



**Inês Maria de Oliveira Santos**    **Tratamento de Superfície em Rolhas de Cortiça**





**Inês Maria de Oliveira Santos    Tratamento de Superfície em Rolhas de Cortiça**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, realizada sob a orientação científica do Professor Doutor Armando Silvestre, Professor Associado com Agregação do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e do Doutor Paulo Monterroso, Diretor de Qualidade do Grupo Piedade.



## **O JÚRI**

### **Presidente**

Professora Doutora Maria Inês Purcell de Portugal Branco  
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

### **Vogal - Arguente**

Professor Doutor Mário Manuel Quialheiro Simões  
Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro

### **Vogal - Orientador**

Doutor Paulo Alexandre Conde Monterroso  
Diretor de Qualidade, Grupo Piedade



## **agradecimentos**

Para que a realização deste trabalho fosse possível foi indispensável o contributo de várias entidades às quais não posso deixar de agradecer. À Universidade de Aveiro, por me ter dado o privilégio de estudar em tão boa academia e por me ter acolhido de tão boa forma. À empresa Pietec Cortiças, SA por me ter concedido a oportunidade de realizar esta tese de mestrado em ambiente empresarial e numa área tão importante como é a cortiça.

Agradeço, também, ao Professor Armando Silvestre pela orientação científica prestada ao longo do trabalho.

Ao Dr. Paulo Monterroso por, além de todo o apoio prestado na empresa, receber-me sempre com boa disposição e sempre pronto para apontar os meus erros de forma construtiva.

Às colegas de laboratório, a Ana Grade, a Ana Pinho, a Carla, a Sara e a Patrícia, por me terem acolhido no mundo delas como se eu desde sempre lá pertencesse.

Aos meus pais, pois, no final de contas, sem eles nada disto teria sido possível. Por todo o apoio dado, por toda a paciência para os maus humores quando o meu trabalho apertava, por todos os mimos que me deram não só ao longo deste trabalho como ao longo de toda a minha vida.

À minha irmã por ser a minha companheira em tudo, por me conseguir motivar quando a motivação fugia e por me falar alto sempre que eu precisasse. Ao meu cunhado, por todos os conselhos preciosos dados ao longo deste trabalho.

E, por fim, ao Rui. Por ser, exatamente, a pessoa que eu sempre precisasse que ele fosse. Por estar do meu lado independentemente da minha disposição. E por ter sempre a palavra certa para mim.





**palavras-chave**

Cortiça; Rolhas; Tratamento de Superfície.

**resumo**

Este trabalho foi realizado na empresa Pietec Cortiças SA, pertencente ao grupo Piedade. Esta empresa, localizada em Fiães, Santa Maria da Feira, dedica-se à transformação da cortiça e ao fabrico de rolhas.

O objetivo deste trabalho passou pela avaliação das propriedades das rolhas tratadas com dois elastómeros utilizados no tratamento de superfície de rolhas de cortiça: um já utilizado pela empresa e outro em fase de teste. O elastómero em fase de teste difere do outro produto sobretudo pelo facto de não ter solventes.

Para a concretização dos objetivos propostos realizaram-se, no laboratório da empresa, vários ensaios de controlo de qualidade, entre eles, medição das forças de extração, do binário, da profundidade de inserção, da compressão e da força de inserção. Efetuaram-se, também, análises da variação do comportamento da rolha com fatores como o tempo e a temperatura.

Ao longo dos ensaios realizados, verificou-se uma uniformidade de resultados entre os dois produtos. A única diferença verificada foi na medição da inserção 24 horas após a aplicação do tratamento, onde um dos produtos apresenta valores significativamente maiores. Na análise efetuada para a variação da temperatura não se verificou alteração do comportamento da rolha em nenhum dos casos. Na análise da variação do tempo de engarrafamento, apenas se verificou alteração para o binário de um produto ao fim de 1 mês de tratamento.

Assim, e indo de encontro aos objetivos propostos, verificou-se que ambos os tratamentos podem ser utilizados pela empresa. E, tendo em conta as questões de segurança associadas à ausência de solventes, o elastómero sem solventes deve ser privilegiado.



**keywords**

Cork; Cork stoppers; Surface treatment

**abstract**

This work was conducted in the company Pietec Cortiças SA, belonging to the Piedade Group. This company, located in Fiães, Santa Maria da Feira, is dedicated to processing cork and manufacture of corks.

The aim of this work was the evaluation of the properties of cork stoppers treated with two elastomers used in the surface treatment of cork stoppers: one already used by the company and another in test phase. The elastomer in the test phase differs from the other product, among other properties, in the absence of solvent.

In order to achieve the proposed objectives, a series of quality control tests were held in the laboratory of company, among them the measurement of extraction forces, torque, compression, insertion and depth. The analysis of the change in the behavior of the cork with factors such as time and temperature were also performed.

Throughout the tests, there was a uniformity of results between the two products. The only difference was the measurement of the insertion 24 hours after applying the treatment, where a product presents significantly higher values. In the analysis for temperature variation there was no change in the behavior of cork in any of the cases. In the analysis of the variation of the time of bottling only it was verified the change to the torque of a product at the end of a month of treatment.

Therefore, it was found that both treatments may be used by the company, so, taking into account the security issues associated with the absence of solvents, the elastomer constituted by dry matter should be privileged.



# Índice

Índice de Figuras .....	iii
<b>Índice de Tabelas</b> .....	iv
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
A PIETEC- Grupo Piedade .....	1
<b>A Piedade, SA</b> .....	1
<b>A Pietec Cortiças, SA</b> .....	2
<b>A Sá e Sobrinho</b> .....	4
<b>A Cortiça</b> .....	5
Quercus suber L. ....	5
Estrutura Macroscópica da Cortiça .....	7
Estrutura Celular da cortiça .....	9
Propriedades da Cortiça .....	10
Composição Química da Cortiça .....	10
A Indústria da Cortiça em Portugal .....	15
Preparação da cortiça .....	17
<b>Tratamentos de Superfície</b> .....	21
Tipos de Tratamento de Superfície .....	22
<b>Comparação de dois tipos de tratamento de superfície de rolhas</b> .....	23
<b>Objetivos do Trabalho</b> .....	23
Silbione CAF-70004 e Silbione CAF-72589 .....	23
Medição da Força de Extração .....	25
Medição do Binário .....	25
Medição da Profundidade da rolha na garrafa .....	26
Medição da Compressão e Inserção da rolha na garrafa .....	26
Controlo da ausência de solventes no CAF-72589 .....	26
<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>27</b>
<b>Descrição dos tratamentos de superfície em Rolhas de Champanhe</b> .....	27
<b>Testes laboratoriais realizados após o tratamento</b> .....	28
<b>Medição da Compressão e Inserção da rolha na garrafa</b> .....	29
<b>Medição das Forças de Extração e Binário</b> .....	30
Medição da Profundidade .....	31

Análise do comportamento da rolha com variações de Temperatura.....	31
Análise do comportamento da rolha com o tempo de distribuição do produto .....	31
Análise do comportamento da rolha com o tempo de estabilização do tratamento.	32
<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>33</b>
<b>Compressão e Inserção .....</b>	<b>33</b>
<b>Forças de Extração.....</b>	<b>35</b>
<b>Binário .....</b>	<b>36</b>
<b>Profundidade .....</b>	<b>37</b>
<b>Análise do comportamento da rolha com variações de temperatura .....</b>	<b>38</b>
Força de Extração .....	38
Binário .....	39
<b>Análise do comportamento da rolha com o tempo de distribuição do produto ..</b>	<b>40</b>
<b>Análise do comportamento da rolha com o tempo de estabilização do tratamento</b>	
.....	42
Silbione CAF-72589.....	43
Silbione CAF-70004.....	45
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>53</b>

## Índice de Figuras

Figura 1: Fotografia aérea do edifício da Piedade localizado em Fiães, Santa Maria da Feira. Fotografia da linha de produção de rolhas naturais características da Piedade.....	1
Figura 2: Principais produtos da unidade Piedade S.A: rolha bio, rolha natural e rolha piekol.....	2
Figura 3: PIETEC: Edifício e Produção .....	3
Figura 4: Alguns produtos Pietec: Pietec Champ, Pietec, Picork.....	3
Figura 5: Sá e Sobrinho: Edifício e Produção .....	4
Figura 6: Cortiça.....	5
Figura 7: O Sobreiro .....	6
Figura 8: Estrutura física da cortiça. (Gil, 2009).....	7
Figura 9: Cortiça Virgem (primeira extração).....	8
Figura 10: Cortiça Amadia .....	9
Figura 11: Células hexagonais da Cortiça .....	9
Figura 12: Estrutura Molecular da Suberina.....	11
Figura 13: Precursores da lenhina. Álcool p-hidroxicinâmico, Álcool coniferílico, Álcool sinapílico.....	12
Figura 14: Modelo proposto para lenhina de folhosas. ....	12
Figura 15: Estrutura da Celulose .....	13
Figura 16: Fórmulas de estrutura de ceróides da cortiça. ....	14
Figura 17: Compostos extratáveis- taninos .....	14
Figura 18: Descortiçamento .....	17
Figura 19: Cozedura das Pranchas- Caldeiras, Pietec Cortiças, SA.....	18
Figura 20: Brocagem .....	19
Figura 21: Sistema de teste de compressão, inserção e relaxação da rolha. Egitron.....	29
Figura 22: Sistema de medição da força de extração e Binário, ExtraLab Plus.....	30
Figura 23: Valores de compressão médios, medidos ao longo de 4 dias, para 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e 20 rolhas tratadas com CAF-72589.....	33
Figura 24: Valores de inserção médios, medidos ao longo de 4 dias, para 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e 20 rolhas tratadas com CAF-72589.....	34
Figura 25: Valores de Força de Extração médios, medidos ao longo de 4 dias, para 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e 20 rolhas tratadas com CAF-72589.....	35

Figura 26: Valores de Binário médios, medidos ao longo de 4 dias, para 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e 20 rolhas tratadas com CAF-72589.....	36
Figura 27: Valores de Profundidade médios, medidos ao longo de 4 dias, para 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e 20 rolhas tratadas com CAF-72589.....	37
Figura 28: Força de extração para rolhas armazenadas a diferentes temperaturas.....	39
Figura 29: Binário para rolhas armazenadas a diferentes temperaturas. ....	39
Figura 30: Análise do comportamento da rolha com o tempo de distribuição do produto: medição das forças de extração. ....	41
Figura 31: Análise do comportamento da rolha com o tempo de distribuição do produto: medição do binário. ....	42
Figura 32: Forças de extração medidas em rolhas tratadas com CAF-72589, medidos ao fim de 24 horas e 1 mês do tratamento. ....	43
Figura 33: Binário em rolhas tratadas com CAF-72589, medidos ao fim de 24 horas e 1 mês do tratamento.....	44
Figura 34: Forças de extração medidas em rolhas tratadas com CAF-70004, medidos ao fim de 24 horas e 1 mês do tratamento. ....	45
Figura 35: Binário em rolhas tratadas com CAF-70004, medidos ao fim de 24 horas e 1 mês do tratamento.....	46

## Índice de Tabelas

Tabela 1: Quadro comparativo de propriedades dos dois elastómeros utilizados: Silbione CAF-70004 <sup>43</sup> e Silbione CAF-72589 <sup>44</sup> .....	24
---	----



# INTRODUÇÃO

## A PIETEC- Grupo Piedade

O grupo Piedade está na vanguarda das empresas do setor da transformação da cortiça e foi adquirido pelo grupo Oeneo em setembro de 2015. A principal missão deste grupo é produzir e distribuir, no mercado mundial, vedantes de cortiça fabricados a partir de matérias-primas e subsidiárias, estas últimas não se destinam à venda ao público, mas ao consumo durante a produção. Outra das suas missões é a promoção das rolhas como excelentes vedantes.

Globalmente, o grupo Piedade produz 850 milhões de rolhas por ano, sendo que dessas 650 milhões são rolhas técnicas e as restantes, 200 milhões, são rolhas naturais.

As atividades deste grupo estão estruturadas por forma a melhor responder às necessidades e especificações que os diferentes mercados apresentam. Assim, o grupo piedade é constituído por três unidades: Piedade SA, PIETEC Cortiças SA e Sá e Sobrinho.

## A Piedade, SA

A Piedade SA (Figura 1), fundada em 4 de dezembro de 1963, com sede em Fiães, no norte do concelho da Feira e do Distrito de Aveiro, está enquadrada numa zona de alta densidade industrial onde o setor corticeiro assume a exclusividade.



*Figura 1: Fotografia aérea do edifício da Piedade localizado em Fiães, Santa Maria da Feira. Fotografia da linha de produção de rolhas naturais características da Piedade.*

Esta unidade do grupo dedica-se à produção, acabamento e comercialização de rolhas naturais (Figura 2), assim como à comercialização de Rolhas Aglomeradas e Técnicas.



Figura 2.: Principais produtos da unidade Piedade S.A: rolha bio, rolha natural e rolha piekol.

## **A Pietec Cortiças, SA**

A Pietec Cortiças, SA (Figura 3), local onde foi realizada esta dissertação, fundada em abril de 2003, produz rolhas técnicas, utilizando a cortiça sob a forma de granulados e uma tecnologia inovadora, designada de moldação individual. Esta tecnologia consiste na introdução, em cada molde da rolha, de um volume pré-definido de granulado e cola.

Esta unidade localiza-se em Fiães (Santa Maria da Feira) e foi criada com o objetivo de responder à crescente procura de rolhas técnicas de cortiça por parte dos clientes nacionais e internacionais.



Figura 3: PIETEC: Edifício e Produção

Para cumprir o objetivo a que se propôs, a Pietec Cortiças, SA encontra-se preparada com o equipamento mais modernos, de acordo com uma tecnologia desenvolvida especificamente para a empresa, tendo em vista alcançar elevados níveis de eficiência, minimizar os custos de produção, atingindo-se deste modo altos níveis de qualidade dos produtos fabricados.

A Pietec Cortiças, SA tem para oferecer aos seus clientes uma gama completa de rolhas de cortiça, aglomeradas e técnicas (Figura 4), disponíveis em inúmeros calibres e formatos, de forma a adaptarem-se à enorme diversidade de garrafas e a todo o tipo de vinho, champanhe ou outras bebidas. A utilização de uma tecnologia avançada permite obter uma rolha quimicamente inerte, inócua que não degenera ao longo do tempo, oferecendo uma vedação boa e de longa duração. Os produtos da Pietec Cortiças, SA são as rolhas aglomeradas e as rolhas técnicas.

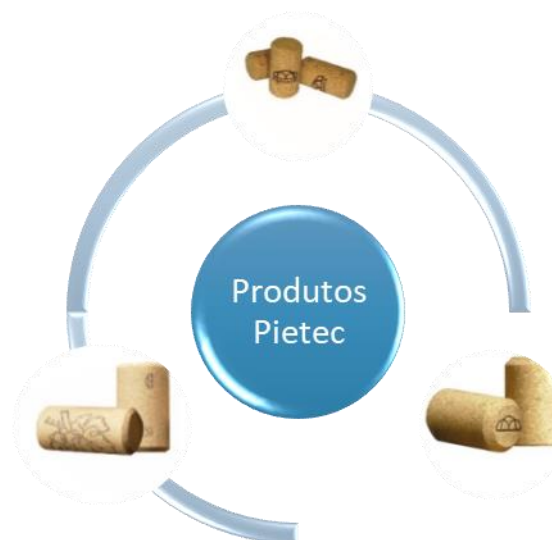


Figura 4.: Alguns produtos Pietec: Pietec Champ, Pietec, Picork.

## A Sá e Sobrinho

A unidade Sá e Sobrinho (Figura 5), fundada em abril de 1984 foi uma das empresas pioneiras a instalar uma unidade de produção na zona. Foi instalada em Coruche com o objetivo de estar mais próximo da produção da cortiça no mato. Esta zona é, também, ideal à stockagem devido às suas condições climatéricas com valores de humidade baixos.

Esta unidade dedica-se sobretudo à preparação da cortiça. Possui instalada uma unidade de primeira trituração para abastecer a Pietec Cortiças, S.A, de apara pré-triturada.



*Figura 5: Sá e Sobrinho: Edifício e Produção*

## A Cortiça

Por definição, cortiça (Figura 6) é o parênquima suberoso originado pelo meristema súbero-felodérmico do sobreiro (*Quercus suber L.*), constituindo o revestimento do seu tronco e ramos. <sup>1-8</sup>

É extraída de forma sustentável, ou seja, sem prejudicar o normal desenvolvimento da árvore. É um recurso natural, renovável e sustentável que tem vindo a ser usado há vários séculos. <sup>4,9-11</sup>

O uso de materiais naturais, como a cortiça, tem vindo a crescer nos últimos anos devido à consciência da comunidade científica e da população acerca de questões ambientais. É um tecido vegetal, 100% natural, 100% reutilizável e 100% reciclável.



Figura 6: Cortiça

### *Quercus suber L.*

A espécie *Quercus suber L.* é o nome botânico para a espécie de sobreiro que cresce em regiões específicas: Portugal, Espanha, sul de França, parte de Itália, Norte de África e China. Para o seu crescimento, esta árvore precisa de condições climáticas como luz solar, pouca chuva e baixa humidade. <sup>3,12-15</sup>



## Sobreiro em Portugal

O sobreiro (Figura 7) é a única espécie vegetal capaz de produzir cortiça de forma sustentável e com elevada qualidade, que garante a matéria-prima para uma indústria única no mundo, a indústria corticeira. É uma árvore com casca volumosa de tecido suberoso (a cortiça), com folhagem verde todo o ano e pode ter um porte natural de 10 a 15 metros de altura. Tem uma grande longevidade e uma enorme capacidade de regeneração.

A área ocupada pelo sobreiro, a nível mundial, é próxima de 2 milhões de hectares, distribuídos na zona mediterrânea, com influência atlântica no sul da Europa e Norte de África. Em Portugal, a floresta de sobreiros inclui dois sistemas florestais: “montados” e “sobreirais” que cobrem uma área de, aproximadamente, 716 000 ha. 9,14,16,17



Figura 7: O Sobreiro

A exploração comercial da cortiça a partir desta espécie é possível devido à capacidade de regeneração de uma nova felogene, com a mesma longevidade da primeira, de uma forma contínua e uniforme quando a primeira morre por lesões provocadas pelo exterior, como é o caso da extração da casca.<sup>18</sup>

## Estrutura Macroscópica da Cortiça

Quando a cortiça é extraída das árvores, fica exposta a parte exterior do entrecasco (Figura 8), que é “empurrada” pelas sucessivas camadas de novas células que se vão formando no interior, originando-se a “raspa”, que é o principal constituinte da parte externa (“costa”) da cortiça. Esta seca, contrai e endurece, fendilhando devido ao crescimento. A parte do tecido suberoso que corresponde à última camada de crescimento anual é designada por “barriga” ou por “ventre”. Tem menor elasticidade do que as outras camadas e apresenta orifícios dos canais lenticulares (poros). A porosidade está estritamente ligada à qualidade da cortiça.<sup>1</sup>

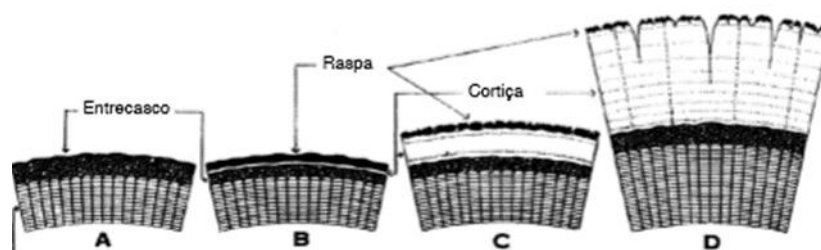


Figura 8: Estrutura física da cortiça. (Gil, 2009)

O sobreiro tem a capacidade de criar um tecido suberoso a partir do interior. A espessura deste tecido é um dos primeiros parâmetros de impacto no valor da produção da cortiça já que determina a existência da qualidade necessária para a produção de rolhas, o produto economicamente mais relevante de cortiça.<sup>19</sup> A qualidade deste tecido depende da fase da vida do sobreiro em que foi extraído. O ciclo de vida da cortiça apresenta três qualidades consoante a extração: cortiça virgem, reprodução da cortiça para dar origem à segunda extração (cortiça secundeira) e, por fim, nova reprodução da cortiça para dar origem às conseqüentes extrações, cortiça amadia. As extrações são efetuadas em intervalos periódicos de 9 anos.<sup>5</sup>

## Qualidades de Cortiça

Cortiça Virgem (Figura 9): originada a partir do primeiro descortiçamento (desbóia).<sup>20</sup> É irregular na estrutura, na espessura e na densidade. Apresenta uma estrutura bastante irregular, com anéis de crescimento não concêntricos, canais lenticulares desalinhados segundo a direção radial, e uma superfície externa intensamente fendilhada que lhe confere um aspeto rugoso. Os tecidos do entrecasco que ficam situados exteriormente à nova felogene vão constituir o revestimento exterior da nova camada de cortiça que vai ser produzida.<sup>18</sup>



Figura 9: Cortiça Virgem (primeira extração)

Devido à sua irregularidade, esta cortiça apenas pode ser utilizada em quadros de cortiça, solas de sapatos, etc.

Cortiça Secundeira: é recolhida após 9 anos da primeira extração. Apresenta uma estrutura mais homogénea do que a cortiça virgem, no entanto, as suas camadas anuais de crescimento apresentam ainda uma disposição ondular que lhe confere uma estrutura irregular. Por este motivo, o granulado ainda não vai de encontro às exigências dos produtos de maior qualidade como as rolhas. São, maioritariamente, aproveitadas para aglomerados.

Cortiça Amadia: é a designação atribuída à cortiça extraída após a extração da secundeira. Esta cortiça é extraída do sobreiro de 9 em 9 anos (Figura 10). Apresenta características de homogeneidade e crescimento regulares que lhe conferem a qualidade necessária para uma utilização em produtos com uma qualidade mais exigente como, por exemplo, as rolhas de cortiça.





Figura 10: Cortiça Amadia

### Estrutura Celular da cortiça

A cortiça é um tecido constituído por células mortas dispostas compactamente e sem espaços livres.

A estrutura da cortiça foi muito estudada e, neste momento, sabe-se que é descrita como um tecido homogéneo com uma parede celular fina e, cujas células se encontram arranjadas regularmente sem espaços intercelulares. Assim como a composição química, a estrutura celular da cortiça de *Quercus suber L.* é a base para a sua baixa densidade, impermeabilidade a líquidos, elasticidade e resiliência.

As células da cortiça (Figura 11) são vistas como prismas retangulares, a sua maioria pentagonais ou hexagonais, com os seus eixos dispostos ao longo da direção radial da árvore e empilhadas em colunas.<sup>11,18,21-23</sup>

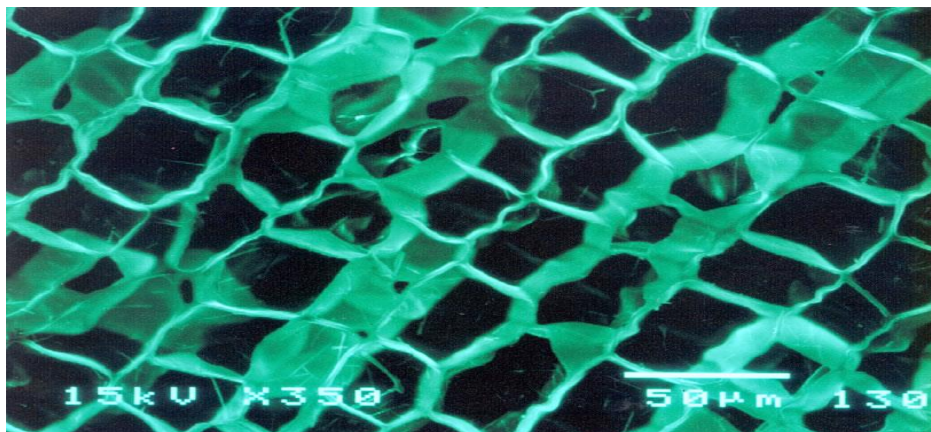


Figura 11: Células hexagonais da Cortiça

## Propriedades da Cortiça

A cortiça é um material natural caracterizada pelas suas propriedades únicas que levam às suas múltiplas aplicações.

A cortiça é leve, mais de 50% do seu volume é ar e apresenta baixa densidade. Esta propriedade varia entre limites bem definidos dependendo da idade da cortiça (virgem ou de reprodução). A impermeabilidade a líquidos e gases é outra das suas características. A cortiça é totalmente impermeável a líquidos e parcialmente impermeável a gases. Para além disto, pode ser comprimida até cerca de metade da sua largura sem perder flexibilidade. Outra característica responsável por muitas das suas aplicações é a capacidade de ser um bom isolante térmico e acústico.

A cortiça pode também ser usada como uma barreira contra os incêndios devido à sua lenta combustão. É, também, hipoalergénica já que não absorve pó e evita o aparecimento de ácaros.

Todas estas propriedades que tornam a cortiça num material de qualidade são explicadas pela sua composição química. <sup>3,5,21,24,25</sup>

## Composição Química da Cortiça

A composição química da cortiça tem sido muito estudada e foi-se descobrindo que depende de fatores como a origem geográfica, clima, condições do solo, origem genética, dimensões da árvore, idade e condições de crescimento.<sup>10</sup>

Os principais componentes da cortiça são a suberina (33-50%), polissacarídeos (6-25%), lenhina (13-29%) e compostos extratáveis (8,5-24%).<sup>11</sup>

## Suberina

A suberina pode ser encontrada nas partes aéreas, tubérculos e raízes de diversas plantas, como a batata, a cebola, entre outros. Na cortiça do *Quercus suber L.*, a suberina representa cerca de 50% da composição química e é a responsável por muitas das propriedades que fazem da cortiça um material tão importante em diversas aplicações.

A suberina é um polímero formado por uma parte constituída por poliésteres alifáticos e outra parte por grupos aromáticos. No modelo apresentado na (Figura 12) apresenta-se a suberina como sendo um polímero tipo poliéster constituído por ácidos gordos de cadeia longa (C18 a C30) em que alguns grupos carboxílicos estão esterificados com compostos fenólicos.

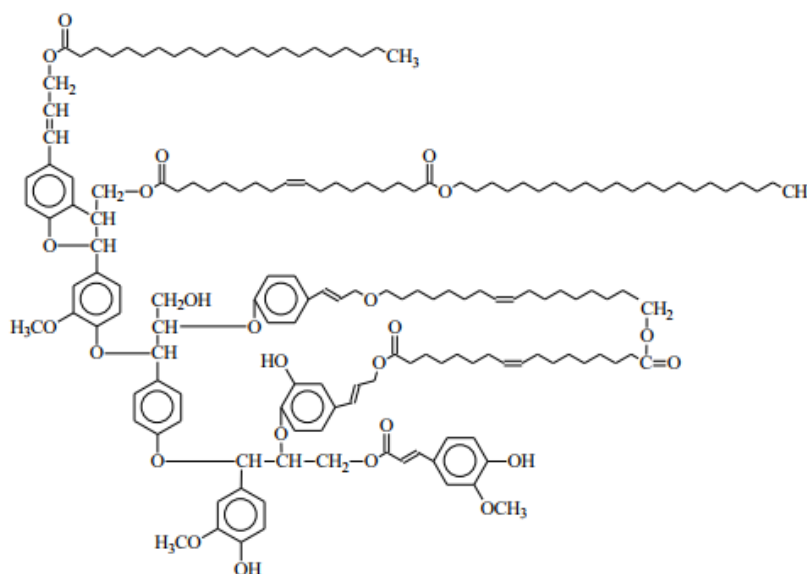


Figura 12: Estrutura Molecular da Suberina

A composição química da suberina tem sido muito estudada recorrendo a várias técnicas, já que este polímero é reticulado e, por consequência, insolúvel. Assim, para o estudo da composição química, recorre-se a técnicas como despolimerização, e caracterização por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa.<sup>26-32</sup>

## Lenhina

A lenhina é um heteropolímero de massa molecular elevada e com estrutura ramificada. É formada por unidades de álcoois derivados do 1-fenilpropano, Figura 13, como os álcoois p-hidroxicinâmico (H), coniferílico (G) e sinapílico (S).

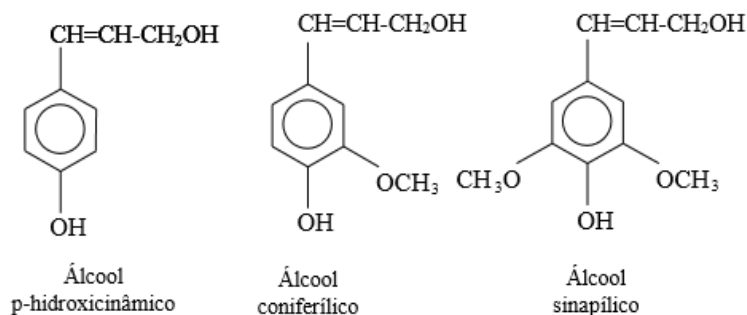


Figura 13: Precursores da lenhina. Álcool p-hidroxicinâmico, Álcool coniferílico, Álcool sinapílico

A cortiça apresenta na sua composição uma lenhina do tipo G/S. Ou seja, apresenta 40-80% de unidades S, 20-60% de unidades G e 4-10% de unidades H. O modelo proposto para a lenhina de folhosas encontra-se apresentado na Figura 14. <sup>31,33,34</sup>

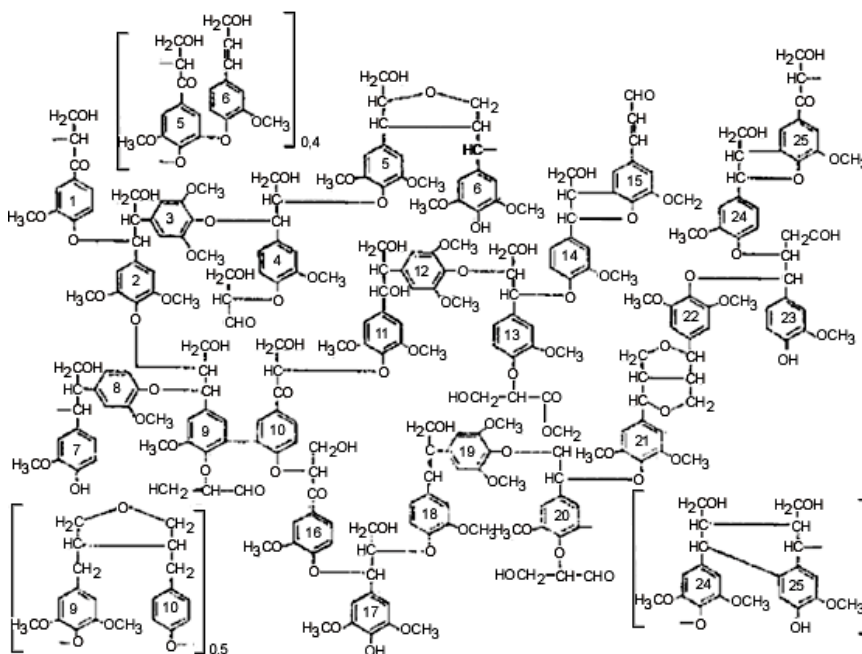


Figura 14: Modelo proposto para lenhina de folhosas.

## Polissacarídeos

Os polissacarídeos existentes na cortiça são, essencialmente, as hemiceluloses e a celulose.

As hemiceluloses são heteropolissacarídeos, ou seja, polissacarídeos constituídos por mais do que um tipo de açúcar. Estão associadas à celulose e à lenhina na parede das células, sendo facilmente hidrolisadas por ácidos, originando-se os seus constituintes monoméricos. São, também, solúveis em água e em soluções fracamente alcalinas.<sup>31</sup>

A celulose (Figura 15) é um homopolissacarídeo composto por unidades de  $\beta$ -D-glucopiranosose unidas por ligações glicosídicas do tipo  $\beta - 1,4$ . São moléculas completamente lineares e têm uma forte tendência para formar pontes de hidrogénio intra- e intermoleculares. A capacidade de os grupos OH formarem ligações de hidrogénio representa um papel importante no controlo das propriedades físico-químicas da celulose.<sup>35,36</sup>

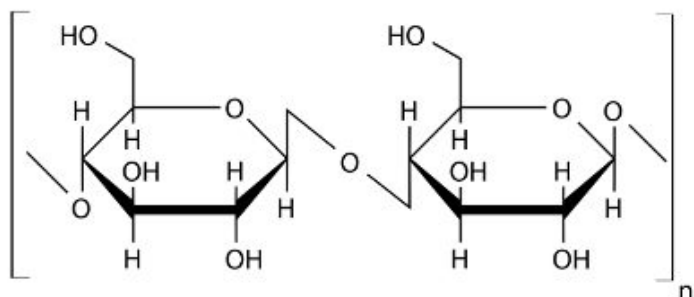


Figura 15: Estrutura da Celulose

## Compostos extratáveis

Os compostos extratáveis são os componentes facilmente isoláveis da cortiça, já que se encontram de uma forma não combinada nas paredes celulares. Neste grupo incluem-se os ceróides e os taninos.

### Ceróides

Os ceróides podem ser extraídos usando solventes apolares ou pouco polares como o benzeno, o clorofórmio, o acetato de etilo, o hexano e o éter. Sendo um grupo apolar, na cortiça, os ceróides repelem a água e contribuem para a impermeabilidade deste material.

Alguns dos ceróides encontrados na cortiça como por exemplo, a cerina, a betulina, entre outros estão apresentados na Figura 16.

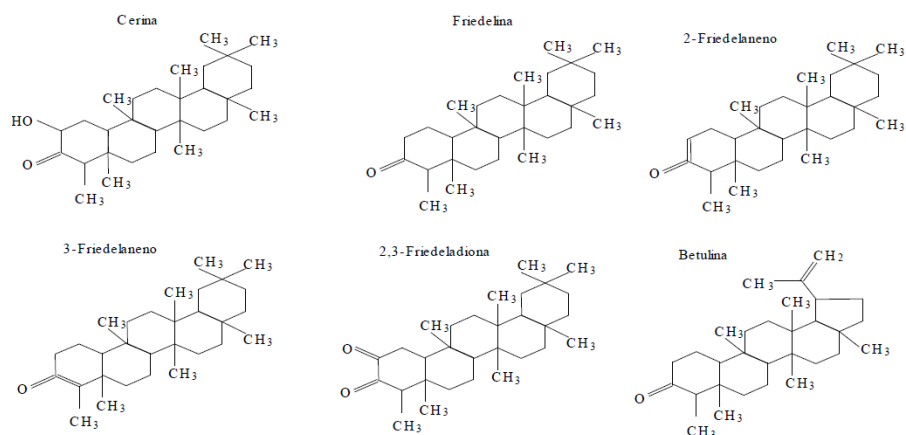
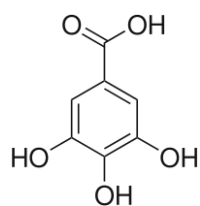


Figura 16: Fórmulas de estrutura de ceróides da cortiça.

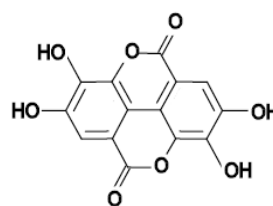
## Taninos

Os taninos, que aparecem em maior percentagem de extratáveis na cortiça, podem ser extraídos por solventes polares, como a água e o etanol. São divididos, normalmente, em taninos hidrolisáveis (Figura 17) (derivados de ácido gálico e ácido elágico) e em taninos condensados (Figura 17) (derivados da catequina e da leucoantocianidinida).<sup>10,31</sup>

### Taninos hidrolisáveis

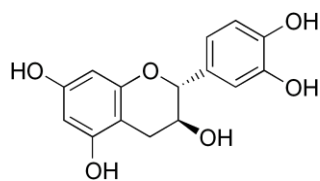


Ácido Gálico

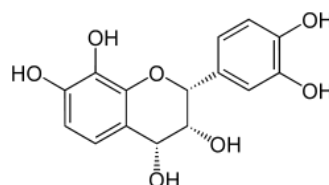


Ácido elágico

### Taninos Condensados



Catequina (flavan-3-ol)



Leucoantocianidinida (flavan-3,4-diol)

Figura 17: Compostos extratáveis- taninos

## A Indústria da Cortiça em Portugal

A cortiça é um dos produtos característicos em Portugal; cerca de 49% da produção mundial de cortiça é portuguesa, já que o nosso país tem estado sempre ligado a esta atividade e tem sido, nas últimas décadas, o maior produtor e exportador mundial de cortiça.

Esta primazia da cortiça em Portugal deve-se ao facto de a região do mediterrâneo ocidental revelar-se com condições climáticas ideais para acolher o *Quercus suber L.*. Desta forma, Portugal e Espanha aparecem como sendo os países onde a área do sobreiro tem aumentando de forma mais significativa nos últimos 200 anos.<sup>37</sup>

O sobreiro ocupa cerca de 2 milhões de hectares em todo o mundo: destes, 34% estão em Portugal, garantindo a este país o primeiro lugar em termos de área da espécie, mas também em termos de produção corticeira.

Esta liderança de Portugal na produção de cortiça corresponde, também, a liderança na transformação e exportação dos produtos corticeiros, onde Portugal representa 62% dos 804,7 milhões de euros exportados a nível mundial. Os principais produtos exportados da indústria corticeira são as rolhas de cortiça, cerca de 70% correspondente a 563 milhões de euros.<sup>37</sup>

O desenvolvimento da indústria transformadora de cortiça em Portugal teve lugar em Silves, Évora e Azambuja; mais tarde, nos distritos de Setúbal e de Aveiro, onde, agora, se concentra a indústria corticeira. No distrito de Aveiro, é onde se localiza o maior número de trabalhadores do setor, cerca de 11 mil, que representam 73% dos trabalhadores do setor a nível nacional.<sup>38</sup>

A indústria corticeira está dividida em quatro sub-setores, que englobam cerca de 1100 estabelecimentos fabris em todo o país.

- **Indústria preparadora de cortiça:** localizado, essencialmente, no sul do país compreende cerca de 50 unidades fabris de pequenas dimensões, ou seja, até 20 operários. Corresponde às operações posteriores à extração da cortiça (seleção e preparação da cortiça amadia);

- **Indústria transformadora:** é o setor mais representativo, com cerca de 92% dos estabelecimentos fabris, predominantemente, de pequena e média dimensão, no máximo com 100 operários. Ocupa-se da produção de rolhas de cortiça natural e de discos a partir da prancha.

**Indústria de granulados e de aglomerados:** corresponde a cerca de 30 unidades de média dimensão. No caso dos granulados corresponde à trituração das cortiças de qualidade inferior e aparas do fabrico das rolhas. Estes granulados podem ser produtos ou matérias-primas para o fabrico de aglomerados. No caso dos últimos, é a produção destes que está na base da produção de rolhas e discos de aglomerados, etc.<sup>38</sup>

Para que seja possível o fabrico de rolhas a cortiça, após extração do sobreiro, tem de passar por vários processos até poder ser utilizada na indústria corticeira.



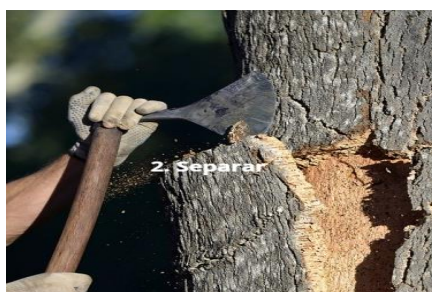
## Preparação da cortiça

O ciclo de vida da cortiça, enquanto matéria-prima, começa com a extração da casca aos sobreiros. O chamado descortiçamento que se realiza durante a fase mais ativa do crescimento da cortiça, entre meados de maio ou princípios de junho até meados ou fim de agosto.

Como já foi referido, consoante o descortiçamento (primeiro, segundo, etc) existem vários tipos de cortiça. Cada sobreiro produz, em média, 15 descortiçamentos durante toda a sua vida.



1. Abrir



2. Separar



3. Traçar



4. Extrair



5. Descalçar



6. Marcação

Figura 18: Descortiçamento

O descortiçamento (Figura 18) de um sobreiro começa pela abertura da casca: nesta fase, golpeia-se a cortiça no sentido vertical optando pela fenda mais profunda do enguiado; de seguida procede-se à separação da prancha com a introdução do gume do machado entre a barriga da prancha e o entrecasco. De seguida é feito um corte horizontal para delimitar o tamanho da prancha a sair e aquela que fica na árvore.

A extração da prancha é feita cuidadosamente para evitar que ela parta; quanto maior o tamanho da prancha maior será o seu valor comercial. Após a extração das pranchas, procede-se ao descalçamento para retirar possíveis parasitas que existam nos calços do sobreiro. Por fim, marca-se a árvore utilizando o último algarismo do ano em que foi realizada a extração.

Após o descortiçamento, as pranchas de cortiça são empilhadas ou na floresta ou em estaleiros dentro das instalações de uma fábrica. Permanecem aí expostas ao ar livre, ao sol e à chuva. Estas pilhas são formadas tendo em conta regras muito específicas para garantir a estabilização da cortiça. Para além disto, devem ser empilhadas por cima de materiais que não contaminem a cortiça e evitem o seu contacto com o solo.<sup>39</sup>

No final do período de repouso, as pranchas de cortiça amadia são cozidas em água limpa e a ferver (Figura 19). Este processo dura, pelo menos, uma hora. E, tem como objetivo, a limpeza da cortiça, extração de substâncias hidrossolúveis, aumento da espessura para a redução da densidade assim como, torná-la mais macia e elástica.



Figura 19: Cozedura das Pranchas- Caldeiras, Pietec Cortiças, SA.

Após a **cozedura das pranchas**, procede-se à **estabilização** que serve para aplanar as pranchas e permitir o seu repouso. É desta forma que a cortiça obtém a consistência necessária para a sua transformação em rolhas.

Em seguida, as pranchas são **separadas** por classes de qualidade com base na espessura, porosidade e aspeto. Depois as pranchas são **cortadas** em tiras com uma largura ligeiramente superior ao comprimento da rolha a fabricar. Estas tiras passam, em

seguida, para a **brocagem** (Figura 20) onde são perfuradas com uma broca, para dar origem às rolhas naturais.



Figura 20: Brocagem

Após a brocagem procede-se à **retificação** para se obter as dimensões finais especificadas para a rolha e para regularizar a superfície desta. Terminada a retificação, é necessário **selecionar** as rolhas acabadas por forma a separá-las em classes diferenciadas. Para além disto, são eliminadas todas as rolhas que apresentem defeitos.

O próximo passo é a **lavagem** com água oxigenada ou ácido peracético. A lavagem é um dos processos finais de limpeza. Tem como objetivo eliminar qualquer poeira ou produto contaminante que possa ter sido adsorvido durante a brocagem.

No caso da produção de rolhas técnicas, tipo de rolhas fabricadas na PIETEC, existem três fases a serem especificadas: produção de discos, fabrico do corpo e montagem da rolha.

Na **produção de discos**, as pranchas são selecionadas e cozidas por processos idênticos aos usados no fabrico de rolhas. As duas faces das pranchas são cortadas de modo a obter lâminas de cortiça macias e uniformes. O **corpo da rolha** é formado por grânulos, que são produzidos a partir dos subprodutos de cortiça e derivados da brocagem de rolhas naturais. Por fim, os discos e corpos aglomerados são introduzidos nas máquinas de **montagem**. Após montada, a rolha fica a esterilizar, seguindo para a fase de polimento ou retificação.

No final do processo de produção da rolha existem sobras e desperdícios que podem ser aproveitados para a produção de granulados de cortiça através da granulação. Este processo tem, então, como objetivo aproveitar adequadamente as aparas resultantes

da atividade de produção de rolhas de cortiça e, eventualmente, de outros produtos da cortiça. Este granulado é obtido a partir da trituração e moagem das aparas de cortiça, que são posteriormente classificadas de acordo com a sua densidade e características granulométricas.<sup>40</sup>

## Tratamentos de Superfície

O processo de tratamento de superfície das rolhas de cortiça consiste em adicionar às rolhas um produto, normalmente à base de parafina e elastómeros de silicone, para que a superfície da rolha deslize no gargalo aquando da sua inserção na garrafa e aquando da sua extração; para além disso, os tratamentos aplicados melhoram a vedação da rolha, ou seja, tem como objetivo tornar as rolhas impermeáveis tanto à absorção de líquidos como à extração de compostos para o vinho, fornecendo-lhes melhores desempenhos na inserção e extração da rolha. <sup>40</sup>

Os tratamentos com parafina têm como objetivo a impermeabilização. Já os tratamentos com silicone, para além da impermeabilização, visam, também, a lubrificação da rolha, o que facilitará a sua utilização na altura do engarrafamento e na altura da abertura da garrafa.

O tratamento a aplicar, assim como a sua dosagem, dependem do tipo de vinho, do tipo de garrafa, do tempo de estágio do vinho engarrafado e do tipo de máquina de engarrafamento. <sup>41</sup>

### Elastómeros

Um elastómero é um polímero que pode ter origem natural ou sintética. Estes polímeros apresentam um elevado grau de elasticidade, o que significa que quando são submetidos a uma tensão deformam-se, no entanto, esta deformação é reversível e os materiais voltam às dimensões originais quando a tensão é removida.

Os elastómeros têm uma elevada coesão molecular assegurada pelo número de reticulações que apresentam; este número condiciona a rigidez do material. <sup>42</sup>

São estas características que tornam os elastómeros produtos utilizados no tratamento de superfície de rolhas de cortiça; a sua capacidade de se alterar e regressar à forma inicial é fundamental para a inserção e extração da rolha na garrafa sem danificação da mesma.

## Tipos de Tratamento de Superfície

O tipo de tratamento a aplicar depende do tipo de rolha em questão: rolha natural, rolha técnica ou rolha revestida.

As rolhas revestidas podem ser naturais ou técnicas e passam pelo mesmo tratamento que as rolhas não revestidas, mas com uma menor quantidade de produtos adicionados uma vez que estas rolhas precisam de uma lubrificação menor já que o próprio revestimento já é uma lubrificação à rolha.

As rolhas naturais apresentam uma estrutura pouco homogénea. O tratamento indicado para este tipo de rolhas passa pela aplicação de uma emulsão de parafina para melhorar o resultado na absorção e capilaridade da rolha. Funciona como uma base para o elastómero de silicone que é adicionado com o objetivo de tornar as forças de extração mais homogéneas e facilitar a extração da rolha.

As rolhas técnicas são mais homogéneas e compactas do que as rolhas naturais. Assim, o uso de um elastómero de silicone como tratamento de superfície é suficiente, uma vez que, sendo mais compactas, apenas é necessária uma maior lubrificação.

## Controlo de qualidade das rolhas de cortiça

Como já foi referido, as rolhas de cortiça apresentam-se como sendo os melhores vedantes de vinho, espumantes, etc. Estas qualidades que lhe estão associadas são garantidas pelos tratamentos de superfície a que a rolha é sujeita antes de ser enviada para o seu comprador. É a adição do produto de tratamento que garante que a rolha é inserida e extraída do gargalo sem qualquer problema. No entanto, esta adição deve ser controlada no laboratório para garantir que a quantidade e o tipo de produtos aplicados são os ideais. Existe uma grande quantidade de produtos que podem ser aplicados como tratamento de superfícies, pelo que o objetivo deste trabalho era, de entre dois, identificar o melhor.

## **Comparação de dois tipos de tratamento de superfície de rolhas**

### **Objetivos do Trabalho**

O desempenho das rolhas de cortiça tem vindo a ser estudado para a melhoria na forma de produção das rolhas de cortiça, de forma a obter um desempenho superior ao atual. Neste sentido foi desenvolvido este trabalho que teve como principal objetivo a comparação da eficiência no tratamento de superfície das rolhas de dois tipos de elastómeros de silicone aplicados no tratamento: Silbione CAF-72589 e Silbione CAF-70004. Esta comparação mostrou-se importante pois na empresa onde se realizou este trabalho, PIETEC, utiliza-se, maioritariamente, Silbione CAF-70004. Assim, caso se comprovasse que o Silbione CAF-72589 apresenta iguais ou melhores resultados, este passaria a ser uma alternativa de utilização na empresa.

Estes dois elastómeros diferem no facto de um apresentar solvente enquanto que outro não; esta diferença tem uma grande importância na medida em que quanto mais diluído for o elastómero, maior é a quantidade de produto que tem de ser utilizada no tratamento, e, por outro lado, maior é o risco em termos de segurança.

Para avaliar a qualidade do tratamento foram efetuados, em laboratório, vários métodos de controlo de qualidade, nomeadamente, a medição da força de extração, medição da compressão e inserção, medição do binário e profundidade de inserção, que se descrevem a seguir.

### **Silbione CAF-70004 e Silbione CAF-72589**

Os produtos utilizados, CAF-70004 e CAF-72589, são ambos elastómeros de silicone usados no tratamento de rolhas de cortiça, com o objetivo de fornecer à rolha a lubrificação necessária para uma uniformidade nas forças de extração.

Ambos possuem propriedades bastante semelhantes (Anexo A, Anexo B e Tabela 1) e dão às rolhas as mesmas características, desde uma excelente lubrificação, a uma excelente impermeabilidade e não altera as propriedades organolépticas da rolha, ou seja, a cor, o sabor, o odor, a textura, etc.

A principal diferença entre estes dois elastómeros reside no facto de o CAF-70004 possuir solvente, neste caso hexano, e o CAF-72589 ser livre de solventes. Esta diferença revela-se importante na medida em que a ausência de solventes torna o elastómero mais concentrado e, teoricamente, mais eficaz em menores quantidades. Assim, a comparação destes dois produtos revela-se importante para a empresa pois, tendo os dois elastómeros um preço aproximado, a utilização de uma menor quantidade revela-se uma mais valia económica. Para além disto, a ausência de solventes no produto representa vantagem em termos de segurança alimentar e de produção pois garante-se a ausência de impurezas no produto final.

*Tabela 1: Quadro comparativo de propriedades dos dois elastómeros utilizados: Silbione CAF-70004<sup>43</sup> e Silbione CAF-72589<sup>44</sup>.*

	CAF-70004	CAF-72589
Viscosidade a 25°C (Pa.s)	7	7
Conteúdo de matéria seca (%)	73	100
Dureza	30	15
Tensão Máxima (MPa)	3	0,60
Alongamento na rutura (%)	250	250

Analisando a tabela comparativa dos dois elastómeros encontram-se algumas semelhanças, mas, também, algumas diferenças para além da ausência de solventes no caso do Silbione CAF-72589. Olhando ao valor da viscosidade, apura-se que este é baixo e igual para os dois produtos pelo que se espera que o nível de impregnação do tratamento na rolha seja o mesmo.

Duas propriedades onde a diferença entre os dois elastómeros é notória são a dureza e a tensão máxima dos produtos; ambos os valores são consideravelmente mais elevados no caso do Silbione CAF-70004. No entanto, e tendo em conta os ensaios realizados ao longo deste trabalho, não é de esperar que estas propriedades influenciem os resultados.

Já quando se comparam os valores da elongação até a rutura, ou seja, a capacidade que o material tem de resistir às mudanças de forma sem formar fissuras,



verifica-se que estes são iguais para os dois elastómeros. É, então, de esperar que quando a rolha é submetida a deformações se comporte de forma semelhante com qualquer um dos produtos aplicados.

Assim, considerando as informações retiradas da Tabela 1, prevê-se que, nos testes realizados, o comportamento das rolhas seja semelhante.

Posto isto, passou-se à realização dos ensaios planeados para verificação das previsões efetuadas.

### Medição da Força de Extração

O ensaio de força de extração da rolha tratada tem como objetivo medir a força necessária para retirar a rolha do gargalo da garrafa. Esta determinação deve ser efetuada, no mínimo, 24 horas após a aplicação do tratamento e, posterior engarrafamento. De um modo geral, os limites das forças de extração, no caso das rolhas de vinho efervescente devem encontrar-se entre os 10 daN e 30 daN. O ensaio é realizado em garrafas sem pressão interna.

### Medição do Binário

O binário é definido a partir da componente perpendicular ao eixo de rotação da força aplicada sobre um objeto que é, efetivamente, utilizada para fazê-lo girar em torno de um eixo, ou seja, regista a força que é necessária para “descolar” a rolha do gargalo. Matematicamente, o binário pode ser calculado a partir da Equação 1:

$$\tau = r \times F \times \text{sen}(\alpha) \quad \text{Equação 1}$$

Na Equação 1,  $F$  representa a força aplicada, neste caso, na rolha,  $r$  representa o braço, ou seja, a perpendicular do momento da força aplicada e  $\alpha$  corresponde ao ângulo entre a força aplicada e a perpendicular a essa força.

Em rolhas de vinho efervescente, os valores de binário devem variar entre 10 e 18 daN.cm.

## Medição da Profundidade da rolha na garrafa

O objetivo da determinação da profundidade de inserção da rolha é tentar perceber o quão fundo a rolha entra no gargalo da garrafa. Esta determinação é feita após a extração da rolha e permite-nos perceber se a introdução da rolha na garrafa foi homogénea e correta.

Na empresa, os valores aceites como limites para a profundidade são entre 22 e 26 mm.

## Medição da Compressão e Inserção da rolha na garrafa

A compressão é o resultado da atuação de uma força na rolha resultando na redução do seu volume. A compressão tem muitas implicações na resistência da rolha pelo facto de dar origem a uma quantidade considerável de stresse e tensão da rolha. Já a inserção é a medição da força necessária para o engarrafamento da rolha.

Os valores da compressão de uma rolha de calibre 48x30,5 mm devem encontrar-se entre 1000 e 1500 daN, enquanto que a inserção deve variar entre 90 e 150 daN.

## Controlo da ausência de solventes no CAF-72589

No caso de o novo elastómero em estudo, CAF-72589, se mostrar uma boa opção para a PIETEC Cortiças S.A. é necessária, no final da aplicação do tratamento, a verificação da ausência de hexano. Esta verificação, assim como a validação e aprovação para contacto alimentar é realizada num laboratório em França pertencente ao grupo.

# **MATERIAIS E MÉTODOS**

## **Descrição dos tratamentos de superfície em Rolhas de Champanhe**

Começou-se por seleccionar dois tipos de elastómero a aplicar na rolha. Os elastómeros de silicone seleccionados foram: Silbione CAF-70004, já utilizado pela empresa, e Silbione CAF-72589. Para a aplicação do tratamento utilizou-se a rolha Champ 0+2 da PIETEC. As fichas técnicas dos produtos e da rolha encontram-se anexadas (Anexo A, Anexo B, Anexo C).

A aplicação dos dois tipos de elastómeros é semelhante, diferindo apenas na quantidade de produto adicionado.

A aplicação do tratamento deve começar pela remoção da poeira de cortiça das rolhas durante cerca de 10 minutos. Em seguida, procede-se à aplicação do elastómero (CAF-70004 ou CAF-72589) por spray. No caso do CAF-70004 a dosagem habitual é de 45 mg por rolha (48x30,5) mm; já no CAF-72589 a quantidade utilizada é menor, cerca de 25 mg/rolha (48x30,5) mm.

De seguida, as rolhas ficam a rolar no tambor durante 30 minutos. Terminado o tratamento, as rolhas ficam a estabilizar durante 24 horas em contentores. Após esta estabilização são contadas e embaladas.

Para o controlo de qualidade são retiradas amostras que são levadas para o laboratório para a realização de testes. Neste trabalho realizaram-se testes logo após o tratamento e após, sensivelmente, um mês da aplicação deste.

## **Testes laboratoriais realizados após o tratamento**

Para o estudo e comparação dos dois produtos de tratamento realizaram-se os seguintes testes laboratoriais:

- Medição da compressão e inserção;
- Medição da força de extração;
- Medição do binário;
- Medição da profundidade;
- Análise do tempo de estabilização do tratamento;
- Análise do comportamento da rolha com o tempo de distribuição do produto;
- Análise do comportamento da rolha com as variações de temperatura.

Em todos os testes realizados ao longo de uma semana, cada ensaio incluiu a utilização de 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e de 20 rolhas tratadas com CAF-72589. Todos os ensaios foram realizados com rolhas de champanhe em garrafas vazias e sem pressão.

Após a realização de cada teste os ensaios foram tabelados e calcularam-se os desvios-padrão de cada medida com o objetivo de avaliar a dispersão da medida em torno do valor médio ou esperado. No final das medições foram-se comparando os valores obtidos com os valores aceites na empresa.

Os resultados obtidos para os testes efetuados com os dois tipos de tratamentos encontram-se apresentados no Anexo D.

## Medição da Compressão e Inserção da rolha na garrafa

Para a realização deste teste utilizou-se um equipamento automático da Egitron com duas células de carga que permite medir a força de relaxação da rolha. Este sistema, Figura 21, CITcork destina-se ao estudo do comportamento de rolhas em condições reais de rolhamento, através de uma análise efetiva do comportamento nas ações de compressão, inserção e relaxação.



Figura 21: Sistema de teste de compressão, inserção e relaxação da rolha. Egitron.

Para a medição destas duas grandezas procedeu-se à introdução das rolhas tratadas na câmara da maxila. No caso de engarrafamento, coloca-se a garrafa sobre a base ajustada às dimensões da garrafa, aciona-se o pistão que, ao descer, vai comprimir e introduzir a rolha no gargalo da garrafa. De seguida, adiciona-se o *mousselet*.

No caso de se tratar da medição da compressão/inserção sem engarrafamento após a inserção das rolhas aciona-se imediatamente o pistão para comprimir a rolha e medir essa compressão.

Para efeitos de comparação considerou-se como valor de referência para a compressão (1000-1500) daN e para a inserção (90-150) daN.

## Medição das Forças de Extração e Binário

A força de extração é a força necessária para extrair a rolha da garrafa. Esta medição é efetuada, no mínimo, duas horas após o engarrafamento. Para tal, é necessária a utilização do sistema de medição de força de extração e binário, o *ExtraLab Plus* (Figura 22) da Egitron.



Figura 22: Sistema de medição da força de extração e Binário, ExtraLab Plus

O binário é definido a partir da componente perpendicular ao eixo de rotação da força aplicada sobre um objeto que é efetivamente utilizada para fazê-lo girar em torno de um eixo. A medição desta grandeza física é feita utilizando, também, o *ExtraLab Plus*.

Para a medição destas duas grandezas em primeiro lugar é necessário inicializar o sistema para que o saca-rolhas assuma a posição inicial, de seguida, coloca-se a garrafa na base para iniciar a extração.

Os valores de referência utilizados para comparação foram, no caso da força de extração (10-30) daN e no caso do binário (10-18) daN.cm.

## Medição da Profundidade

A medição da profundidade é feita utilizando um paquímetro. Esta medição é feita desde a marca deixada pela garrafa na rolha até à base da mesma. Para efeitos de comparação utilizou-se como valor de referência (22-26) mm.

## Análise do comportamento da rolha com variações de Temperatura

Nesta análise mediu-se as forças de extração, o binário e a profundidade de cada rolha com o objetivo de avaliar o comportamento da rolha com as variações de temperatura. O procedimento seguido nesta análise é semelhante aos que foram sendo descritos, a única diferença reside no facto de após o engarrafamento as garrafas terem sido colocadas na estufa a 50°C onde permaneceram durante duas semanas, com o objetivo de se avaliar o efeito da temperatura nas características físicas da rolha.

Passado o intervalo de tempo previsto retirou-se as garrafas da estufa e efetuou-se a medição das forças de extração e binário.

## Análise do comportamento da rolha com o tempo de distribuição do produto

Seguindo o mesmo procedimento da análise do comportamento da rolha com variações da temperatura, as forças de extração e binário foram medidas duas semanas e um mês após o engarrafamento.

Esta análise permite verificar de que forma se comporta a rolha imediatamente após engarrafamento e após estabilização no interior da garrafa. Esta análise já tinha sido efetuada por Sandra Luzia em <sup>45</sup> para vários produtos de tratamento e verificou-se uma regularidade no comportamento das rolhas em termos de forças de extração. Assim, com esta análise pretende-se confirmar a regularidade do comportamento das rolhas, em termos de forças de extração e torque, tratadas com os elastómeros testados.

Nesta análise é possível verificar um dos três comportamentos que a seguir se referem:

- Comportamento em U: neste tipo de comportamento os valores para a força de extração e binário são mais elevados quer para baixos tempos de engarrafamento quer para elevados. Existe um ponto intermédio onde as variáveis em estudo atingem um mínimo.
- Comportamento irregular: não existe uma relação entre o tempo de engarrafamento e o valor das forças de extração e binário. Os produtos que tenham este tipo de comportamento não são desejados.
- Comportamento regular: os valores da força de extração e binário são regulares qualquer que seja o tempo de engarrafamento. Produtos que apresentem este tipo de comportamento são altamente desejáveis.

### Análise do comportamento da rolha com o tempo de estabilização do tratamento

Muitas vezes as rolhas não são introduzidas na garrafa logo após o tempo de repouso mínimo de aplicação do tratamento. Podem, por vezes, ficar armazenadas e, por isso, é importante conhecer de que forma é que o comportamento da rolha se altera com o tempo para tentar perceber se o tratamento aplicado é válido por tempo indefinido ou ao fim de quanto tempo é necessário submeter a rolha a um novo tratamento.

Para esta análise seguiram-se os mesmos procedimentos já referidos, no entanto, estes procedimentos foram realizados, sensivelmente, um mês após a aplicação de cada tratamento.

Concluídos os testes respeitantes a esta análise, construíram-se gráficos comparativos entes as grandezas medidas ao fim de 24 horas e 1 mês de tratamento.



## ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Nesta fase passou-se à análise dos resultados obtidos em cada teste para avaliar qual dos elastómeros aplicados é o mais eficiente no tratamento de superfície em rolhas de champanhe.

### Compressão e Inserção

Os resultados obtidos para os valores de compressão e inserção, após 24, 48, 72 e 96 horas da aplicação do tratamento, encontram-se apresentados, graficamente, nas Figura 23 e Figura 24, respetivamente.

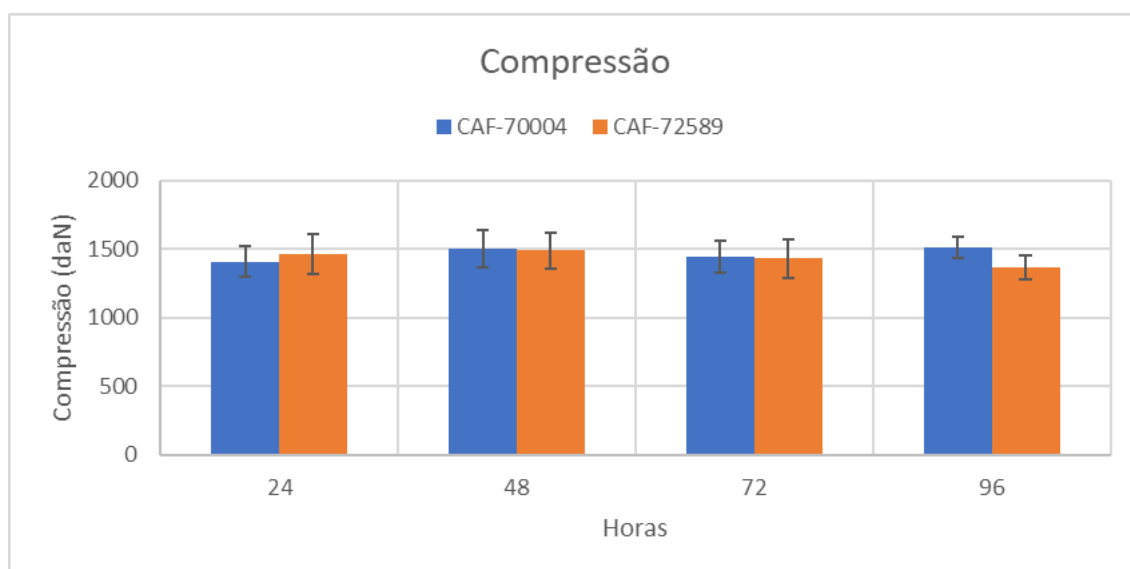


Figura 23: Valores de compressão médios, medidos ao longo de 4 dias, para 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e 20 rolhas tratadas com CAF-72589.

Ao analisar o gráfico da Figura 23 relativo à compressão, verifica-se que para ambos os tratamentos os valores localizam-se, aproximadamente, entre os 1400 daN e os 1600 daN. Excetuando o primeiro dia, os valores da compressão para as rolhas são superiores no caso das tratadas com CAF-70004. No entanto, quando olhamos para as barras correspondentes ao CAF-72589 há uma ligeira diminuição dos valores da compressão ao longo dos dias. Isto pode querer dizer que, à medida que os dias passam, em relação à aplicação do tratamento, a força necessária para comprimir a rolha vai ser menor e, portanto, torna-se mais fácil alterar o seu volume e, conseqüentemente, deformá-la.

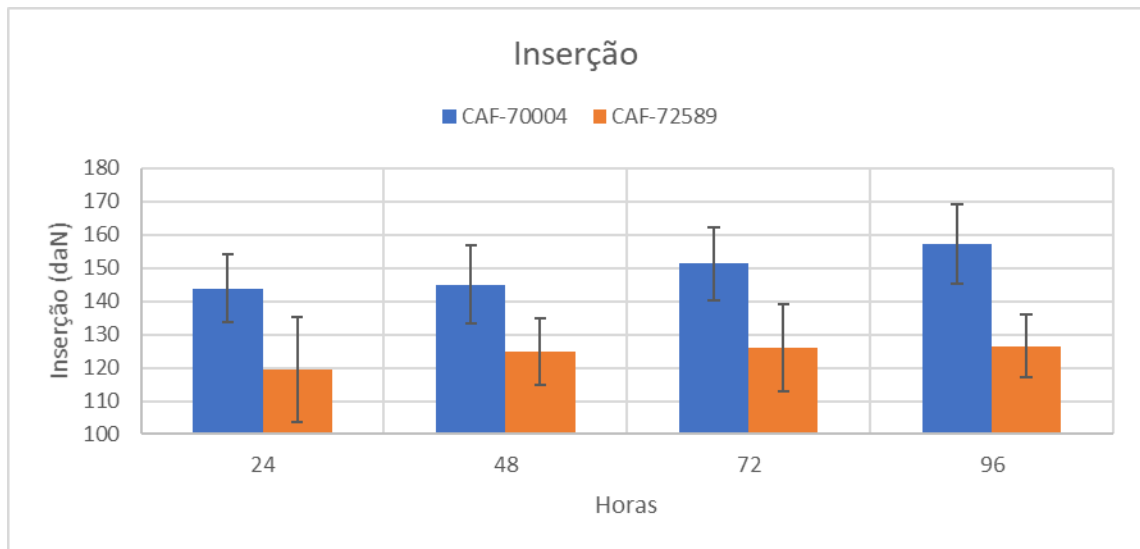


Figura 24: Valores de inserção médios, medidos ao longo de 4 dias, para 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e 20 rolhas tratadas com CAF-72589.

Quando se analisa o gráfico da Figura 24 respeitante aos valores da força de inserção verifica-se que com CAF-72589 os valores são inferiores. Isto quer dizer que a força necessária para inserir a rolha no gargalo da garrafa é menor, ou seja, há uma maior facilidade de inserção da rolha quando esta é tratada com CAF-72589.

Tendo em conta as propriedades apresentadas na Tabela 1, seria de esperar que os valores de inserção fossem semelhantes para ambos os tratamentos. Isto porque, aquando da inserção da rolha, há uma elongação da mesma para que esta possa passar no gargalo sem quebrar. As características a ter em conta são, então, a viscosidade do elastómero assim como a elongação máxima que este apresenta até quebrar. Ambas as características apresentam o mesmo valor para ambos os produtos de tratamento seleccionados, pelo que, os valores de inserção não deveriam apresentar qualquer diferença.

Esta diferença detetada pode dever-se a erros na aplicação do produto, à utilização de uma baixa amostragem, entre outros fatores.

Comparando com os valores limite admitidos na empresa verifica-se que, também na força de inserção estes são respeitados. No entanto, é de notar que, ao quarto dia, as rolhas tratadas com CAF-70004 passam ligeiramente o limite máximo de 150 daN. Como a tendência observada neste tratamento é do crescimento das forças de

inserção, pode levar a que, ao fim de alguns dias, os valores já não sejam admitidos pela empresa.

Comparando com os valores de referência na empresa é perceptível que todos os valores obtidos para os dois tratamentos se encontram dentro dos limites admitidos no caso da compressão (1000-1500) daN, o que não acontece no caso da inserção para as rolhas tratadas com CAF-70004. Avaliando, também, os desvios-padrão verifica-se uma baixa dispersão dos valores em relação ao valor médio, o que associado ao facto de os valores se encontrarem dentro dos limites aceites conduz a uma aceitação dos mesmos, quer para o CAF-70004 quer para o CAF-72589.

## Forças de Extração

Os resultados obtidos para a força de extração com os dois produtos utilizados encontram-se apresentados na Figura 25.

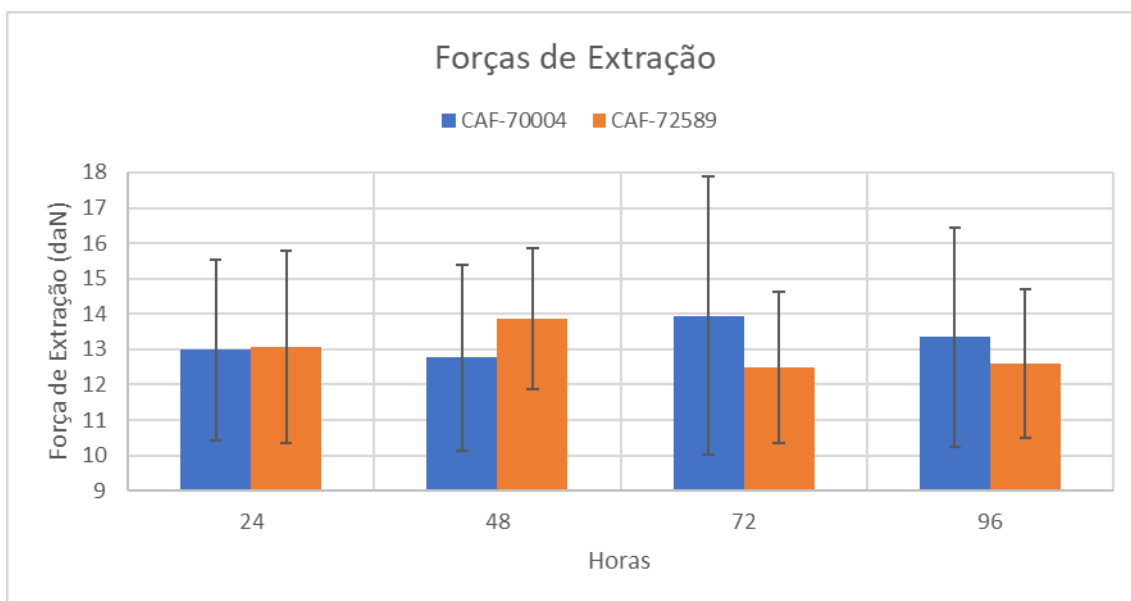


Figura 25: Valores de Força de Extração médios, medidos ao longo de 4 dias, para 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e 20 rolhas tratadas com CAF-72589.

Observando o gráfico da Figura 25 verifica-se que, no caso do CAF-72589 os valores máximos para a força de extração foram registados nos dois primeiros dias, enquanto que para o CAF-70004 foram registados nos dois últimos dias. No entanto, estatisticamente esta variação de valores não é significativa já que a diferença entre o valor máximo e o valor mínimo registado é de, aproximadamente, 1,5 daN.

Todos os valores registados encontram-se dentro dos limites admitidos pela empresa ainda que com valores elevados de desvio-padrão. Esta dispersão de resultados é significativa e pode dever-se a erros durante a realização dos ensaios ou ao facto de se ter usado uma amostragem baixa.

Não é possível retirar nenhuma conclusão acerca de qual o melhor produto comparando as forças de extração uma vez que os resultados são semelhantes apesar das diferenças observadas. Assim, como o produto CAF-72589 é livre de solventes implica que seja utilizado em menor quantidade, reduzindo, assim, os gastos para a empresa. Logo, em termos de forças de extração medidas logo após a aplicação do tratamento o CAF-72589 é a melhor opção.

## Binário

Os resultados relativos à medição do binário das rolhas para cada um dos tratamentos encontram-se apresentados, graficamente, na Figura 26.

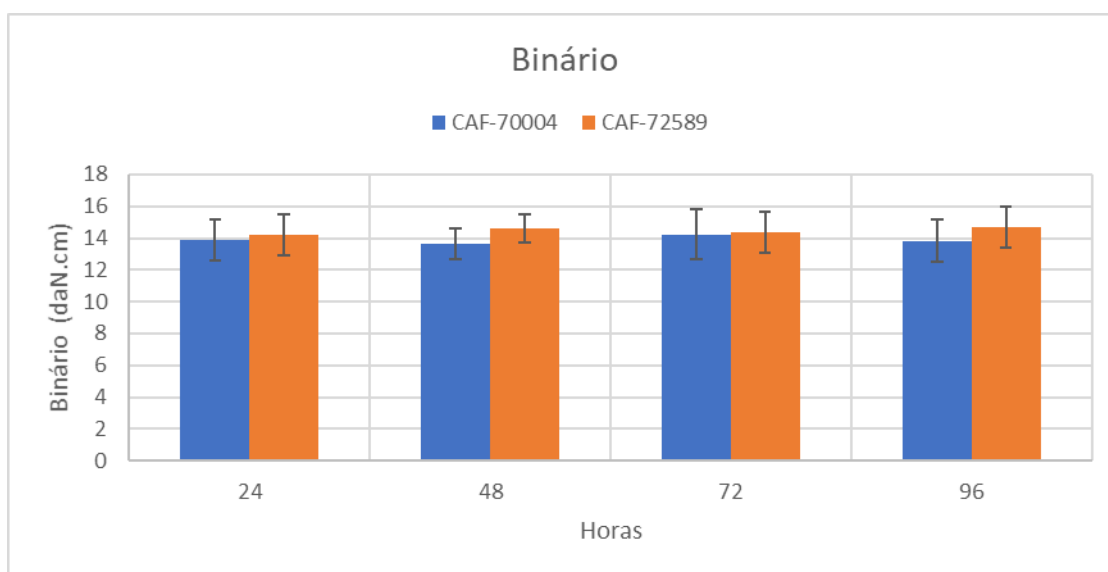


Figura 26: Valores de Binário médios, medidos ao longo de 4 dias, para 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e 20 rolhas tratadas com CAF-72589.

Os resultados obtidos na medição do binário das rolhas tratadas com os dois elastómeros são estatisticamente iguais. O que significa que as diferenças na composição e propriedades dos elastómeros não afetam o binário das rolhas.

Avaliando a dispersão dos resultados, encontram-se baixos valores para o desvio-padrão o que indica que todos os valores de binário medidos se encontram próximos uns dos outros e, portanto, todos dentro dos limites admitidos pela empresa, (10-18) daN.cm.

## Profundidade

A medição da profundidade permite ver a homogeneidade da introdução da rolha no gargalo da garrafa. Os resultados para a medição deste parâmetro estão representados, graficamente, na Figura 27.

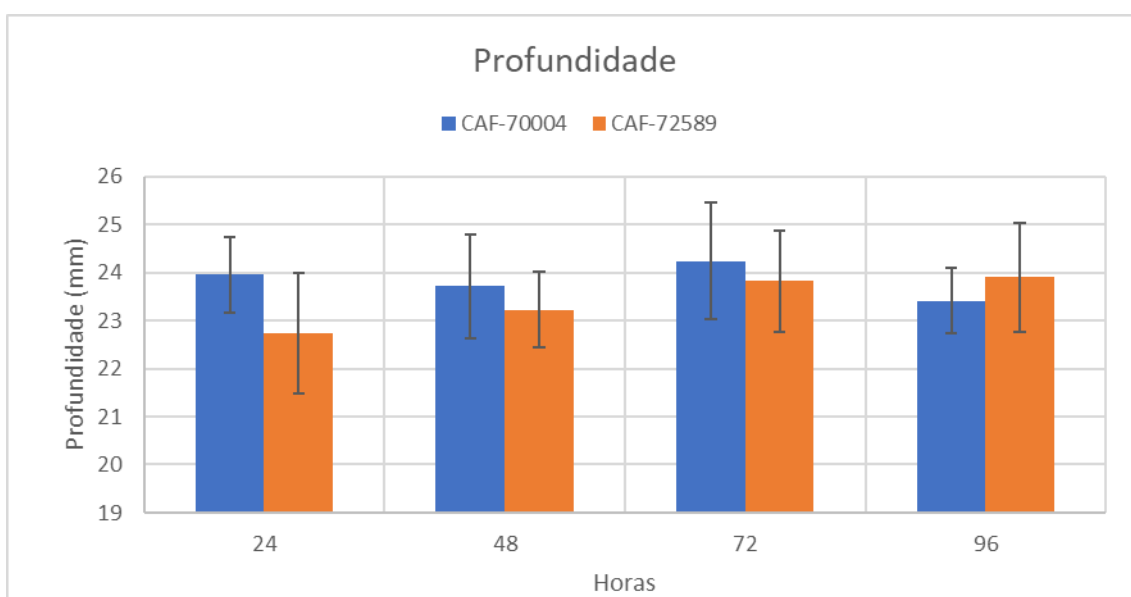


Figura 27: Valores de Profundidade médios, medidos ao longo de 4 dias, para 20 rolhas tratadas com CAF-70004 e 20 rolhas tratadas com CAF-72589.

Analisando os resultados obtidos, é possível verificar que os valores de profundidade são ligeiramente superiores para as rolhas que são tratadas com CAF-70004 nos primeiros três dias. Esta situação inverte-se no quarto dia e a profundidade das rolhas tratadas com CAF-72589 é maior.

No entanto, as diferenças registadas são mínimas uma vez que os valores variam entre 23,5 mm e 24,5 mm no caso do CAF-70004, e 22,5 mm e 24 mm no caso do CAF-72589. Este é um resultado esperado na medida em que as rolhas são feitas do mesmo material e, os produtos de tratamento aplicados, apresentam a mesma viscosidade. Assim, e relacionando esta propriedade com a facilidade de a rolha deslizar no gargalo da garrafa, é justificável ter obtido profundidades semelhantes.

Analisando os valores do desvio-padrão, verifica-se uma homogeneidade dos resultados nas barras de erro confirmando que, mesmo com estas traçadas, as profundidades das rolhas tratadas com ambos os silicões se localizam nos limites admitidos pela empresa.

## **Análise do comportamento da rolha com variações de temperatura**

As rolhas de cortiça em estudo, muitas vezes, passam por um longo transporte, já na garrafa, até chegar ao seu destino. As rolhas são transportadas em camiões e, no interior destes veículos, são sujeitas a temperaturas bastante elevadas.

Perante esta problemática, considerou-se necessária a ideia de fazer um teste que permitisse simular o transporte das rolhas nas garrafas para perceber se as temperaturas elevadas que se fazem sentir no interior dos veículos de transporte afetam as propriedades das rolhas em estudo.

Neste procedimento após a introdução das rolhas no gargalo colocou-se as garrafas na estufa durante 15 dias, após o qual se mediram as forças de extração, binário e a profundidade.

### **Força de Extração**

Após a realização desta análise contruiu-se um gráfico de barras com o objetivo de comparar as forças de extração de rolhas armazenadas à temperatura ambiente, 20°C, e a 50°C. Este gráfico encontra-se apresentado na Figura 28.

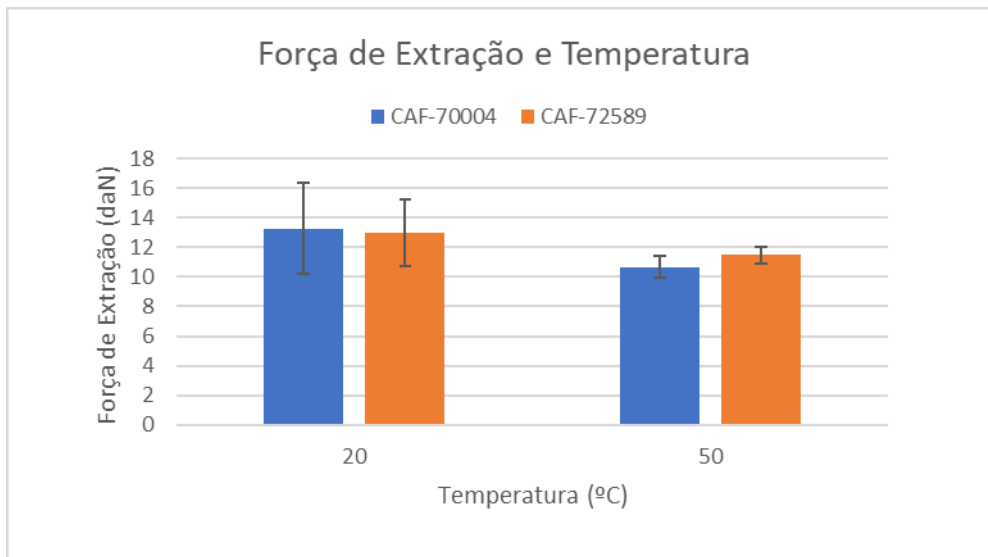


Figura 28: Força de extração para rolas armazenadas a diferentes temperaturas.

Analisando o gráfico da Figura 28 verifica-se que com o aumento da temperatura, os valores da força de extração tendem a diminuir e o comportamento é idêntico nos dois produtos aplicados. Verifica-se, também, que as forças de extração permanecem dentro dos limites admitidos pela empresa quando a temperatura aumenta.

## Binário

À semelhança do que foi efetuado com as forças de extração, construiu-se um gráfico de barras para avaliar o binário das rolas quando sujeitas a variações de temperatura. Estes resultados encontram-se apresentados na Figura 29.

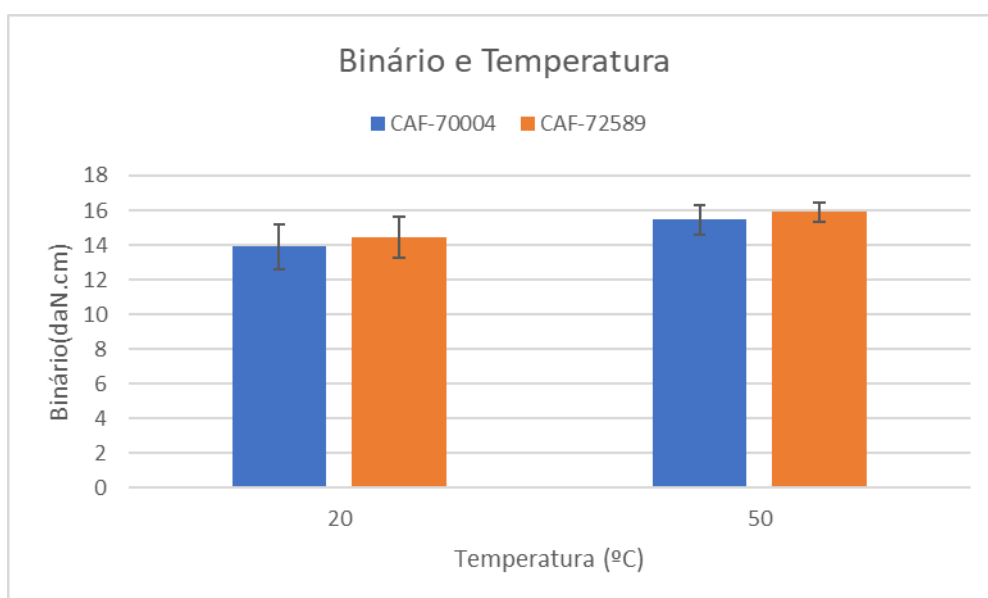


Figura 29: Binário para rolas armazenadas a diferentes temperaturas.

Ao analisar os resultados obtidos para o binário verifica-se um comportamento semelhante para os dois tipos de tratamento. Tanto as rolhas tratadas com CAF-70004 como as tratadas com CAF-72589 elevaram, ligeiramente, o seu binário. Ou seja, a força necessária para descolar a rolha do gargalo da garrafa aumenta com o aumento da temperatura.

Ainda com esta ligeira elevação, os valores de binário permaneceram em valores aceites no controlo de qualidade.

Assim, para ambos os tratamentos, o aumento da temperatura mostrou-se incapaz de alterar as características da rolha. Verifica-se que, mesmo quando a temperatura aumenta significativamente, não há alterações relevantes para a rolha quer para o tratamento CAF-70004, quer para o CAF-72589, comprovando que o produto alternativo é, também, aplicável quando a rolha na garrafa faz viagens a temperaturas elevadas.

### **Análise do comportamento da rolha com o tempo de distribuição do produto**

O objetivo desta análise passou pela observação e análise do comportamento da rolha na garrafa, ou seja, como variam as forças de extração e binário com o tempo de engarrafamento.

Para esta avaliação definiram-se os períodos de tempo de engarrafamento de 1 dia, 15 dias e 1 mês. Mediram-se as forças de extração e binário e, de seguida, traçaram-se os gráficos das Figuras 30 e 31.



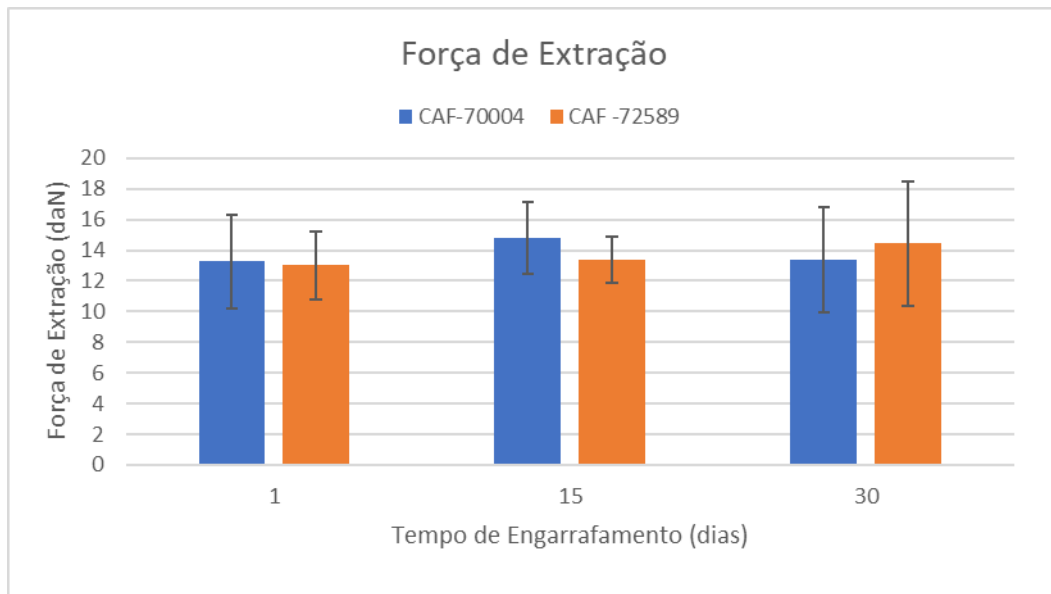


Figura 30: Análise do comportamento da rolha com o tempo de distribuição do produto: medição das forças de extração.

Quando se estuda o comportamento das rolhas tratadas com os dois elastómeros observa-se uma uniformidade no comportamento das rolhas, ou seja, ao longo do tempo as forças de extração das rolhas permanecem, aproximadamente, constantes.

Este comportamento é tido como um bom resultado pois significa que com o passar do tempo de engarrafamento as características das rolhas não se alteram, e continua a ser possível extrair a rolha da garrafa sem qualquer problema ou deformação.

Analisando os resultados obtidos por Vieira, S (2011) <sup>45</sup> verifica-se um comportamento regular no que diz respeito às forças de extração das rolhas quando tratadas com diferentes produtos. Quando se inseriu a análise neste trabalho, esperava-se a verificação da semelhança do comportamento das rolhas com o tempo.

Apurou-se, então, uma constância nos valores das forças de extração, não existindo diferenças estatisticamente consideráveis. Os resultados obtidos foram de encontro ao esperado e obtido no estudo considerado.

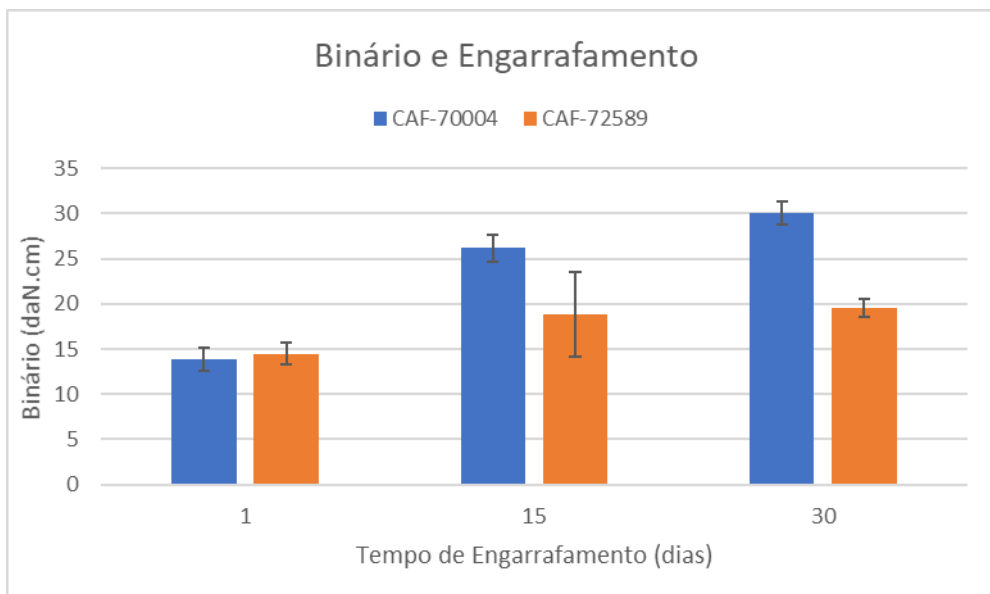


Figura 31: Análise do comportamento da rolha com o tempo de distribuição do produto: medição do binário.

Analisando o gráfico da Figura 31, respeitante ao binário com o tempo de engarrafamento verifica-se que à medida que o tempo passa o binário vai aumentando para o caso do Silbione CAF-70004. Já para o Silbione CAF-72589 aumenta até aos quinze dias, a partir dos quais se mantém constante.

Assim, e tendo em conta os gráficos analisados apura-se que o Silbione CAF-72589 é uma melhor opção quando o tempo de distribuição do produto é maior, por exemplo quando a rolha tem de chegar a locais mais distantes já após engarrafamento, uma vez que, as forças de extração são uniformes e o binário menor.

Tomando, novamente, em consideração o intervalo de valores válido para as forças de extração verifica-se que este não é ultrapassado; o que não acontece quando tomamos em consideração os valores de binário. Para este parâmetro o valor máximo admitido é de 18 daN.cm e aos 15 dias as rolhas tratadas com CAF-70004 ultrapassam este valor e as tratadas com CAF-72589 encontram-se no limiar deste. Ao fim de um mês o binário máximo é ultrapassado para os dois tipos de tratamento.

### **Análise do comportamento da rolha com o tempo de estabilização do tratamento**

Muitas vezes, após a aplicação do tratamento, as rolhas ficam armazenadas em sacos nos armazéns até serem enviadas para os clientes. Assim, com o objetivo de perceber e analisar o comportamento das rolhas com o tempo, após a aplicação do

tratamento as rolhas foram deixadas nos respectivos sacos em repouso. Passado 1 mês repetiram-se os testes que já tinham sido efetuados, com principal ênfase para a medição das forças de extração e binário. Ao longo de quatro dias sucessivos, após a introdução da rolha no gargalo, mediram-se as forças de extração e binário e, após registo, construíram-se os gráficos abaixo apresentados.

### Silbione CAF-72589

Na Figura 32 e Figura 33 encontram-se os gráficos contruídos para as forças de extração e binário, respetivamente, para as rolhas tratadas com CAF-72589.

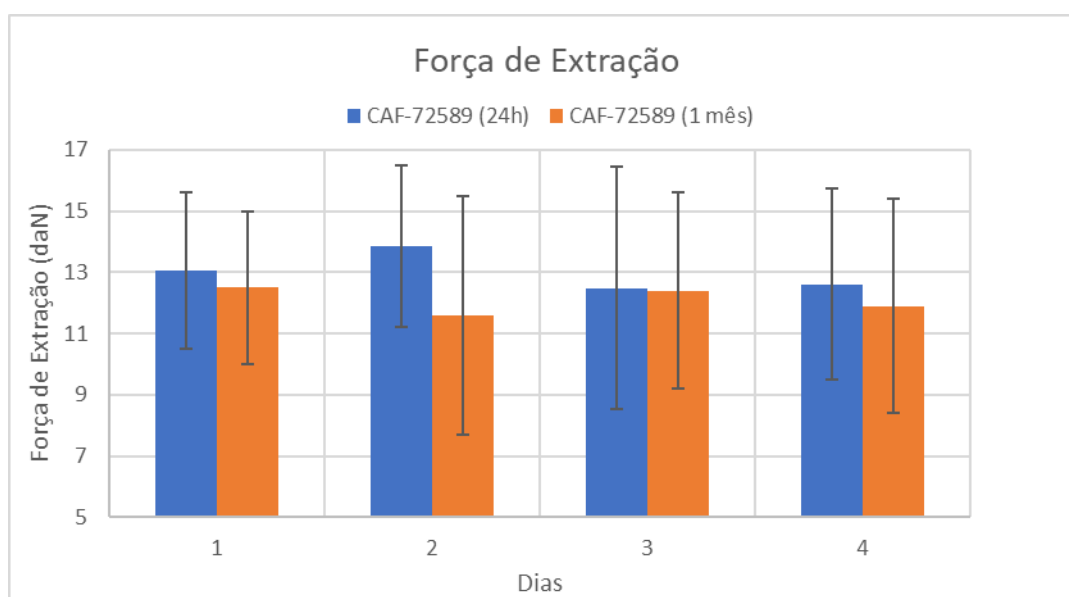


Figura 32: Forças de extração medidas em rolhas tratadas com CAF-72589, medidos ao fim de 24 horas e 1 mês do tratamento.

Analisando o gráfico da Figura 32 verifica-se uma diminuição das forças de extração entre as medidas ao fim de 24 horas e as medidas ao fim de 1 mês. Isto poderá querer dizer que com o passar do tempo da aplicação do tratamento as forças de extração para o CAF-72589 vão diminuindo e, portanto, é necessária menos força para extrair a rolha da garrafa. Assim sendo, em termos de forças de extração, é vantajoso o intervalo de tempo entre a aplicação do tratamento das rolhas e a inserção delas na garrafa.

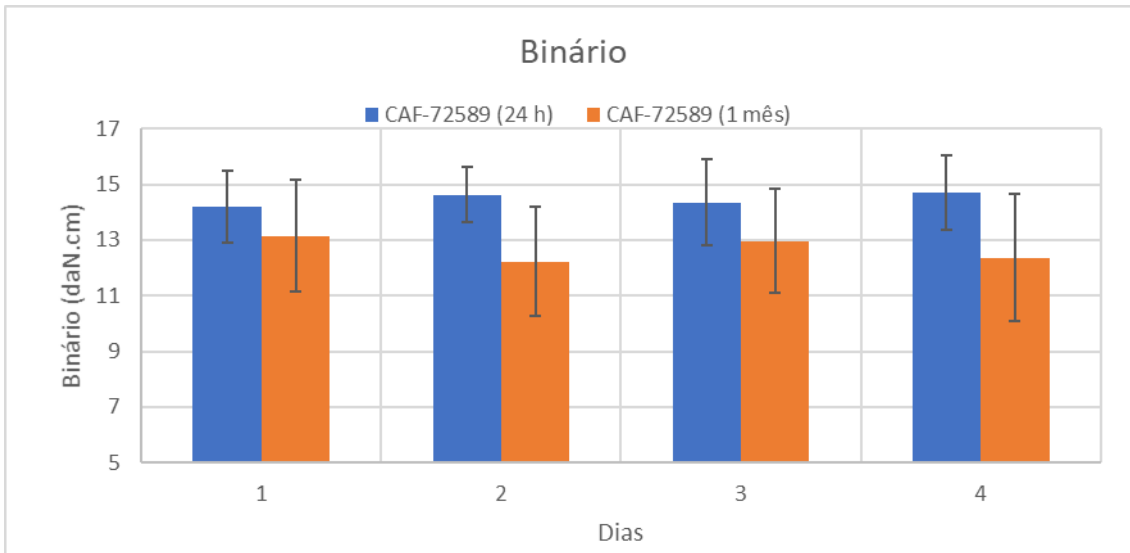


Figura 33: Binário em rolhas tratadas com CAF-72589, medidos ao fim de 24 horas e 1 mês do tratamento.

A análise que se faz do gráfico da Figura 33 é semelhante à que se fez para as forças de extração. Há uma diminuição do binário quando este é medido passado um mês da aplicação do tratamento. Ou seja, a força necessária para descolar a rolha do gargalo é menor levando a uma menor probabilidade de danificação da rolha aquando da sua extração.

Daqui retira-se que para rolhas que foram submetidas a este tratamento, 1 mês de estabilização do tratamento é o ideal para que a extração seja feita da melhor forma.

No geral, para o Silbione CAF-72589 o mês de estabilização do tratamento fez diminuir tanto a força de extração como o binário para valores ainda aceites pelo controlo de qualidade. Assim, as rolhas submetidas a este tratamento estão aptas à estabilização de 1 mês.

## Silbione CAF-70004

Na Figura 34 e Figura 35 encontram-se apresentados, respetivamente, os gráficos respeitantes às forças de extração e binário das rolhas tratadas com CAF-70004.

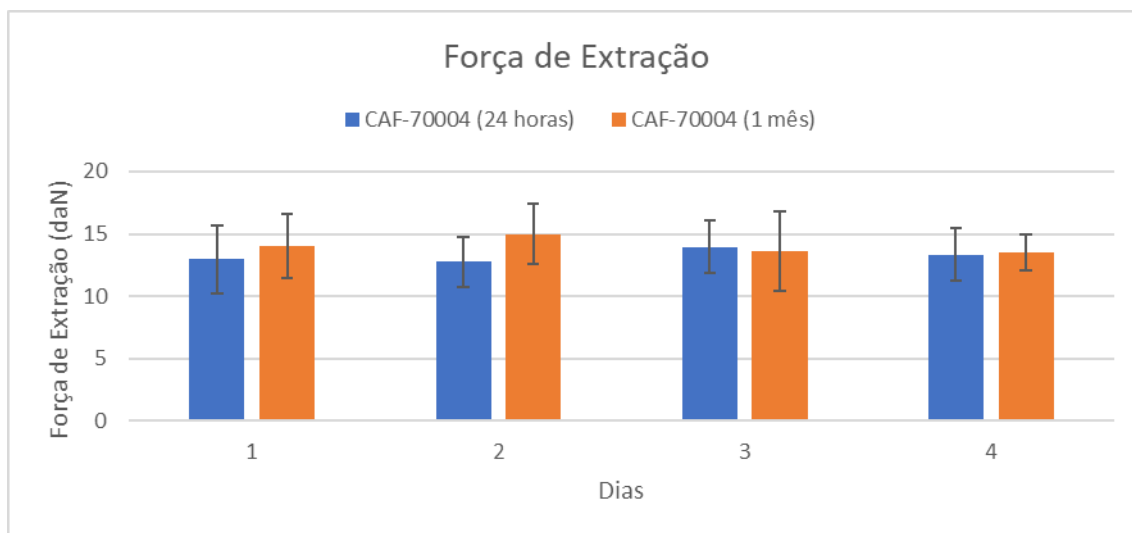


Figura 34: Forças de extração medidas em rolhas tratadas com CAF-70004, medidos ao fim de 24 horas e 1 mês do tratamento.

Contrariamente ao sucedido com as rolhas tratadas com Silbione CAF-72589, as forças de extração aumentam ligeiramente quando são submetidas ao tratamento com CAF-70004.

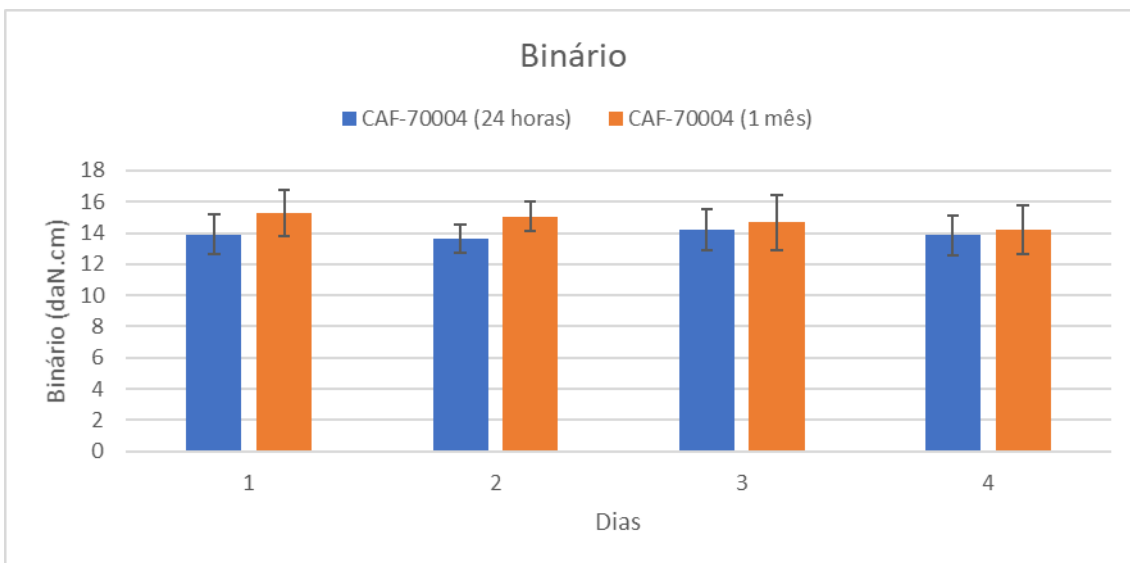


Figura 35: Binário em rolhas tratadas com CAF-70004, medidos ao fim de 24 horas e 1 mês do tratamento.

Também o Binário aumenta quando as rolhas vão para a garrafa 1 mês após o tratamento, ou seja, a força necessária para descolar a rolha da garrafa aumenta.

As forças de extração e o binário das rolhas submetidas ao tratamento de superfície com CAF-70004 aumentam ligeiramente ao fim de um mês da aplicação do produto, no entanto, este aumento não é significativo e, em nenhum dos casos, ultrapassa os limites admitidos pelo laboratório.

## CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi verificar se seria possível a utilização de um produto de tratamento de superfície alternativo ao utilizado na PIETEC Cortiças S.a., garantindo que os resultados obtidos seriam idênticos. A principal diferença entre os dois produtos residiu no facto de um ter solventes na sua composição (CAF-70004) e o outro produto ser livre de solventes (CAF-72589).

Foram-se comparando os valores das grandezas estudadas para o controlo de qualidade das rolhas de champanhe: forças de extração, binário, profundidade, compressão e inserção. Uma das primeiras conclusões a que se chegou é que quando se utiliza produto sem solvente, as ordens de grandeza dos valores medidos é a mesma, ou seja, a empresa pode optar pela utilização de CAF-72589 se assim o desejar. A utilização deste produto representa uma vantagem uma vez que é utilizado em menores quantidades e, portanto, os gastos diminuem. Para além disto, diminuem os riscos em termos de segurança uma vez que não se utilizam solventes.

As forças de extração foram estudadas em vários aspetos: medidas, no máximo, 96 horas após a aplicação do tratamento, medidas um mês após a aplicação do tratamento, medidas com a variação da temperatura e com o tempo de engarrafamento. Em todos os testes realizados verificou-se que os dois produtos apresentam comportamentos semelhantes, nunca diferindo muito nas propriedades medidas.

No geral, os resultados obtidos para as várias medições efetuadas foram semelhantes para os dois tipos de tratamento, o que vai de encontro ao esperado

Assim, e uma vez que se verificou o pretendido, chegou-se à conclusão de que este novo produto pode ser utilizado sem qualquer risco no comportamento da rolha.

Para trabalhos futuros ficam sugestões para melhorar a qualidade do tratamento aplicado nas rolhas de champanhe:

- Alargar o número de produtos em comparação: verificar se existe algum produto cujo comportamento seja semelhante ou até melhor que o CAF-72589 e comparar a relação qualidade/preço;

- Realizar outro tipo de testes laboratoriais para confirmar a qualidade do produto, nomeadamente, capilaridade, vedação.
- Estudar o efeito da velocidade de rotação dos tambores nos tratamentos de superfície efetuados;
- Estudar o efeito da humidade das rolhas nos produtos de tratamento estudados;



# BIBLIOGRAFIA

1. Gil, L. *A cortiça como material de construção - Manual Técnico*. APCOR- Associação Portuguesa da Cortiça (2007).
2. Rossetti, I., Bagella, S., Cappai, C., Caria, M., Lai, R., Roggero, P., Martins da Silva, P., Sousa, J., Querner, P., Seddaiu, G., Isolated cork oak trees affect soil properties and biodiversity in a Mediterranean wooded grassland. *Agric. Ecosyst. Environ.* **202**, 203–216 (2015).
3. Abenojar, J., Barbosa, A., Ballesteros, Y., Del Real, J., Da Silva, L., Martinez, M., Effect of surface treatments on natural cork: Surface energy, adhesion, and acoustic insulation. *Wood Sci. Technol.* **48**, 207–224 (2014).
4. Ferreira, J., Miranda, I., Şen, U., Pereira, H., Chemical and cellular features of virgin and reproduction cork from *Quercus variabilis*. *Ind. Crops Prod.* **94**, 638–648 (2016).
5. Anjos, O., Rodrigues, C., Morais, J., Pereira, H., Effect of density on the compression behaviour of cork. *Mater. Des.* **53**, 1089–1096 (2014).
6. Sen, A., Van Den Bulcke, J., Defoirdt, N., Van Acker, J., Pereira, H., Thermal behaviour of cork and cork components. *Thermochim. Acta* **582**, 94–100 (2014).
7. Aroso, I. M., Araújo, A., Fernandes, J., Santos, T., Batista, M., Pires, R., Mano, J., Reis, R., Hydroalcoholic extracts from the bark of *Quercus suber L.* (Cork): optimization of extraction conditions, chemical composition and antioxidant potential. *Wood Sci. Technol.* **51**, 855–872 (2017).
8. Cardoso, S., Ferreira, J., Quilhó, T., Pereira, H., Cork of Douglas-fir bark: Impact of structural and anatomical features on usage. *Ind. Crops Prod.* **99**, 135–141 (2017).
9. Sen, A., Zhianski, M., Glushkova, M., Petkova, K., Ferreira, J., Pereira, H., Chemical composition and cellular structure of corks from *Quercus suber* trees planted in Bulgaria and Turkey. *Wood Sci. Technol.* **50**, 1261–1276 (2016).
10. Silva, S. P., Sabino, M., Fernandes, E., Correlo, V., Boesel, L., Reis, R., Cork: properties, capabilities and applications. *Int. Mater. Rev.* **50**, 345–365 (2005).
11. Fernandes, E. M., Correlo, V. M., Mano, J. F., Reis, R. L., Cork–polymer

- biocomposites: Mechanical, structural and thermal properties. *Mater. Des.* **82**, 282–289 (2015).
12. Costa, A., Barbosa, I., Roussado, C., Graça, J., Spiecker, H., Climate response of cork growth in the Mediterranean oak (*Quercus suber* L.) woodlands of southwestern Portugal. *Dendrochronologia* **38**, 72–81 (2016).
  13. Pestana, M., Tinoco, I., A Indústria e o Comércio da Cortiça em Portugal Durante o Século XX. *Silva Lusit.* **17**, 1–26 (2009).
  14. Gonçalves, F., Correia, P., Silva, S. P., Almeida-Aguiar, C., Evaluation of antimicrobial properties of cork. *FEMS Microbiol. Lett.* **363**, 1–6 (2015).
  15. Barberis, A., Dettori, S., Filigheddu, M. R., Management problems in Mediterranean cork oak forests: post-fire recovery. *J. Arid Environ.* **54**, 565–569 (2003).
  16. Dehane, B., Hernando, C., Guijarro, M., Madrigal, J., Flammability of some companion species in cork oak (*Quercus suber* L.) forests. *Ann. For. Sci.* **74**, (2017).
  17. Demertzi, M., Silva, R. P., Neto, B., Dias, A. C., Arroja, L., Cork stoppers supply chain: Potential scenarios for environmental impact reduction. *J. Clean. Prod.* **112**, 1985–1994 (2016).
  18. Silva, M. E. C. M. da., *Apontamentos de tecnologia dos produtos florestais - A cortiça.* (2010).
  19. Paulo, J. A., Pereira, H., Tomé, M., Analysis of variables influencing tree cork caliper in two consecutive cork extractions using cork growth index modelling. *Agrofor. Syst.* **91**, 221–237 (2017).
  20. Gil, L. in *Ciência e Engenharia de Materiais de Construção* 663–716 (2012).
  21. Motte, J. C., Delenne, J. Y., Barron, C., Dubreucq, É., Mayer-Laigle, C., Elastic properties of packing of granulated cork: Effect of particle size. *Ind. Crops Prod.* **99**, 126–134 (2017).
  22. Pereira, H., Rosa, M. E., Fortes, M. A., The Cellular Structure of Cork from *Quercus Suber* L. *IAWA Bull* **8**, 213–218 (1987).
  23. Pereira, H., Chemical composition and variability of cork from *Quercus suber* L. *Wood Sci. Technol.* **22**, 211–218 (1988).
  24. Pereira, H., Variability of the chemical composition of cork. *BioResources* **8**, 2246–2256 (2013).
  25. Graça, J., Pereira, H. Suberina: o polímero responsável pelas propriedades da

- cortiça. *II Congr. For. Español* 225–228 (1997).
26. Santos, S., Cabral, V., Graça, J., Cork Suberin Molecular Structure: Stereochemistry of the C18 Epoxy and vic-Diol  $\omega$ -Hydroxyacids and  $\alpha,\omega$ -Diacids Analyzed by NMR. *J. Agric. Food Chem.* 7038–7047 (2013).
  27. Sousa, A. F., Gandini, A., Caetano, A., Maria, T., Freire, C., Neto, C., Silvestre, A. J. D., Unravelling the distinct crystallinity and thermal properties of suberin compounds from *Quercus suber* and *Betula pendula* outer barks. *Int. J. Biol. Macromol.* **93**, 686–694 (2016).
  28. Graça, J., Santos, S., Suberin: A Biopolyester of Plants' Skin. *Macromol. Biosci.* **7**, 128–135 (2007).
  29. Lopes, M. H., Gil, A. M., Silvestre, A. J. D., Neto, C. P., Composition of suberin extracted upon gradual alkaline methanolysis of *Quercus suber* L. Cork. *J. Agric. Food Chem.* **48**, 383–391 (2000).
  30. Graça, J., Suberin: the biopolyester at the frontier of plants. *Front. Chem.* (2015).
  31. Gil, L., A química da cortiça : Ponto da situação. (1993).
  32. Cordeiro, N. M. A., Fraccionamento da cortiça e caracterização dos seus componentes: estudo de possibilidades de valorização suberina. (Universidade de Aveiro, 1998)
  33. Sjöstrom, E. in *Wood Chemistry. Fundamentals and applications. Lignin.* 68–82 (1981).
  34. Feng, Y., Lan, J., Ma, P., Dong, X., Qu, J., He, H. Chemical structure and thermal properties of lignin modified with polyethylene glycol during steam explosion. *Wood Sci. Technol.* **51**, 135–150 (2016).
  35. Trache, D., Hussin, M., Chuin, C., Sabar, S., Fazita, M., Taiwo, O., Hassan, T., Haafiz, M., Microcrystalline cellulose: Isolation, characterization and bio-composites application-A review. *Int. J. Biol. Macromol.* **93**, 789–804 (2016).
  36. Sjöstrom, E. in *Wood Chemistry. Fundamentals and applications. Wood polysaccharides.* 49–67 (1981).
  37. Lopes, C., Maria, D. S., School of Economics and Management Department of Economics Amélia Branco e João Carlos Lopes Carlos Barros Vantagens da concentração geográfica da produção : o caso da indústria corticeira de Santa Maria de Santa Maria da Feira.(2013).
  38. Marques, A. F., Evolução história da indústria corticeira. *Instituto Superior de Agronomia.* Consultado em maio de 2017. Disponível em:

- <http://naturlink.pt/article.aspx?menuid=3&cid=93808&bl=1&viewall=true>.
39. Descortiçamento. *APCOR- Associação Portuguesa da Cortiça*. Consultado em março de 2017. Disponível em: <http://www.apcor.pt/cortica/processo-de-transformacao/descortiçamento/>.
  40. Gonçalves, J., Amaro, A., Gomes, E., Gaspar, C. & Matos, C. *Valorização Propriedade Industrial. III* (2005)
  41. Classificação de Rolhas Naturais. *APCOR- Associação Portuguesa da Cortiça* . Consultado em março de 2017. Disponível em: <https://www.apcor.pt/classificacao-das-rolhas-naturais/>.
  42. Para, M. *Polímeros e Materiais Poliméricos- Manual para o Professor. Classificação de polímeros (4-6)* (2014).
  43. Sheet, T. D., Caf, S. D., Appearance, C., Processing, P. & Caf, S. D. *SILBIONE ® DISPERSION CAF 70004. 70004*, 2–3 (2000).
  44. Sheet, T. D., Caf, S., Mechanical, C., Processing, P. & Caf, S. *Silbione ® caf 72589. 2–3* (2000).
  45. Luzia, S. *Tratamentos de superfície em rolhas de cortiça*. ISEP- Instituto Superior de Engenharia do Porto. (2011).

# **ANEXOS**

## **Anexo A: Silbione Dispersão CAF 70004**

O Silbione Dispersão CAF 7004 é um elastómero de silicone mono componente que é utilizado no tratamento de rolhas de cortiça natural ou aglomerada. É fabricado a partir de óleo de polimetilsiloxano reativo e de aditivos inertes. Pode, também, ser utilizado como revestimento em materiais que se destinam a estar em contacto com alimentos.

### **Vantagens:**

- Formulação especialmente concebida para dar revestimentos de camada muito fina sem diluição;
- Fácil de processar;
- Pode ser pulverizado;
- Excelente lubrificação de rolhas;
- Excelente impermeabilidade a líquidos;
- Não altera as propriedades organolépticas dos líquidos com os quais entra em contacto;
- Inofensivo para o organismo.

### **Características e Propriedades Mecânicas:**

- Aspeto Físico: Pasta Fluida;
- Cor: esbranquiçada
- Odor: acético;
- Viscosidade: 7 Pa. s;
- Matéria seca: 73%;
- Força de Tensão: 3 MPa;
- Elongação até quebra: 250%;

## **Anexo B: Silbione Dispersão CAF-72589**

O silbione dispersão CAF-72589 é um elastómero de silicone utilizado para tratar rolhas naturais ou seladas. É um produto sem solvente à base de polimetilsiloxano reativo. Pode, também, ser utilizado como revestimento em embalagens destinadas ao contacto com alimentos.

### **Vantagens:**

- Formulação especialmente concebida para dar revestimentos de camada muito fina sem diluição;
- Não contém solventes;
- Fácil de processar;
- Pode ser pulverizado;
- Excelente lubrificação de rolhas;
- Excelente impermeabilidade a líquidos;
- Não altera as propriedades organolépticas dos líquidos com os quais entra em contacto;
- Inofensivo para o organismo.

### **Características e Propriedades mecânicas:**

- Aspeto Físico: Pasta Fluida;
- Cor: Translúcida;
- Odor: acético;
- Viscosidade: 7 Pa.s;
- Matéria seca: 100%;
- Força de Tensão: 0,60 MPa;
- Elongação até quebra: 250%;

## Anexo C: Ficha técnica: Rolha Champ 0+2

### Champ 0+2



Figura C 1: Rolha Champ 0+2.

Tabela C 1: Descrição do Produto/ Informações Gerais: Rolha Champ 0+2.

<b>Descrição do Produto</b>	Rolha técnica constituída por um corpo de cortiça aglomerada com dois discos de cortiça natural coladas num dos seus tops. Para colar os discos de cortiça aos tops do cilindro de cortiça aglomerada, é utilizado cola de base poliuretano aglutinante aprovado para ser utilizado em produtos que vão estar em contacto com os alimentos. Estes tipos de rolhas são quimicamente muito estáveis e mecanicamente muito resistentes. Comportam-se de maneira exemplar em relação à força a que são submetidos nas fases de engarrafamento e desarrolhamento. Além do mais, têm demonstrado serem excelentes vedantes ao longo do tempo, conseguindo manter a necessária concentração de dióxido de enxofre livre na garrafa, evitando a oxidação prematura do vinho sem, contudo, desenvolver aromas de redução desagradáveis.
<b>Composição</b>	Aglomerado de cortiça; dois discos de cortiça natural; EC501; BS410B
<b>Calibres</b>	(48x30,5) mm



Tabela C 2: Características do Produto/ Especificações técnicas: Rolha Champ 0+2

<b>Dimensionais</b>	Comprimento	Valor nominal $\pm 0,50$
	Diâmetro	Valor nominal $\pm 0,30$
	Chanfre	5 mm a $45^\circ$
<b>Físicas</b>	Humidade	$6,0\% \pm 2,0$
	Peso Específico	$275 \text{ kg/m}^3 \pm 25$
	Resistência à ebulição	Ausência de degradação
	Capilaridade	$< 2 \text{ mm}$
<b>Químicas</b>	Resíduos de peróxido	$< 0,1 \text{ mg/rolha}$
	Quantidade de tratamento	
	2,4,6- TCA	$1,5 \pm 0,5 \text{ ng/L}$
	PCA	$< \text{LD}$
	TeCA	$< \text{LD}$
	TBA	$< \text{LD}$
<b>Sensoriais</b>	Odores estranhos	neutro
<b>Microbiológicas</b>	Resíduos sólidos	$< 2,5 \text{ mg/rolha}$ (rolhas não tratadas)
		$< 1,5 \text{ mg/rolha}$ (rolhas tratadas)
	Torção	Ângulo: $> 35^\circ$
		Momento: $> 40 \text{ daN.cm}$
		Tensão de corte: $> 7 \text{ daN/cm}^2$
Vedação líquida	$100\% \leq 6,0 \text{ bar}$	

Tabela C 3: Recomendações/ Outras Informações: Rolha Champ 0+2

<b>Embalagem</b>	As rolhas são embaladas em sacos que contém dióxido de enxofre. Este gás age simultaneamente como um antiséptico e antioxidante, protegendo as rolhas.
<b>Rotulagem</b>	Etiqueta padrão com código de barras.
<b>Recomendações / Condições de utilização</b>	Abrir as embalagens de rolhas só quando chegar o momento de as utilizar.
<b>Condições de Armazenamento</b>	A armazenagem das rolhas deve ser efetuada: - Em locais frescos e secos com uma temperatura estável entre os 15°C e os 25°C e uma humidade relativa entre os 40% e os 70%; - Em locais livres de odores e afastados de bolores, todo o tipo de combustíveis e de produtos que contenham químicos, como por exemplo produtos de limpeza ou tintas. - Em locais onde não existam madeiras tratadas com produtos clorados.
<b>Utilização Prevista</b>	Sempre que possível, as rolhas de cortiça devem ser utilizadas logo após serem recebidas. Devem evitar-se longos períodos de armazenamento. O período máximo aconselhável é até 6 meses.
<b>Validade</b>	12 meses
<b>Método de distribuição</b>	Utilizar veículos e contentores cobertos, limpos e sem cheiros. As rolhas não devem ser transportadas com produtos suscetíveis de as contaminar.

## Anexo D: Resultados Obtidos

### Anexo D1: Compressão e Inserção para CAF-70004

Tabela D 1: Compressão e Inserção para rolhas tratadas com CAF-70004. Dia 1.

<b>Rolha</b>	<b>d (mm)</b>	<b>c (mm)</b>	<b>m (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	30,42	48,06	9,600	275,0	1525	141,6
2	30,47	47,98	9,280	265,4	1439	155,2
3	30,54	48,02	9,070	258,0	1364	150,0
4	30,41	48,08	9,720	278,5	1607	143,8
5	30,52	48,06	9,440	268,6	1517	165,8
6	30,36	47,99	8,690	250,3	1217	131,9
7	30,43	47,98	9,350	268,1	1443	139,2
8	30,42	48,09	9,750	279,1	1570	144,7
9	30,38	47,85	8,860	255,6	1291	123,4
10	30,42	47,97	8,960	257,1	1318	149,9
11	30,46	48,07	9,520	271,9	1463	136,9
12	30,48	48,21	9,420	267,9	1497	138,1
13	30,41	48,08	9,140	261,9	1370	134,9
14	30,39	48,04	9,360	268,7	1465	162,9
15	30,40	48,01	9,090	261,0	1404	146,0
16	30,34	48,18	8,900	255,6	1280	142,0
17	30,37	47,87	8,850	255,3	1283	134,2
18	30,56	48,10	9,540	270,5	1486	139,0
19	30,48	48,03	9,120	260,4	1405	151,0
20	30,32	48,04	8,950	258,2	1266	146,4
<b>Valor médio</b>				264,4	1410	143,8
<b>Desvio Padrão</b>				8,235	109,4	10,21

Tabela D 2: Compressão e Inserção para rolhas tratadas com CAF-70004. Dia 2.

<b>Rolha</b>	<b>d (mm)</b>	<b>c (mm)</b>	<b>m (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	30,41	47,97	9,210	264,5	1442	122,1
2	30,41	48,06	9,420	270,0	1480	139,9
3	30,32	47,84	9,070	262,7	1338	135,6
4	30,56	48,05	9,350	265,4	1500	138,0
5	30,48	48,05	9,490	270,8	1516	142,2
6	30,47	47,88	9,320	267,1	1508	143,6
7	30,37	48,03	8,970	257,9	1321	145,9
8	30,35	48,19	9,360	268,6	1476	146,0
9	30,45	48,14	9,690	276,5	1641	154,5
10	30,39	48,05	9,380	269,3	1491	138,5
11	30,44	48,06	9,460	270,6	1466	141,2
12	30,33	48,09	9,300	267,8	1504	158,5
13	30,5	48,05	8,780	250,2	1292	131,1
14	30,46	48,06	9,410	268,8	1524	147,9
15	30,53	48,04	9,770	278,0	1623	167,1
16	30,53	48,25	9,230	261,4	1442	142,4
17	30,47	48,03	9,130	260,8	1418	139,5
18	30,4	48,13	10,100	289,3	1873	172,0
19	30,38	48,08	9,330	267,8	1483	140,5
20	30,4	48,08	10,020	287,3	1727	155,1
<b>Valor médio</b>				268,7	1503	145,1
<b>Desvio Padrão</b>				9,076	134,4	11,71

Tabela D 3: Compressão e Inserção para rolhas tratadas com CAF-70004. Dia 3.

<b>Rolha</b>	<b>d (mm)</b>	<b>c (mm)</b>	<b>m (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	30,52	47,97	8,760	249,7	1357	156,7
2	30,33	48,03	8,830	254,6	1356	152,6
3	30,39	47,82	9,170	264,5	1418	153,9
4	30,40	48,08	8,910	255,4	1363	149,6
5	30,13	47,74	8,390	246,6	1173	131,4
6	30,39	47,95	9,120	262,3	1428	145,3
7	30,48	47,92	9,140	261,5	1433	150,2
8	30,37	47,89	8,840	254,9	1321	133,6
9	30,45	48,04	9,500	271,7	1591	158,7
10	30,22	47,99	9,260	269,2	1495	149,6
11	30,38	47,94	9,620	277,0	1650	158,8
12	30,38	48,13	9,660	277,0	1627	150,5
13	30,40	48,06	9,110	261,3	1455	166,5
14	30,51	48,00	9,110	259,7	1437	140,6
15	30,21	47,96	9,380	273,0	1530	151,8
16	30,31	48,11	9,030	260,3	1462	171,2
17	30,37	48,34	8,790	251,1	1390	145,8
18	30,46	48,35	9,310	264,4	1528	149,4
19	30,33	47,95	8,810	254,4	1328	138,7
20	30,38	48,08	9,530	273,6	1604	172,3
<b>Valor médio</b>				262,1	1447	151,4
<b>Desvio Padrão</b>				9,120	118,8	10,95

Tabela D 4: Compressão e Inserção para rolhas tratadas com CAF-70004. Dia 4.

<b>Rolha</b>	<b>d (mm)</b>	<b>c (mm)</b>	<b>m (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	30,34	48,23	9,520	273,2	1564	141,4
2	30,17	47,95	9,130	266,5	1486	167,8
3	30,27	48,08	9,570	276,7	1596	182,7
4	30,33	48,07	9,590	276,3	1590	168,4
5	30,45	48,05	9,290	265,6	1519	150,1
6	30,44	48,05	9,350	267,5	1531	153,6
7	30,28	47,97	9,260	268,2	1474	147,5
8	30,38	48,15	9,120	261,4	1449	141,6
9	30,60	48,04	8,990	254,6	1487	176,3
10	30,34	47,99	9,230	266,2	1520	154,3
11	30,26	47,93	8,880	257,7	1351	141,6
12	30,27	47,91	8,890	258,0	1315	143,8
13	30,67	48,19	9,270	260,5	1530	162,4
14	30,66	48,28	9,540	267,8	1629	154,6
15	30,41	47,94	9,320	267,8	1527	168,1
16	30,41	47,90	9,380	269,8	1542	151,6
17	30,43	48,01	9,510	272,5	1586	157,3
18	30,30	48,02	9,290	268,4	1491	156,1
19	30,43	48,19	9,140	260,9	1480	156,9
20	30,32	48,26	9,350	268,5	1569	170,3
<b>Valor médio</b>				266,4	1512	157,3
<b>Desvio Padrão</b>				6,027	77,15	11,90

## Anexo D2: Compressão e Inserção para CAF-72589

Tabela D 5: Compressão e Inserção para CAF-72589. Dia 1.

Rolha	c(mm)	d(mm)	m(g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)
1	48,03	30,39	9,09	261,0	1332	136,7
2	48,08	30,41	9,33	267,3	1411	104,1
3	48,14	30,41	8,93	255,5	1311	124,4
4	48,09	30,34	9,3	267,6	1411	105,0
5	48,05	30,35	9,48	272,9	1465	123,0
6	48,13	30,41	9,52	272,5	1525	150,2
7	48,12	30,55	9,47	268,6	1485	137,2
8	48,05	30,41	9,62	275,8	1532	112,4
9	48,06	30,35	9,3	267,6	1425	123,3
10	48,00	30,36	10,24	294,8	1739	128,9
11	48,12	30,43	8,93	255,3	1311	97,4
12	48,24	30,42	9,81	279,9	1529	101,0
13	48,39	30,54	10,4	293,5	1898	145,1
14	48,13	30,42	8,95	256,0	1333	137,9
15	48,23	30,46	9,39	267,3	1427	112,9
16	48,14	30,51	9,24	262,7	1407	101,5
17	48,09	30,38	9,35	268,4	1405	118,1
18	48,22	30,40	9,32	266,4	1439	103,0
19	48,21	30,54	9,69	274,5	1549	117,0
20	48,12	30,54	9,11	258,6	1390	109,5
<b>Valor médio</b>				269,3	1466	119,4
<b>Desvio Padrão</b>				10,90	142,8	15,83

Tabela D 6: Compressão e Inserção para CAF-72589. Dia 2.

<b>Rolha</b>	<b>c(mm)</b>	<b>d(mm)</b>	<b>m(g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	48,16	30,39	9,470	271,2	1445	126,8
2	48,05	30,31	9,320	269,0	1440	141,6
3	48,11	30,34	9,270	266,7	1452	112,0
4	48,01	30,29	9,280	268,4	1424	121,0
5	48,16	30,45	9,440	269,3	1511	119,1
6	48,05	30,44	9,390	268,7	1456	120,5
7	47,98	30,32	9,540	275,5	1515	136,7
8	47,96	30,32	9,190	265,5	1414	115,2
9	48,07	30,42	9,000	257,7	1332	106,0
10	48,00	30,42	9,200	263,9	1412	123,6
11	48,14	30,36	8,940	256,7	1300	115,3
12	48,21	30,60	9,960	281,1	1762	136,8
13	47,99	30,31	9,390	271,3	1471	128,3
14	48,13	30,58	9,380	265,5	1483	123,1
15	48,16	30,59	9,540	269,7	1525	135,7
16	47,99	30,39	9,160	263,3	1400	132,8
17	48,14	30,51	10,190	289,7	1759	129,8
18	48,11	30,74	10,010	280,5	1735	118,4
19	48,15	30,45	9,570	273,1	1564	140,2
20	48,22	30,34	9,340	268,1	1417	114,1
<b>Valor médio</b>				269,7	1491	124,9
<b>Desvio padrão</b>				7,726	128,3	10,14



Tabela D 7: Compressão e Inserção para CAF-72589. Dia 3.

<b>Rolha</b>	<b>c(mm)</b>	<b>d(mm)</b>	<b>m(g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	48,03	30,39	9,220	264,8	1359	106,2
2	47,97	30,28	9,520	275,7	1490	130,5
3	47,97	30,42	9,680	277,8	1500	118,4
4	48,22	30,69	9,450	265,1	1489	137,9
5	48,13	30,37	9,700	278,4	1601	140,6
6	48,13	30,56	8,940	253,4	1304	104,7
7	48,20	30,48	9,590	272,8	1543	150,9
8	48,03	30,41	9,040	259,3	1289	134,6
9	48,34	30,50	9,810	277,9	1627	135,2
10	48,16	30,37	8,860	254,1	1280	134,9
11	48,26	30,51	9,910	281,0	1671	147,3
12	47,95	30,34	8,760	252,8	1203	110,4
13	48,05	30,28	9,210	266,3	1362	115,6
14	48,16	30,58	9,030	255,4	1315	118,2
15	48,07	30,38	9,600	275,6	1559	122,4
16	48,08	30,38	9,650	277,0	1498	120,8
17	48,05	30,40	8,940	256,5	1276	114,6
18	48,12	30,35	8,940	256,9	1267	118,8
19	48,00	30,30	9,820	283,9	1560	125,6
20	48,18	30,42	9,590	274,0	1467	130,6
<b>Valor médio</b>				267,9	1433	125,9
<b>Desvio padrão</b>				10,59	140,1	13,07

Tabela D 8: Compressão e Inserção para CAF-72589. Dia 4.

<b>Rolha</b>	<b>c(mm)</b>	<b>d(mm)</b>	<b>m(g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	47,93	30,32	9,35	270,3	1413	125,1
2	47,95	30,30	9,43	272,9	1470	146,4
3	48,03	30,30	9,63	278,2	1513	122,4
4	48,01	30,41	9,51	272,9	1417	136,3
5	48,21	30,46	9,29	264,6	1379	109,2
6	47,90	30,35	8,64	249,5	1300	117,8
7	47,90	30,28	9,06	262,8	1329	122,5
8	47,99	30,32	9,18	265,1	1297	130,1
9	48,08	30,35	9,07	260,9	1306	126,3
10	48,04	30,38	9,08	260,9	1542	135,3
11	48,14	30,49	9,71	276,4	1300	122,2
12	48,10	30,40	9,04	259,1	1483	122,7
13	47,89	30,30	9,42	272,9	1404	140,9
14	47,96	30,38	9,23	265,6	1290	123,1
15	48,08	30,46	9,11	260,2	1292	134,3
16	48,10	30,47	8,87	253,0	1254	116,9
17	48,04	30,35	8,77	252,5	1280	120,3
<b>Valor médio</b>				264,6	1369	126,6
<b>Desvio padrão</b>				8,500	91,18	9,472

Anexo D3: Características da Rolha: peso específico, força de extração, Binário e profundidade para CAF-70004.

Tabela D 9: Características da rolha para CAF-70004. Dia 1.

Rolha	d (mm)	c (mm)	m (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	30,47	48,25	9,390	267,0	1 490	161,7	18,00	16,90	25,16
2	30,23	47,80	9,370	273,3	1 401	129,9	11,10	12,80	22,81
3	30,45	47,99	8,950	256,2	1 320	128,5	9,50	12,00	23,74
4	30,32	48,36	8,970	257,0	1 301	119,3	15,80	12,70	24,39
5	30,52	48,13	9,260	263,1	1 446	140,1	13,80	13,40	24,03
6	30,26	47,99	9,630	279,2	1 532	124,9	10,80	13,50	24,24
7	30,39	48,18	8,700	249,1	1 251	123,1	12,00	13,70	23,99
8	30,32	47,93	8,610	248,9	1 184	124,3	9,60	13,30	23,26
9	30,41	47,94	8,970	257,7	1 300	127,0	13,00	12,90	25,07
10	30,38	48,12	10,10	289,7	1 661	137,7	17,00	13,50	25,54
11	30,28	48,35	9,290	267,0	1 459	141,1	11,80	14,10	24,39
12	30,36	48,00	9,310	268,1	1 424	144,6	13,60	14,10	23,12
13	30,51	48,01	9,390	267,7	1 478	155,6	12,00	14,90	22,46
14	30,35	47,94	9,030	260,5	1 310	128,8	15,90	14,20	23,43
15	30,47	48,34	9,410	267,1	1 480	153,1	13,20	15,40	24,09
16	30,45	48,04	8,600	246,0	1 200	137,3	15,10	14,80	23,89
17	30,50	48,21	9,140	259,6	1 373	137,1	9,60	12,40	23,09
18	30,48	48,44	9,670	273,7	1 592	142,2	13,30	14,90	23,81
19	30,44	48,08	9,030	258,2	1 371	152,1	14,90	16,00	24,61
20	30,53	48,17	9,170	260,2	1 423	128,9	9,80	12,20	23,96
<b>Valor médio:</b>				263,5	1 400	136,9	12,99	13,89	23,95
<b>Desvio Padrão</b>				10,58	124,5	11,97	2,554	1,298	0,793

Tabela D 10:Características da rolha para CAF-70004. Dia 2.

<b>Rolha</b>	<b>d (mm)</b>	<b>c (mm)</b>	<b>m (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>	<b>Força de Extração (daN)</b>	<b>Binário (daN.cm)</b>	<b>Profundidade (mm)</b>
1	30,42	48,03	9,530	273,1	1 362	137,5	11,40	15,00	23,49
2	30,46	48,60	9,320	263,3	1 470	126,1	12,90	13,90	26,20
3	30,45	48,09	9,520	272,0	1 567	131,1	14,60	13,00	24,77
4	30,36	48,00	8,980	258,6	1 390	132,4	10,50	15,00	24,71
5	30,47	48,08	9,260	264,3	1 467	128,3	12,20	13,80	24,48
6	30,44	48,26	9,350	266,4	1 542	134,6	14,30	13,30	23,80
7	30,39	48,25	9,760	279,0	1 678	128,5	9,50	13,40	22,20
8	30,37	48,01	8,850	254,6	1 328	143,5	19,10	14,20	23,76
9	30,36	48,05	9,330	268,4	1 455	132,3	12,90	12,80	24,69
10	30,38	47,91	9,110	262,5	1 374	134,6	9,50	11,80	22,71
11	30,40	48,36	9,250	263,7	1 500	131,7	8,70	12,30	23,50
12	30,44	47,87	9,420	270,5	1 490	123,0	13,50	13,00	23,27
13	30,40	48,11	9,230	264,5	1 481	151,4	12,80	14,20	23,35
14	30,31	48,27	9,110	261,7	1 425	147,6	9,70	13,20	24,07
15	30,47	47,92	9,330	267,1	1 487	128,9	13,90	13,90	24,73
16	30,29	47,87	9,420	273,2	1 518	133,2	16,50	15,20	23,61
17	30,43	48,09	9,250	264,6	1 455	125,7	14,10	13,70	24,15
18	30,39	47,87	9,140	263,4	1 407	125,4	12,30	12,40	22,53
19	30,35	48,19	9,230	264,9	1 411	147,9	16,00	15,40	22,65
20	30,74	48,35	9,100	253,7	1 418	148,7	11,10	13,40	21,57
<b>Valor médio:</b>				265,5	1 461	134,6	12,78	13,65	23,71
<b>Desvio Padrão</b>				6,180	79,53	8,667	2,630	0,992	1,077

Tabela D 11:Características da rolha para CAF-70004. Dia 3.

Rolha	d (mm)	c (mm)	m (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	30,2	48,08	9,120	264,9	1449	162,4	16,00	16,50	25,45
2	30,63	48,02	9,100	257,3	1466	157,5	11,50	14,70	23,00
3	30,31	48,25	8,860	254,6	1350	134,4	15,20	14,90	25,35
4	30,34	47,94	9,290	268,2	1506	143,4	15,10	15,20	24,57
5	30,36	48,11	9,820	282,1	1752	155,8	19,80	17,20	25,05
6	30,22	48,04	9,000	261,3	1418	143,8	12,30	12,30	23,69
7	30,41	48,16	9,150	261,7	1437	136,8	8,70	13,00	22,49
8	30,29	47,98	9,150	264,8	1446	138,1	11,70	15,70	24,43
9	30,36	47,88	8,920	257,5	1367	148,4	15,10	14,50	24,62
10	30,3	47,87	9,080	263,2	1416	139,3	12,90	12,90	23,17
11	30,39	48,18	8,980	257,1	1390	131,6	15,10	13,70	23,83
12	30,27	47,85	8,950	260,0	1387	136,2	11,90	15,00	27,74
13	30,51	48,02	9,550	272,2	1671	151,0	14,10	14,70	24,66
14	30,3	48,08	9,210	265,8	1528	143,4	27,10	15,70	23,96
15	30,53	48	9,300	264,8	1575	148,1	11,20	11,70	22,33
16	30,4	47,97	9,220	264,9	1489	135,0	10,30	13,70	24,77
17	30,47	47,99	9,280	265,3	1556	133,5	13,50	15,10	23,79
18	30,36	47,99	9,090	261,8	1455	133,0	12,60	12,30	23,34
19	30,37	48,03	9,320	268,0	1516	135,9	14,00	14,10	24,76
20	30,47	47,97	9,280	265,4	1492	135,3	10,90	11,60	23,68
<b>Valor médio:</b>				264,1	1483	142,1	13,95	14,23	24,23
<b>Desvio Padrão</b>				6,045	99,67	9,021	3,945	1,559	1,211

Tabela D 12: Características da rolha para CAF-70004. Dia 4.

Rolha	d (mm)	c (mm)	m (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	30,23	48,13	8,930	258,6	1344	139,6	13,10	14,60	23,87
2	30,31	47,98	9,360	270,5	1502	159,7	12,90	14,70	24,53
3	30,30	48,14	9,160	264,0	1404	131,7	13,70	14,00	25,14
4	30,33	48,08	9,150	263,5	1406	127,9	10,40	13,10	23,86
5	30,46	48,09	9,210	263,0	1530	170,8	13,20	15,20	23,02
6	30,46	47,94	9,020	258,3	1389	138,7	18,60	13,40	23,43
7	30,45	47,95	8,850	253,6	1333	131,9	10,70	12,00	23,57
8	30,37	48,03	9,380	269,7	1583	147,0	9,30	13,10	22,53
9	30,31	48,28	9,630	276,6	1660	161,0	16,00	13,30	24,24
10	30,40	48,14	9,440	270,3	1585	148,5	9,90	13,30	22,74
11	30,35	47,98	9,490	273,5	1604	166,5	20,50	15,80	23,42
12	30,39	47,94	9,140	263,0	1474	156,2	11,30	15,00	23,49
13	30,38	47,88	9,060	261,2	1400	137,3	11,60	10,80	22,99
14	30,34	47,94	9,180	265,0	1496	155,2	12,00	15,10	23,34
15	30,42	48,05	9,480	271,6	1583	146,4	18,30	14,00	23,47
16	30,35	48,36	9,100	260,2	1444	170,8	16,60	16,30	23,30
17	30,42	47,86	8,790	252,8	1300	129,4	13,10	12,90	22,88
18	30,45	48,09	9,390	268,3	1520	141,1	11,60	12,60	22,30
19	30,42	48,36	9,390	267,3	1555	139,9	13,30	14,40	22,78
20	30,34	47,94	9,340	269,6	1471	133,4	10,70	13,10	23,22
<b>Valor médio:</b>				265,0	1479	146,7	13,34	13,84	23,41
<b>Desvio Padrão</b>				6,410	100,1	13,85	3,116	1,334	0,684

Anexo D4: Características da Rolha: peso específico, força de extração, Binário e profundidade para CAF-72589.

Tabela D 13: Características da rolha para CAF-72589. Dia 1.

Rolha	d (mm)	c (mm)	m (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	30,47	48,16	9,990	284,6	1 665	93,00	12,60	13,30	21,83
2	30,38	48,14	9,690	277,8	1 525	98,90	14,20	14,00	23,45
3	30,37	48,09	9,250	265,7	1 376	96,30	7,80	11,10	18,69
4	30,44	48,12	9,240	264,0	1 400	89,00	12,80	13,30	23,20
5	30,33	48,03	9,280	267,6	1 370	94,00	10,60	13,20	21,39
6	30,37	47,94	8,980	258,7	1 319	95,70	12,20	13,70	22,32
7	30,40	48,11	9,260	265,3	1 433	117,5	10,70	15,90	21,76
8	30,58	48,06	9,240	261,9	1 399	114,7	10,90	15,20	22,31
9	30,48	48,23	9,630	273,8	1 520	96,80	11,30	13,30	22,42
10	30,35	48,00	9,230	265,9	1 413	120,1	12,80	15,10	23,16
11	30,42	48,01	9,250	265,2	1 399	90,90	14,80	14,50	23,23
12	30,41	48,16	9,330	266,9	1 385	90,20	12,00	13,30	22,71
13	30,36	48,13	9,350	268,5	1 454	91,70	10,40	13,50	22,18
14	30,40	48,04	9,120	261,7	1 335	94,80	12,80	13,50	23,43
15	30,43	48,07	9,290	265,9	1 376	113,2	12,50	15,30	22,85
16	30,52	48,29	9,470	268,2	1 514	120,2	16,40	15,00	23,84
17	30,50	48,17	9,330	265,2	1 403	100,3	13,50	13,30	23,60
18	30,56	48,05	9,510	270,0	1 449	127,0	17,10	16,50	23,95
19	30,49	48,07	8,810	251,1	1 276	92,80	19,40	14,70	23,65
20	30,44	47,98	8,850	253,6	1 249	95,80	16,50	16,00	24,51
<b>Valor médio:</b>				266,1	1 413	101,6	13,07	14,19	22,72
<b>Desvio Padrão</b>				7,420	93,84	12,09	2,722	1,284	1,252

Tabela D 14: Características da rolha para CAF-72589. Dia 2.

Rolha	d (mm)	c (mm)	m (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	30,47	48,13	9,810	279,7	1 598	104,0	16,50	16,00	23,31
2	30,62	48,03	9,800	277,2	1 598	138,3	13,90	16,10	21,83
3	30,36	48,12	9,340	268,3	1 437	111,4	18,70	14,90	23,35
4	30,41	48,09	9,440	270,4	1 425	125,6	13,70	13,40	22,35
5	30,25	48,00	9,090	263,6	1 315	100,4	13,00	14,30	22,26
6	30,36	48,02	8,790	253,0	1 200	84,40	12,90	13,30	23,39
7	30,28	48,06	9,180	265,4	1 326	117,0	10,90	14,10	22,65
8	30,30	48,09	8,800	253,9	1 263	102,9	11,30	13,70	22,08
9	30,39	48,12	9,470	271,5	1 421	98,20	12,60	14,00	22,18
10	30,31	48,02	9,530	275,2	1 481	104,9	13,90	13,70	22,00
11	30,36	47,97	9,090	261,9	1 315	119,4	14,40	16,00	24,44
12	30,47	48,08	9,780	279,1	1 638	115,0	12,40	14,50	21,04
13	30,48	48,13	9,940	283,2	1 644	101,8	14,20	14,60	23,49
14	30,37	48,22	9,210	263,8	1 377	97,00	14,20	13,80	23,24
15	30,30	47,96	9,010	260,7	1 326	117,5	13,50	15,00	22,61
16	30,41	48,11	9,100	260,6	1 321	106,9	14,20	14,40	23,25
17	30,44	48,14	9,730	277,9	1 538	138,5	17,10	16,20	22,11
18	30,35	48,01	9,380	270,2	1 394	122,2	13,40	15,00	22,23
19	30,42	48,06	9,750	279,3	1 564	121,6	10,70	14,50	22,17
20	30,72	47,97	9,400	264,5	1 466	127,3	15,70	15,00	23,22
<b>Valor médio:</b>				269,0	1 432	112,7	13,86	14,63	22,66
<b>Desvio Padrão</b>				8,831	130,5	14,06	2,000	0,901	0,781



Tabela D 15: Características da rolha para CAF-72589. Dia 3.

<b>Rolha</b>	<b>d (mm)</b>	<b>c (mm)</b>	<b>m (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>	<b>Força de Extração (daN)</b>	<b>Binário (daN.cm)</b>	<b>Profundidade (mm)</b>
1	30,41	48,01	9,25	265,4	1 383	128,2	11,60	13,70	24,80
2	30,49	48,05	9,24	263,5	1 373	113,8	10,60	14,90	23,82
3	30,51	48,13	9,50	270,1	1 514	120,9	10,00	14,30	23,02
4	30,46	48,01	10,06	287,7	1 624	103,7	14,30	15,10	23,02
5	30,59	48,11	9,12	258,1	1 285	96,60	11,80	14,30	24,15
6	30,46	48,11	9,08	259,1	1 322	127,0	12,70	14,50	23,52
7	30,53	48,11	9,19	261,1	1 344	110,2	9,600	12,00	22,95
8	30,40	48,07	9,26	265,5	1 365	125,1	15,10	14,50	24,50
9	30,36	48,12	9,28	266,5	1 377	123,9	13,80	15,90	24,32
10	30,73	48,16	9,67	270,9	1 511	126,5	14,70	16,10	25,20
11	30,28	48,09	9,18	265,2	1 383	102,2	12,70	13,90	24,65
12	30,43	48,11	9,13	261,1	1 322	125,1	12,70	15,70	23,50
14	30,44	48,16	9,13	260,6	1 428	132,0	15,40	15,40	26,15
15	30,51	48,18	9,27	263,3	1 373	135,6	15,00	15,60	23,12
16	30,36	47,99	9,07	261,2	1 308	106,7	12,90	14,50	24,75
17	30,47	48,07	9,18	262,0	1 377	104,3	10,10	11,40	21,88
18	30,43	48,09	8,99	257,2	1 298	117,7	8,500	12,60	22,21
19	30,40	48,21	9,28	265,3	1 355	106,5	10,90	13,20	23,36
20	30,49	48,29	9,31	264,2	1 383	128,6	15,00	15,00	23,64
<b>Valor médio:</b>				264,6	1 386	117,6	12,49	14,35	23,82
<b>Desvio Padrão</b>				6,662	83,82	11,68	2,13	1,30	1,05

Tabela D 16: Características da rolha para CAF-72589. Dia 4.

Rolha	c (mm)	d (mm)	m (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	47,99	30,39	8,95	162,9	1 287	106,0	11,2	14,2	23,33
2	48,1	30,37	9,15	165,9	1 358	122,6	12,1	15,1	24,06
3	47,9	30,42	9,36	170,8	1 421	119,0	14,9	14,8	23,32
4	47,97	30,32	8,78	160,3	1 244	108,6	13,2	15,6	22,96
5	48,01	30,39	9,35	170,0	1 469	118,4	11,00	14,9	24,00
6	47,95	30,37	9,11	166,2	1 307	101,2	9,60	12,8	23,37
7	48,08	30,34	9,28	168,6	1 378	127,9	14,5	14,7	24,20
8	48,07	30,41	9,42	170,8	1 365	122,2	10,2	13,5	24,05
9	48,14	30,49	9,39	169,3	1 408	112,6	16,5	17,4	26,95
10	48,25	30,31	8,90	160,7	1 251	93,7	15,2	15,4	24,73
12	48,06	30,45	9,30	168,4	1 361	104,7	10,2	13,2	22,11
13	48,05	30,45	9,24	167,4	1 357	115,2	14,5	16,1	24,33
14	48,13	30,33	8,98	162,8	1 254	108,5	12,1	15,2	24,08
15	48,16	30,53	9,00	161,9	1 252	107,7	13,5	15,3	24,73
16	48,13	30,43	9,24	167,0	1 362	121,0	14,3	16,3	23,78
17	48,12	30,48	9,58	172,9	1 462	123,2	9,00	12,2	22,19
18	47,97	30,4	9,39	171,0	1 365	120,0	13,5	15,1	23,97
19	47,96	30,32	8,73	159,5	1 163	92,0	11,8	13,8	25,44
20	48,04	30,46	9,34	169,3	1 366	113,4	12,2	13,9	22,48
<b>Valor médio:</b>				166,6	1 338	112,5	12,6	14,71	23,90
<b>Desvio Padrão</b>				4,12	79,94	10,06	2,1	1,28	1,14

Anexo D5: Análise do comportamento da rolha a variações de temperatura.

Tabela D 17: Características da rolha com as variações de temperatura. Tratamentos: CAF-70004 e CAF-72589. Valores medidos para uma temperatura de 50°C.

Tratamento	Rolha	m(g)	c(mm)	d(mm)	Peso Específico (kg.m <sup>-3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Binário (daN.cm)	Força de Extração (daN)	Profundidade (mm)
70004	1	9,1	47,84	30,56	259,5	1394,3	146	14,6	10,2	21,27
	2	8,98	47,94	30,38	258,5	1381,1	144,2	15,5	11,7	21,53
	3	8,97	48,06	30,37	257,8	1389,7	139,8	16,3	10,1	22,76
72589	1	9,01	47,90	30,44	258,6	1421,5	143,3	16,9	11,2	21,86
	2	9,33	47,87	30,10	274,0	1492	151,6	15,9	11,1	20,34
	3	8,96	47,76	30,39	258,8	1407,5	155,8	14,9	12,1	22,68

Tabela D 18: Características médias para uma temperatura de 50°C.

Valores médios			
Tratamento	Binário (daN.cm)	Força de Extração (daN)	Profundidade (mm)
70004	15,4	10,6	21,8
72589	15,9	11,4	21,6

Anexo D6: Análise do comportamento da rolha com o tempo de distribuição do produto engarrafado.

Tabela D 19: Características da Rolha ao fim de 15 dias de tratamento.

Rolha- tratamento	Massa (g)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
2-70004	9,40	30,39	48,15	269,2	1484	101,1	16,9	26,7	22,28
7-70004	9,16	30,51	47,98	261,2	1441	103,1	17,2	23,3	22,8
8-70004	9,03	30,53	48,02	257,0	1372	100,4	12,1	26,1	21,65
9-70004	9,33	30,43	47,74	268,8	1439	99,30	15,7	25,6	23,98
10-70004	9,10	30,29	47,95	263,5	1445	140,3	12,3	29,2	21,68
1-72589	9,14	30,19	47,86	266,9	1404	137,8	15,4	19,1	22,65
3-72589	9,34	30,24	47,92	271,5	1521	157,0	12,6	18,1	21,89
4-72589	9,14	30,30	47,93	264,5	1397	137,1	11,6	18,4	22,57
10-72589	9,53	30,43	48,21	271,9	1610	156,2	14,0	19,8	20,38

Tabela D 20: Características da Rolha ao fim de 1 mês de tratamento.

Rolha- tratamento	Massa (g)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
5-70004	9,62	30,35	47,97	277,3	1527	107,5	13,0	28,9	21,92
4-70004	8,93	30,55	48,06	253,6	1347	104,3	12,9	29	23,29
3-70004	9,50	30,52	48,00	270,6	1488	97,40	9,60	31,4	20,32
6-70004	9,39	30,45	48,09	268,2	1373	109,8	17,9	30,8	23,08
2-72589	9,14	30,19	47,86	266,9	1404	137,8	10,4	20,6	21,36
7-72589	9,02	30,19	48,07	262,2	1405	134,1	11,5	19,4	21,45
6-72589	9,03	30,14	47,82	264,8	1428	135,0	13,2	19,9	22,82
8-72589	10,26	30,56	48,12	290,83414	1883	165,9	20,1	17,9	21,29
9-72589	9,26	30,27	48,01	268,1543102	1500	159,9	17	19,8	22,77

Anexo D7: Análise do comportamento da rolha ao fim de um mês da aplicação do tratamento CAF-70004.

Tabela D 21: Compressão e Inserção ao fim de um mês da aplicação do tratamento CAF-70004. Dia 1.

Rolha	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Massa (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)
1	30,40	47,99	9,780	280,9	1 584,1	146,7
2	30,36	48,14	8,840	253,8	1 251,6	129,1
3	30,57	48,17	9,350	264,6	1 456,3	140,9
4	30,31	48,03	9,130	263,6	1 360,2	135,9
5	30,58	48,05	9,430	267,3	1 531,5	146,6
6	30,36	48,05	9,170	263,8	1 368,7	131,4
7	30,47	47,99	8,900	254,5	1 316,8	142,9
8	30,52	48,19	9,310	264,2	1 417,6	151,6
9	30,31	48,07	8,960	258,5	1 320,6	146,4
10	30,45	48,14	9,030	257,7	1 347,8	150,8
11	30,32	48,00	9,080	262,1	1 394,3	150,8
12	30,42	47,92	9,120	262,0	1 391,2	136,7
13	30,50	47,99	9,210	262,8	1 398,9	138,6
14	30,31	48,02	9,160	264,5	1 431,5	143,6
15	30,35	48,07	9,680	278,5	1 525,3	143,8
16	30,61	48,03	8,970	253,9	1 332,3	147,7
17	30,48	48,16	9,550	271,9	1 547,7	139,2
18	30,44	48,19	8,910	254,2	1 333,8	131,7
19	30,65	48,14	9,130	257,2	1 394,3	133,1
20	30,44	48,20	9,350	266,7	1 443,1	136,2
<b>Valor médio</b>				263,1	1407	141,2
<b>Desvio Padrão</b>				7,545	86,93	6,96

Tabela D 22: Compressão e Inserção ao fim de um mês da aplicação do tratamento CAF-70004. Dia 2.

<b>Rolha</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	30,49	47,81	9,340	267,7	1 444,7	153,3
2	30,51	47,90	9,070	259,1	1 429,9	158,1
3	30,34	47,90	9,330	269,6	1 422,2	135,3
4	30,46	48,17	9,570	272,8	1 552,4	140,4
5	30,35	48,06	9,420	271,1	1 526,8	141,5
6	30,23	48,00	9,180	266,6	1 396,6	136,9
7	30,42	47,97	8,960	257,1	1 331,5	137,2
8	30,28	47,95	9,320	270,1	1 454,7	142,7
9	30,43	48,03	9,190	263,2	1 389,6	135,6
10	30,36	48,03	9,100	261,9	1 395,0	138,1
11	30,27	48,00	9,400	272,3	1 529,1	141,2
12	30,60	47,98	9,240	262,0	1 446,2	146,0
13	30,32	47,94	9,440	272,9	1 571,7	151,4
14	30,60	47,95	8,990	255,1	1 357,8	136,3
15	30,17	47,96	8,970	261,8	1 355,5	133,0
16	30,33	47,69	9,150	265,7	1 387,3	150,8
17	30,36	47,86	9,080	262,2	1 443,9	144,6
18	30,37	47,99	9,070	261,0	1 394,3	148,8
19	30,33	47,96	9,030	260,7	1 354,7	141,7
20	30,47	47,94	9,420	269,6	1 550,0	144,5
<b>Valor médio</b>				265,1	1437	142,9
<b>Desvio Padrão</b>				5,423	73,38	6,81

Tabela D 23: Compressão e Inserção ao fim de um mês da aplicação do tratamento CAF-70004. Dia 3.

<b>Rolha</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	30,39	47,86	9,160	264,0	1 467,9	159,8
2	30,47	48,06	9,050	258,4	1 377,2	140,3
3	30,33	47,86	8,610	249,1	1 266,3	139,7
4	30,27	47,83	9,100	264,5	1 441,6	146,5
5	30,36	47,97	9,060	261,0	1 387,3	138,4
6	30,60	47,87	8,870	252,1	1 281,9	143,9
7	30,31	48,02	9,350	270,0	1 478,0	141,7
8	30,31	47,87	8,830	255,8	1 302,0	142,2
9	30,45	48,23	9,150	260,7	1 388,9	150,8
10	30,28	48,11	9,730	281,0	1 629,8	163,0
11	30,39	47,89	8,950	257,8	1 347,0	143,4
12	30,46	47,84	8,920	256,0	1 332,3	137,4
13	30,53	48,12	9,580	272,1	1 620,5	166,8
14	30,28	47,94	9,210	266,9	1 478,0	140,9
15	30,32	47,76	8,770	254,5	1 282,6	141,8
16	30,43	47,99	9,100	260,9	1 385,8	138,3
17	30,53	47,89	8,960	255,7	1 392,7	148,8
18	30,45	48,03	9,500	271,7	1 563,2	149,3
19	30,30	47,86	8,950	259,5	1 354,8	138,0
20	30,45	47,74	8,900	256,1	1 328,4	137,3
<b>Valor médio</b>				261,4	1405	145,4
<b>Desvio Padrão</b>				7,812	106,83	8,70

Tabela D 24: Compressão e Inserção ao fim de um mês da aplicação do tratamento CAF-70004. Dia 4.

<b>Rolha</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	30,12	48,12	8,750	255,3	1 589,8	136,6
2	30,58	47,96	9,460	268,7	1 687,4	148,2
3	30,32	48,03	8,950	258,2	1 754,8	159,3
4	30,11	47,96	9,215	270,0	1 258,9	178,3
5	30,29	47,86	8,860	257,0	1 358,9	142,6
6	30,49	47,95	9,600	274,3	1 485,9	135,6
7	30,47	48,06	9,250	264,1	1 358,6	146,9
8	30,58	48,02	8,960	254,2	1 347,7	147,8
9	30,65	47,87	9,258	262,3	1 589,7	150,9
10	30,36	47,96	9,105	262,4	1 258,7	145,6
11	30,52	48,09	8,969	255,1	1 638,5	158,3
12	30,18	48,00	8,579	250,0	1 569,3	126,4
13	30,42	47,75	9,105	262,5	1 478,6	138,9
14	30,57	48,05	8,982	254,8	1 589,3	148,5
15	30,35	48,00	9,205	265,1	1 395,6	149,6
16	30,36	47,96	8,652	249,3	1 478,6	158,4
17	30,36	48,08	8,698	250,0	1 596,2	162,4
18	30,45	47,79	8,752	251,6	1 369,6	161,5
19	30,62	47,85	9,256	262,8	1 258,9	149,6
20	30,15	48,50	9,048	261,4	1 256,6	158,4
<b>Valor médio</b>				259,5	1466	150,2
<b>Desvio Padrão</b>				7,065	155,63	11,57



Tabela D 25: Características da rolha 1 mês após a aplicação do tratamento CAF-70004. Dia 1.

Rolha	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Massa (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	30,33	48,46	9,090	259,8	1 381,9	131,3	14,70	15,80	24,59
2	30,34	48,15	9,080	261,0	1 317,5	116,6	18,40	16,00	24,22
3	30,35	48,11	8,770	252,1	1 226,8	124,3	13,80	12,70	23,63
4	30,65	48,08	9,260	261,2	1 378,0	124,4	9,20	13,10	22,56
5	30,48	48,18	10,60	301,7	1 961,7	161,1	13,90	17,30	21,72
6	30,39	48,12	9,240	264,9	1 395,1	136,9	13,40	16,00	22,66
7	30,37	48,03	9,050	260,2	1 340,8	153,7	14,40	15,20	22,81
8	30,41	48,14	9,060	259,3	1 313,7	123,3	12,70	13,20	21,77
9	30,27	47,97	9,340	270,7	1 443,9	129,2	13,50	15,50	22,87
10	30,50	48,21	9,470	269,0	1 491,9	151,3	16,10	16,10	23,19
11	30,71	48,07	9,250	259,9	1 392,7	142,1	16,40	16,20	23,66
12	30,53	47,97	9,330	265,8	1 399,7	133,4	14,20	17,00	22,60
13	30,58	48,05	9,370	265,6	1 423,0	146,5	18,60	17,20	23,15
14	30,49	48,17	9,080	258,3	1 343,9	134,3	14,00	15,40	23,74
15	30,39	48,03	9,080	260,8	1 339,2	140,6	13,30	15,00	22,16
16	30,48	48,03	9,220	263,2	1 406,7	131,6	16,80	17,20	25,78
17	30,51	48,32	9,280	262,8	1 402,8	123,3	15,00	16,10	22,87
18	30,43	48,12	9,070	259,3	1 343,1	129,9	8,60	13,40	20,90
19	30,34	48,00	9,290	267,8	1 430,7	135,4	11,40	13,40	22,56
20	30,63	47,95	8,690	246,1	1 225,2	138,7	12,40	13,90	21,93
<b>Valor médio:</b>				263,5	1398	135,4	14,04	15,29	22,97
<b>Desvio Padrão</b>				10,572	148,1	11,36	2,560	1,500	1,108

Tabela D 26: Características da rolha 1 mês após a aplicação do tratamento CAF-70004. Dia 2.

Rolha	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Massa (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	30,51	48,00	9,030	257,4	1 393,5	144,2	16,70	14,60	22,54
2	30,22	47,78	9,050	264,2	1 361,7	138,3	14,70	14,50	24,72
3	30,36	47,99	9,410	271,0	1 529,1	148,3	15,50	15,50	22,30
4	30,36	47,83	9,520	275,1	1 536,1	132,0	14,60	16,80	24,30
5	30,37	48,02	9,040	260,0	1 415,2	144,4	15,50	14,80	23,62
6	30,23	47,86	8,940	260,4	1 338,4	134,4	11,60	13,80	21,76
7	30,42	47,90	9,100	261,5	1 388,1	121,6	19,10	13,60	23,12
8	30,38	47,97	9,410	270,8	1 508,2	134,2	15,10	15,50	22,67
9	30,43	48,22	9,450	269,6	1 526,0	133,2	14,20	15,60	24,26
10	30,62	47,94	9,370	265,6	1 550,8	138,1	16,20	16,70	23,20
11	30,28	48,02	9,460	273,7	1 494,2	132,2	17,20	16,10	23,67
12	30,32	47,91	8,880	256,8	1 354,7	147,9	16,40	14,60	23,57
13	30,35	48,11	8,990	258,4	1 352,4	128,6	15,00	15,00	22,85
14	30,25	47,81	8,650	251,9	1 249,3	121,4	11,70	13,30	22,10
15	30,40	47,95	9,450	271,7	1 546,9	151,2	14,80	15,40	21,79
16	30,36	47,82	8,760	253,2	1 298,9	124,6	14,40	14,50	23,54
17	30,28	48,00	9,210	266,6	1 412,9	139,8	10,40	14,80	21,78
18	30,32	48,34	9,210	264,0	1 469,5	135,2	19,00	15,70	22,81
19	30,43	47,98	9,230	264,6	1 462,5	149,0	16,80	15,60	23,54
20	30,54	47,93	8,860	252,5	1 315,2	141,5	11,10	14,70	22,42
<b>Valor médio:</b>				263,4	1425	137,0	15,00	15,06	23,03
<b>Desvio Padrão</b>				7,118	92,4	8,93	2,382	0,930	0,874

Tabela D 27: Características da rolha 1 mês após a aplicação do tratamento CAF-70004. Dia 3.

Rolha	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Massa (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	30,39	47,88	9,430	271,7	1 539,2	143,3	12,70	15,30	22,75
2	30,32	48,03	9,410	271,5	1 575,6	135,4	16,30	16,50	22,80
3	30,31	47,88	9,030	261,5	1 407,5	128,0	11,90	13,30	24,03
4	30,33	47,87	9,050	261,8	1 444,7	148,4	15,40	15,10	23,73
5	30,34	47,91	8,900	257,1	1 385,8	136,1	12,30	13,60	22,75
6	30,23	47,98	9,400	273,1	1 573,3	146,7	13,80	15,50	23,80
7	30,49	47,76	9,140	262,2	1 446,2	139,0	17,20	14,80	24,97
8	30,34	48,08	9,240	266,0	1 510,5	130,6	15,30	16,60	25,60
9	30,38	48,12	9,530	273,4	1 661,6	140,6	11,00	12,80	22,28
10	30,41	47,77	9,300	268,2	1 466,4	143,4	20,50	17,30	24,25
11	30,35	48,08	9,210	264,9	1 521,4	138,9	7,80	11,40	20,63
12	30,42	48,08	9,100	260,5	1 442,4	130,5	7,20	10,40	21,69
13	30,34	48,08	9,420	271,1	1 517,5	133,7	16,20	16,60	23,19
14	30,20	48,00	9,290	270,3	1 543,9	139,9	11,30	13,70	22,41
15	30,35	47,91	9,030	260,7	1 477,2	140,4	12,40	15,40	21,60
16	30,48	47,82	8,620	247,2	1 320,6	138,1	13,30	15,10	24,49
17	30,31	47,71	8,560	248,8	1 325,3	133,2	11,80	14,10	23,06
18	30,49	48,31	9,420	267,2	1 608,1	138,0	14,60	15,20	23,22
19	30,32	47,87	8,760	253,6	1 364,1	149,9	13,40	14,70	22,84
20	30,51	47,88	8,980	256,7	1 481,9	146,1	17,60	16,30	23,96
<b>Valor médio:</b>				263,4	1481	139,0	13,60	14,69	23,20
<b>Desvio Padrão</b>				7,822	91,7	6,11	3,201	1,768	1,196

Tabela D 28: Características da rolha 1 mês após a aplicação do tratamento CAF-70004. Dia 4.

Rolha	d (mm)	c (mm)	m (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Torque (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	30,12	48,12	8,750	255,3	1 589,8	136,6	12,40	11,36	23,15
2	30,58	47,96	9,460	268,7	1 687,4	148,2	11,50	12,50	24,50
3	30,32	48,03	8,950	258,2	1 754,8	159,3	11,10	10,36	22,10
4	30,11	47,96	9,215	270,0	1 258,9	178,3	7,56	9,25	23,60
5	30,29	47,86	8,860	257,0	1 358,9	142,6	9,63	9,36	24,80
6	30,49	47,95	9,600	274,3	1 485,9	135,6	14,30	13,52	22,20
7	30,47	48,06	9,250	264,1	1 358,6	146,9	11,63	14,36	22,50
8	30,58	48,02	8,960	254,2	1 347,7	147,8	12,30	12,36	22,30
9	30,65	47,87	9,258	262,3	1 589,7	150,9	11,45	12,35	22,80
10	30,36	47,96	9,105	262,4	1 258,7	145,6	11,23	12,45	22,65
11	30,52	48,09	8,969	255,1	1 638,5	158,3	12,63	11,85	23,56
12	30,18	48,00	8,579	250,0	1 569,3	126,4	11,25	11,32	24,36
13	30,42	47,75	9,105	262,5	1 478,6	138,9	12,69	12,36	23,15
14	30,57	48,05	8,982	254,8	1 589,3	148,5	11,53	12,53	25,86
15	30,35	48,00	9,205	265,1	1 395,6	149,6	11,43	11,63	23,53
16	30,36	47,96	8,652	249,3	1 478,6	158,4	11,35	12,69	24,32
17	30,36	48,08	8,698	250,0	1 596,2	162,4	11,63	11,25	22,53
18	30,45	47,79	8,752	251,6	1 369,6	161,5	12,36	15,36	22,56
19	30,62	47,85	9,256	262,8	1 258,9	149,6	8,56	9,26	23,86
20	30,15	48,50	9,048	261,4	1 256,6	158,4	11,47	12,36	24,50
<b>Valor médio:</b>				259,5	1466	150,2	11,40	11,92	23,44
<b>Mínimo:</b>				249,3	1257	126,4	7,56	9,25	22,10
<b>Máximo</b>				274,3	1755	178,3	14,30	15,36	25,86
<b>Desvio Padrão</b>				7,065	155,6	11,57	1,461	1,574	1,029

Anexo D8: Análise do comportamento da rolha ao fim de um mês da aplicação do tratamento CAF-72589.

Tabela D 29: Compressão e Inserção ao fim de um mês da aplicação do tratamento CAF-72589. Dia 1.

Rolha	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Massa (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)
1	47,86	30,05	9,16	270,0	1430	158,8
2	47,90	30,08	9,43	277,2	1514	159,9
3	47,86	30,33	9,32	269,7	1525	170,5
4	48,02	30,21	9,10	264,5	1422	168,4
5	47,81	30,26	9,17	266,8	1424	151,9
6	48,18	30,35	10,0	287,0	1754	165,3
7	47,94	30,27	9,34	270,9	1500	161,6
8	47,90	30,22	9,89	288,0	1810	169,6
9	48,12	30,28	9,13	263,6	1429	162,5
10	47,89	30,20	9,23	269,2	1476	155,4
11	47,90	30,23	8,99	261,6	1384	149,6
12	47,84	30,30	8,99	260,7	1355	138,9
13	47,92	30,33	8,86	256,0	1378	156,3
14	47,98	30,22	9,05	263,1	1427	146,6
15	48,23	30,35	9,15	262,4	1482	147,5
16	48,00	30,29	9,38	271,3	1571	170,8
17	47,97	30,29	9,22	266,9	1496	152,5
18	47,86	30,21	9,13	266,3	1463	155,1
19	47,92	30,24	9,11	264,8	1449	162,8
20	47,91	30,21	9,09	264,8	1424	147,7
<b>Valor médio</b>				268,2	1486	157,6
<b>Desvio Padrão</b>				8,02	114,7	9,00

Tabela D 30: Compressão e Inserção ao fim de um mês da aplicação do tratamento CAF-72589. Dia 2.

<b>Rolha</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	47,83	30,46	8,76	251,5	1318	146,6
2	47,92	30,30	8,88	257,1	1352	167,7
3	47,94	30,33	8,94	258,2	1368	147,9
4	48,07	30,65	9,84	277,6	1726	181,9
5	48,06	30,57	9,59	272,0	1655	180,2
6	47,95	30,31	9,48	274,1	1585	163,1
7	47,82	30,40	9,18	264,6	1477	159,3
8	47,94	30,53	8,54	243,5	1259	156,7
9	47,86	30,55	8,80	251,0	1334	151,8
10	48,01	30,51	9,16	261,1	1470	164,1
11	47,96	30,71	8,70	245,0	1294	159,3
12	47,81	30,27	8,93	259,7	1403	166,5
13	47,90	30,35	8,70	251,2	1284	144,7
14	47,99	30,52	9,69	276,1	1665	167,7
15	47,93	30,42	9,63	276,6	1696	168,1
16	48,01	30,46	9,47	270,8	1561	167,1
17	48,19	30,42	8,88	253,7	1357	157,4
18	47,92	30,54	9,14	260,5	1434	156,5
19	47,78	30,27	9,04	263,0	1439	154,0
20	47,90	30,44	8,83	253,4	1339	148,1
<b>Valor médio</b>				261,0	1451	160,4
<b>Desvio Padrão</b>				10,62	148,0	10,32

Tabela D 31: Compressão e Inserção ao fim de um mês da aplicação do tratamento CAF-72589. Dia 3.

<b>Rolha</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	48,13	30,30	9,35	269,6	1 512,9	171,8
2	48,16	30,45	9,16	261,3	1 439,3	166,1
3	48,01	30,47	9,09	259,8	1 423,8	166,7
4	48,01	30,66	9,21	260,0	1 533,0	170,4
5	48,19	30,51	9,92	281,7	1 794,7	175,8
6	48,11	30,20	9,07	263,3	1 408,3	159,4
7	48,07	30,44	9,53	272,6	1 641,4	177,6
8	48,17	30,38	9,73	278,8	1 691,0	181,3
9	47,88	30,30	9,14	264,9	1 492,7	166,0
10	47,92	30,55	8,93	254,4	1 376,5	158,7
11	48,16	30,39	9,31	266,6	1 539,2	184,3
12	48,10	30,41	9,20	263,5	1 499,7	181,5
13	47,91	30,49	8,89	254,3	1 363,3	156,7
14	48,01	30,40	9,15	262,7	1 480,3	171,8
15	48,02	30,43	9,35	267,9	1 508,2	152,1
16	48,06	30,33	9,29	267,7	1 478,8	159,5
17	47,95	30,65	9,13	258,2	1 446,2	169,8
18	48,08	30,29	9,33	269,4	1 508,2	165,0
19	47,98	30,31	9,10	263,0	1 407,5	159,5
20	48,03	30,38	9,40	270,1	1 588,8	180,6
<b>Valor médio</b>				265,5	1507	168,7
<b>Desvio Padrão</b>				7,12	107,0	9,37

Tabela D 32: Compressão e Inserção ao fim de um mês da aplicação do tratamento CAF-72589. Dia 4.

<b>Rolha</b>	<b>Comprimento (mm)</b>	<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Massa (g)</b>	<b>Peso Específico (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Compressão (daN)</b>	<b>Inserção (daN)</b>
1	47,90	30,22	8,85	257,7	1 387,3	151,6
2	48,02	30,42	9,19	263,5	1 481,1	151,6
3	47,89	30,29	8,96	259,8	1 447,0	164,0
4	48,16	30,70	9,29	260,7	1 516,7	167,8
5	48,02	30,32	9,32	268,9	1 603,5	153,4
6	48,02	30,39	9,28	266,6	1 582,6	182,2
7	47,99	30,35	8,56	246,7	1 316,8	167,1
8	47,98	30,28	8,76	253,7	1 332,3	143,0
9	48,08	30,41	9,81	281,1	1 844,2	185,5
10	48,00	30,35	9,18	264,5	1 512,9	183,8
11	48,05	30,43	8,90	254,8	1 387,3	148,5
12	48,03	30,42	9,08	260,2	1 459,4	150,6
13	48,04	30,26	9,23	267,3	1 597,3	179,9
14	48,02	30,51	9,73	277,3	1 732,0	178,5
15	47,93	30,25	8,97	260,5	1 436,9	163,2
16	47,96	30,37	9,03	260,0	1 462,5	177,2
17	47,88	30,30	9,33	270,4	1 543,1	156,4
18	48,02	30,47	9,16	261,7	1 513,6	155,0
19	48,00	30,31	9,22	266,3	1 485,0	151,2
20	47,95	30,42	9,61	275,9	1 731,2	168,3
<b>Valor médio</b>				263,9	1519	163,9
<b>Desvio Padrão</b>				8,28	134,9	13,47



Tabela D 33: Características da rolha 1 mês após a aplicação do tratamento CAF-72589. Dia 1.

Rolha	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Massa (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	47,89	30,36	9,62	176,0	1 573	144,7	11,1	13,4	23,57
2	47,96	30,4	9,35	170,3	1 544	160,3	14,5	14,8	23,63
3	47,93	30,26	9,09	166,6	1 453	145,3	13,3	14,1	24,17
4	47,86	30,24	9,22	169,6	1 432	160,0	15,1	14,3	23,49
5	47,76	30,18	9,35	173,0	1 456	131,0	13,7	13,1	27,68
6	47,83	30,29	9,07	166,7	1 432	158,3	13,8	15,5	23,98
7	47,84	30,2	9,18	169,2	1 447	136,3	9,9	11,8	23,57
8	47,99	30,32	9,28	169,3	1 549	151,4	9,2	5,9	21,6
9	47,86	30,12	9,33	172,3	1 489	126,4	15,4	14,9	26,32
10	47,99	30,25	9,43	172,4	1 548	155,4	18,3	13,6	25,2
11	48,45	30,32	9,17	164,1	1 461	152,1	10,2	13,6	23,73
12	47,99	30,33	9,19	167,6	1 475	144,7	12,3	12,5	24,2
13	47,91	30,31	8,84	161,9	1 339	137,3	8,4	12,7	22,94
14	47,79	30,27	8,87	163,4	1 357	138,9	14,7	13,2	25,6
15	47,87	30,42	9,21	168,3	1 481	136,8	12,7	12,9	25,89
16	47,76	30,09	9,11	169,1	1 471	159,8	12,4	14,6	25,29
17	47,68	30,19	8,87	164,6	1 311	131,4	9,4	11	23,78
18	47,86	30,11	8,99	166,0	1 403	136,7	12	13,5	23,78
19	48,11	30,32	9,22	167,4	1 468	166,5	13	14,1	22,87
20	47,84	30,22	9,3	171,3	1 517	159,8	11,2	13,3	22,87
<b>Valor médio:</b>				168,5	1 460	146,7	12,5	13,14	24,21
<b>Desvio Padrão</b>				3,54	69,79	11,96	2,5	2,01	1,41

Tabela D 34: Características da rolha 1 mês após a aplicação do tratamento CAF-72589. Dia 2.

Rolha	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Massa (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	47,86	30,36	9,04	165,6	1 374	147,9	14,1	14,8	23,93
2	47,97	30,61	8,89	160,8	1 315	136,8	11,8	13,2	22,10
3	48,03	30,39	9,12	165,7	1 442	153,7	5,00	8,40	20,67
4	47,87	30,52	8,77	159,7	1 298	139,0	13,5	13,2	24,17
5	47,99	30,46	9,06	164,5	1 404	153,3	18,7	14,0	23,64
6	48,15	30,64	9,35	167,7	1 532	135,7	12,1	11,3	23,09
7	47,78	30,29	9,03	166,4	1 387	137,8	13,4	11,3	23,70
8	47,98	30,49	8,80	159,7	1 328	159,2	13,8	14,1	26,07
9	47,87	30,55	8,93	162,5	1 384	156,7	14,5	14,2	24,02
10	48,07	30,72	9,33	167,4	1 514	143,0	9,60	12,5	23,37
11	47,9	30,35	9,02	165,0	1 406	158,2	17,6	14,1	24,66
12	47,97	30,31	9,40	171,7	1 513	143,3	12,0	12,2	24,71
13	47,87	30,40	8,76	160,2	1 342	151,8	11,5	13,5	22,09
14	47,95	30,56	9,16	166,1	1 459	142,9	3,20	8,90	21,21
15	48,11	30,51	9,46	170,7	1 576	141,8	13,3	13,2	25,81
16	47,89	30,51	9,01	164,0	1 417	134,7	8,90	11,7	23,59
17	47,92	30,38	9,67	176,6	1 674	153,0	13,3	13,0	24,11
18	48,11	30,37	9,38	170,0	1 530	141,0	11,5	12,3	22,88
19	48,03	30,37	8,80	160,0	1 357	140,5	6,40	8,50	21,14
20	47,9	30,41	9,74	177,8	1 688	146,5	7,40	10,0	23,30
<b>Valor médio:</b>				166,1	1 447	145,8	11,6	12,22	23,41
<b>Desvio Padrão</b>				5,24	112,33	7,85	3,9	1,95	1,44

Tabela D 35: Características da rolha 1 mês após a aplicação do tratamento CAF-72589. Dia 3.

Rolha	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Massa (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	48,01	30,28	9,15	167,0	1 442	142,7	13,5	12,8	23,19
2	48,09	30,33	9,35	169,8	1 484	146,1	7,20	8,80	22,37
3	47,90	30,33	9,34	171,0	1 507	153,7	13,5	14,2	23,58
4	47,94	30,26	8,84	161,9	1 315	148,9	13,0	14,5	23,38
5	47,93	30,31	9,54	174,5	1 566	156,8	13,8	14,7	24,58
6	48,17	30,46	9,26	166,9	1 423	135,7	11,2	12,2	24,29
7	47,83	30,36	9,42	172,8	1 549	151,6	15,1	14,9	26,17
8	47,89	30,30	9,36	171,6	1 548	146,9	15,8	13,5	24,05
9	47,93	30,45	8,92	162,4	1 335	128,9	8,50	10,8	23,65
10	47,85	30,28	9,13	167,8	1 428	141,0	17,2	13,2	24,48
11	48,10	30,57	9,35	168,4	1 521	166,1	16,2	15,4	25,16
12	47,98	30,39	8,92	162,4	1 369	133,6	10,5	12,2	23,98
13	47,88	30,49	9,04	164,8	1 424	153,9	14,0	14,9	24,90
14	47,91	30,29	9,00	164,9	1 397	139,8	14,7	13,3	25,22
15	47,91	30,57	9,00	163,4	1 406	159,5	13,4	13,5	24,58
16	47,90	30,37	9,43	172,4	1 576	162,6	12,6	13,9	23,52
17	48,00	30,42	8,94	162,5	1 347	131,0	10,2	11,0	24,49
18	47,98	30,40	9,12	166,0	1 442	135,6	5,80	8,90	22,93
19	47,80	30,25	9,46	174,4	1 590	157,4	7,60	13,0	21,89
20	48,02	30,42	8,97	162,9	1 387	157,5	13,3	13,7	24,74
<b>Valor médio:</b>				167,4	1 453	147,5	12,4	12,9	24,06
<b>Desvio Padrão</b>				4,27	84,97	11,05	3,2	1,86	1,02

Tabela D 36: Características da rolha 1 mês após a aplicação do tratamento CAF-72589. Dia 4.

Rolha	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Massa (g)	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )	Compressão (daN)	Inserção (daN)	Força de Extração (daN)	Binário (daN.cm)	Profundidade (mm)
1	48,35	30,38	9,53	170,9	1 607	146,7	13,1	12,6	23,36
2	48,36	30,29	8,88	159,7	1 403	159,2	8,20	12,7	23,81
3	48,05	30,55	9,11	164,5	1 490	153,8	13,8	13,5	25,05
4	48,06	30,45	9,24	167,4	1 538	149,3	13,4	13,3	24,22
5	48,05	30,40	8,72	158,3	1 313	138,4	3,10	5,40	20,73
6	47,97	30,33	9,56	174,5	1 670	155,5	16,7	15,5	26,28
7	48,07	30,28	9,22	167,9	1 492	150,1	11,6	12,3	24,32
8	47,96	30,30	9,45	172,7	1 636	163,5	9,00	12,3	22,23
9	47,92	30,23	10,06	184,6	1 840	160,3	11,3	12,0	24,93
10	48,21	30,43	9,80	176,5	1 758	183,6	15,5	16,7	24,27
11	47,96	30,33	9,01	164,5	1 407	145,0	10,5	12,2	23,30
12	48,02	30,35	8,79	160,0	1 349	147,5	18,2	13,8	24,32
13	47,94	30,41	9,27	169,0	1 561	153,7	9,80	10,6	21,47
14	47,91	30,37	9,60	175,4	1 717	169,9	10,4	11,5	22,46
15	48,02	30,34	8,75	159,3	1 309	138,7	7,30	10,6	23,76
16	48,02	30,40	9,29	168,8	1 553	149,3	14,8	14,8	23,63
17	47,95	30,25	9,31	170,5	1 539	148,5	13,9	12,9	23,86
18	48,08	30,43	9,17	166,1	1 491	147,1	14,0	12,4	23,77
19	47,86	30,21	8,89	163,7	1 366	134,7	12,4	11,8	24,14
20	47,84	30,43	8,61	157,5	1 290	137,1	10,3	10,4	24,42
<b>Valor médio:</b>				167,6	1 516	151,6	11,9	12,37	23,72
<b>Desvio Padrão</b>				7,04	156,64	11,75	3,5	2,28	1,25

