



Estudo do processo de relaxamento e de termofixação das malhas com elastano

JULIANA SOFIA DA SILVA OLIVEIRA

novembro de 2018

Estudo do processo de relaxamento e de termofixação das malhas com elastano

Est — **adalberto** — 1969

Adalberto Estampados

Estamparia Têxtil Adalberto Pinto da Silva, S.A

Orientador ISEP: Eng.º António Alfredo Crispim

Orientador Organização: Eng.º Mário Jorge Machado

Juliana Oliveira

Novembro 2018

*“A persistência é
o caminho do
êxito.”*

Charles Chaplin

AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação de mestrado contou com importantes apoios e incentivos, sem os quais não teria sido possível e, por isso, quero expressar os meus agradecimentos.

Em primeiro lugar ao meu orientador do ISEP, Doutor Alfredo Crispim por todo o apoio, empenho, disponibilidade e compreensão.

Ao Engenheiro Mário Jorge Machado, orientador na Adalberto, pela colaboração e disponibilidade no esclarecimento de qualquer dúvida.

Aos meus colegas da Adalberto, pela integração, espírito de equipa, motivação e ajuda prestada, em especial à Joana Ferreira.

Aos meus colegas e amigos do ISEP, por todo companheirismo, incentivo e amizade em especial à Ana Peixoto, Sandra Carvalho, Fabiana Silva.

Por fim, e tendo a consciência de que sozinha não teria sido possível, um agradecimento especial aos meus pais e irmãos, por todo apoio incondicional, paciência, amizade e ajuda na superação dos obstáculos desta longa caminhada.

A todos o meu sincero **Muito Obrigada!**

RESUMO

Atualmente o tecido industrial português enfrenta uma forte concorrência dos países onde os custos operacionais são significativamente mais baixos. O sector têxtil é dos que mais tem sofrido com esta evolução, sendo cada vez mais claro que apenas conseguirão sobreviver as empresas que diferenciarem os seus produtos ou serviços da restante oferta. Torna-se assim fundamental uma forte aposta na inovação, não só aquela que implica alguns investimentos e produz avanços tecnológicos, mas também aquela focada nos pequenos detalhes e na melhoria contínua dos processos do dia-a-dia.

O processo de relaxamento e, principalmente, o de termofixação, são fundamentais para a conformidade do artigo, em termos de estabilidade dimensional, largura e gramagem. Estes processos são baseados em tratamentos térmicos, utilizando elevadas temperaturas para corrigir as tensões introduzidas aquando da produção do artigo, neste caso, a malha.

Numa fase inicial são avaliadas as condições de entrada em produção dos artigos em estudo, malha jersey, composta por 95% de viscose e 5% de elastano. Os artigos estudados estão codificados por 992, 652 e 365.

A segunda etapa passa por avaliar a influência do processo de relaxamento, em termos de estabilidade dimensional, gramagem e largura, e só depois foram alterados parâmetros de processo – normalização do processo de relaxamento.

A terceira fase do projeto consiste em identificar as variáveis críticas do processo de termofixação e, posto isto, proceder à normalização do processo, tendo em conta, sempre, os resultados do artigo acabado, ou seja, nas condições de entrega ao cliente.

Com a evolução do projeto, constatou-se que o principal benefício do relaxamento é reduzir significativamente os encolhimentos provocados na produção da malha. Obtém-se, em média, uma diminuição de 30% relativamente aos encolhimentos à teia e 19% relativamente à trama.

Relativamente à termofixação, concluiu-se que os parâmetros de processo mais influentes são: temperatura, tempo de permanência, largura e gramagem obtida. Com o aumento 5°C na temperatura de termofixação, passando de 185°C para 190°C, obteve-se melhorias nas características do artigo acabado na ordem dos 5% à teia. Enquanto que o artigo termofixado a 185°C obteve-se encolhimentos médios à teia de -10% e à trama -4, o termofixado a 190°C obteve encolhimentos médios de -5% à teia e -4% à trama.

A normalização de processos é muito importante para que se garanta a reprodutibilidade das características dos artigos. É também uma importante ferramenta para diminuir a não-qualidade e desta forma os reprocessamentos internos – operação extras ao processo previamente estipulado.

PALAVRA-CHAVE: Elastano, Viscose, malha jersey, Relaxamento, Termofixação, Estabilidade Dimensional.

ABSTRACT

At the moment, the Portuguese TEXTILE AND CLOTHING INDUSTRY faces strong a competition from the other countries where operating costs are lower. This sector has suffered a big evolution, and it is increasingly clear that only companies that differentiate their products or services from the remaining supply will be able to survive. Thus, a strong commitment to innovation is essential, not only the one that implies some investments and produces technological advances, but also that focused on the small details and the continuous improvement of the day-to-day processes.

The relaxation process, and especially the thermofixation process, are fundamental for the conformity of the article, in terms of dimensional stability, width and weight. These processes are based on heat treatments, using high temperatures to correct the introduced stresses when producing the article, in this case the mesh.

In an initial phase, the production conditions of the articles under study, jersey knit, composed of 95% of viscose and 5% of elastane are evaluated. The articles studied are coded by 992, 652 and 365.

The second step was to evaluate the influence of the relaxation process, in terms of dimensional stability, weight and width, and only afterwards were changed process parameters - normalization of the relaxation process.

The third phase of this project consists in identifying all critical variables of the thermofixation process and, therefore, normalizing the process, always taking into account the results of the finished article, that is, in the conditions of delivery to the client.

In the course of the project, the main benefits to growth are the most provocative processes in the production of the knit. Gets, on average, a decrease of 30% in relation to the shrinkage in the web and 19% in relation to the plot.

About thermofixation, it was concluded the most influential results processes are: temperature, residence time, width and weight obtained. With the 5° C increase in temperature to heat setting, passing for 185° C to 190° C, improvements in the features of the article over on the order of 5% to the Web. While the article thermoseted to ar 185°C average shrinkage obtained the Web of -10% and -4%, the thermoseted plot to 190°C obtained average shrinkage -5% to -4% to web and weft

The standardization of processes is very important to ensure the reproducibility of the characteristics of the articles. It is also a tool to decrease not-quality. and in this way the internal reprocessing -extra operation to process previously stipulated.

KEYWORDS: Elastane; viscose; Relaxation; Knit jersey; Thermofixation; dimensional stability

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	I
RESUMO	III
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. ADALBERTO ESTAMPADOS – ESTAMPARIA TÊXTIL ADALBERTO PINTA DA SILVA, SA	1
1.3. OBJETIVOS DA TESE	2
1.4. ESTRUTURA DO RELATÓRIO.....	3
2. ESTADO DA TECNOLOGIA	5
2.1. SETOR TÊXTIL E DE VESTUÁRIO EM PORTUGAL	5
2.1.1. ANÁLISE SWOT DO SETOR	6
2.2. FIBRAS TÊXTEIS	7
2.2.1. FIBRAS SINTÉTICAS	9
→ ELASTANO (SPANDEX).....	9
2.2.2. FIBRAS CELULÓSICAS REGENERADAS	10
→ VISCOSE	10
→ MODAL.....	12
2.2.2. FIBRAS NATURAIS.....	14
→ ALGODÃO	14
2.3. MALHAS	15
2.4. ESTABILIDADE DIMENSIONAL	16
→ TESTE DE ESTABILIDADE DIMENSIONAL	17
2.5. PROCESSO PRODUTIVO EM ESTUDO.....	18
2.5.1. RELAXAMENTO	19
2.5.2. TERMOFIXAÇÃO.....	20
3. TRABALHO DESENVOLVIDO.....	23
3.1. ESTRATÉGIA E METODOLOGIA	24
3.2. OBJETIVO A ALCANÇAR	26

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
4.1. PRIMEIRO CASO DE ESTUDO - INFLUÊNCIA DA ETAPA DE RELAXAMENTO	27
4.2. SEGUNDO CASO DE ESTUDO – VALIDAÇÃO DA TEMPERATURA DE TERMOFIXAÇÃO.....	34
4.3. TERCEIRO CASO DE ESTUDO – MALHA SEM PROCESSO DE RELAXAMENTO	37
4.4. INDICADOR DA EVOLUÇÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO	41
5. CONCLUSÃO.....	43
BIBLIOGRAFIA	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Exemplo da cadeira de valor da indústria têxtil	2
Figura 2-1. Representação do volume de negócio da ITV por distrito	5
Figura 2-2. Principais indicadores da Indústria Têxtil e de Vestuário (ITV)	6
Figura 2-3. Classificação global das fibras têxteis	8
Figura 2-4. Pré-polímero acabado composto por macroglicol (esquada) e diisocianato (à direita).....	9
Figura 2-5. Esquema do processo produtivo da viscose	11
Figura 2-6. Estrutura de uma malha <i>jersey</i>	16
Figura 2-7. Esquema de marcação de um ensaio para determinação da estabilidade dimensional.....	17
Figura 2-8. Esquema geral do processo produtivo da Adalberto	19
Figura 2-9. Esquema de funcionamento do secador	20
Figura 2-10. Esquema de funcionamento de uma râmola	21
Figura 3-1. Metodologia utilizada para parametrização dos processos	23
Figura 3-2. <i>Road Map</i> do projeto.....	24
Figura 3-3. Metodologia inicialmente utilizada para parametrização dos processos.....	25
Figura 3-4. Metodologia atualmente utilizada para parametrização dos processos	26
Figura 4-1. Evolução do <i>KPI</i> em função dos meses	41
Figura A1-1. Procedimento de termofixação	49
Figura A3-1. Modelo da carta de controlo utilizada no registo de parâmetros de processo	55
Figura A3-2. Parâmetros de processo de termofixação para o tipo 992	56
Figura A3-3. Parâmetros de processo de termofixação para o tipo 652	57
Figura A3-4. Parâmetros de processo de termofixação atualizados para o tipo 652	58
Figura A3-5. Parâmetros de processo de termofixação para o tipo 365	59

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2-1. Propriedades físicas da viscose.....	11
Tabela 2-2. Propriedade químicas da viscose	12
Tabela 2-3. Propriedades físicas do Modal.....	13
Tabela 2-4. Propriedade químicas da fibra modal.....	13
Tabela 2-5. Propriedades físicas do algodão.....	15
Tabela 2-6. Propriedades químicas do algodão.....	15
Tabela 4-1. Dados referentes ao artigo 992 em cru.....	28
Tabela 4-2. Dados referentes ao artigo 992 após relaxar a primeira vez	29
Tabela 4-3. Dados relativos ao segundo relaxamento do artigo	30
Tabela 4-4. Resultados obtidos na termofixação do artigo 992 após relaxar duas vezes ...	31
Tabela 4-5. Características do artigo 992 após acabamento	31
Tabela 4-6. Resultados para a malha 922 do processo de relaxamento a 120°C.....	32
Tabela 4-7. Resultados da termofixação do artigo, relaxado a 120°C.....	33
Tabela 4-8. Resultados finais para o artigo 992 após alterações.....	33
Tabela 4-9. Caracterização da malha 652 em cru	34
Tabela 4-10. Caracterização da malha 652 após ser relaxada a 120°C	35
Tabela 4-11. Resultados a termofixação do tipo 652 a 185°C 40s.....	35
Tabela 4-12. Resultados a termofixação do tipo 652 a 190°C 40s.....	36
Tabela 4-13. Resultados do tipo 652 acabado quando termofixado a 185°C.....	36
Tabela 4-14. Resultados do tipo 652 acabado quando termofixado a 190°C.....	37
Tabela 4-15. Caracterização da malha 365 em cru	38
Tabela 4-16. Caracterização do artigo 365 após termofixar.....	39
Tabela 4-17. Caracterização do artigo 365 acabado	40
Tabela A2-1. Características gerais dos artigos em estudo.....	51
Tabela A3-1. Parametrização para o processo de relaxamento	53
Tabela A3-2. Parâmetros do processo de relaxamento atualizados	54

Tabela A3-3. Dados para a determinação do indicador de evolução do trabalho desenvolvido	60
---	----

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ATP - Associação Têxtil e Vestuário de Portugal

CO – Algodão

CV – Viscose

EL – Elastano

ITV – Indústria têxtil e de Vestuário

KPI – Key Performance Indicator

LA – Largura Antes do teste de Estabilidade Dimensional

LCQ – Laboratório Controlo de Qualidade

LD – Largura Depois do teste de Estabilidade Dimensional

Mh – malha

MO – Modal

PA – Gramagem Antes do teste de Estabilidade Dimensional

PD – Gramagem Depois do teste de Estabilidade Dimensional

%Teia - Percentagem de encolhimento à teia

%Trama - Percentagem de encolhimento à trama

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação, foi realizada no âmbito da unidade curricular dissertação/estágio do Mestrado em Engenharia Química – Energia e Biorrefinaria, na empresa Adalberto Estampados, de 1 de março a 31 de julho do ano de 2017.

No primeiro capítulo será feita uma breve apresentação da organização, abordando a cadeia de valor que esta acrescenta ao produto, os objetivos do estudo em causa, bem como a estrutura do relatório.

1.1. ENQUADRAMENTO

A Indústria Têxtil e de Vestuário é uma das mais importantes indústrias para a economia portuguesa. Esta representa: 10% do total das exportações portuguesas, 20% do emprego da indústria transformadora, 8% do volume de negócios da indústria transformadora e 9% da produção da indústria transformadora.

Portugal tem cerca de 6 mil sociedades a laborar em todos os sub-setores da indústria têxtil e do vestuário, algumas das quais são unidades verticais, embora na sua maioria sejam pequenas e médias empresas, todas bem conhecidas pela sua flexibilidade, resposta rápida, *know-how* e inovação.

Localizam-se maioritariamente no Norte de Portugal (Porto, Braga, Guimarães e Famalicão), mas também se encontram algumas em Covilhã (Leste de Portugal) dedicadas aos produtos de lã.[1]

Na presente dissertação foi desenvolvido um estudo acerca dois processos produtivos de malhas que contém elastano na sua composição, sendo eles o processo de relaxamento e termofixação. O estudo advém da problemática existente neste tipo de material, que é garantir sua gramagem (g.m^{-2}), largura e estabilidade dimensional durante todo o percurso processual.

1.2. ADALBERTO ESTAMPADOS – ESTAMPARIA TÊXTEL ADALBERTO PINTA DA SILVA, SA

A Adalberto Estampados é uma empresa têxtil que nasceu de um negócio familiar no ano de 1969. Está situada a norte de Portugal, na região do Vale do Ave. Esta apresenta duas categorias de produtos fabricados, artigos para moda e artigos têxteis lar.

A organização conta atualmente com cerca de 350 funcionários, e grande parte dos equipamentos labora 24 horas por dia. A capacidade de produção anual é de aproximadamente 10 milhões de metros. As vendas relativas a 2016, situam-se na ordem dos 26 milhões de euros. O processo produtivo da Adalberto pode ser dividido em 5 secções: receção da matéria-prima, preparação e tinturaria, acabamento, estamparia e revista. A estamparia digital possui um inovador equipamento: a impressora têxtil digital *single-pass*, de alto volume, lançada pela SPGPrints em 2015 na ITMA Milão, a PIKE®.

A Adalberto faz então parte da cadeia de valores do enobrecimento têxtil após a tecelagem e tricotagem, onde contempla todas as etapas de preparação, tinturaria, estamparia, acabamento e revista. Na figura 1.1 está representada um exemplo da cadeia de valor da indústria têxtil. [2]

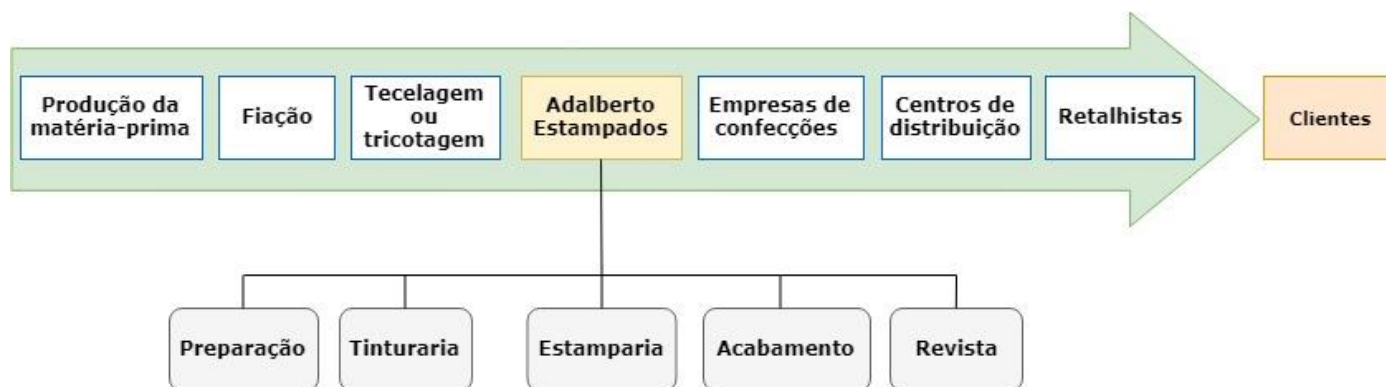


Figura 1-1. Exemplo da cadeia de valor da indústria têxtil.

A Adalberto exporta 90% das vendas para 40 países e os principais mercados são: Espanha, França e Alemanha. [3]

1.3. OBJETIVOS DA TESE

O trabalho desenvolvido teve como objetivo estudar a influência dos processos relaxamento e termofixação nas malhas constituídas por diferentes fibras celulósicas combinadas com elastano, verificando como os parâmetros de processo influenciam a estabilidade dimensional, largura e gramagem da malha em estudo.

As fibras celulósicas abordadas serão: o algodão (CO), a viscose (VC) e o modal (MO), sendo que o comportamento da viscose e modal são muito semelhantes. A viscose

combinada com elastano é a fibra que mereceu especial atenção tendo em conta a problemática existente na empresa nestes tipos de artigos.

Os principais parâmetros de processo tidos em conta foram: a temperatura, quer no artigo, quer nos queimadores; sobrealimentação; a velocidade que está diretamente relacionada com o tempo de permanência do artigo no equipamento; a vaporização; a ventilação.

A estabilidade dimensional de um artigo é determinada pelos técnicos do laboratório de controlo de qualidade (LCQ) da organização. Nestes ensaios/testes são determinadas as variações dimensionais à teia e trama, a gramagem (g.m^{-2}) e largura do artigo.

O laboratório está certificado pela NEXT, e os testes seguem norma NP EN ISO 6330, simulando a lavagem e secagem doméstica.

1.4. ESTRUTURA DO RELATÓRIO

O trabalho será dividido em cinco capítulos, sendo eles a introdução, o estado da tecnologia, trabalho desenvolvido, resultados e discussão e, por fim, a conclusão.

No capítulo 1 – Introdução, é feito o enquadramento da dissertação, a apresentação da empresa onde o estágio decorreu e apresentados os principais objetivos do mesmo.

No capítulo 2 – Estado da Tecnologia, é feita uma abordagem de todos os conceitos teóricos importantes para a compreensão do trabalho que foi desenvolvido tais como: estado do setor têxtil e de vestuário em Portugal, as fibras têxteis, processo de fabrico das malhas, a descrição dos processos em estudo: relaxamento e termofixação.

No capítulo 3 – Trabalho Desenvolvido, é apresentada a metodologia/estratégia para atingir os objetivos apresentados no capítulo 1.

No capítulo 4 - Resultados e Discussão, são descritos todos os resultados obtidos nos ensaios efetuados, bem como efetuada a discussão dos mesmos.

Finalmente, no capítulo 5 - Conclusão, são apresentadas as considerações finais, e sugestões de melhorias de acordo com os objetivos apresentados neste capítulo.

2. ESTADO DA TECNOLOGIA

No capítulo 2 é apresentada uma breve descrição acerca do estado do setor têxtil e de vestuário em Portugal, a classificação das fibras têxteis, bem com a contextualização do relaxamento e termofixação no processo produtivo da Adalberto.

2.1. SETOR TÊXTIL E DE VESTUÁRIO EM PORTUGAL

A indústria têxtil e de vestuário caracteriza-se como sendo um ramo com forte tradição e implementação e por ter uma elevada importância para a economia nacional. A base da distinção do sector têxtil do sector de vestuário está na sua atividade. O sector têxtil está relacionado com atividades como a obtenção das fibras, a produção de tecido, passando também pelos respetivos tratamentos ao nível da tinturaria e acabamentos. O sector de vestuário integra as atividades de transformação dos materiais têxteis, ou seja, o corte, confeção e acabamentos das peças de vestuário[4].

Segundo a Associação Têxtil e Vestuário de Portugal (ATP), o volume de negócios da Indústria Têxtil e Vestuário (ITV) localiza-se maioritariamente no distrito de Braga, seguindo-se o distrito do Porto, como pode ser verificado na figura 2.1 [1].

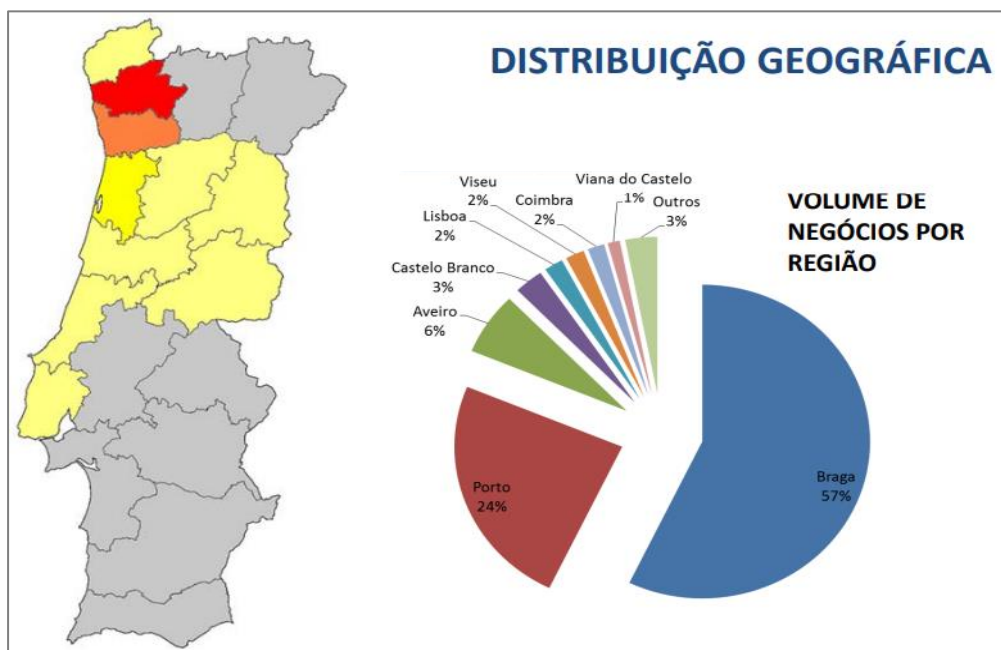


Figura 2-1. Representação do volume de negócio da ITV por distrito [1]

Na figura 2-2 encontra-se representada a evolução dos principais indicadores da Indústria Têxtil e de Vestuário (ITV) portuguesa, divulgadas no relatório de novembro de 2016 da ATP. Os dados relativos a 2017 acerca do volume de negócios e emprego são estimados pela mesma[1].

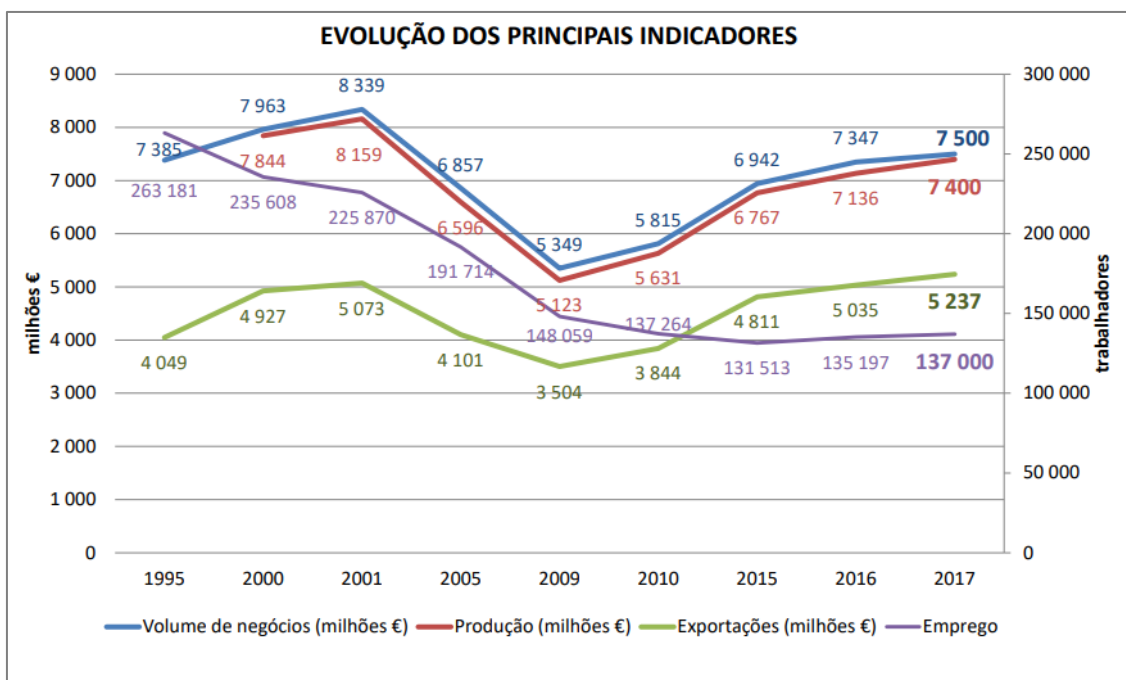


Figura 2-2. Principais indicadores da Indústria Têxtil e de Vestuário (ITV) [1]

2.1.1. ANÁLISE SWOT DO SETOR

Tendo em conta as características do setor, é apresentada a análise SWOT do mesmo tendo em base uma análise efetuada pela ATP.[5]

<u>FORÇAS</u>	<u>FRAQUEZAS</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Conhecimento e tradição da indústria têxtil; • “Made in Portugal” acrescenta valor ao produto; • Resiliência, flexibilidade e grande reatividade do setor; • Fileira Têxtil e do Vestuário dinâmica, completa e estruturada, apoiada por centros de competência desenvolvidos (CITEVE, MODATEX e CENTI) • Proximidade geográfica e cultural dos mercados tradicionais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiente nível educacional e de formação profissional; • Reduzida dimensão do mercado interno; • Fraco empreendedorismo; • Elevado individualismo empresarial; • Relação produtividade/valor ainda baixa; • Empresas pouco capitalizadas.

<u>OPORTUNIDADES</u>	<u>AMEAÇAS</u>
<ul style="list-style-type: none"> • Especialização industrial; • Têxteis técnicos e funcionais; • Empreendedorismo jovem; • Reindustrialização como iniciativa política, nacional e europeia; • Concentração e cooperação empresarial para ganhar dimensão competitiva e crítica; • Moda e marcas “<i>Made in Portugal</i>”; • Crescimento da competitividade, pela via da produtividade, da formação profissional e da terciarização do setor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevados custos de energia e ambientais; • Baixa atratividade do sector para jovens profissionais; • Extinção de alguns cursos superiores para especialização no setor têxtil; • Concorrência de parceiros mais evoluídos na oferta de produtos mais atrativos e gamas de produtos com maior qualidade; • Estagnação do consumo nos mercados tradicionais de exportação e instabilidade nos mercados emergentes.

2.2. FIBRAS TÊXTEIS

As fibras têxteis podem ter várias origens, e é esse o critério usado para a sua classificação. Assim sendo, as fibras podem ser de origem natural ou de origem não-natural. As fibras de origem natural não necessitam qualquer tipo de manipulação, uma vez que, a sua forma encontra-se apta para o processamento têxtil. As fibras de origem não-natural são produzidas por processos industriais quer a partir de polímeros naturais transformados por ação de reagentes químicos (fibras regeneradas ou artificiais) quer por polímeros obtidos por síntese química (fibras sintéticas).

Existem fibras descontínuas e fibras contínuas. As fibras descontínuas tem o comprimento limitado a alguns centímetros. As fibras contínuas tem um comprimento muito grande que é apenas limitado por razões técnicas, no caso da seda natural, o conteúdo do casulo; no caso das fibras não-naturais, a capacidade do suporte (por exemplo, o Cone)[6].

Na figura 2.3 encontra-se esquematizado a classificação das fibras têxteis[7]

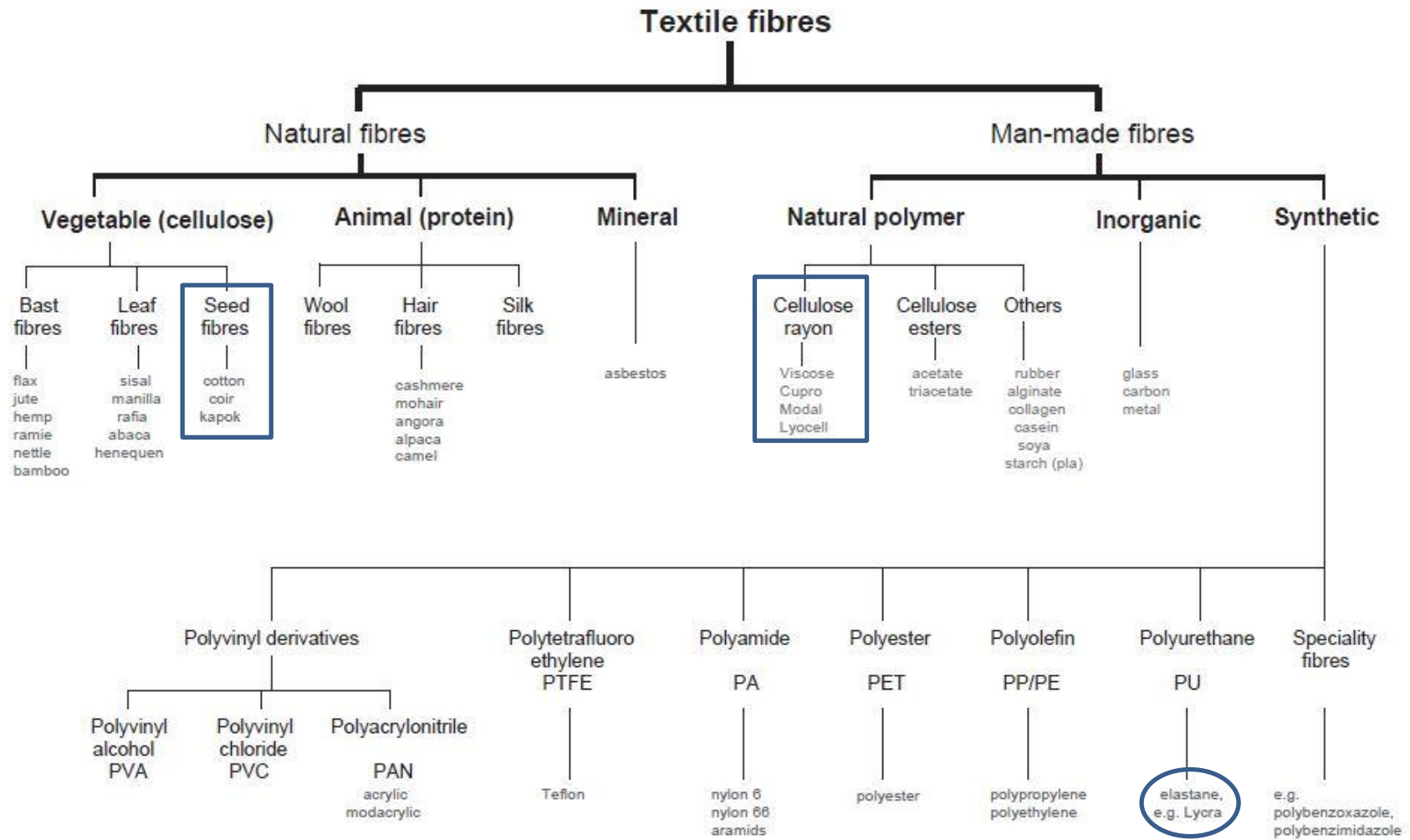


Figura 2-3. Classificação global das fibras têxteis [7].

2.2.1. FIBRAS SINTÉTICAS

As fibras não-naturais são divididas essencialmente em dois grupos: as artificiais e as sintéticas, sendo que, as últimas são oriundas de polímeros petroquímicos. [8]

O elastano está inserido no grupo das fibras sintéticas. Este composto é o elemento comum de todas as malhas em estudo.

→ ELASTANO (SPANDEX)

Elastano (Spandex nos EUA), é uma fibra sintética, descoberta em 1937 na Alemanha, com comportamentos muito semelhantes ao da borracha. Contudo, apenas em 1958 esta foi desenvolvida pelo cientista Joseph C. Shivers e produzida em grande escala pela Dupont., sob nome comercial, Lycra®.

Foi um grande passo na evolução das fibras sintéticas, pois esta apresenta propriedades que não são encontradas na natureza, sendo a mais importante a elasticidade.

Esta fibra elástica, não natural, sendo geralmente conhecida por *spandex*, são poliuretanos, tendo em conta a sua estrutura química. O processo produtivo para obtenção de poliuretanos segmentados está dividido em três fases, sendo objetivo obter uma molécula de polímero na qual longos segmentos são ligados por grupos polares. O primeiro passo foi obter um poliuretano segmentado, cujos segmentos tivessem peso molecular entre 700 e 3000, com grupos reativos em cada extremidade. O segundo foi fazer a reação entre o segmento macio de macroglicol com diisocianato, produzindo assim um polímero com grupos de isocianato nas extremidades. Por fim, faz-se a “extensão em cadeia” que combina o pré-polímero de isocianato com elementos de baixo peso molecular (glicóis e diaminas), produzindo-se assim o elemento rígido da molécula do polímero.[9]

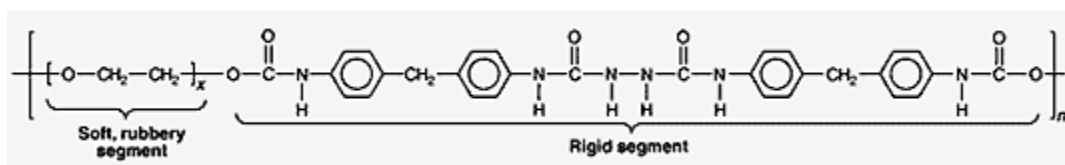


Figura 2-4. Pré-polímero acabado composto por macroglicol (esquerda) e diisocianato (à direita) [9]

A fiação é feita através de fusão, em solução ou por reação, dependendo este da estrutura química da fibra.

A principal propriedade do elastano é a sua capacidade de alongamento e consequente recuperação ao comprimento inicial após aplicada a tensão. Recupera 100% aquando aplicação de uma tensão que o faça alongar até 200%. Quando a tensão o faz alongar é mais que 400%, a recuperação é de cerca de 97% [10].

A sua densidade varia entre 1,15 e 1,32 g.cm⁻³ e a recuperação de humidade varia entre 0,8 e 1,2%. [9]

Esta fibra é utilizada em pequenas quantidades, sendo sempre combinado com outra fibra, natural ou sintética. Qualquer que seja a mistura, o tecido produzido com elastano terá sempre que conservar a aparência e toque da fibra principal. A principal propriedade destas fibras é então conferir elasticidade aos tecidos convencionais (de malha ou telas), o que permite confeccionar peças de vestuário que aderem ao corpo, concede maior conforto pois a peça de vestuário acompanhando os movimentos. [8]

2.2.2. FIBRAS CELULÓSICAS REGENERADAS

De entre as fibras não-naturais, as celulósicas regeneradas integram o grupo das artificiais. Estas são produzidas a partir de celulose, uma substância fibrosa que se encontra, por exemplo na pasta da madeira. De entre as fibras celulósicas presentes na figura 2-3, será feita uma breve descrição acerca da viscose e modal, visto serem as fibras celulósicas regeneradas inicialmente propostas para o estudo. [8]

→ VISCOSE

A viscose foi a primeira fibra não-natural produzida pelo homem. A primeira produção ocorreu em 1910 nos Estados Unidos da América, pela American Viscose Company. [8]

Trata-se então de uma fibra regenerada obtida através da pasta da madeira imersa numa solução de soda a 18% através de prensa, obtendo-se assim uma solução de celulose alcalina. Posto isto, segue-se um tratamento com sulfureto de carbono a uma temperatura de 20°C. O composto sólido, que se forma, xantato de celulose, dissolve-se soda à temperatura ambiente, formando-se assim um líquido viscoso, que se chama viscose. Na figura 2-5 está presente o esquema do processo produtivo da viscose. [9]

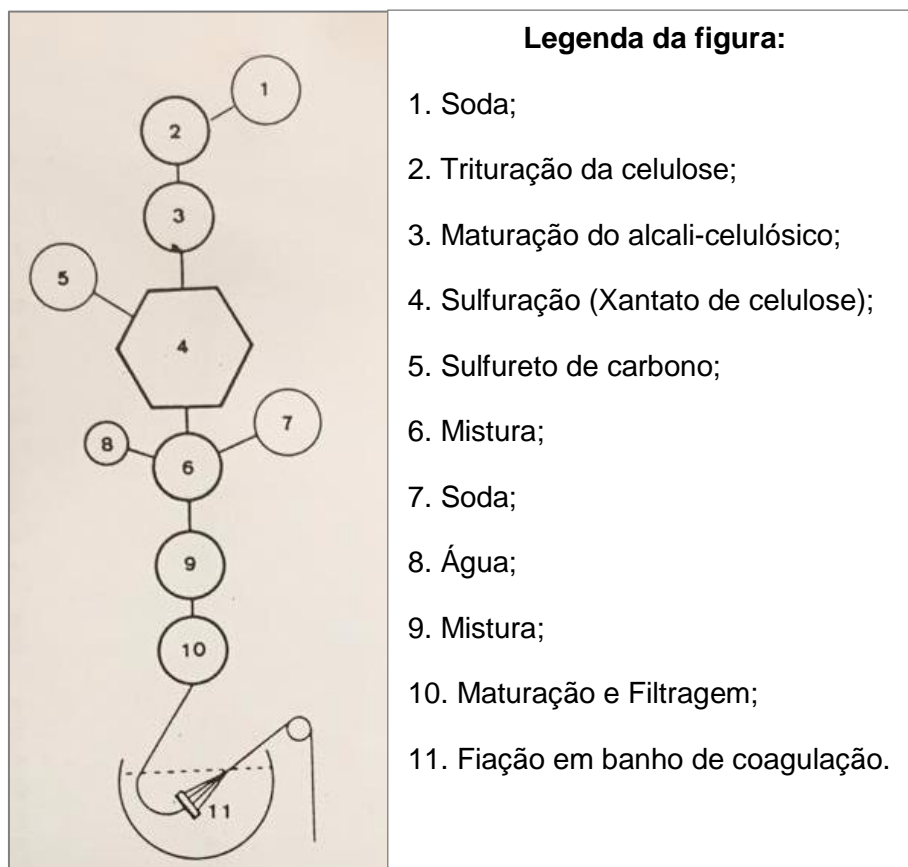


Figura 2-5. Esquema do processo produtivo da viscosa [9]

Na tabela 2-1 e 2-2 estão presentes as características da viscosa, propriedades físicas e químicas respectivamente.[9]

Tabela 2-1. Propriedades físicas da viscosa [9]

Massa Volúmica (Mg.m-3)	1,52
Recuperação a humidade em atmosfera controlado (20°C e 65% de humidade relativa)	14%
Retenção de água, relativamente ao seu peso (com forte dilatação)	150%
Comportamento relativamente à chama	arde facilmente com cheiro a papel
Resistência ao calor, sem que haja degradação e alteração de cor	190 °C

Tabela 2-2. Propriedade químicas da viscose [9]

Comportamento relativamente a:	
Ácidos	Sensível; Aumenta a sua degradação com a concentração e temperatura.
Bases	Provoca dilatação; A degradação depende da temperatura e concentração.
Oxidantes	Não existe deterioração da fibra com concentrações habitualmente usadas (água de Javel).
Redutores	Não têm qualquer efeito.
Diluentes	Os que são utilizados na limpeza a seco não causam degradação na fibra.

→MODAL

O modal tem uma fibra muito semelhante à viscose. Muitas etapas do processo de fabrico da fibra em questão são as mesmas que a viscose, com a exceção de:

- A maturação da alcali-celulose é eliminada, sendo que no decurso desta operação, o grau de polimerização da celulose baixa, em média, de 800 para 350;
- Na preparação do xantato de celulose é adicionada maior quantidade de sulfureto de carbono;
- O xantato de celulose é dissolvido em água de modo a obter-se um teor de 6% de celulose;
- A matéria fiabilidade não é submetida a maturação;
- O banho de coagulação não contém mais que 1% de ácido sulfúrico, em vez dos 1%, e a coagulação é realizada mais lentamente e a uma temperatura moderada (25°C em vez de 50°C);
- A estruturação da fibra é maior e atinge um alongamento de 200%. [9]

Na 2-3 e 2-3 estão presentes as propriedades físicas e químicas do modal, respectivamente, sendo elas muito semelhantes às da viscose.

Tabela 2-3. Propriedades físicas do Modal [9]

Massa Volúmica ($Mg.m^{-3}$)	1,52
Recuperação a humidade em atmosfera controlada (20°C e 65% de humidade relativa)	14%
Retenção de água, relativamente ao seu peso (com forte dilatação)	60%
Resistência ao calor, sem que haja degradação e alteração de cor	190 °C

Tabela 2-4. Propriedade químicas da fibra modal [9]

Comportamento relativamente a:

Ácidos	Sensível; Aumenta a sua degradação com a concentração e temperatura.
Bases	A estrutura das fibras modal confere-lhe elevada resistência, suportando concentrações mais elevadas que a fibra viscose.
Oxidantes	Não existe deterioração da fibra com concentrações habitualmente usadas (água de Javel).
Redutores	Não têm qualquer efeito.
Diluentes	Os que são utilizados na limpeza a seco não causam degradação na fibra.

2.2.2. FIBRAS NATURAIS

Das fibras apresentadas na figura 2-3, será feita uma breve apresentação acerca de uma das fibras naturais mais utilizadas, o algodão.

→ALGODÃO

O algodão é uma fibra vegetal proveniente das células epidérmicas de sementes e têm uma estrutura unicelular. Esta fibra constitui o revestimento piloso do fruto algodoeiro (GOSSYPIUM). A planta é cultivada nos dias de hoje, anualmente, tem o porte de um pequeno arbusto com cerca de 1,20 metros de altura. Após a floração, o ovário transforma-se numa cápsula que, com a maturação, estala, libertando um tufo de fibras brancas.

O algodão é utilizado como fibra têxtil há mais de 7000 anos, estando assim, diretamente ligado à origem do vestuário e à evolução dos artigos têxteis.

Esta fibra apresenta na sua composição:

- 85,5% de celulose;
- 8% água;
- 5% de proteínas, pectoses e matérias corantes;
- 1% minerais;
- 0,5% óleos e ceras.

Após a realização de branqueio ou lavagem prévia, operações onde são eliminadas as impurezas (proteínas, minerais, óleos e ceras), e ausente de humidade, a fibra de algodão pode ser considerada celulose pura. Quando presente a atmosfera controlada, esta apresenta uma humidade relativa de 8%. Uma das características para avaliação da qualidade do algodão é a quantidade de impurezas.

Esta fibra arde rapidamente com cheiro a papel, dada sua composição (celulose). Em meio húmido e a cerca de 30°C, desenvolvem-se bolores e bactérias que degradam a cor e resistência do algodão.

Na tabela 2-5 e 2-6 estão representadas as propriedades físicas e químicas, respetivamente, do algodão.[9]

Tabela 2-5. Propriedades físicas do algodão [9]

Massa Volúmica (Mg.m-3)	1,52
Recuperação a humidade em atmosfera controlada (20°C e 65% de humidade relativa)	8%
Retenção de água, relativamente ao seu peso	50%
Resistência ao calor, sem que haja degradação e alteração de cor	200 °C

Tabela 2-6. Propriedades químicas do algodão [9]**Comportamento relativamente a:**

Ácidos	Boa resistência em concentrações médias.
Bases	Em baixas concentrações, provocam o inchaço da fibra, o que é benéfico em termos de rendimento resistência, e brilho.
Oxidantes	Os agentes oxidantes diluídos são utilizados no branqueio.

2.3. MALHAS – ARTIGO EM ESTUDO

A tecnologia das malhas está inserida, basicamente na técnica de tricotar. A malha é um “tecido” resultante de um processo técnico de laçadas de um só fio ou de um agrupamento de fios, que se movem numa única direção. Os primeiros utensílios usados para formar laçadas foram as agulhas de crochet e agulhas de tricotar.

O desenvolvimento da tecnologia de tricotagem teve início nos finais do século XVI, tendo como principal objetivo o aumento da produtividade através da mecanização, acompanhada por um aumento de do volume de produção.

As agulhas são os elementos mais importantes que intervêm na formação da laçada, e, conseqüentemente na construção da malha.[8], [9]

Este tipo de artigo é produzido num equipamento designado por tear e são classificados em dois grandes grupos: teares circulares e teares retilíneos.

As malhas podem ser classificadas em dois grupos: malhas de trama e malhas de teia.

Os principais tipos de malha de trama são:

- Malha Jersey;
- Malha Piquet;
- Malha Rib;
- Malha Interlock.

A malha do tipo jersey tem como base o ponto simples, como pode ser observado na imagem 2-6, bem como o sentido da teia (comprimentos). A trama da malha é no sentido la largura. [8], [9]

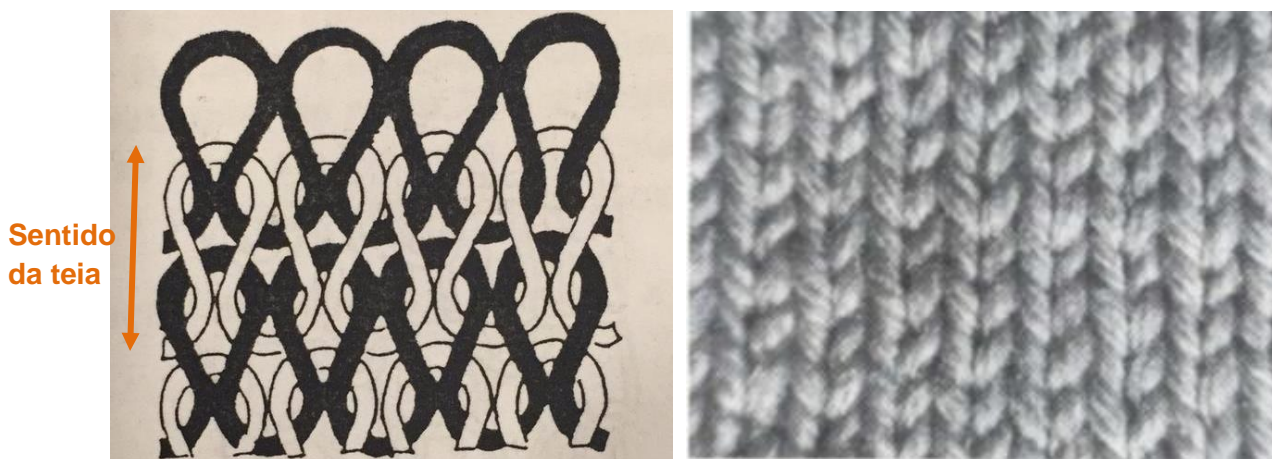


Figura 2-6. Estrutura de uma malha tipo jersey [9]

2.4. ESTABILIDADE DIMENSIONAL

Existem propriedades físicas e dimensionais dos materiais têxteis que precisam ser analisadas, sendo a estabilidade dimensional uma delas. Esta é a característica, de uma malha ou tecido, conseguir manter as suas dimensões atingidas no momento de fabrico, sem se modificar com o uso.

A estabilidade dimensional de um artigo pode ser alterada quando este está em contacto com água, calor e movimento, daí os diferentes resultados ao longo do processo produtivo.

→ TESTE DE ESTABILIDADE DIMENSIONAL

Este ensaio elaborado em laboratórios certificados, consiste em efetuar uma marcação, resistente à lavagem, no centro da amostra, seguindo a norma NP EN ISSO 6330. O método de lavagem e secagem da amostra é efetuado segundo o caderno de encargos do cliente. Regra geral, a lavagem da amostra é efetuada a 40°C e, seca ao ar - (simulando um estendal doméstico) no caso das celulósicas regeneradas, por exemplo, a viscose; ou seca numa máquina de secar no caso do algodão.

Amostra entregue para análise deve ser cortada a toda a largura – trama e com 60 cm de altura, que nos indica a teia e com a marcação, como está esquematizado na figura 2-7.

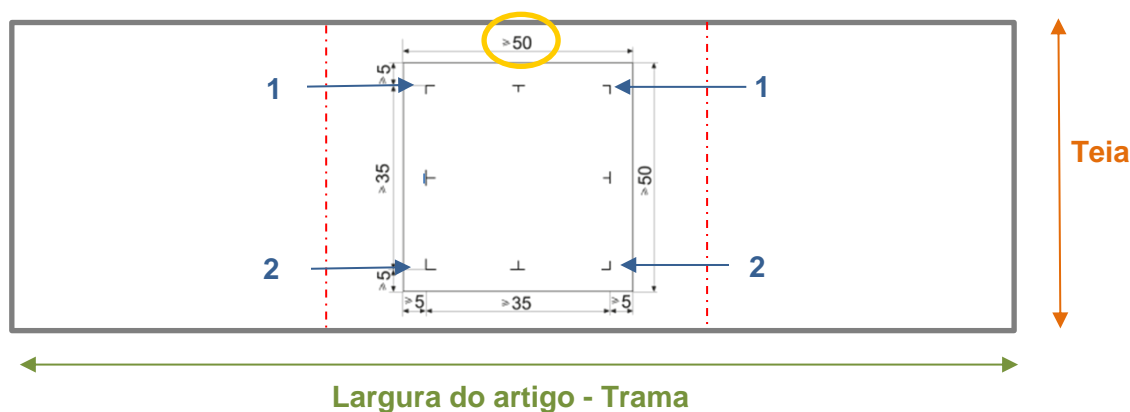


Figura 2-7. Esquema de marcação de um ensaio para determinação da estabilidade dimensional

Na figura 2-7 está esquematizada a marcação para a realização testes de estabilidade dimensional dos artigos. O quadrado com as dimensões de 50 cm – rodeado a amarelo, representa a placa normalizada para a execução destes ensaios. Os traços representados com os números 1 e 2, são as marcações prévias à lavagem, efetuadas no artigo, com ajuda de ranhuras presentes na placa. Com marcações é possível determinar os encolhimentos dos artigos.

No teste de estabilidade dimensional quando o artigo está em cru, a marcação é efetuada ao centro, toda a amostra é sujeita à lavagem que simula a lavagem doméstica e seca numa máquina de secar, equivalente também a uma doméstica. Os resultados finais serão apresentados são:

- LA (cm) - Largura da amostra antes de ser sujeita à lavagem e secagem;
- PA (g.m^{-2}) - Gramagem da amostra antes de ser sujeita à lavagem e secagem;

- LD (cm) - Largura da amostra após de ser sujeita à lavagem e secagem;
- PD (g.m^{-2}) - Gramagem da amostra após de ser sujeita à lavagem e secagem;
- Teia (%) – Representa o encolhimento relativamente ao comprimento que amostra sofreu após a lavagem e secagem;
- Trama (%) – Representa o encolhimento relativamente à largura que amostra sofreu após a lavagem e secagem;

A percentagem de encolhimento à teia é determinada de acordo com a distância entre o ponto 1 → 2 da figura 2-7, com uma régua graduada, que indica a percentagem de encolhimento.

A percentagem de encolhimento à trama é determinada com as medições entre os pontos 1→1 e entre os pontos representados com o número 2→2.

Nos ensaios realizados em amostra durante ou no fim do processo produtivo, o procedimento é o mesmo com a exceção da dimensão do provete colocado a lavar e secar. Isto é, a marcação é efetuada a meio da amostra enviada para teste, mas esta é recortada pelas marcações a vermelho presentes no esquema da figura 2-7, daí nos resultados não estar presente o LD.

2.5. PROCESSO PRODUTIVO EM ESTUDO

O processo produtivo da Adalberto está dividido essencialmente em cinco secção: preparação, tinturaria, estamparia, acabamento e por fim a revista. A matéria-prima é rececionada pelo armazém de matéria-prima. Na figura 2-8 está esquematizado, de forma global, as operações que o artigo pode sofrer, dependendo do objetivo do cliente.

Os processos em estudo – relaxamento e termofixação, estão alocados à preparação ou tratamento prévio. Ainda assim, estes processos são da responsabilidade da seção acabamento, devido ao equipamento utilizado. Regra geral, as malhas que requerem termofixação, após a preparação de carga seguem para o relaxamento e depois termofixam.

O relaxamento só é efetuado em malhas que termofixam, mas, nem todas as malhas que termofixam requerem a operação de relaxamento prévia.

Após termofixar, a malha pode sofrer diversas operações, entre gasagem, branqueio ou tingimento.

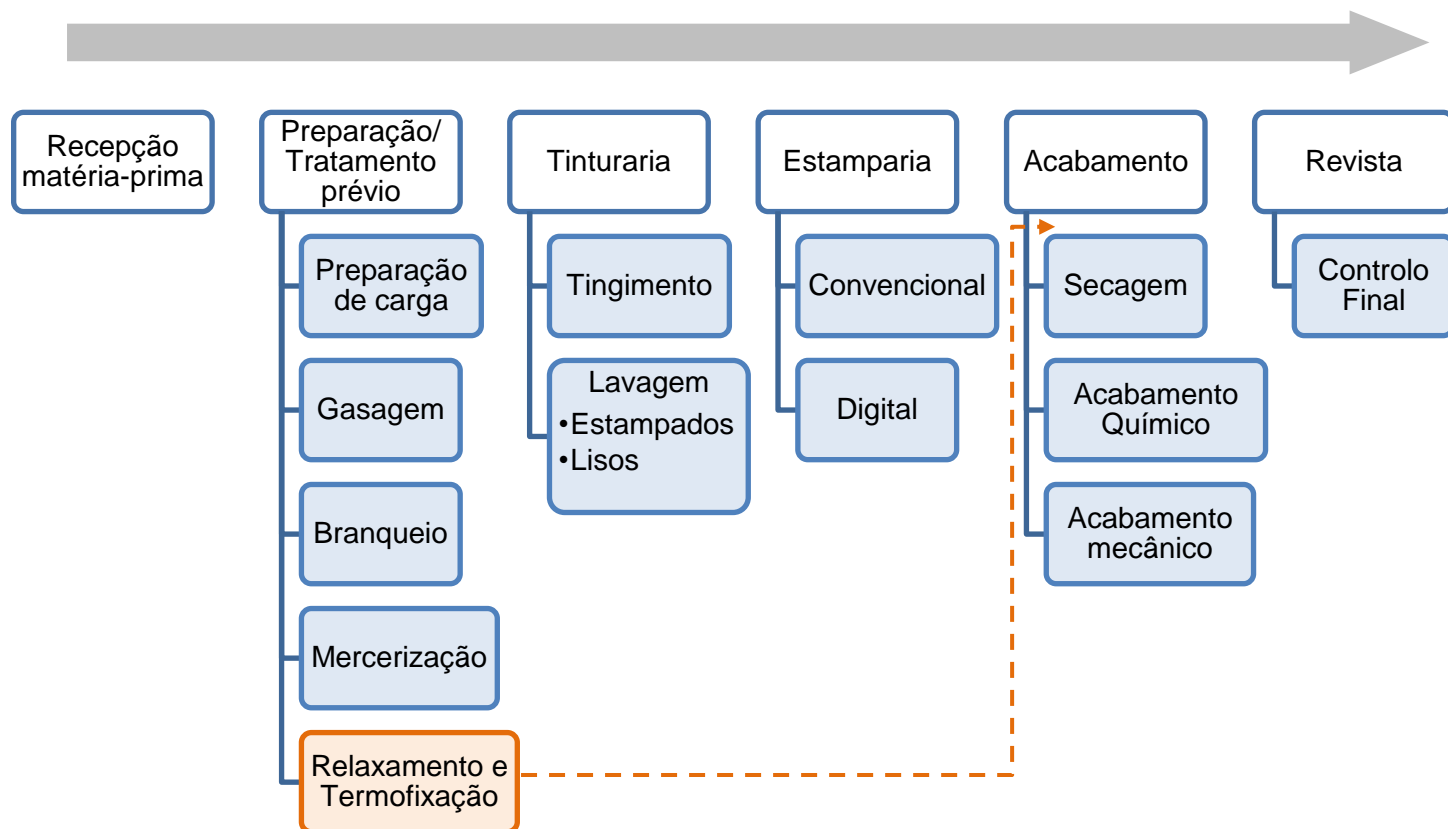


Figura 2-8. Esquema geral do processo produtivo da Adalberto.

2.5.1. RELAXAMENTO

Os fios durante o processo de produção da malha são submetidos a tensões que lhe provocam um estiramento e quando retiradas estas tensões o artigo tende a sofrer uma retratação em função da recuperação elástica de suas fibras. Este encolhimento é acentuado quando o artigo está na presença de água, calor e movimento. A estrutura da fibra sofre um aumento de volume e o comprimento do fio diminui.

O relaxamento das malhas antes de termofixar tem como principal objetivo diminuir as tensões que são introduzidas na malha aquando a sua produção. Este tratamento é efetuado a uma temperatura bem mais baixa que a termofixação, a cerca de 100°C. Pode considerar-se esta operação como uma preparação do artigo antes de ser termofixado.

O equipamento utilizado é um secador, fabricado pela *Santex Rimar Group*. Este equipamento para além de ter a função de relaxar, como o próprio nome indica, é utilizado para secar. O esquema do equipamento está presente na figura 2-9.

O artigo é introduzido no equipamento na zona 1 da figura 2-9, está representado pela linha a azul e, após colocado no tapete, é transportado idealmente em forma de onda, resultado da alimentação excessiva (sobrealimentação) que o equipamento possui.

O equipamento possui três campos – que podem estar a diferentes temperaturas, vibração e a possibilidade de vaporizar o artigo, três fatores favoráveis para o a diminuição dos encolhimentos.

A zona 2 representa o local de saída da malha do secador. Nesta, o tapete é de madeira e inclinado para promover o arrefecimento dos artigos.[11]

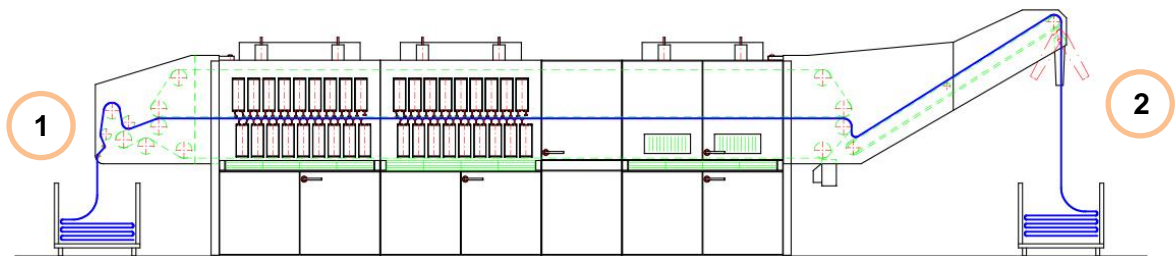


Figura 2-9. Esquema de funcionamento do secador [12]

2.5.2. TERMOFIXAÇÃO

A termofixação é um tratamento térmico aplicado artigos, malhas ou telas, compostos por fibras sintéticas. O processo de termofixação tem como base colocar o artigo a temperaturas dentro de uma gama de valores compreendidos entre a temperatura de fusão (limite superior) e a temperatura de transição vítrea (limite inferior) da fibra que está a ser termofixada. [13]

No trabalho desenvolvido, a termofixação do artigo é efetuada recorrendo a massas de ar quente, que circulam por convecção. Antes do artigo entrar em contacto com a massa de ar quente – no 1º campo do equipamento, este é vaporizado com vapor de água saturado.[13], [14] As temperaturas de termofixação utilizadas no trabalho desenvolvido estão compreendidas entre 180 e 195°C.

Existe uma alternativa ao método de termofixação apresentado, a “termofixação a molhado”, onde o artigo é colocado em contacto com água, o que permite

sobrealimentar mais o artigo, e com isso, obter melhores resultados relativamente à estabilidade dimensional. A desvantagem deste método é que diminui significativamente a velocidade da operação, cerca de 10 m.min^{-1} .

Este processo tem como objetivo

- Eliminação de tensões internas das fibras – conferir estabilidade dimensional aos artigos;
- Redução de enrolamento das laterais do artigo (ourelas);
- Eliminação de vincos, que são visíveis, por exemplo, após um tingimento;

Uma termofixação excessiva, provoca degradação do artigo – perdas de elasticidade e, conseqüentemente perda de resistência à tração (rutura).

Caso a termofixação não tenha sido suficientemente eficaz, pode recorrer-se a uma termofixação na fase de acabamento químico, desde que as cores assim o permitam. A exposição a temperaturas elevadas, pode alterar a cor.

O equipamento utilizado no processo de termofixação, é uma râmola do fabricante *Bruckner*. As râmolas são equipamentos base dos acabamentos têxteis, onde se processam todos os tratamentos térmicos – termofixar, secar e ramolar, e aplicação de acabamentos químicos.

Na figura 2-10 está representado um esquema da râmola. A verde está representado o percurso que o artigo faz no equipamento.

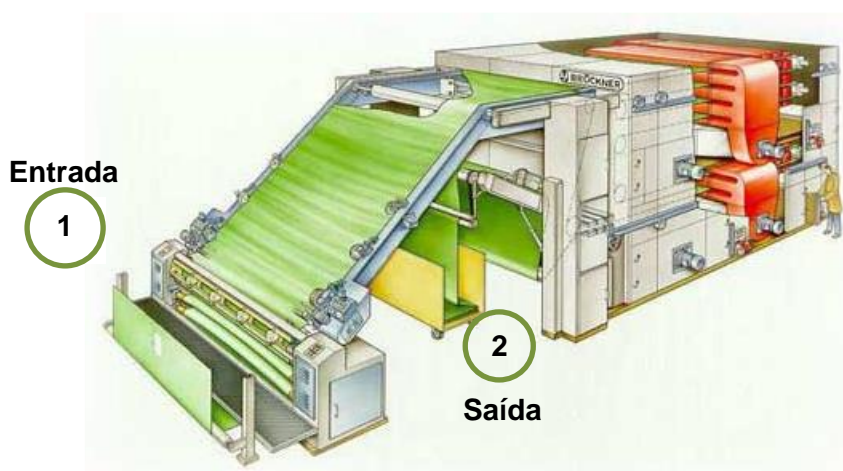


Figura 2-9. Esquema de funcionamento de uma râmola [15]

3. TRABALHO DESENVOLVIDO

O trabalho desenvolvido entre março a julho de 2017 teve como base uma problemática da empresa, a falta de controlo no processo de termofixação de malhas com elastano. Este processo é de elevada importância visto que está no início do processo produtivo do artigo e condiciona diretamente as especificações requeridas pelo cliente: gramagem, largura e estabilidade dimensional, ou seja, a qualidade do mesmo.

O estudo do processo de relaxamento e termofixação está dividido essencialmente em três fases:

1. Avaliação das características do artigo em cru;
2. A influência do processo de relaxamento da malha, fazendo o controlo dos parâmetros de processo;
3. Determinação e avaliação das variáveis críticas do processo de termofixação e normalização das mesmas.

A reestruturação do processo de relaxamento e termofixação tiveram como base procedimentos operativos já existentes.

Na etapa de relaxamento das malhas, foram feitos alguns ajustes nos parâmetros de processo, principalmente na temperatura.

No processo de termofixação, começou-se por alterar apenas os parâmetros de processos, mantendo o formato dos procedimentos operativos já existentes. Contudo, com a evolução do projeto, surgiu a necessidade de mais alterações. São estipulados parâmetros de processo tendo em conta se é um tipo da casa ou tipo de cliente, bem como outras características, como pode ser visualizado na figura 3-1. Caso haja alguma diferença nas especificações, é aberta uma nova parametrização/carta de controlo. Os modelos de cartas de controlo estão presentes no anexo 2.

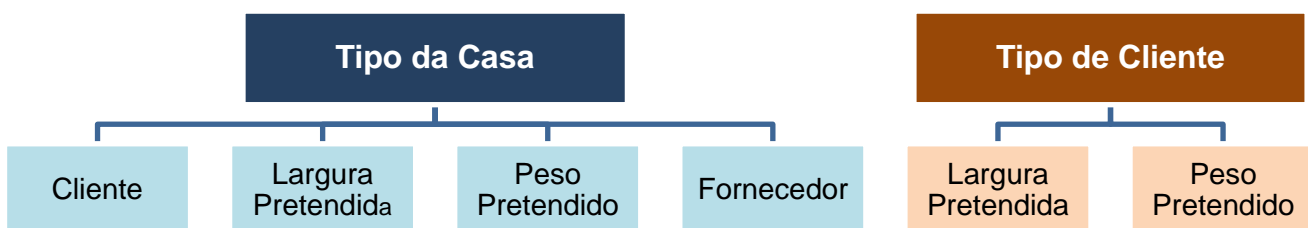


Figura 3-1. Metodologia utilizada para parametrização dos processos

O principal caso de estudo foi uma malha do tipo jersey, cuja composição é 95%CV + 5%El. Este foco deveu-se à perda de gramagem do artigo ao longo do processo produtivo, sendo uma das principais suspeitas das causas - a termofixação do artigo não eficiente e/ou não controlada. Este tipo de malha também está presente no top 3 de não-conformidades da secção do acabamento.

3.1. ESTRATÉGIA E METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto proposto, decidi separá-lo então em diferentes fases, conforme está indicado na figura 3-2.

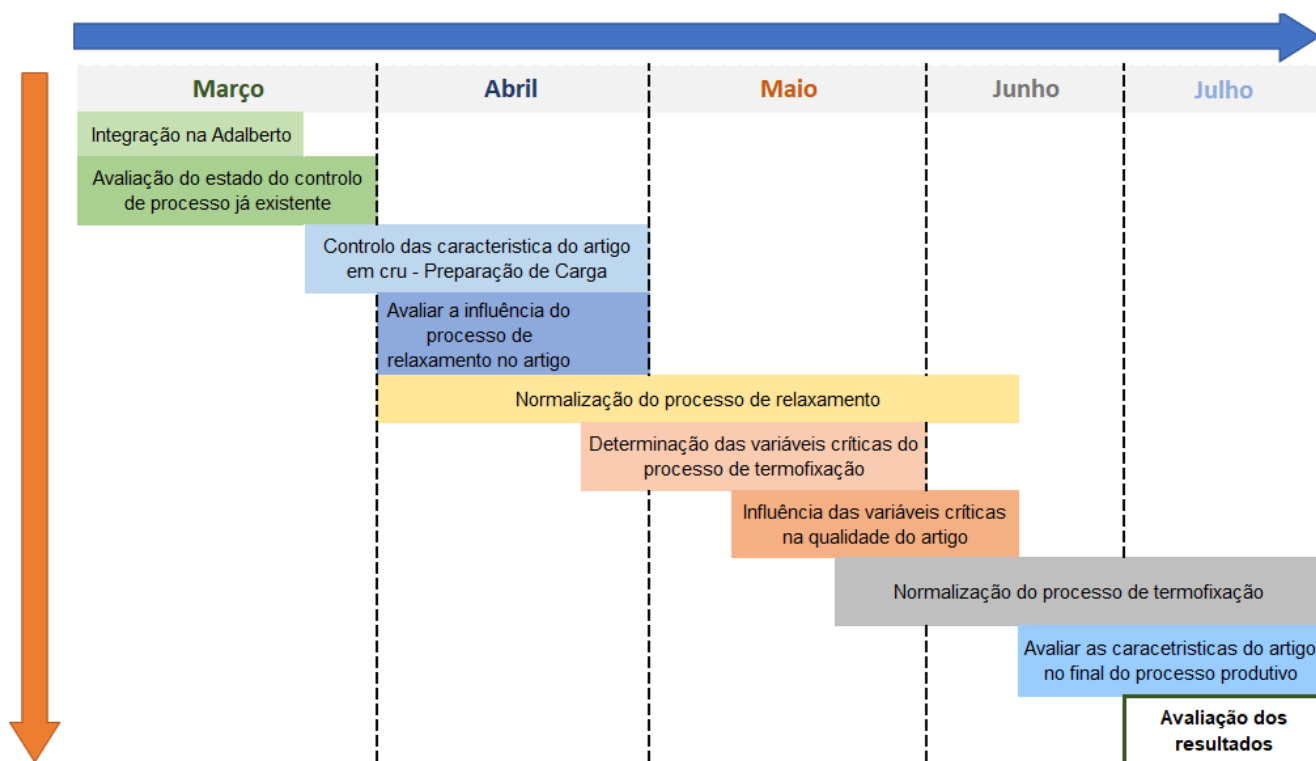


Figura 3-2. Road Map do projeto

O mês de março contemplou a fase de integração na empresa, em que procurou-se passar pelas diferentes seções, ficando com um conhecimento geral dos processos produtivos e dos artigos trabalhados. Nesta fase foi analisada a documentação existente,

procedimentos de ensaio (PE), plano de inspeção e ensaio (PIE) e parametrizações/cartas de controlo para os processos em estudo (relaxamento e termofixação).

Visto que o processo de relaxamento e termofixação estão no início da cadeia de valor do artigo, começou-se por avaliar as condições do artigo em cru, ou seja, peso, largura e estabilidade dimensional do artigo após a receção deste no armazém de receção de matérias-primas. A estratégia passa por acompanhar a malha, analisando a largura, a gramagem e a estabilidade dimensional em cada fase e validando os parâmetros já existentes. Caso não exista parâmetros (folha de controlo) é criado um registo de parâmetros. Após o acompanhamento do artigo, avaliou-se a influência dos processos nas características do artigo, tendo em conta os resultados. Como estes processos não são contínuos, ou seja, não são todos realizados no mesmo equipamento e os equipamentos não são exclusivos para os mesmos, torna-se muitas vezes inviável aplicar a estratégia inicialmente traçada.

Assim sendo, na fase inicial realizou-se o controlo da matéria-prima juntamente com o processo de relaxamento e só após ter alguns dados conclusivos acerca deste processo avançou-se para o processo principal, a termofixação.

No estudo da termofixação, na fase inicial foram identificadas as variáveis críticas do processo, e conseqüentemente a influência destas na qualidade do artigo após a operação. Ao mesmo tempo que foram identificadas as variáveis críticas do processo: temperatura no artigo, tempo de permanência, temperatura nos queimadores; largura e gramagem do artigo para a operação, realizou-se o registo dos parâmetros na folha de controlo, validando com as existentes. Com a evolução do estudo neste processo, foi possível verificar a necessidade de filtrar mais as parametrizações/folhas de controlo.

No controlo interno já existente havia separação entre tipo da casa e tipo de cliente, onde no tipo de casa as compras são da responsabilidade da Adalberto, já no tipo do cliente os artigos são comprados pelo mesmo. Neste controlo, para cada tipo da casa, existia apenas uma folha de controlo, considerando que as especificações dadas ao cliente de largura e gramagem do artigo seja sempre a mesma. Caso haja alterações nestes requisitos, tem que existir uma parametrização nova.

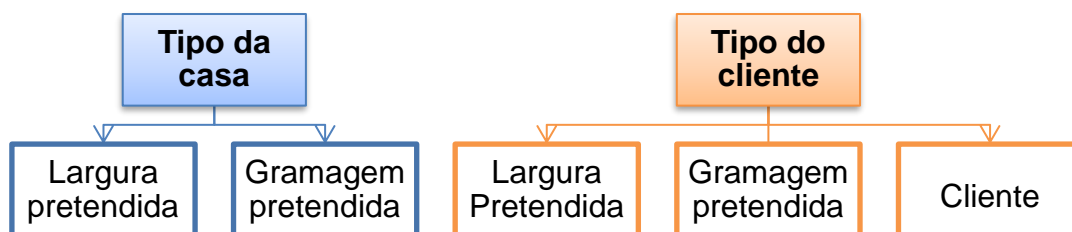


Figura 3-3. Metodologia inicialmente utilizada para parametrização dos artigos

A metodologia que é utilizada atualmente, presente na figura 3-4, tem como objetivo rastrear de forma completa todos os processos que o artigo sofre na secção dos acabamentos, identificar facilmente a fonte de possíveis não conformidades ou oportunidades de melhoria.

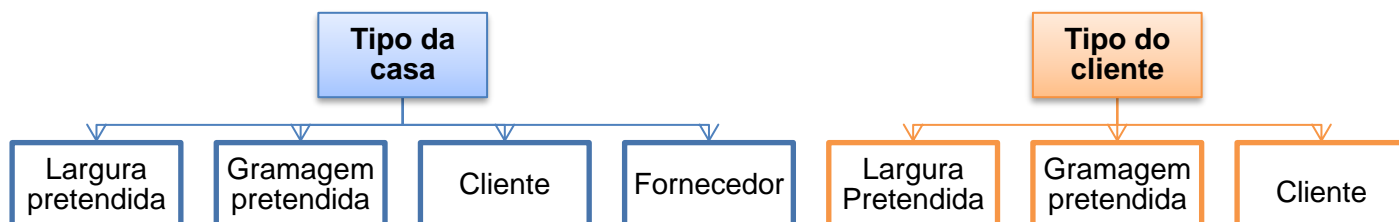


Figura 3-4. Metodologia atualmente utilizada para parametrização dos processos

3.2. OBJETIVO A ALCANÇAR

Os principais objetivos do trabalho desenvolvido é otimizar, garantir reprodutibilidade das parametrizações efetuadas e controlar os processos em estudo, tendo como indicador de desempenho, *KPI*, os reprocessamentos efetuados em artigos cuja causa identificada tenha sido a termofixação. Os reprocessamentos são operações extras, introduzidas ao processo produtivo, cujos custos são da responsabilidade da empresa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente capítulo serão apresentados os resultados obtidos dos ensaios realizados para os projetos desenvolvidos. Todos os ensaios foram realizados em produção, não havendo possibilidade de simular a nível laboratorial os processos em estudo. As amostras são recolhidas de forma aleatória durante o processo em questão e o seu número está relacionado com a metragem das encomendas em estudo.

Serão apresentados três casos de estudo, onde a matéria-prima utilizada é uma malha jersey composta por viscose e elastano, nas proporções 95%CV + 5%EL. As especificações das malhas em estudo estão presentes no anexo 2.

Inicialmente será apresentado o caso de estudo para a malha com o código 992, onde foi testado a influência do relaxamento. Foram realizados dois ensaios: o primeiro onde a malha é relaxada duas vezes; no segundo onde o artigo é relaxado sob novos parâmetros de processo.

O segundo caso de estudo é a matéria-prima com o código 652. O principal processo a analisar e aprovar é o de termofixação visto que o artigo é relaxado nas condições validadas no primeiro caso de estudo.

O terceiro caso de estudo é a malha com código 365, onde o processo de relaxamento foi eliminado, logo o processo de termofixação passou a ser a segunda operação no processo produtivo.

Por fim, é apresentado o indicador que evidencia a evolução do trabalho efetuado. O *KPI* escolhido tem como base reprocessamentos em malhas com elastano, tendo em conta a não-qualidade global da entidade.

4.1. PRIMEIRO CASO DE ESTUDO - INFLUÊNCIA DA ETAPA DE RELAXAMENTO

Neste subcapítulo é apresentado o caso de estudo que tem como objetivo perceber a influência no processo de relaxamento das malhas.

Inicialmente é apresentado o efeito de relaxar o artigo duas vezes, em termos de largura, gramagem e estabilidade dimensional.

Posto isto, é também analisado o resultado da alteração de um dos parâmetros de processo, a temperatura, confirmando qual das alterações é mais vantajosa.

Por fim, são validos os parâmetros de termofixação do artigo, bem como os resultados do artigo acabado, ou seja, as condições de entrega ao cliente.

4.1.1. EFETUAR DOIS RELAXAMENTOS NA MESMA MALHA

A tabela 4-1 mostra o comportamento de uma malha 992 em cru, ou seja, sem que tenha sofrido alguma etapa do processo de fabrico - após a receção de matéria-prima.

Tabela 4-1 Dados referentes do artigo 992 em cru.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)		Gramagem (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	LD	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)
1	Cru	182	124	186	496	-48	-33
2	Cru	179	123	183	500	-47	-32
3	Cru	181	124	189	499	-50	-31
4	Cru	180	125	194	500	-47	-32
5	Cru	182	124	178	501	-51	-32
6	Cru	182	125	186	497	-49	-33
7	Cru	184	125	181	496	-47	-32
8	Cru	182	125	192	487	-47	-32
9	Cru	182	125	193	498	-47	-32
10	Cru	183	124	178	497	-51	-30
11	Cru	182	125	182	504	-50	-31
12	Cru	181	124	185	494	-48	-32
13	Cru	181	124	184	496	-49	-32
14	Cru	180	124	188	497	-49	-31
Mínimo		179	123	178	487	-51	-33
Máximo		184	125	194	504	-47	-30
Δ		5	2	16	17	4	3
Média		181,5	124,4	185,6	497	-49	-32
Desvio P.		1,2	0,61	4,9	3,8	1,5	0,8

Na tabela 4-1 está então representado o estado com que o artigo é rececionado, em termos de largura, gramagem ou peso e estabilidade dimensional. Relativamente às siglas, *LA* e *PA* representam a largura e peso, respetivamente, do artigo antes de efetuar o ensaio de laboratório segundo a norma NP EN ISO 6330 apresentada no capítulo 1 e 2. A sigla *LD* e *PD* corresponde à largura e peso, respetivamente, do artigo após o ensaio realizado. Quanto à estabilidade dimensional, os valores representam o encolhimento que o artigo sofre,

em termos percentuais, após a realização do ensaio no laboratório. Os valores à teia indicam a percentagem de encolhimento ao comprimento enquanto que os valores à trama designam os encolhimentos do artigo em relação à largura.

É de notar que o artigo em cru apresenta diferenças de gramagem bastante acentuadas. Na amostragem recolhida obteve-se uma variação de 16 g.m⁻². Estas diferenças tendem a ser minimizadas ao longo do processo produtivo, mas nunca são totalmente eliminadas.

Na tabela 4-2 estão presentes as alterações do artigo em questão após ser relaxado uma vez, a uma temperatura de 100°C.

Tabela 4-2. Dados referente ao artigo 992 após relaxar a primeira vez.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)	Gramagem (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)
1	Relaxado 1ªvez	164	262	386	-18	-13
2	Relaxado 1ªvez	165	268	383	-18	-13
3	Relaxado 1ªvez	166	260	378	-18	-14
4	Relaxado 1ªvez	168	258	389	-21	-14
5	Relaxado 1ªvez	167	258	379	-19	-12
6	Relaxado 1ªvez	166	270	381	-15	-13
7	Relaxado 1ªvez	166	255	381	-20	-14
8	Relaxado 1ªvez	165	253	376	-20	-13
9	Relaxado 1ªvez	168	257	383	-19	-13
10	Relaxado 1ªvez	168	256	382	-20	-14
11	Relaxado 1ªvez	167	260	383	-19	-13
12	Relaxado 1ªvez	167	259	383	-19	-13
	Mínimo	164	253	376	-21	-14
	Máximo	168	270	389	-15	-12
	Δ	4	17	13	6	2
	Média	166,4	259,7	382	-19	-13
	Desvio Padrão	1,3	4,8	3,3	1,4	0,6

Através da análise da tabela 4-1 e 4-2, verifica-se que a influência da etapa de relaxamento consiste essencialmente na diminuição dos encolhimentos tanto à teia como à trama e, conseqüentemente, no aumento do peso e diminuição da largura.

A tabela 4-3 representa as características do artigo após este ser sujeito a um segundo relaxamento, mas mesmas condições que o primeiro, 100°C.

Tabela 4-3. Dados relativos ao segundo relaxamento do artigo.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)		Gramagem (g.m ⁻²)	Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)
1	Relaxado 2 ^a vez	163	272	385	-17	-10
2	Relaxado 2 ^a vez	163	289	387	-15	-11
3	Relaxado 2 ^a vez	163	278	386	-16	-11
4	Relaxado 2 ^a vez	164	270	398	-18	-16
5	Relaxado 2 ^a vez	164	264	379	-19	-12
6	Relaxado 2 ^a vez	165	267	386	-18	-12
7	Relaxado 2 ^a vez	165	273	405	-17	-13
8	Relaxado 2 ^a vez	165	268	382	-18	-13
9	Relaxado 2 ^a vez	162	271	389	-19	-13
10	Relaxado 2 ^a vez	168	272	382	-17	-13
11	Relaxado 2 ^a vez	166	275	392	-17	-14
12	Relaxado 2 ^a vez	165	275	401	-19	-13
13	Relaxado 2 ^a vez	166	276	397	-17	-11
	Mínimo	162	264	379	-19	-16
	Máximo	168	289	405	-15	-10
	Δ	6	25	26	4	6
	Média	164,5	273,6	390,0	-17	-12
	Desvio Padrão	1,5	6,1	7,5	1,3	1,4

Com a análise da tabela 4-3 comprova-se que efetuar uma segunda etapa de relaxamento não é benéfico pois os ganhos não são significativos. Comparando a tabela 4-2 com a 43, obteve-se um ganho de 2% no encolhimento à teia e 1% à trama, o que não justifica os gastos associados a este processo (0,04€/metro).

Com a análise global dos resultados obtidos para o processo de relaxamento, este apresenta benefícios principalmente na estabilidade do artigo. Obteve-se uma recuperação média de 30% nos encolhimentos à teia e 19% à trama.

Na tabela 4-4 estão representados os resultados da termofixação do artigo após este sofrer dois processos de relaxamento.

Tabela 4-4. Resultado obtido na termofixação do artigo 992 após relaxar duas vezes.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)	Gramagem (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)
1	Termofixado	187	224	256	-9	-6

Como se observa, este processo não foi suficientemente eficaz visto que o artigo se encontra com 9% de encolhimentos à teia, quando o pretendido seria 7%, tendo em conta o caderno de encargos.

Após termofixar o artigo, apenas foi recolhida uma amostra dada a quantidade de amostras já recolhidas nesta encomenda: 14 amostras em cru, 12 amostras após o artigo relaxar uma vez e 13 amostras relaxar duas vezes, fazendo um total de 49 amostras até ao momento e de sensivelmente 40 metros a menos na encomenda.

De forma a validar completamente este ensaio, foram avaliadas as características do artigo entregue ao cliente, ou seja, artigo acabado. Na tabela 4-5 estão representados os resultados.

Tabela 4-5. Características do artigo 992 após acabamento

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)	Gramagem (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)
1	Acabado	172	201	239	-8	-7
2	Acabado	169	212	245	-10	-6
3	Acabado	170	202	236	-9	-7
4	Acabado	168	206	240	-9	-8
	Mínimo	168,0	201,0	236,0	-10,0	-8,0
	Máximo	172,0	212,0	245,0	-8,0	-6,0
	Δ	4,0	11,0	9,0	2,0	2,0
	Média	169,8	205,3	240,0	-9,0	-7,0
	Desvio Padrão	1,7	5,0	3,7	0,8	0,8

Tendo em conta que as características pretendidas pelo cliente são: largura de 175 cm e gramagem de 180 g.m⁻², com encolhimento, no máximo de 7%, o artigo não está conforme. Em termos de largura está dentro dos limites de aceitação, ou seja, ± 5 cm do

pretendido, em média. No que diz respeito à gramagem, o artigo tem mais 16 g.m⁻², que o limite de aceitação, $\pm 5\%$ em relação ao pretendido, o que teve que ser proposto ao cliente, bem como o desvio de 2% de encolhimento à teia, fazendo a análise aos valores médios.

4.1.2. ALTERAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE RELAXAMENTO

Neste ensaio, alterou-se um parâmetro de processo, a temperatura para 120°C. Não houve razão específica para esta alteração. Apenas validar a influência de mais 20°C no relaxamento do artigo. Na tabela 4-6, estão presentes os resultados obtidos.

Tabela 4-6. Resultados para a malha 992 do processo de relaxamento a 120°C.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)	Gramagem (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)
1	Relaxado 1ªvez	164	250	360	-18	-11
2	Relaxado 1ªvez	167	245	356	-18	-13
3	Relaxado 1ªvez	167	257	358	-17	-13
4	Relaxado 1ªvez	164	252	369	-19	-13
5	Relaxado 1ªvez	164	241	362	-19	-13
6	Relaxado 1ªvez	163	242	354	-17	-12
7	Relaxado 1ªvez	162	246	352	-19	-10
8	Relaxado 1ªvez	162	249	360	-19	-10
9	Relaxado 1ªvez	165	269	361	-17	-12
	Mínimo	162	241	352	-19	-13
	Máximo	167	269	369	-17	-10
	Δ	5	28	17	2	3
	Média	164,2	250,1	359,1	-18,1	-11,9
	Desvio Padrão	1,8	8,2	4,7	0,87	1,20

Comparando os resultados obtidos na tabela 4-2 com os da 4-6, estes estão muito semelhantes, não podendo, apenas com estes resultados, determinar qual das situações é mais vantajosa, a de relaxar a 100°C ou a 120°C. Assim sendo, este ensaio terá que ser validado pelos resultados da termofixação do artigo.

Na tabela 4-7 estão presentes os resultados obtidos após a termofixação, onde se pode verificar que a estabilidade dimensional melhora significativamente. Os parâmetros de processo estão presentes no anexo 3, na tabela da imagem A3-2.

Tabela 4-7. Resultados da termofixação do tipo 992, relaxado a 120°C

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)	Gramagem (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)
1	Termofixado	197	176	190	-6	-2
2	Termofixado	196	179	195	-2	-3
	Mínimo	196,0	176,0	190,0	-6,0	-3,0
	Máximo	197,0	179,0	195,0	-2,0	-2,0
	Δ	1,0	3,0	5,0	4,0	1,0
	Média	196,5	177,5	192,5	-4,0	-2,5
	Desvio Padrão	0,7	2,1	3,5	2,8	0,7

Como se pode observar, os resultados melhoram após termofixação, quando comparados com os da tabela 4-4. Em média, temos uma recuperação de 5% nos encolhimentos à teia e mesmo o valor máximo obtido diverge em 1% do máximo pretendido.

Na tabela 4-8 estão presentes os resultados finais, consequentes das alterações que foram feitas no relaxamento e termofixação.

Tabela 4-8. Resultados finais para o artigo 992 após alterações.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)	Gramagem (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)
1	Acabado	177	170	190	-8	-3
2	Acabado	171	191	228	-8	-5
3	Acabado	179	179	185	-4	-5
4	Acabado	177	194	207	-5	-5
	Mínimo	171,0	170,0	185,0	-8,0	-5,0
	Máximo	179,0	194,0	228,0	-4,0	-3,0
	Δ	8,0	24,0	43,0	4,0	2,0
	Média	176,0	183,5	202,5	-6,3	-4,5
	Desvio Padrão	3,5	11,1	19,4	2,1	1,0

De acordo com os resultados apresentados na tabela 4-8, estes resultados são bem mais satisfatórios. Em termos médios, a largura e gramagem estão integrados nos limites de aceitação, bem como os encolhimentos, tanto à teia como à trama.

4.2. SEGUNDO CASO DE ESTUDO – VALIDAÇÃO DA TEMPERATURA DE TERMOFIXAÇÃO

Neste subcapítulo será apresentado o estudo da malha 652, uma malha jersey, constituída por viscose e elastano.

O artigo foi relaxado segundo as condições validadas no primeiro caso de estudo, ou seja, relaxado a 120°C.

Inicialmente avaliou-se a carta de controlo que já existia para o tipo 652 e só depois foram feitos os ajustes necessários.

A tabela 4-9 apresenta a características do artigo 652 em cru. Assim é possível controlar o seu comportamento ao longo do processo produtivo e desta forma ajustar os parâmetros de processo nas diferentes operações que este sofrer.

Tabela 4-9. Caracterização da malha 652 em cru.

Amostra	Estado	Largura (cm)		Peso (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	LD	PA	PD	Teia	Trama
1	CRU	188	141	181	423	-43	-27
2	CRU	185	143	207	416	-40	-24
3	CRU	191	142	192	437	-43	-27
	Máximo	191,0	143,0	207,0	437,0	-40,0	-24,0
	Mínimo	185,0	141,0	181,0	416,0	-43,0	-27,0
	Δ	6,0	2,0	26,0	21,0	3,0	3,0
	Média	188,0	142,0	193,3	425,3	-42,0	-26,0
	Desvio Padrão	2,4	0,8	10,7	8,7	1,4	1,4

Como pode ser observado, um dos maiores desvios que existem na matéria-prima utilizadas é a gramagem da mesma. A variação desta malha de é de 26 g.m⁻². Ainda assim, o problema era menos significativo se o PD fosse regular, ou seja, embora fossem introduzidas diferentes tensões no tear, quando o artigo se encontrasse no estado de energia mínimo, as suas características de largura, gramagem praticamente não variavam.

A tabelas 4-10 representa a alteração que o processo de relaxamento provoca no artigo.

Tabela 4-10. Caracterização da malha 652 após ser relaxada a 120°C

Amostra	Estado	Largura (cm)			Peso (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia	Trama		
1	Relaxado	174,0	254,0	343,0	-15,0	-10,0		
2	Relaxado	175,0	237,0	342,0	-16,0	-10,0		
3	Relaxado	179,0	259,0	345,0	-15,0	-9,0		
	Máximo	179,0	259,0	345,0	-15,0	-9,0		
	Mínimo	174,0	237,0	342,0	-16,0	-10,0		
	Δ	5,0	22,0	3,0	1,0	1,0		
	Média	176,0	250,0	343,3	-15,3	-9,7		
	Desvio Padrão	2,2	9,4	1,2	0,5	0,5		

Sendo um dos principais objetivos deste processo uniformizar o artigo, em termos de largura, gramagem e estabilidade dimensional, este apresenta resultados notórios tanto a nível de encolhimentos, que diminuiram cerca de 27% à teia e 10% à trama, como no aumento da gramagem, 57 g.m⁻².

Na tabela 4-11 estão representados os resultados para a malha 652 após termofixar a 185°C, durante 40 segundos. A carta de controlo deste artigo está presente no anexo 3, na tabela da figura A-3.

Tabela 4-11. Resultados da termofixação do tipo 652 a 185°C 40s.

Amostra	Estado	Largura (cm)			Peso (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia	Trama		
1	Termofixado	191	215	244	-7	-4		
2	Termofixado	191	216	246	-8	-4		
3	Termofixado	190	208	234	-6	-3		
4	Termofixado	192	207	237	-7	-3		
	Máximo	192	216	246	-6	-3		
	Mínimo	190	207	234	-8	-4		
	Δ	2	9	12	2	1		
	Média	191,0	211,5	240,3	-7,0	-3,5		
	Desvio Padrão	0,8	4,7	5,7	0,8	0,6		

Na tabela 4-12 estão apresentados os resultados para a termofixação do artigo a 190°C durante 40 segundos. A carta de controlo também está presente no anexo 3, na figura A3-4.

Tabela 4-12. Resultados da termofixação do tipo 652 a 190°C 40s.

Amostra	Estado	Largura (cm)	Peso (g.m ⁻²)			Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia	Trama	
1	Termofixado	185	218	249	-6	-5	
2	Termofixado	186	230	266	-6	-4	
3	Termofixado	188	218	245	-8	-5	
4	Termofixado	188	223	247	-7	-4	
	Máximo	188	230	266	-6	-4	
	Mínimo	185	218	245	-8	-5	
	Δ	3	12	21	2	1	
	Média	186,8	222,3	251,8	-6,8	-4,5	
	Desvio Padrão	1,5	5,7	9,6	1,0	0,6	

Comparando os resultados obtidos na tabela 4-11 e 4-12, a termofixação obtida com 185°C durante 40s é a que apresentam melhores resultados. Ainda assim, é necessário avaliar os resultados do artigo acabado para validar estes parâmetros.

Nas tabelas 4-13 e 4-14 estão represados os resultados para o artigo 652 acabado tendo em conta os parâmetros de termofixação, 185°C e 190°C, respetivamente.

Tabela 4-13. Resultados do tipo 652 acabado quando termofixado a 185°C.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)	Peso (g.m ⁻²)			Variação dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)	
1	Acabado	173	211	233	-10	-4	
2	Acabado	175	209	239	-9	-4	
3	Acabado	176	211	254	-9	-4	
4	Acabado	178	220	241	-10	-4	
	Mínimo	173,0	209,0	233,0	-10,0	-4,0	
	Máximo	178,0	220,0	254,0	-9,0	-4,0	
	Δ	-5,0	-11,0	-21,0	-1,0	0,0	
	Média	175,5	212,8	241,8	-9,5	-4,0	
	Desvio Padrão	2,1	4,9	8,8	0,6	0,0	

Tabela 4-14. Resultados do artigo 652 acabado quando termofixado a 190°C.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)			Peso (g.m ⁻²)		Variação dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)		
1	Acabado	169	243	267	-3	-2		
2	Acabado	174	219	254	-5	-4		
3	Acabado	173	216	245	-6	-4		
4	Acabado	172	226	261	-4	-4		
	Mínimo	169,0	216,0	245,0	-6,0	-4,0		
	Máximo	174,0	243,0	267,0	-3,0	-2,0		
	Δ	5,0	27,0	22,0	3,0	2,0		
	Média	172,0	226,0	256,8	-4,5	-3,5		
	Desvio Padrão	2,2	12,1	9,5	1,3	1,0		

Tendo em conta as características pretendidas pelo cliente: artigo com a largura de 170 cm, gramagem de 220 g.m⁻² e encolhimentos máximos de 7%, a termofixação mais eficaz é a efetuada a 190°C. Na tabela 4-14 pode-se destacar a largura média de 172 cm, a gramagem de 226 g.m⁻², bem como os encolhimentos na ordem dos 4%. Na tabela 4-13, com os resultados a termofixação a 185°C a largura e a gramagem também estão inseridas nos limites de aceitação, embora os encolhimentos, sobretudo à teia sejam superiores.

4.3. TERCEIRO CASO DE ESTUDO – MALHA SEM PROCESSO DE RELAXAMENTO

O terceiro caso de estudo tem como intuito efetuar o processo num artigo sem que este seja relaxado. Este ensaio teve como base a análise do artigo em cru. O artigo já se encontrava com a gramagem bastante mais elevada que a pretendida pelo cliente e os encolhimentos não eram tão elevados como o artigo 652 ou 992, anteriores casos de estudo.

Assim sendo, avancei com o processo de termofixação para o artigo em causa, com o código 365, sem que este seja relaxado.

Na tabela 4-15 encontra-se a caracterização em cru do artigo 365. As características pretendidas pelo cliente são: largura de 160 cm e gramagem de 180g.m⁻². No anexo 2 estão presentes as características gerais para o artigo.

Tabela 4-15. Caracterização do artigo 365 em cru.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)		Peso (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	LD	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)
1	Cru	175	133	239	452	-32	-23
2	Cru	177	133	235	459	-34	-25
3	Cru	177	134	246	452	-32	-24
4	Cru	178	134	243	433	-32	-25
5	Cru	177	132	259	478	-30	-26
6	Cru	180	133	244	470	-34	-26
7	Cru	177	133	236	469	-32	-25
8	Cru	177	133	239	457	-32	-24
9	Cru	174	132	240	451	-33	-24
10	Cru	176	130	267	480	-33	-26
11	Cru	179	133	260	481	-33	-25
12	Cru	168	130	244	466	-30	-23
Mínimo		168	130	235	433	-34	-26
Máximo		180	134	267	481	-30	-23
Δ		12	4	32	48	4	3
Média		176,3	132,5	246,0	462,3	-32,3	-24,7
Desvio P.		2,9	1,3	9,9	13,7	1,2	1,0

Pela análise da tabela 4-15 verifica-se que o artigo em cru tem mais 66 g.m⁻² e mais 16 cm de largura, em média, que o pretendido pelo cliente. Assim sendo, o artigo apresenta características bastantes vantajosas para avançar com o processo de termofixação sem relaxar.

Na tabela 4-16 encontram-se os resultados obtidos após termofixar, no que diz respeito à largura, gramagem e estabilidade dimensional para o artigo em causa. A carta de controlo para este processo está no anexo 3, na tabela da figura A3-5.

Tabela 4-16. Caracterização do artigo 365 após termofixar.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)			Peso (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)		
1	Termofixado	181	184	203	-7	-2		
2	Termofixado	178	200	226	-6	-4		
3	Termofixado	177	198	229	-7	-4		
4	Termofixado	177	188	232	-7	-2		
5	Termofixado	178	200	224	-7	-4		
6	Termofixado	178	184	206	-8	-3		
7	Termofixado	177	186	213	-8	-3		
8	Termofixado	180	192	226	-8	-3		
9	Termofixado	178	200	227	-8	-4		
10	Termofixado	178	195	224	-8	-3		
11	Termofixado	181	188	213	-7	-3		
12	Termofixado	181	188	210	-6	-2		
	Mínimo	177,0	184,0	203,0	-8,0	-4,0		
	Máximo	181,0	200,0	232,0	-6,0	-2,0		
	Δ	4,0	16,0	29,0	2,0	2,0		
	Média	178,7	191,9	219,4	-7,3	-3,1		
	Desvio Padrão	1,5	6,1	9,4	0,7	0,8		

O artigo termofixado sem relaxar apresenta bons resultados. Existe instabilidade na gramagem, já presente também no artigo em cru. Ainda assim os valores para a estabilidade dimensional são satisfatórios, com variações de 2% de encolhimento, tanto à teia, como à trama.

De forma a validar o ensaio, foram avaliados os resultados do artigo acabado, presentes na tabela 4-17.

Tabela 4-17. Caracterização do artigo 365 acabado.

Amostra	Estado da amostra	Largura (cm)	Peso (g.m ⁻²)		Estabilidade dimensional	
		LA	PA	PD	Teia (%)	Trama (%)
1	Acabado	166	184	195	-1	-4
2	Acabado	160	189	214	-4	-3
3	Acabado	163	179	202	-2	-4
4	Acabado	161	188	224	-6	-4
5	Acabado	160	184	212	-3	-3
6	Acabado	165	193	203	-1	-4
7	Acabado	165	191	198	-1	-4
8	Acabado	164	193	208	-1	-3
	Mínimo	160,0	179,0	195,0	-6,0	-4,0
	Máximo	166,0	193,0	224,0	-1,0	-3,0
	Δ	6,0	14,0	29,0	5,0	1,0
	Média	163,0	187,6	207,0	-2,4	-3,6
	Desvio Padrão	2,2	4,6	8,9	1,7	0,5

Com a avaliação dos resultados do artigo acabado considerou-se que o estudo foi bem-sucedido. Tendo em conta os valores médios, tanto a largura como a gramagem estão no intervalo dos critérios de aceitação, ± 5 centímetros em relação à largura e $\pm 5\%$ no que diz respeito à gramagem. Os encolhimentos também estão conformes.

Com a eliminação do processo de relaxamento, conseguiu-se uma poupança de 0,04€/metro para além da disponibilidade do equipamento para outra operação disponível do equipamento – a secagem.

4.4. INDICADOR DA EVOLUÇÃO DO TRABALHO DESENVOLVIDO

Na figura 4-1 apresenta a evolução e os efeitos provocados com o trabalho desenvolvido. O KPI proposto tem como objetivo máximo 0,5% de reprocessamentos de malhas com elastano, onde os problemas sejam de largura, gramagem ou estabilidade dimensional, tendo em conta toda a não-qualidade da empresa. Os valores referentes a estes resultados estão presentes no anexo 3, tabela A3-3.

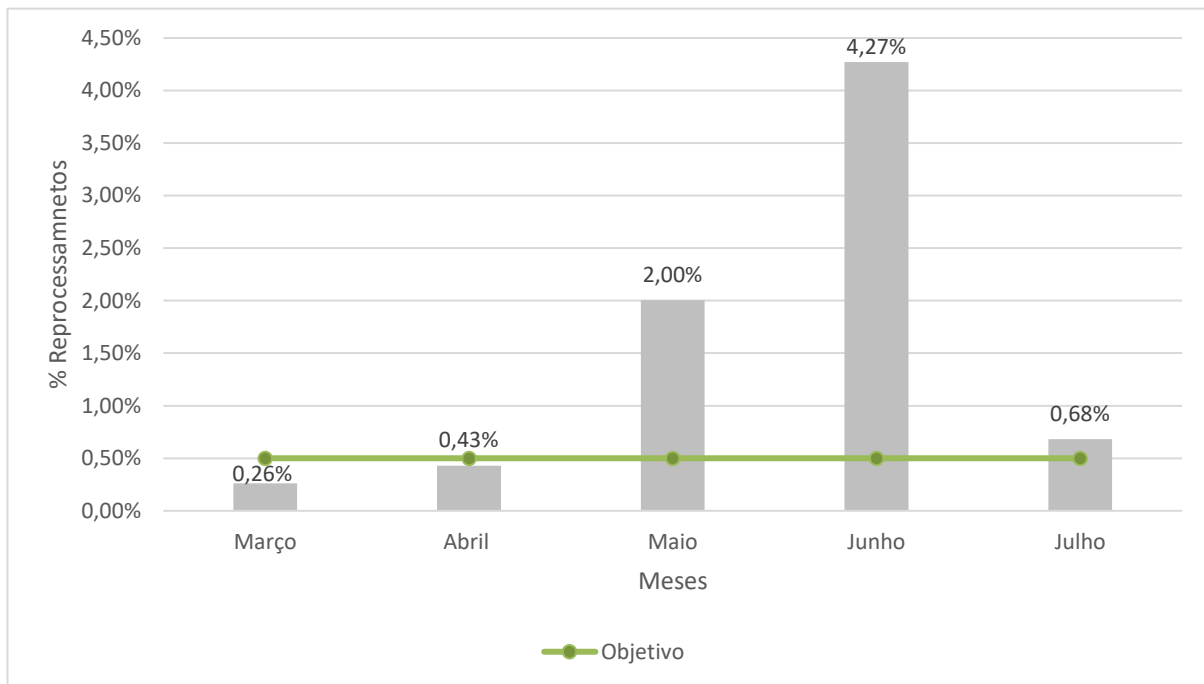


Figura 4-1. Evolução do KPI em função dos meses.

O aumento acentuado no mês de abril para maio e junho pode ser justificado com o pico de produção da empresa, bem como a sazonalidade que o sector sofre. Os artigos que sofrem termofixações são fortemente produzidas nestes meses.

A meados do mês de maio iniciou-se a normalização do processo de termofixação, elaborando cartas de controlo/parametrizações para os artigos que termofixam. O aumento de reprocessamentos afetos à termofixação no mês de maio e junho podem dever-se às alterações que foram feitas nos parâmetros de processo e/ou a ajustes que foram necessários efetuar.

Quando finalmente os parâmetros de processo estão validados, as percentagens de reprocessamentos diminuem significativamente – resultados do mês de julho. Deste modo, mostra-se os benefícios de os processos estarem controlados.

5. CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho demonstrou-se que existem várias avaliações que devem ser consideradas antes de validar completamente parâmetros associados a um processo produtivo.

Os processos de relaxamento e termofixação são operações de base para o processo produtivo das malhas com elastano, sendo que o último é muito importante para a estabilização do artigo, quer em termos de encolhimentos, quer em termos de largura e gramagem.

O processo de relaxamento antecede o processo de termofixação, sendo o principal objetivo uniformizar e estabilizar a malha. O principal benefício verificado é reduzir significativamente os encolhimentos do artigo antes de termofixar. Ainda assim, pode concluir-se que o processo não é tão eficaz quanto o desejado pois a malha continua com oscilações de gramagem significativas após o processo.

Relativamente à avaliação feita aos parâmetros de processo de relaxamento, a temperatura foi sujeita a alterações. Após a apreciação dos efeitos provocados no artigo, em termos de largura, gramagem e estabilidade dimensional, pela temperatura de relaxamento a 100°C, comparou-se com os resultados obtido para o artigo relaxado a 120°C. Podendo-se concluir que o aumento de 20°C, tem efeitos sobretudo na estabilidade dimensional e gramagem. Esta alteração foi validada após a análise do comportamento do artigo termofixado e posteriormente acabado, nas mesmas condições, onde demonstrou que a malha apresenta características mais estáveis quando relaxada a 120°C.

No processo de termofixação, não foi possível criar uma ligação direta entre os parâmetros de processo e a composição do artigo, principalmente a temperatura e tempo de termofixação. As variáveis críticas para este processo são: temperatura de termofixação, tempo de permanência, largura e gramagem de termofixação. Todos os outros são ajustados para que estes se cumpram. O segundo caso de estudo teve como objetivo analisar a interferência da temperatura de termofixação nas características da malha do tipo 652. Analisando os resultados, tanto no artigo termofixado como acabado pode concluir-se que para este tipo de artigo os parâmetros de processo de termofixação mais indicado são 190°C durante 40 segundos. Este caso de estudo mostra a importância de validar os parâmetros de processo tendo em conta também os resultados finais, pois, os resultados obtidos após termofixar são muito semelhantes nas duas situações, embora, os resultados do artigo acabado sejam mais equilibrados, principalmente no que diz respeito à estabilidade dimensional.

O terceiro caso de estudo deu ênfase à importância da avaliação do artigo em cru bem como a possibilidade de proceder à termofixação de um artigo sem que este seja relaxado. As três especificações para validação do artigo: largura, gramagem e estabilidade dimensional, estão conformes, concluindo-se assim que o ensaio foi bem-sucedido. Ganha-se assim a dispensa de uma operação e aumenta a capacidade de resposta, relativamente aos prazos para o artigo em questão, abrindo também a possibilidade para a dispensa da operação de relaxamento para outros artigos.

Por último, pode-se concluir que a normalização de processos é muito importante para que se garanta a reprodutibilidade das características dos artigos. É também uma ferramenta para diminuição da não-qualidade.

Sugestão para trabalhos futuros:

- Avaliar a influência do vapor no processo de relaxamento;
- Avaliar do benefício da “termofixação a molhado” quando os artigos apresentam valores de largura, gramagem e estabilidade dimensional muito diferentes do pretendido pelo cliente;
- Elaboração de cartas de controlo/parametrizações para as malhas compostas por outras fibras têxteis, por exemplo, o algodão;
- Estudo do processo de relaxamento e termofixação de malhas com outro tipo de construção, por exemplo, malha Rib ou Interlock.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. T. e V. Portuguesa, “A INDÚSTRIA TÊXTIL E VESTUÁRIO PORTUGUESA,” 2017.
- [2] H. K. Nordås, “The Global Textile and Clothing Industry post the Agreement on Textiles and Clothing,” Geneva, Switzerland, 2004.
- [3] Jornal de Negócios, “Adalberto Estampados vende tecidos em 40 países,” 2017. [Online]. Available: <http://www.jornaldenegocios.pt/negocios-em-rede/e-para-exportar/detalhe/adalberto-estampados-vende-tecidos-em-40-paises>. [Accessed: 02-Aug-2017].
- [4] P. C. R. Moreira, “Criação de Fluxo no Sector Têxtil,” Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- [5] ATP, “A INDÚSTRIA TÊXTIL E VESTUÁRIO PORTUGUESA t; ATP – Associação Têxtil e Vestuário de Portugal,” 2015.
- [6] J. T. A. Roda, “Garantia de Qualidade em Materiais Têxteis,” Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, 2008.
- [7] R. R. Mather and R. H. Wardman, *The Scope of Textile Fibres*. 2015.
- [8] S. M. T. Xavier, “Um modelo para a predição da alteração dimensional em tecidos de malha em algodão,” 2004.
- [9] M. de Araújo and E. M. de M. e Castro, *Manual de Engenharia Têxtil*, Fundação C. 1986.
- [10] M. Romani, “A influência do controle da tensão do elastano durante o processo produtivo nas propriedades elásticas dos tecidos com elastano para fitness .,” Universidade de S. Paulo, 2016.
- [11] “SANTEXRIMAR.” [Online]. Available: <http://www.santextrimar.com/brands/santex/machinery/santashrink-standard/>. [Accessed: 30-Oct-2018].
- [12] “No Title.” [Online]. Available: https://www.google.pt/search?biw=1366&bih=657&tbm=isch&sa=1&ei=Kt7dW9RY7JeABoaHvrAB&q=relax+drying&oq=relax+drying&gs_l=img.3...996833.4097521.0.4098440.4.4.0.0.0.0.175.398.0j3.3.0...0...1c.1.64.img..1.0.0.0...0.Nwaz3FM0u9Q#imgsrc=upVWqGiV7ftoUM: [Accessed: 30-Oct-2018].
- [13] “TRATAMENTO TÉRMICO EM MATERIAIS TÊXTEIS COMPOSTOS DE FIBRAS SINTÉTICAS,” pp. 1–8, 2014.
- [14] J. Morgado, “Química Têxtil - tecnologia de tinturaria substratos têxteis,” FEUP, 2005.
- [15] “No Title.” [Online]. Available: https://www.google.com/search?q=Multi+-+Layer+Stenter+VNE+6&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjFzbbZhLneAhUmBMAKHVcGD5sQ_AUIDigB&biw=1517&bih=730&dpr=0.9#imgsrc=vDSKqdY8fAudqM: [Accessed: 30-Oct-2018].

ANEXOS

Anexo 1 – Procedimento de Termofixação

No anexo 1 está presente o procedimento interno da Adalberto para o processo de termofixação de malhas com elastano.

PROCEDIMENTOS DE TERMOFIXAÇÃO	
Malhas com Elastano	
<p>0- Nota prévia</p> <p>As encomendas devem referir:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Largura pretendida . Peso/m² pretendido . Características do elastano 	
<p>1- N/ artigos</p> <p>Seguir tabela elaborada c/:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Tipo e designação de artigo . Largura/peso finais pretendidos . Tempo de permanência . Temperatura <p>Eficiência de termofixação =(Largura após 10 min á fervura e socagem em tumbler/ largura após termofixação). (A largura após fervura deve ser próxima da pretendida, + 10 ou 5 cm conforme se trate de artigo para estampar ou para liso.)</p> <p>O valor obtido deve ser próximo de 95% +2%</p> <p>Largura de termofixação =(Largura pretendida/ Eficiência de termofixação)</p> <p>Peso/m² (aproximadamente – 10g para o pretendido)</p>	
<p>2- Artigos novos</p> <p>Largura e peso pretendidos (deve usar-se o conhecimento do cliente quando existe)</p> <p>Quando não existe conhecimento deve ensaiar-se uma peça a frente para aferição de características usando os parâmetros de um artigo similar e determinar:</p> <ul style="list-style-type: none"> . Eficiência de termofixação . Largura de termofixação . Peso/m² (- 10g aproximadamente para o pretendido) <p>Avaliar resultados</p> <p>Se necessário ajustar: Tempo de permanência e ou largura de termofixação</p> <p>Encolhimentos obtidos (Devem ser 4%+2%)</p> <p>Adaptar a ficha de inspeção e ensaios para ser possível o registo:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Condições previstas <ul style="list-style-type: none"> Larg (cm) Peso (g/m²) Temperatura (°C) Permanência (s) Velocidade (m/min) Sobrealimentação -Condições reais Idem 	
ELABORADO / VERIFICADO :	APROVADO :
MOD. 001 / DQ 19	

Figura A1-1. Procedimento de termofixação

ANEXO 2 – ESPECIFICAÇÕES DOS ARTIGOS EM ESTUDO

No anexo 2 são apresentadas características gerais para os artigos em estudo, apresentadas na tabela A2-1.

Tabela A2-1. Características gerais dos artigos em estudo.

Código do artigo	Tipo malha	Composição	Largura Pretendida (cm)	Gramagem Pretendida (g.m⁻²)
992	Jersey	95%CV + 5%EL	175	180
		30/1 AIR JET CV; 20 EL; Tear J28 32"		
652	Jersey	95%CV + 5%EL	170	220
		30/1 CV; 20 EL; Tear J28 32"		
365	Jersey Mescla	95%CV + 5%EL	160	180
		30/1 AIR JET CV; 20 EL; Tear J28 30"		

Os artigos escolhidos para o estudo, todos estão na mesma família de artigos, ou seja:

- Compostos por viscose e elastano nas mesmas proporções (95%CV + 5%EL);
- A viscose é de fio 30/1, sendo que no tipo 992 e 365 a tiragem do tear é *AIR JET*.
- O elastano é de fio 20;
- No processo de fabrico para tecer a malha é utilizado jogo 28 (J28) num tear de 30 ou 32 polegadas, de acordo com a largura pretendida para a malha;
- Toda a malha é do tipo *jersey*, sendo que o tipo 365 é construída com de viscose mescla, ou seja, um fio que já apresenta cor cinza.

ANEXO 3 - MODELOS DAS CARTAS DE CONTROLO

Na tabela A3-1 estão presentes os parâmetros para o processo de relaxamento utilizados até ser efetuada a alteração. A tabela A3-2 mostra a alteração proposta e validada, entrando assim em vigor.

Tabela A3-1. Parametrização para o processo de relaxamento.

		Algodão / Elastano	Viscose / Elastano
Temperatura	Campo 1	110°C	100°C
	Campo 2	110°C	100°C
	Campo 3	120°C	100°C
Ventilação	Campo 1	Ligado	Ligado
	Campo 2	Desligado	Desligado
	Campo 3	Ligado	Ligado
Vapor		Ligado	Desligado
Compensação		10 a 15%	10 a 15%
Velocidade		35 m/min	35 a 40m/min
Obs. Registrar no MOD.004/DFA/0 a gramagem antes e depois de relaxar (cortar amostra sempre perto das costuras) e a respetiva recuperação (fazer marcação com fita métrica validada – 2 traços distanciados 50cm)			

Tabela A3-2. Parâmetros do processo de relaxamento atualizados.

		Viscose / Elastano ou Modal / Elastano	Algodão / Elastano
Temperatura (°C)	Campo 1	120	110
	Campo 2	120	110
	Campo 3	120	120
Regulação da Tubeira	Campo 1	Ligado	Ligado
	Campo 2	Ligado	Desligado
	Campo 3	Ligado	Ligado
Sobre alimentação		10 a 15%	10 a 15%
Temperatura à saída (°C)		-	-
Vibração		OFF	OFF
Ventilação		70 a 75%	70 a 75%
Humidade à saída		-	-
Velocidade (m/min)		35 a 40	35
Vaporização		Desligado	Ligado
Obs. Registrar no MOD.004/DFA/0 a gramagem antes e depois de relaxar (cortar amostra sempre perto das costuras) e a respetiva recuperação (fazer marcação com fita métrica validada – 2 traços distanciados 50cm)			

Na figura A3-1 está apresentado modelo da carta de controlo utilizada para as parametrizações dos artigos no processo de termofixação e/ou nas diferentes fases do processo na secção do acabamento.

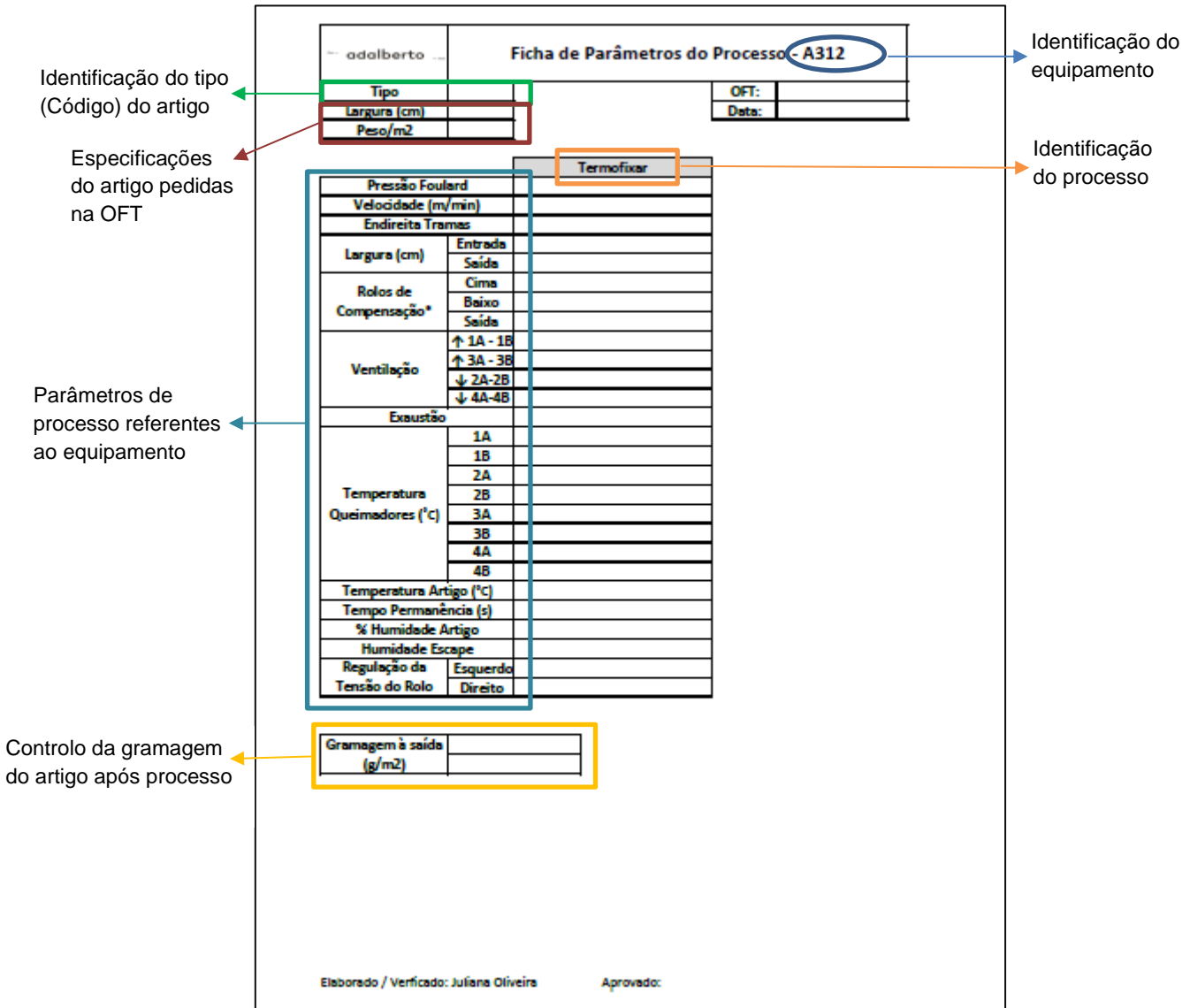


Figura A3-1. Modelo da carta de controlo utilizada no registo de parâmetros de termofixação

3.1. DADOS RELATIVOS AO TIPO 992

Na figura A3-2 estão presentes os parâmetros de processo de termofixação para o artigo 992.

adalberto		Ficha de Parâmetros do Processo - A312	
Artigo	MH Jersey 95% CV + 5% EL (Tipo 992)		
Cliente	PROMOD		
Largura (cm)	175		
Peso/m ²	180		
		Termofixar	
Pressão Foulard	-		
Velocidade	32 m/min		
Endireita Tramas	Automático		
Largura	Entrada	195,5	
	Saída	195	
Rolos de Compensação *	Cima	37	
	Baixo	1,6	
	Saída	5	
Ventilação	↑ 1A - 1B	2	
	↑ 3A - 3B	2	
	↓ 2A-2B	2	
	↓ 4A-4B	2	
Exaustão		Manual	
Temperatura Queimadores	1A	205	
	1B	205	
	2A	205	
	2B	205	
	3A	205	
	3B	205	
	4A	205	
4B	205		
Temperatura Artigo	190 °C		
Tempo Permanência	40s		
% Humidade Artigo			
Humidade Escape	-		
Regulação da Tensão do Rolo	Esquerdo	20%	
	Direito	20%	
* Ajustar sempre em função do peso à saída, que deve estar entre as 167 e as 170 [g/m2]			
Elaborado: Juliana Oliveira		Verificado:	

Figura A3-2. Parâmetros de processo de termofixação para o tipo 992.

3.2. DADOS RELATIVOS AO TIPO 652

Na figura A3-3 e A3-4 estão presentes os parâmetros de processo de termofixação para o artigo 652.

-- adalberto --		Ficha de Parâmetros do Processo - A312	
Tipo	652	MH Jersey 95%CV + 5%EL	
Largura	170		
Peso/m2	220		
		Termofixar	
Pressão Foulard		-	
Velocidade (m/min)		35	
Endireita Tramas		Automático	
Largura (cm)	Entrada	189	
	Saída	189	
Rolos de Compensação*	Cima	18,6	
	Baixo	0,3	
	Saída		
Ventilação	↑ 1A - 1B	2ª Velocidade	
	↑ 3A - 3B	2ª Velocidade	
	↓ 2A-2B	2ª Velocidade	
	↓ 4A-4B	2ª Velocidade	
Exaustão		-	
Temperatura Queimadores (°C)	1A	190 - 195	
	1B	190 - 195	
	2A	190 - 195	
	2B	190 - 195	
	3A	190 - 195	
	3B	190 - 195	
	4A	190 - 195	
Temperatura Artigo		185	
Tempo Permanência (s)		40	
% Humidade Artigo		-	
Humidade Escape		-	
Regulação da Tensão do Rolo	Esquerdo	20%	
	Direito	20%	

* Ajustar sempre em função do peso à saída, que deve estar entre as 207 e as 210 (g/m2)

Elaborado / Verificado: Juliana Oliveira Aprovado:

Figura A3-3. Parâmetros para processo de termofixação para o tipo 652

3.3. DADOS RELATIVOS AO TIPO 365

Na figura A3-5 estão apresentados os parâmetros de processo para a termofixação para a malha jersey 95%CV + 5%EL, tipo 365.

adalberto		Ficha de Parâmetros do Processo - A312	
Artigo	MH Jersey 95% CV + 5% EL (Tcô 365)		
Cliente	PROMOD		
Largura (cm)	160		
Peso/m ²	180		
		Termofixar	
Pressão Foulard		-	
Velocidade		33 m/min	
Endireita Tramas		Automático	
Largura	Entrada	180	
	Saída	180	
Rolos de Compensação *	Cima	-4,1	
	Baixo	-4,2	
	Saída	3	
Ventilação	↑ 1A - 1B	2	
	↑ 3A - 3B	2	
	↓ 2A-2B	2	
	↓ 4A-4B	2	
Exaustão		Manual	
Temperatura Queimadores	1A	205	
	1B	205	
	2A	205	
	2B	205	
	3A	205	
	3B	205	
	4A	205	
	4B	205	
Temperatura Artigo		193°C	
Tempo Permanência		40s	
% Humidade Artigo			
Humidade Escape		-	
Regulação da	Esquerdo	20%	
Tensão do Rolo	Direito	20%	
* Ajustar sempre em função do peso à saída, que deve estar entre as 167 e as 170 (g/m2)			
Elaborado: Juliana Oliveira		Aprovado:	

Figura A3-5. Parâmetros de termofixação para o tipo 365.

3.4. VALORES BASE PARA OBTENÇÃO DO KPI

Na tabela A3-3 presentes dos dados recolhidos para a determinação do indicador de evolução do trabalho desenvolvido:

- O número de ordens de fabrico de reprocessamentos em cada mês - Nº de OFR's, tanto global, como os que são afetos à termofixação;
- Metros reprocessados por mês.

A percentagem de reprocessamentos afetos à termofixação é determinada por:

$$\% \text{ Reprocessamento}_{(\text{termofixação})} = \frac{\text{Metros reprocessados afetos à termofixação}}{\text{Metragem total reprocessada}} \times 100$$

Tabela A3-3. Dados para a determinação do indicador de evolução do trabalho desenvolvido

Mês	Reprocessamento Global		Reprocessamentos afetos à termofixação		%
	Nº de Ofr's	Metros Reprocessados	Nº de Ofr's	Metros Reprocessados	
<u>Março</u>	184	127 022,89	2	332,00	0,26%
<u>Abril</u>	165	157 342,55	2	674,20	0,43%
<u>Maio</u>	355	210 562,42	11	4 218,20	2,00%
<u>Junho</u>	336	258 648,29	12	11 044,33	4,27%
<u>Julho</u>	330	190 895,20	6	1 300,10	0,68%