilidade Térmica

A análise de estabilidade da amostra A8 foi efetuada à temperatura de 170°C durante 80h, tendo sido retiradas amostras no momento inicial do ensaio sendo, posteriormente retiradas após 5, 10, 20, 30, 40 e 80 horas.

No final do ensaio verificou-se que não ocorreu o aparecimento de nenhum tipo de sinal que pudesse indiciar a degradação da amostra.

Na Figura 6.4 encontra-se representado o teste de estabilidade térmica efetuado durante 80 horas.

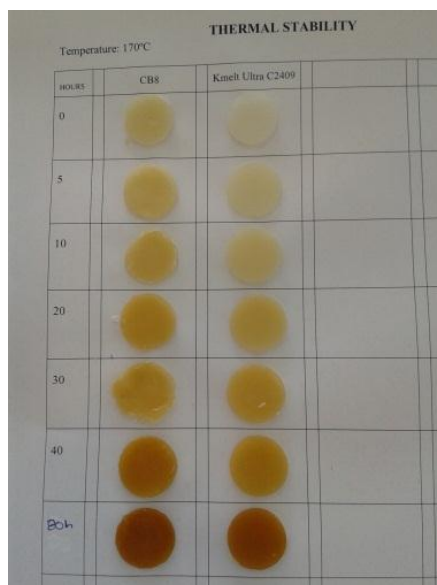


Figura 6.4 – Teste de estabilidade térmica efetuado durante 80 horas.

6.2 Teste de Sturm

Depois de toda a instalação preparada iniciou-se um monitoramento por 17 dias. Esse monitoramento foi efetuado a cada 48h (com exceção do fim de semana) isoladamente e nele quantificou-se a massa de CO₂ obtida. A Figura 6.5 apresenta os resultados da produção de CO₂ já considerada a exclusão da massa de CO₂ liberada pelo meio de cultura utilizado (branco). Os cálculos efetuados para obtenção das massas de CO₂ podem ser consultados no Anexo C.

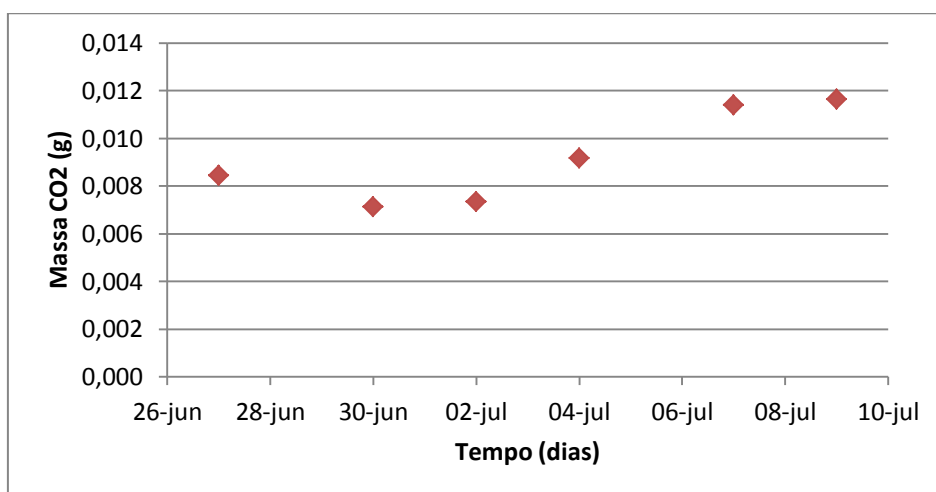


Figura 6.5 – Massa de CO₂ produzida em função do tempo de biodegradação.

Através da análise da figura verifica-se que ocorreu uma maior produção de CO₂ nos primeiros dias, o que poderá ser explicado pelo consumo de glicose presente no meio *Saboraud*. Com a diminuição da glicose do meio de crescimento inicial, os microrganismos começaram a consumir de forma progressiva a amostra presente no meio como fonte de carbono alternativa.

Observou-se que a taxa de biodegradação foi de 0,055 g de CO₂, para um período de 17 dias de ensaio.

Toda a instalação experimental deveria estar implementada num meio estéril, o que não foi possível garantir. Tal impossibilidade levou à ocorrência de contaminações por parte do meio envolvente, afetando o resultado obtido. Este é um ensaio meramente orientativo que estabelece a necessidade de um estudo mais aprofundado da biodegradabilidade.

Devido à falta de tempo para a realização de um ensaio com a amostra padrão, do qual resultaria uma taxa de biodegradação comparativa nas mesmas condições, este resultado foi então comparado com o resultado obtido em testes realizados com filmes de PHB [Poli(3-hidroxibutirato)] referidos no artigo “Utilização do teste de *Sturm* como ferramenta para análise da biodegradabilidade de polímeros”. Destes ensaios obteve-se uma taxa de biodegradação de 0,70 g de CO₂/dia, por um período de 28 dias.

Ao comparar os dois resultados verifica-se que estes apresentam valores muito diferentes, sendo o resultado obtido para 17 dias de ensaio muito inferior ao resultado obtido no artigo. Tal discrepância poderá ser justificada pelo facto do polímero utilizado ser diferente e pelas condições de ensaio.

Com a finalidade de confirmar os resultados obtidos foi efetuada uma réplica do ensaio, a qual se encontra a decorrer sendo os resultados facultados, posteriormente, à empresa.

7. Conclusões

Este trabalho teve como objetivo colaborar no desenvolvimento de uma cola com características biodegradáveis avaliando, posteriormente, a sua biodegradabilidade.

Uma vez que é vasto o campo de aplicação das colas, não há uma composição ótima capaz de satisfazer todas as necessidades de mercado. Assim sendo, as matérias-primas devem ser criteriosamente escolhidas face às propriedades do produto que se deseja.

Com este trabalho foi possível apontar em que direção se deve ir na variação da composição de forma a alterar as propriedades da cola.

Através das formulações efetuadas com variações de resinas e óleo plastificante foi possível avaliar as propriedades mecânicas e reológicas das colas formuladas. Após a produção de dez formulações e, com base nos resultados obtidos em laboratório, concluiu-se que a formulação a ser usada seria a que apresentava um ponto de amolecimento na ordem dos 60°C, valores de viscosidade aceitáveis para as aplicações, boa adesão aos substratos, algum *tack* e resistente ao calor, ao frio e ao peso. Essa formulação será a amostra A8, estando esta preparada para ser aplicada no fecho de caixas de cartão de produtos ultra congelados e, no fecho de caixas de detergente em pó com peso até 3 Kg.

Os problemas resultantes da deposição de plásticos de origem petroquímica impulsionam o desenvolvimento, produção e aplicação de matérias-primas biodegradáveis.

A biodegradabilidade dos materiais pode ser avaliada através de testes de biodegradabilidade, tal como o teste de *Sturm*. Trata-se de um sistema capaz de quantificar a quantidade de CO₂ produzido pelo processo de biodegradação.

Através dos resultados obtidos no teste de *Sturm*, concluiu-se que a amostra da cola apresentou ao longo de 17 dias de ensaio uma taxa de biodegradabilidade de 0,055 g de CO₂. Esta percentagem trata-se de um valor meramente orientativo que estabelece a necessidade de um estudo mais aprofundado da biodegradabilidade.

Para confirmar os resultados obtidos no teste de *Sturm* foi efetuada uma réplica do ensaio, a qual se encontra a decorrer sendo os resultados facultados, posteriormente, à empresa.

8. Bibliografia

- [1] Informação cedida pela Eng^a Cristina Frutuoso, Colquímica
- [2] Garcia, Juan Carlos Claros. *Ecodesign: Estudo de Caso em uma Indústria de Móveis de Escritório*. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, 2007.
- [3] Satyanarayana, Kestur G., Arizaga, Gregorio G.C. and Wypych, Fernando, 2009. Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers—An overview.
- [4] SMITH, William F; *Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais*. 3 ed. Portugal: Mc Graw-Hill. 1998,892 p.
- [5] Wilks, E.S. – *Industrial Polymers Handbook – Volume 2*, Wiley-VCH, Alemanha, 2001.
- [6] Martínéz, J.M.M. *Adhesión de polímeros y elastómeros mediante adhesivos de contacto*. Universidade de Alicante, Alicante, 1995.
- [7] Wilks, E.S. *Industrial Polymers Handbook – Volume 2*, Wiley-VCH, Alemanha, 2001.
- [8] Nogueira, José Luís. *Noções Básicas de Tintas e Vernizes – Volume 2*. Portugal. ISBN: 978-989-95903-0-4
- [9] *Polysar – Handbook – Volume 2*, Polymer Corporation Limited, Canadá, 1960.
- [10] CTB. “Resina de Colofónia”. 2011. http://www.ctb.com.pt/?page_id=7192. (Abril de 2014)
- [11] Skeist, I. – *Manual de adesivos – Companhia Editorial Continental*, México, 1966.
- [12] NP 172:1986 – *Sistema International de Unidades – Instituto Português da Qualidade*.
- [13] Normas ASTM E28 e ASTM D36 facultadas pela Colquímica.
- [14] NP 3672:1990 – *Terminologia: Definições – Instituto Português da Qualidade*.
- [15] *Determinação da dureza Shore A*. Colquímica, S.A., IT.DT.221.
- [16] *Método de ensaio para a determinação da Temperatura de Falha ao Calor (SAFT) de colas Hot Melts*. Colquímica, S.A., IT.DT.218.

- [17] Determinação do tempo aberto e do *setting time* de colas Hot-melt. Colquímica, S.A., IT.DT.129.
- [18] Ensaio de estabilidade térmica das colas Hot-melt. Colquímica, S.A., IT.DT.106.
- [19] Pensamento Verde. “Produtos Biodegradáveis”.
<http://www.pensamentoverde.com.br/produtos/produtos-biodegradaveis/>. (Maio 2014)
- [20] Moore, G.F., Saunders, S.M., 1997. Advances in Biodegradable Polymers. Rapra Technology Ltd.
- [21] Pinto, Kássio Kramer Moraes; Almeida, Yêda Medeiros Bastos. 2011. Utilização do Teste de Sturm como Ferramenta para Análise Biodegradabilidade de Polímeros. CTG – UFPE
- [22] Vinhas, Glória M.; Almeida, Yêda M. B. e Lima, Maria Alice Gomes de Andrade. 2007. Estudo das Propriedades e Biodegradabilidade de Blendas de Poliéster/Amido Submetidas ao Ataque Microbiano. Quim.Nova, Vol. 30. (7): 1584-1588.
- [23] Neto, Targino Amorim. Estudo de Compósitos Poliméricos Biodegráveis de Poli-Hidroxibutirato (PHB), Poli ϵ -Caprolactona (PCL) e Pó de Madeira. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador. 2011
- [24] Chuwarten, André, Torres, Juliana, Jesus, Katherine. Preparação de Polímeros Biodegradáveis. Rio de Janeiro: IMA. (acedido em Fevereiro 2014)
- [25] CTB. “Óleo Castor”. 2011. http://www.ctb.com.pt/?page_id=5514. (Abril de 2014)
- [26] CTB. “Resinas Politerpénicas”. 2011. http://www.ctb.com.pt/?page_id=7192. (Abril de 2014)
- [27] Rabello, Marcelo. Aditivção de Polímeros. 1 ed. São Paulo: Artliber. 2000. 242p.

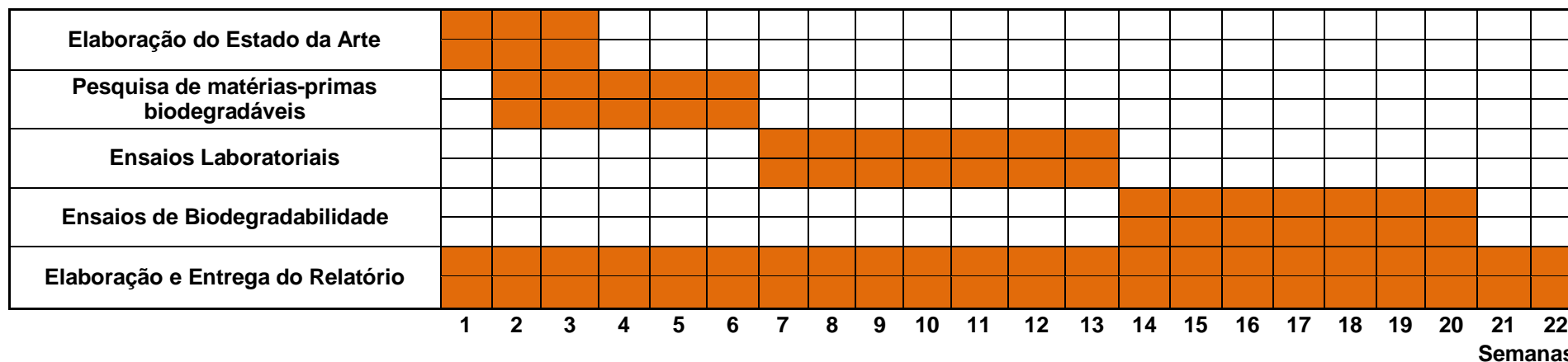
.ANEXOS

Anexo A

Planeamento

A planificação do trabalho foi efetuada considerando 22 semanas de trabalho, com início no mês de fevereiro e fim no mês de julho. A semana 1 inicia-se no dia 17 de fevereiro e a semana 22 termina no dia 20 de julho.

No diagrama de Gantt que se segue encontram-se as atividades em que o trabalho se decompõe assim como a duração de cada atividade.



As três primeiras semanas de trabalho serão dedicadas à elaboração do Estado da Arte, o qual fornece a informação sobre o processo de produção de Colas, matérias-primas de origem vegetal/animal e produção de colas biodegradáveis. Destas três semanas, as duas últimas e as três seguintes, serão dedicadas à pesquisa exaustiva de matérias-primas biodegradáveis.

As seis primeiras semanas serão as mais importantes, uma vez que sem elas não será possível realizar as atividades seguintes.

Após toda a recolha de informação, irei proceder a ensaios laboratoriais durante sete semanas, os quais serão seguidos de ensaios de biodegradabilidade até à vigésima semana de trabalho.

No que diz respeito à elaboração e entrega do relatório, este será elaborado durante todas as semanas de trabalho e entregue na última semana (semana 22).

Anexo B

Fichas Técnicas das Matérias-Primas

O Anexo B destina-se a dar a conhecer as características de cada matéria-prima usada na formulação da cola.

Anexo B1 – Ficha técnica do Polímero

Product data sheet

Capa® 6500



Description

- ⇒ Capa® 6500 is a high molecular weight linear polyester derived from caprolactone monomer.
- ⇒ The molecular weight is approximately 50,000.
- ⇒ Supplied in granular form, approx. 3 mm pellets.

Applications

- ⇒ Capa® 6500 is used in a variety of adhesive applications.
- ⇒ Compatible with a wide range of common thermoplastics and soluble in several common solvents.

Delivery forms

- ⇒ Supplied in quantities of 20 kg net packed in paper sacks on pallets of 1000 kg.
- ⇒ Bulk quantities can be supplied in 500 kg bags.

Storage

- ⇒ Should be stored in a dry place away from sources of heat.

Typical properties

Mean molecular weight	50,000
Melting point, °C	58-60
Water content, %	<1.0
Colour of 30% m/m solution, Hazen	<75
Elongation at break, %	800

Melt flow index

7 g/10 min. with 2.16 kg, 1" PVC die at 160°C.

Solubility parameters

The solubility parameter (δ) is 9.34 – 9.43 (cal/cm³)^{1/2}.


CAS No.: 24980-41-4
HS No.: 3907 99

www.perstorp.com

Approved: 23 Apr 2009
Issue: 1
Approved by: PERSTORP\lgowtrwb

 **Perstorp**
WINNING FORMULAS

Anexo B2 – Ficha técnica do Óleo Plastificante


ALBERDINGK BOLEY

Technical data sheet

ALBERDINGK® 12-HSA Flakes 52

Applications:
 12-Hydroxy Stearic Acid is widely used in the production of glycerine-free multi-purpose calcium and lithium lubricating greases. Lubricating greases produced out of 12-HSA exhibit excellent resistance to oils and fats, water and solvents and they endure a long- life stability. Besides the application in the lubricating sector, 12-HSA is an important raw material in the production of thixotropic agents for solvent-based coating systems. The production of solvent or waterborne polyesters for paints and the manufacture of wax blends and hotmelt adhesives as well as the use as a processing aid for natural and synthetic rubber are further application fields. Another important field is the use of 12-HSA in cosmetics such as deodorants.

Storage:
 The storage life can be guaranteed for minimum 12 months in tightly locked containers and at a temperature of + 10 °C up to + 30 °C.

Safety:
 For further information on product safety please refer to the actual material safety data sheet.

Notice:
 * General information - the values can not be considered as part of the product specification.

Label update 16.01.2012 Seite 2 von 2	Alberdingk Boley GmbH Düsseldorf Str. 53 47629 Krefeld Germany Phone +49 2151 528-0 Fax +49 2151 573643 info@alberdingk-boley.de www.alberdingk-boley.de Alberdingk Boley, Inc. Greensboro, NC, USA www.alberdingkusa.com Alberdingk Boleins (Shenzhen) Co.Ltd. Shenzhen City, P.R. China www.alberdingkchina.com <small>The data's contained herein are based on our present state of technology and shall inform on our products and their application possibilities. A limited liability assurance of certain attributes or the suitability for a concrete operation purpose cannot be derived from this information. Intellectual property rights are to be considered if required.</small>
---	---



Technical data sheet

ALBERDINGK® 12-HSA Flakes 52

Characteristic:

12-Hydroxy Stearic Acid (12-HSA) is a wax-like odourless substance usually used in form of cream-coloured or white flakes or powder. It is derived from Castor Oil (extracted from the seeds of "Ricinus communis L.") by hydrogenation and hydrolysis. The content of 12-HSA in the fatty acid of hydrogenated Castor oil is about 83-90%.

Specification:

Gardner colour value		max. 5	According to:
Acid value	mgKOH/g	min. 175	AOCS Td 1a-64
Iodine value	g Iod/100g	max. 5	AOCS Cd 3d-63
Hydroxyl value	mgKOH/g	min. 150	AOCS Cd 1-25
			AOCS Cd 13-60

Further typical data*:

Saponification value	mgKOH/g	min. 180	According to:
Melting point	°C	min. 72	AOCS Cd 3-25
			AOCS Cc 1-25

Properties:

12-Hydroxy Stearic Acid is a saturated C18-fatty acid. It is suitable for various chemical derivatization due to the carboxyl as well as the hydroxyl functionality.

Latest update
16.01.2012

Page 1 of 2

Alberdingk Boley GmbH | Düsseldorf Str. 53 | 47829 Krefeld | Germany
Phone +49 2151 528-0 | Fax +49 2151 573643 | info@alberdingk-boley.de | www.alberdingk-boley.de

Alberdingk Boley, Inc. | Greensboro, NC, USA | www.alberdingkusa.com
Alberdingk Resins (Shenzhen) Co.Ltd. | Shenzhen City, P.R. China | www.alberdingkchina.com

The data contained herein are based on our present state of technology and shall inform on our products and their application and/or uses. A final testing assurance of certain attributes or the suitability for a concrete application purpose cannot be derived from this information. Intellectual property rights are to be considered if required.



Anexo B3 – Ficha técnica das Resinas

– YT 311



FICHA TÉCNICA

YT 311

DESCRIÇÃO DO PRODUTO

YT 311 é um éster de glicarina e colofónia estabilizado de forma a garantir uma boa estabilidade térmica e uma boa resistência à oxidação.

CARACTERÍSTICAS

Sólido de cor amarelada.

É compatível com os polímeros usuais, tais como:

- Polímeros EVA, SIS, SIBS, SBR, borracha natural, borracha butílica, neopreno e outros polímeros;
- Resinas de hidrocarbonato e terpénicas.

É solúvel em:

- Solventes aromáticos e alifáticos;
- Éteres e cetonas.

É insolúvel em:

- Álcool e água.

ESPECIFICAÇÕES DE PRODUTO¹

Índice de Análise	Especificação Produto IS máx	Propriedades Típicas IS	Unidades mg/100g
Ponto de amolecimento (K&R)	66-90	66	°C
Car. Goulet (80%, Tolueno)	4 máx	3	mm

REGULAMENTAÇÃO

Conforme com os requisitos do "Code Federal Regulation, Title 21" nas secções seguintes:

- 172.110 Adesivos

APLICAÇÕES

É especialmente recomendado como *lockifier* em adesivos, por ter:

- Boa resistência térmica;
- Boa compatibilidade com ceras;
- Compatibilidade total com a maior parte dos polímeros;
- Excelente *lock*;
- Boa resistência à oxidação devido ao baixo teor em ácido abiótico.

Também pode ser usado em termos flexíveis base EVA e compósitos de borracha.

FORMAS DE FORNECIMENTO

Escamas: em sacos de 25kg, sobre paletas de 1000kg;

em big bags de 1000kg.

Póculas: em sacos de 25kg, sobre paletas de 1000kg;

em big bags de 1000kg.

Bloco: Tambores metálicos de 250 kg sobre paleta de 1000kg.

PRAZO DE VALIDADE

Até seis meses em condições normais de armazenagem.

27 – 85 – 2011


¹Métodos analíticos disponíveis a pedido do cliente.

A informação contida nesta Ficha Técnica é, tanto quanto sabemos, verdadeira e correta. No entanto, devido às condições de uso fora do nosso controlo, não podemos dar garantias implícitas ou explícitas no que respeita à informação aqui prestada. Não estamos permanentemente a estudar as aplicações específicas dos produtos das nossas empresas, por que os nossos produtos fazem parte de um conjunto, de modo a que possam funcionar cada um mais eficazmente.

ExxonMobil, S.A. (Portugal) - Telex: +351 234 208140 Fax: +351 234 216110 E-mail: ys@exxonmobil.com

Resinas Yser, Ltda. (Brasil) - Telex: +55 41 292 1422 Fax: +55 41 292 14 12 E-mail: ys@resinas.com.br

– Sylvares TR 7125

 FICHA DE DADOS DE SEGURANÇA	
SECÇÃO 1: Identificação da substância/mistura e da sociedade/empresa	
1.1. Identificador do produto	
Nome da substância	Resina de politerpeno
Nome comercial da substância	SYLVARES™ TR 7125
Número de identificação	•
Número de registo	•
Sinónimos	Nenhum.
Número SDS	8744
Código do produto	2000012, 2000723
Data de publicação	21-Agosto-2012
Número da versão	1,0
Data de revisão	21-Agosto-2012
1.2. Utilizações identificadas relevantes da substância ou mistura e utilizações desaconselhadas	
Utilizações identificadas	Utilizações industriais: Utilização de substâncias extremas ou contidas em preparações em instalações industriais. Formulação (mistura) de preparações e/ou embalagem (excluindo lígias).
Utilizações desaconselhadas	Nenhum conhecido.
1.3. Identificação do fornecedor da ficha de dados de segurança	
Nome da empresa	Arizona Chemical B.V.
Endereço	Transistorstraat 16, 1322 CE Almere, Holanda
No do telefone	+31 36 546 2800
Fax	+31 36 546 2996
Número de telefone de emergência	EU NCEC +44 1865 407 333
Email endereço	regulatory.eu@azchem.com
SECÇÃO 2: Identificação dos perigos	
2.1. Classificação da substância ou mistura	
A substância foi avaliada e/ou testada quanto aos seus perigos físicos, para a saúde e para o ambiente e aplica-se a seguinte classificação.	
Classificação de acordo com a Directiva 67/548/CEE ou 1999/45/CE, na sua última redacção	
Esta substância não cumpre os critérios de classificação de acordo com a Directiva 67/548/CEE, na sua última redacção.	
Classificação de acordo com o regulamento (CE) N.º 1272/2008, na sua última redacção	
Esta substância não cumpre os critérios de classificação de acordo com o Regulamento (CE) 1272/2008, na sua última redacção.	
Resumo dos perigos	
Perigos físicos	Não classificado quanto aos perigos físicos.
Perigos para a saúde	Não classificado quanto aos perigos para a saúde.
Perigos para o ambiente	Não classificado quanto aos perigos para o ambiente.
Perigos específicos	Não disponível.
Sintomas principais	Não disponível.
2.2. Elementos do rótulo	
Rotulado de acordo com o Regulamento (CE) n.º 1272/2008, tal como definido no presente regulamento	
Contém:	Resina de politerpeno
Pictograma de perigo	Nenhum.
Palavra-sinal	Nenhum.
Advertências de perigo	A substância não cumpre os critérios de classificação.
Nome do material: SYLVARES™ TR 7125	MSDS/SDS # 8744
Número da versão: 1,0	Data de revisão: 21-Agosto-2012
	Data de impressão: 21-Agosto-2012
	1 / 7

Recomendações de prudência

Prevenção	Não disponível.
Resposta	Não disponível.
Armazenagem	Não disponível.
Eliminação	Não disponível.

Informação suplementar no rótulo Não aplicável.

2.3. Outros perigos O produto pode formar misturas explosivas de poeira/ar se a concentração de poeira do produto suspensa no ar for elevada. As cargas estáticas geradas pelo esvaziamento das embalagens numa atmosfera de vapor inflamável ou perto desta podem causar chama súbita.

SECÇÃO 3: Composição/informação sobre os componentes**3.1. Substâncias****Informação geral**

Designação química	%	N.º CAS / N.º CE	N.º de registo REACH	N.º de Índice	Notas
Resina de politerpeno	99 + 100	Proprietário	-	-	
Classificação:	DSD: *				
	CLP: *				

CRE: Regulamento Nº 1272/2008.

DSD: Directiva 67/548/CEE.

*: Esta substância viu-se atribuído(s) limite(s) de exposição profissional comunitário(s).

M: M-factor

Comentários sobre a composição O texto completo de todas as frases R e H está patente na secção 16.

SECÇÃO 4: Primeiros socorros**Informação geral**

Assegurar que o pessoal médico está consciente do material(is envolvido) e que toma precauções para se proteger. Consultar um médico se surgirem sintomas.

4.1. Descrição das medidas de primeiros socorros

Inalação	Se houver exposição a níveis excessivos de poeira ou fumos, remova para um local de ar fresco e procure atendimento médico se houver tosse ou outros sintomas.
Contacto com a pele	Se houver queimadura por contacto com o material quente, arrefecer imediatamente, com água, o material colado à pele. Contactar um médico para a remoção do material colado e para tratar a queimadura. Lavar a pele imediatamente com água e sabão. Consultar o médico no caso de surgir irritação persistente.
Contacto com os olhos	Enxaguar imediata e abundantemente com água durante pelo menos 15 minutos. Se for fãcil, retirar as lentes de contacto. Caso a irritação ocular persista: consulte um médico. Se o produto quente entrar em contacto com os olhos, lave-os com água durante pelo menos 15 minutos e procure auxílio médico imediatamente.
Ingestão	Contactar imediatamente um médico ou o centro de informação anti-venenos. Só induzir o vômito por indicação do pessoal médico. Nunca administrar nada pela boca a pessoas inconscientes.

4.2. Sintomas e efeitos mais importantes, tanto agudos como retardados

Não disponível.

4.3. Indicações sobre cuidados médicos urgentes e tratamentos especiais necessários

Não disponível.

SECÇÃO 5: Medidas de combate a incêndios**Perigos gerais de incêndio**

A alta concentração de poeira aérea pode formar uma mistura explosiva com o ar. As cargas estáticas geradas pelo esvaziamento das embalagens numa atmosfera de vapor inflamável ou perto desta podem causar chama súbita.

5.1. Meios de extinção

Meios adequados de extinção Água borrifada, produto químico seco, dióxido de carbono.

Nome do material: SYLVARES™ TR 7125

MSDS/SDS # 8744

Número da versão: 1,0

Data de revisão: 21-Agosto-2012

Data de impressão: 21-Agosto-2012

2 / 7

Meios inadequados de extinção	Não utilizar água como extintor, pois esta causa o alastramento do incêndio.		
5.2. Perigos especiais decorrentes da substância ou mistura	Durante a decomposição, este produto emite monóxido de carbono, dióxido de carbono e/ou hidrocarbonos de baixo peso molecular.		
5.3. Recomendações para o pessoal de combate a incêndios			
Equipamento de protecção especial para as pessoas envolvidas no combate a incêndios	Pôr um equipamento de protecção conveniente.		
Procedimentos específicos de combate a incêndios	Em caso de incêndio arrefecer os tanques por pulverização com água.		
SECÇÃO 6: Medidas a tomar em caso de fugas acidentais			
6.1. Precauções individuais, equipamento de protecção e procedimentos de emergência			
Para o pessoal não envolvido na resposta à emergência	Evitar a inalação de fumos do produto fundido. Evitar o contacto com material quente. Manter afastado todo o pessoal desnecessário. Evitar a inalação de poeira do material derramado. Usar uma máscara contra poeira se houver produção de poeira acima dos limites de exposição.		
Para o pessoal responsável pela resposta à emergência	Não disponível.		
6.2. Precauções a nível ambiental	Não são necessárias medidas de protecção ambiental especiais.		
6.3. Métodos e materiais de confinamento e limpeza	ELIMINE todas as fontes de ignição (não fume, não permita que haja chamas ou faíscas na área adjacente). Evitar a produção de poeira durante a limpeza. Tente recuperar o produto se possível. Recolher e eliminar os derrames tal como indicado na secção 13 da FDS.		
6.4. Remissão para outras secções	Para informação sobre a protecção individual consultar o ponto 8 da FDS. Para informações sobre a eliminação, consultar o ponto 13 da FDS.		
SECÇÃO 7: Manuseamento e armazenagem			
7.1. Precauções para um manuseamento seguro	Evitar calor, faíscas, chamas nuas e outras fontes de ignição. Evitar formação de poeira. Respeitar as regras de boa higiene industrial. Siga todas as precauções do rótulo e da ficha de segurança, mesmo com a embalagem vazia, pois ela pode conter resíduos do produto. O produto pode formar misturas explosivas de poeira/ar se a concentração de poeira do produto suspensa no ar for elevada. Fazer ligações à terra do recipiente e do equipamento de transferência, para eliminar o risco de falasca de electricidade estática. Não respire o pó deste material. Evitar respirar vapor do material aquecido. Ventilar, se necessário, para controlar a poeira no ar. Usar equipamentos de ventilação à prova de explosão se os níveis de poeira estiverem elevados. Em caso de ventilação insuficiente, usar equipamento respiratório adequado. Evitar o contacto com material quente.		
7.2. Condições de armazenagem segura, incluindo eventuais incompatibilidades	Manter os recipientes fechados quando não estiverem em uso. Manter ao abrigo de calor, faíscas e chama nua. Armazene em temperatura e pressão atmosférica ambiente. Evitar a acumulação de poeira deste material.		
7.3. Utilizações finais específicas	Não disponível.		
SECÇÃO 8: Controlo da exposição/protecção individual			
8.1. Parâmetros de controlo			
Valores-limite de exposição profissional			
Portugal. VLEs. Normas sobre a exposição relativa à profissão aos agentes químicos (NP 1796)			
Componentes adicionais	Tipo	Valor	Forma
Poeira	TWA	3 mg/m ³ 10 mg/m ³	Fracção respirável Fracção inalável.
Valores-limite biológicos	Não estão anotados limites de exposição biológica para o(s) ingrediente(s).		
Processos de monitorização recomendados	Seguir os procedimentos de monitorização convencionais.		
8.2. Controlo da exposição			
Controlos técnicos adequados	Usar equipamentos de ventilação à prova de explosão, para manter abaixo dos limites de exposição. A ventilação deve ser suficiente para retirar e evitar com eficácia a acumulação de quaisquer poeiras ou fumos produzidos durante o manuseamento ou processamento térmico.		
Nome do material: SYLVARES™ TR 7125		MSDS/SDS # 8744	
Número de revisão: 1,0		Data de revisão: 21-Agosto-2012	
		Data de impressão: 21-Agosto-2012	
		3 / 7	

Medidas de protecção individual, nomeadamente equipamentos de protecção individual

Informação geral	Usar vestuário de protecção e luvas adequadas. Para o produto derramado, use qualquer tipo de luva de borracha com isolamento térmico e quaisquer roupas necessária para proteger contra queimaduras térmicas.
Protecção ocular/facial	Óculos de segurança. Usar viseira de protecção facial quando se trabalha com material fundido. Usar óculos de protecção bem ajustados se houver poeira.
Protecção da pele	
• Protecção das mãos	Normalmente não necessário(a).
• Outras	O equipamento de protecção pessoal deve ser escolhido em conformidade com as normas CEN e em cooperação com o fornecedor do equipamento de protecção pessoal. Usar vestuário de protecção e luvas adequadas. Para o produto derramado, use qualquer tipo de luva de borracha com isolamento térmico e quaisquer roupas necessária para proteger contra queimaduras térmicas.
Protecção respiratória	Se os controlos de manutenção não mantiverem as concentrações no ar abaixo dos limites de exposição recomendados (quando aplicável) ou dentro de níveis aceitáveis (nos países em que não tiverem sido estabelecidos limites de exposição), é obrigatório o uso de um aparelho respiratório aprovado.
Perigos térmicos	Não disponível.
Medidas de higiene	Manusear de acordo com as boas práticas industriais de higiene e segurança. Recomenda-se o uso de fonte para lavagem dos olhos e de chuveiros de emergência. Lave o vestuário contaminado antes de ser novamente utilizado.
Controlo da exposição ambiental	Não disponível.

SECÇÃO 9: Propriedades físicas e químicas**9.1. Informações sobre propriedades físicas e químicas de base**

Aspecto	Sólido.
Estado físico	Sólido.
Forma	Palhetas
Cor	amarelo.
Odor	Inodoro.
Limiar olfactivo	Não disponível.
pH	Não aplicável.
Ponto de fusão/ponto de congelação	Não disponível.
Ponto de ebulição inicial e intervalo de ebulição	Não disponível.
Ponto de inflamação	> 232,00 °C (> 449,60 °F) Método Setafash Closed Cup
Taxa de evaporação	0 (n-BuAc=1) estimado
Inflamabilidade (sólido, gás)	Não aplicável.
Limites superior/inferior de inflamabilidade ou de explosividade	
Limite de inflamabilidade inferior (%)	Não disponível.
Limite de inflamabilidade superior (%)	Não disponível.
Pressão de vapor	< 0,00026 Pa a 25°C
Densidade de vapor	Não aplicável.
Densidade relativa	0,98 at 25°C/25°C; (Água=1,0)
Solubilidade(s)	< 0,26 mg/l a 20°C; Os dados são para produto similar.
Coefficiente de partição n-octanol/água	> 5,2
Temperatura de decomposição	Não disponível.
Viscosidade	Não aplicável.
Propriedades explosivas	Não disponível.
Propriedades comburentes	Não disponível.
9.2. Outras informações	
Família química	Resina de terpeno
Densidade	980,00 kg/m ³ a 20°C

Nome do material: SYLVARESS™ TR 7125

MSDS/SDS # 8744

Número de versão: 1,0

Data de revisão: 21-Agosto-2012

Data de impressão: 21-Agosto-2012

4 / 7

Inflamabilidade	não inflamável.
Classe de inflamabilidade	Não classificado.
Porcentagem volátil	< 0,1 % EPA Method 24
Ponto de amolecimento	122 + 128 °C Ring & Ball
Gravidade específica	0,98 at 25°C/25°C; (Água=1,0)
Sólidos pesados	100 %

SECÇÃO 10: Estabilidade e reactividade

10.1. Reactividade	Nenhum conhecido.
10.2. Estabilidade química	O material é estável em condições normais.
10.3. Possibilidade de reacções perigosas	Nenhuma reacção perigosa nas condições normais de utilização.
10.4. Condições a evitar	Agentes fortemente comburentes. Calor, chamas e faíscas. Evitar temperaturas que excedam o ponto de inflamação. Evitar condições que criem poeira. Evitar calor, faíscas, chamas nuas e outras fontes de ignição.
10.5. Materiais incompatíveis	Este produto pode reagir a agentes fortemente oxidantes.
10.6. Produtos de decomposição perigosos	Durante a decomposição, este produto emite fumaça densa e acre com dióxido de carbono, monóxido de carbono, água e outros produtos de combustão.

SECÇÃO 11: Informação toxicológica

Informação geral	Não disponível.
Informações sobre vias de exposição prováveis	
Ingestão	Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos.
Inalação	A inalação de poeiras pode causar irritação respiratória. A inalação de vapores/emanações gerados pelo aquecimento deste produto pode causar irritação respiratória com desconforto na garganta, tosse ou dificuldades respiratórias.
Contacto com a pele	Com base nos dados disponíveis, os critérios de classificação não são preenchidos.
Contacto com os olhos	O material fundido provoca queimaduras térmicas. A poeira nos olhos causa irritação. As emanações emitidas durante o processamento térmico pode causar irritação nos olhos.
Sintomas	Não disponível.

11.1. Informações sobre os efeitos toxicológicos

Componentes	Espécie	Resultados dos testes
Resina de politerpeno (Proprietário)		
Agudo		
Oral		
LD50	Sprague-Dawley rat	> 2500 mg/kg. At this dose no death occurred.
* As estimativas para o produto podem ser baseadas em dados adicionais do componente não apresentados.		
Corrosão/irritação cutânea	Não disponível.	
Lesões oculares graves/irritação	Não disponível.	
Sensibilização respiratória	Não disponível.	
Sensibilização cutânea	Não disponível.	
Mutagenicidade em células germinais	Não classificado.	
Mutagenicidade		
Resina de politerpeno		Mutagenicidade em células germinais: teste de Ames Resultado: Negativo Espécie: Salmonella typhimurium Notas: OECD 471
Carcinogenicidade	Não disponível.	
Toxicidade reprodutiva	Não disponível.	
Toxicidade específica dos órgãos-alvo após exposição única	Não disponível.	

Toxicidade específica dos órgãos-alvo após exposição repetida	Não disponível.
Perigo por aspiração	Não disponível.
Informações sobre misturas versus informações sobre substâncias	Não disponível.
Outras informações	A este produto não estão associados quaisquer efeitos negativos conhecidos nos seres humanos.

SECÇÃO 12: Informação ecológica

12.1. Toxicidade	Não se prevê que seja prejudicial aos organismos aquáticos.
12.2. Persistência e degradabilidade	Não há dados quanto à degradabilidade do produto.
12.3. Potencial de bioacumulação	Não disponível.
Coefficiente de partição n-octano/água (log K_{ow}) SYLVARES™ TR 7125	> 6,2 Log K _{ow}
Factor de bioconcentração (BCF)	Não disponível.
12.4. Mobilidade no solo	Não disponível.
12.5. Resultados da avaliação PBT e mPmB	Não é uma substância ou mistura PBT ou mPmB.
12.6. Outros efeitos adversos	Não disponível.

SECÇÃO 13: Considerações relativas à eliminação

13.1. Métodos de tratamento de resíduos

Resíduos	Disponibilizar em observação das definições da autoridade responsável local. Os recipientes vazios ou os revestimentos podem conservar alguns resíduos do produto. Este material e o respectivo recipiente devem ser eliminados de forma segura (consultar: Instruções de eliminação).
Embalagens contaminadas	Os contentores vazios devem ser levados para um local aprovado para a manipulação de resíduos para a reciclagem ou a destruição.
Código da UE em matéria de resíduos	Não disponível.
Métodos de eliminação/informação	Recolher para reciclar ou eliminar em recipientes vedados em local de eliminação de resíduos autorizado. Eliminar de acordo com as normas aplicáveis.

SECÇÃO 14: Informações relativas ao transporte

ADR

Não controlado como mercadoria perigosa.

RID

Não controlado como mercadoria perigosa.

ADN

Não controlado como mercadoria perigosa.

IATA

Não controlado como mercadoria perigosa.

IMDG - Código Marítimo Internacional para o Transporte de Mercadorias Perigosas

Não controlado como mercadoria perigosa.

SECÇÃO 15: Informação sobre regulamentação

Regulamentação/legislação específica para a substância ou mistura em matéria de saúde, segurança e ambiente

Regulamentos da UE

Regulamento (CE) N.º 1005/2009 relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono, Anexo I

Não registado.

Regulamento (CE) N.º 1005/2009 relativo às substâncias que empobrecem a camada de ozono, Anexo II

Não registado.

Regulamento (CE) N.º 850/2004 relativo a poluentes orgânicos persistentes, Anexo I na redacção em vigor

Não registado.

Nome do material: SYLVARES™ TR 7125

MSDS/SDS # 8744

Número da versão: 1,0

Data de revisão: 21-Agosto-2012

Data de impressão: 21-Agosto-2012

8 / 7

Regulamento (CE) N.º 689/2008 relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos, Anexo I, parte 1, na redacção em vigor	Não registado.
Regulamento (CE) N.º 689/2008 relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos, Anexo I, parte 2, na redacção em vigor	Não registado.
Regulamento (CE) N.º 689/2008 relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos, Anexo I, parte 3, na redacção em vigor	Não registado.
Regulamento (CE) N.º 689/2008 relativo à exportação e importação de produtos químicos perigosos, Anexo V na redacção em vigor	Não registado.
Regulamento (CE) N.º 166/2006 Anexo II Registo das Emissões e Transferências de Poluentes	Não registado.
Regulamento (CE) N.º 1907/2006, REACH n.º 1 do Artigo 59.º Lista de substâncias candidatas tal como publicada pela ECHA.	Não registado.
Outros regulamentos	O produto é classificado e rotulado de acordo com as directivas da CE ou das leis nacionais respectivas. Esta Ficha de Segurança está conforme aos requisitos do Regulamento (CE) N.º 1907/2006.
Regulamentos nacionais	Não disponível.
15.2. Avaliação da segurança química	Não foi efectuada qualquer Avaliação da Segurança Química.
SECÇÃO 16: Outras informações	
Lista das abreviaturas	Não disponível.
Referência	Não disponível.
Informação acerca do método de avaliação conducente à classificação da mistura	Não disponível.
Texto integral de todas as advertências ou frases R e advertências de perigo nas secções 2 a 15	Nenhum.
Informação sobre revisão	Não disponível.
Informação sobre formação	Não disponível.
Clausula de desresponsabilização	As informações aqui contidas baseiam-se em dados que se creê serem fidedignos e o fabricante nega qualquer responsabilidade decorrente do uso destas informações ou da confiança nas mesmas. As informações fornecidas são concebidas apenas como orientação para que seja seguro manusear, utilizar, processar, armazenar, transportar, eliminar e libertar o produto, não sendo consideradas como garantia ou especificação de qualidade. As informações relacionam-se apenas com o material específico designado e não podem ser válidas para este material utilizado em combinação com quaisquer outros materiais ou em qualquer processo, excepto se especificado no texto. Estas informações de segurança não constituem uma licença para utilizar este material, tal como requerido por eventuais patentes ou terceiros. Cabe exclusivamente ao utilizador determinar, por último, se uma dada utilização prevista para este material infringe tais patentes e obter eventuais licenças que sejam necessárias.
<hr/>	
Nome do material: SYLVARES™ TR 7125	MSDS(SDS) # 8744
Número de versão: 1,0	Data de revisão: 21-Agosto-2012
	Data de impressão: 21-Agosto-2012
	7 / 7

Anexo B4 – Ficha técnica do Antioxidante




SPECIFICATIONS SHEET

SABO®STAB AO 1076 P

Chemical Name Octadecyl-3-(3,5-di-tert.butyl-4-hydroxyphenyl)propionate

CAS number 2082-79-3

SPECIFICATIONS		INT. METHOD
Appearance	White to off-white pellets	S1076.1
Volatiles	Max. 0.2%	S1076.2
Clarity of solution	Clear solution	S1076.3
Color of solution at 425 nm	Min. 97%	S1076.4
500 nm	Min. 98%	
Assay	Min. 99%	S1076.5

Other Characteristics

Melting range	50-55°C
Sulphated ash	Max. 0.1%
Important note :	Sabostab AO 1076 is produced using a tin-free process.
Solubility(20°C) in g/100g solution	
acetone	19
ethanol	1.5
n-hexane	32
toluene	50
water	<0.01

20/01/2008 SABO S.p.A. - Via Caviglioglio - 20090 Lucrezia (PO) - Italy
 Tel. +39 0521 640000 - Fax +39 0521 640001 - Web: www.sabo.com - E-Mail: info@sabo.com

1

Anexo C

Anexo C1 - Determinação das massas de CO₂ resultantes do teste de Sturm

Das titulações efetuadas no teste de Sturm a cada 48h foi possível determinar a quantidade de CO₂ consumido durante o processo, com a finalidade de avaliar o grau de biodegradação da amostra.

Conhecendo a concentração de HCl, o volume gasto de HCl na titulação e o volume de Ba(OH)₂ a ser titulado, é possível determinar a massa de CO₂ tendo em conta as equações 3.1 e 3.2.

Como $C_{HCl} = 0,303 \text{ mol/L}$, $MM_{CO_2} = 44,01 \text{ g/mol}$ e a $MM_{Ba(OH)_2} = 261,34 \text{ g/mol}$ e sabendo que,

$$C_{HCl} \times V_{HCl} = C_{Ba(OH)_2} \times V_{Ba(OH)_2}$$

$$C_{Ba(OH)_2} = \frac{C_{HCl} \times V_{HCl}}{2} \times V_{Ba(OH)_2}$$

$$n_{Ba(OH)_2}(\text{excesso}) = C_{Ba(OH)_2} \times V_{Ba(OH)_2}$$

$$n_{Ba(OH)_2} = \frac{m_{Ba(OH)_2}}{MM_{Ba(OH)_2}}$$

$$n_{CO_2} = n_{Ba(OH)_2} - n_{Ba(OH)_2}(\text{excesso})$$

$$m_{1CO_2} = n_{CO_2} \times MM_{CO_2}$$

Então,

Tabela C1 – Determinação da massa de CO₂ a partir do ensaio com a amostra.

Tempo (dias)	V _{Ba(OH)₂} (L)	V _{HCl} (L)	C _{Ba(OH)₂} (mol/L)	n _{Ba(OH)₂ excesso} (mol)	m _{Ba(OH)₂} (g)	n _{Ba(OH)₂} (mol)	n _{CO₂} (mol)	m _{1 CO₂} (g)	m _{0 CO₂} (g)	(m ₁ – m ₀)
27-jun	0,025	0,000133	0,00081	0,00002	4,8	0,018	0,018	0,807	0,799	0,008
30-jun		0,000133	0,00081	0,00002			0,018	0,807	0,800	0,007
02-jul		0,000100	0,00061	0,000015			0,018	0,808	0,800	0,007
04-jul		0,000093	0,00057	0,000014			0,018	0,808	0,799	0,009
07-jul		0,000093	0,00057	0,000014			0,018	0,808	0,796	0,011
09-jul		0,000090	0,00055	0,000014			0,018	0,808	0,796	0,012

Para determinar m₀ seguiu-se o mesmo raciocínio usado na determinação de m₁.

Anexo C2 - Determinação da taxa de biodegradação

Após a determinação das massas de CO₂ foi possível determinar a taxa de biodegradação da amostra.

Sendo m₁ a massa de CO₂ determinada a partir do ensaio com a amostra e m₂ a massa de CO₂ determinada no ensaio em branco, calculou-se a taxa de biodegradação.

É de salientar que o valor de (m₁ – m₀) utilizado nos cálculos é uma média das massas de CO₂ resultantes após 17 dias de ensaio.

$$\text{Taxa de Biodegradação} = \frac{(m_1 - m_0)}{MM_{CO_2}} \times MM_{Ba(OH)_2}$$

$$\text{Taxa de Biodegradação} = \frac{(0,009)}{44,01} \times 261,34 = 0,055 \text{ g de } CO_2$$

