

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



Monitorização da Eficiência de Energia e Fluidos na Produção Têxtil

Manuel Fernando Lopes Amaral

Dissertação realizada no âmbito do
Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Major Automação

Orientador: Prof. Dr. Adriano Carvalho
Co-orientador: Eng. Joaquim Vieira (Riopele - Têxteis, S. A.)

Fevereiro de 2009

© Manuel Fernando Lopes Amaral, 2009

Resumo

No ramo têxtil, tradicionalmente, é colocada maior ênfase na produtividade e na qualidade. No entanto, a abertura dos mercados têxteis Europeus a produtores externos, introduz preocupações adicionais de competitividade, aumentando a importância dos custos associados aos processos produtivos, onde o somatório de energia e fluidos (afluentes e efluentes) representa uma parcela considerável.

A Riopelle faz uma análise bastante rigorosa dos consumos de energia e fluidos a nível global, sectorial e em muitos casos, mesmo ao nível do centro de trabalho, no entanto, **não existe um processo expedito de determinar consumos diferenciados em função dos diferentes artigos produzidos**. Estes consumos são dependentes da sequência de operações realizada, bem como de parâmetros variáveis em cada uma das referidas operações (por ex.: temperaturas e velocidades), que podem ser consideravelmente diferentes em função do artigo produzido.

Encontrar uma solução para este problema permite uma análise contabilística de custos mais rigorosa, relativamente a artigos já existentes e relativamente a novos produtos proporcionando uma sensibilidade optimizada dos consumos e custos de maneira repartida; permite direccionar para os pontos mais críticos os esforços de optimização de roteiros, processos têxteis e procedimento produtivo, em suma, apostar de uma forma mais consciente na eficiência de recursos; e permite ainda obter uma previsão mais apurada das necessidades energéticas futuras.

Neste contexto, o objectivo deste trabalho consiste na criação de um simulador que permita estimar para cada artigo, o consumo de energia e fluidos (EF), em função do roteiro e dos programas utilizados em cada centro de trabalho. Na medida em que se trata de uma empresa de grande dimensão e com grande integração vertical, restringe-se a implementação ao sector de Acabamentos, que se considera o mais representativo. Para além de estimar um custo total, a simulação permite identificar, por centro de trabalho, as energias/fluidos com maior custo relativo; bem como os centros de trabalho de trabalho com maior custo para cada artigo produzido.

Analisando os resultados obtidos conclui-se que no sector de acabamentos, os consumos específicos de energia e fluidos variam de forma significativa em função do artigo produzido - a produção de determinados artigos dá origem a consumos cerca de três vezes superiores aos dos artigos menos consumidores. Face a esta diferença justifica-se a análise contabilística destes custos e a prossecução de trabalho no sentido de optimizar esta ferramenta e alargar a implementação aos restantes sectores produtivos.

Abstract

In textile sector major emphasis is traditionally given to productivity and quality. However, the opening of the European textile markets to external producers brought in additional competitiveness needs, increasing the importance of productive processing costs where the sum of energy and fluids (affluent and effluents) makes up for a significant part.

Riopele does an accurate assessment of energy and fluids consumption at global, sector and even machine level. However, **there is currently no convenient way of determining fabric differentiated consumptions** which are dependent on the different sequence of operations as well as on significantly variable process parameters at the machine level such as temperature and speed.

Finding a solution to this problem allows for better accounting analysis related to energy and fluids needed for the production of existing fabrics as well as new fabrics, providing an improved knowledge in a discriminated way; allows for the aiming of efforts on optimization of textile process and production procedure to the critical points, investing in a more conscious way in resource efficiency; allows for a refined forecast for future energy and fluids necessity.

In this context the goal for this work is the development of a simulator capable of producing an estimate of consumption of energy and fluids for each fabric depending on the sequence of operations and of the programs used in each workstation. Given that Riopele is a large company with high level of vertical integration the implementation is restricted to the Finishing Sector that is considered to be the most representative. In addition to the total cost the simulation identifies for each machine the energy/fluids with higher relative cost and also the machines that present the higher cost for each produced textile fabric. Results analysis shows that in the Finishing Sector the specific consumption of energy and fluids can vary significantly as a function of the produced material - the magnitude of the higher is found to be three times the magnitude of the lower. This difference justifies the accounting analysis of these costs and the prosecution of this work in the direction of optimization of this tool and expansion of its implementation to the remainder productive sectors.

Agradecimentos

Ao Professor Adriano Carvalho, que gostaria de destacar nesta secção de agradecimentos, pelo que me proporcionou, enquanto Director de Curso, enquanto orientador deste trabalho e enquanto professor.

À Administração da empresa Riopelle Têxteis, S.A, pela oportunidade criada e pelos meios disponibilizados.

Ao Eng. Joaquim Vieira, co-orientador na Riopelle, pela ideia de propor este trabalho à empresa e à FEUP; pela forma enérgica como incentivou a obtenção de resultados práticos e pelo entusiasmo Motivador com que os recebeu.

Aos Engenheiros da Riopelle, André Sá, Isabel Domingues, José Azevedo e Pedro Costa, pela colaboração prestada nos seus respectivos campos de actividade, sempre com a maior boa vontade; diria mesmo entusiasmo, na maioria das situações.

À Sónia pela compreensão, apoio e incentivo.

Aos meus pais, por tantos motivos, que se tornaria difícil especificar.

Índice

Resumo	iii
Abstract.....	v
Agradecimentos	vii
Índice.....	ix
Lista de figuras	xi
Lista de tabelas	xv
Abreviaturas e Símbolos	xvii
Capítulo 1	1
Introdução.....	1
1.1 - Contexto	1
1.2 - Objectivos	2
1.3 - Estrutura da Dissertação	2
Capítulo 2	5
Enquadramento do problema na Riopele.....	5
2.1 - Sectores e processos têxteis existentes na Riopele	5
2.1.1 - Fiação e Torcedura.....	7
2.1.2 - Tingimento em rama ou em fio	8
2.1.3 - Tecelagem	9
2.1.4 - Acabamentos	10
2.2 - Formas de energia e fluidos envolvidas	14
2.2.1 - Energia Eléctrica	14
2.2.2 - Gás Natural	14
2.2.3 - Vapor	15
2.2.4 - Fluidos - Afluentes e Efluentes	16
2.2.5 - Energias e Fluidos - análise conjunta	17
2.3 - Modelos sectoriais simplificados.....	19
2.4 - As Energias e Fluidos no sector Acabamentos.....	21

2.4.1 - Custos	21
2.4.2 - Distribuição.....	22
2.4.3 - Equipamentos de medida	24
Capítulo 3	27
Simulador.....	27
3.1 - Requisitos.....	27
3.1.1 - Requisitos Funcionais.....	27
3.1.2 - Requisitos de Implementação, Usabilidade e Manutenção	29
3.2 - Organização da produção e estrutura de informação no sector Acabamentos.....	29
3.2.1 - Conjunto de tecidos a estudar e centros de trabalho envolvidos	31
3.3 - Arquitectura funcional	32
3.4 - Modelação	33
3.4.1 - Modelo geral	33
3.4.2 - Estimação de consumos em função do programa.....	39
3.4.2.1 - Parametrização do modelo por medições e regressão	40
3.4.2.2 - Parametrização do modelo por estudos de balanço energético e transferência de calor.....	44
3.5 - Implementação do Simulador UEF Acabamentos	47
3.5.1 - Interfaces.....	47
3.5.1.1 - Interface de entrada de dados	47
3.5.1.2 - Interface de apresentação de resultados.....	48
3.5.1.3 - Interface global	49
3.5.1.4 - Interface de manutenção	50
3.5.2 - Estrutura em Excel.....	51
3.6 - Aquisição de consumos reais	51
3.7 - Ressalvas e conclusões	55
Capítulo 4	57
Conclusões	57
Glossário.....	61
Referências	63
Bibliografia.....	65

Lista de figuras

Figura 2.1 -	Fluxograma de processos têxteis (alto nível - sectores).....	6
Figura 2.2 -	Os processos de Fiação e Torcedura desagregados nos respectivos sub-processos. Fonte: Riopelle - Têxteis, S.A.	7
Figura 2.3 -	O processo de tingimento em rama ou em fio desagregado nos respectivos sub-processos. Fonte: Riopelle - Têxteis, S.A. - adaptado de “Auditoria Energética à Olicor, Junho 2006”.....	8
Figura 2.4 -	O processo de Tecelagem desagregado nos respectivos sub-processos. Fonte: Riopelle - Têxteis, S.A.	9
Figura 2.5 -	A fase de preparação no sector “Acabamentos”. Os sub-processos executados dependem do artigo. Fonte: Riopelle - Têxteis, S.A.	10
Figura 2.6 -	A fase de Tingimento no sector “Acabamentos”. Os sub-processos executados dependem do artigo. Fonte: Riopelle - Têxteis, S.A.	11
Figura 2.7 -	Máquina para tingimento descontínuo do tipo <i>Jet</i> - a tela circula internamente sob a forma de corda durante a execução do processo de tingimento. Fonte: THIES Textilemaschinen (catálogo de produtos).....	12
Figura 2.8 -	Esquematização de máquina de tingimento contínuo por impregnação, com a tela aberta, do tipo <i>Foulard</i> . Fonte: ANDRITZ KÜSTERS (www.kuesters.com).	12
Figura 2.9 -	A fase de Acabamento no sector “Acabamentos”. Os sub-processos executados e a sequência dependem do artigo. Fonte: Riopelle - Têxteis, S.A.	13
Figura 2.10 -	Repartição sectorial do consumo anual de energia eléctrica - ano 2007.	14
Figura 2.11 -	Repartição sectorial do consumo anual de gás natural - ano 2007.	15
Figura 2.12 -	Diagrama simplificado do sistema de cogeração existente na Riopelle.	15
Figura 2.13 -	Repartição sectorial do consumo anual de vapor - ano 2007.....	16
Figura 2.14 -	Repartição sectorial do consumo anual de água - ano 2007.....	17
Figura 2.15 -	Repartição sectorial dos custos anuais com efluente - ano 2007.....	17
Figura 2.16 -	Repartição sectorial do custo anual do conjunto de energias - ano 2007.....	18

Figura 2.17 - Repartição sectorial do custo anual do conjunto de fluidos - ano 2007.....	18
Figura 2.18 - Repartição sectorial do custo anual do conjunto de energias e fluidos - ano 2007.....	18
Figura 2.19 - Modelo geral dos sectores de Fiação A e B; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).	19
Figura 2.20 - Modelo geral do sector de Fiação Olifil; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).	20
Figura 2.21 - Modelo geral do sector de Tingimento em rama ou fio; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).	20
Figura 2.22 - Modelo geral do sector de Torcedura; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).	20
Figura 2.23 - Modelo geral do sector de Tecelagem; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).	20
Figura 2.24 - Modelo geral do sector de Acabamentos; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).	21
Figura 2.25 - Repartição dos custos Anuais de Energia e Fluidos no sector Acabamentos - ano 2007.....	22
Figura 2.26 - Modelo geral do sector de Acabamentos com energias desgregadas; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).	22
Figura 2.27 - Rede de Vapor do sector Acabamentos. Fonte: Riopelle Têxteis, S.A.	23
Figura 2.28 - Diagrama de uma estação de redução de pressão. Fonte: Spirax Sarco (www.spiraxsarco.com).....	23
Figura 2.29 - Rede de Fluidos do sector Acabamentos. Fonte: Riopelle Têxteis, S.A.	24
Figura 3.1 - Diagrama de relações simplificado	29
Figura 3.2 - Extracto da réplica em Excel da tabela exportada do SAP que associa a cada centro de trabalho as operações que este tem capacidade de realizar e alguns dos respectivos atributos.....	30
Figura 3.3 - A Reorganização da tabela anterior (extracto) permite observar a possibilidade de determinadas operações serem realizadas em centros de trabalho de tipos diferentes.	30
Figura 3.4 - Esquematização da sequência de processamento em 3 fases: entrada de dados, processamento, e apresentação de resultados.....	33
Figura 3.5 - Valores mensais de consumo de energia eléctrica versus produção para uma râmola.	34
Figura 3.6 - Dois programas diferentes no mesmo centro de trabalho - ilustrativo das diferenças nas variáveis do processo, passíveis de influenciar os consumos de energia no mesmo centro de trabalho.	35
Figura 3.7 - Registo de potência da râmola Monforts 4 com duração de 5 dias: à esquerda pico de potência correspondente ao procedimento para arrefecimento da máquina antes de ser desligada para fim-de-semana; ao	

	centro consumo residual permanente correspondente à ventilação do armário de quadro eléctrico mesmo com a máquina desligada.	35
Figura 3.8	- Sobreposição da recta de regressão relativa aos valores mensais de consumo de energia eléctrica versus produção para uma râmola (a azul); com a recta correspondente ao consumo específico anual , obtido dividindo o consumo total anual (703.618) pela produção total anual (7.878.028) (a preto).	36
Figura 3.9	- Dois modelos hipotéticos para o consumo de uma operação, no mesmo centro de trabalho.....	37
Figura 3.10	- Os valores obtidos por regressão para parametrização do modelo do centro de trabalho PRM40004 (râmola Moforts 4), relativamente a consumo de Gás Natural , em função do programa utilizado.	41
Figura 3.11	- Os valores obtidos por regressão para parametrização do modelo do centro de trabalho PRM40004 (râmola Moforts 4), relativamente a consumo de Energia Eléctrica , em função do programa utilizado.	42
Figura 3.12	- Vista em perspectiva de uma râmola com indicação do comprimento do compartimento onde decorre o processo. Fonte da imagem base: A. Monforts Textilmaschinen (www.monforts.de).....	43
Figura 3.13	- Enfiamento no centro de trabalho PadSteam2 - pretende-se mostrar que uma quantidade considerável de tela “guia” tem que ser processada para que o último metro da tela em produção alcance a saída da máquina.	43
Figura 3.14	- Gráfico de variação da temperatura do banho ao longo do tempo para um programa específico de um centro de trabalho do tipo Jet.....	45
Figura 3.15	- Interface de entrada de dados após inicialização.	47
Figura 3.16	- Selecção de artigo. Nesta versão apenas são visíveis os códigos atribuídos aos artigos neste projecto; na versão final ficará visível a designação efectiva dos artigos.	48
Figura 3.17	- Após a selecção do artigo; algumas características do tecido seleccionado são de imediato carregadas no interface.....	48
Figura 3.18	- Interface de apresentação de resultados após inicialização.	49
Figura 3.19	- Interface de apresentação de resultados após carregamento com os resultados da simulação.	49
Figura 3.20	- Interface global que incorpora as duas componentes: entrada de dados e apresentação de resultados.....	50
Figura 3.21	- Interface de manutenção - factores de conversão para UEF.	51
Figura 3.22	- Linha de condensado à saída da máquina: a) original; b) após alteração.	52
Figura 3.23	- Alterações na linha de saída de condensado da Râmola Monforts2, de forma a permitir contabilizar o condensado produzido.	52
Figura 3.24	- Medida de vapor consumido numa máquina (Fonte: Spirax Sarco)	53
Figura 3.25	- Medida de vapor consumido numa máquina - ilustração do método utilizado e do dispositivo de medida criado.	53

Figura 3.26 - Instrumentação para medição de condensado, idealizada e construída para este projecto.	54
Figura 3.27 - Contador de água quente.	54
Figura 3.28 - Nível inferior do tubo de saída, superior ao nível superior do contador em algum ponto; de forma a impedir a entrada de ar no contador evitando erros na medição devido a este efeito.	54
Figura 3.29 - Consumo de energia eléctrica na Râmula Monforts 4 durante operação de manutenção.	55

Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Custos unitários médios de Energia e Fluidos no ano 2007, relativamente à globalidade dos sectores Riopelle.	19
Tabela 3.1 - Custos unitários médios de Energia e Fluidos no ano 2007, relativamente à globalidade dos sectores; e factor de conversão (FC_j) de EF para UEF.	28
Tabela 3.2 - “Super-Roteiro” para o Tecido 4 - para além da sequência de operações do roteiro, são definidos os programas a utilizar em cada centro de trabalho, bem como centros de trabalho preferenciais e centro de trabalho proibidos.	31
Tabela 3.3 - Algumas características de 13 tecidos seleccionados pela Riopelle, para estudo.....	31
Tabela 3.4 - Centros de Trabalho envolvidos na produção dos tecidos seleccionados pela Riopelle para estudo e Energias e Fluidos utilizados em cada um.	32
Tabela 3.5 - Sequência de operações para o Tecido 01.	37
Tabela 3.6 - Sequência de operações para o Tecido 08.	38
Tabela 3.7 - Resumo de parâmetros para os modelos obtidos genericamente com base em indicadores de consumos mensais.....	39
Tabela 3.8 - Medições de consumos energéticos em função da quantidade produzida e do programa no centro de trabalho PRM40004 (râmola Moforts 4).	41
Tabela 3.9 - Alguns programas do centro de trabalho PRM40004 (râmola Moforts 4), respectivos parâmetros de processo e valores obtidos por regressão para parametrização do modelo do centro de trabalho.	42
Tabela 3.10 - Centros de trabalho onde foram efectuadas medições de consumos no sentido de conseguir uma parametrização dos modelos descriminada por programa.	44
Tabela 3.11 - Centros de trabalho consumidores de vapor - estado das alterações necessárias para efeitos de medição de condensado.	52
Tabela 3.12 - Resultados obtidos para os custos específicos dos 13 tecidos em estudo através da parametrização dos modelos através de consumos específicos médios.	56

Abreviaturas e Símbolos

AF	Água Fria
AL	Afluente Líquido
AQ	Água Quente
AR	Artigo
CT	Centro de Trabalho
DEEC	Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
EE	Energia Eléctrica
EF	Energias e Fluidos
EL	Efluente Líquido
ETA	Estação de Tratamento de Água
EPTAR	Estação de Pré-Tratamento de Águas Residuais
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Fio S	Fio Singelo
Fio T	Fio Torcido
GN	Gás Natural
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i> (computador pessoal de mão)
PTA	Preparação, Tingimento, Acabamento - utilizada como referência a ordem de produção no sector Acabamentos
SAP	Software de gestão de negócios (<i>S</i> ysteme, <i>A</i> nwendungen und <i>P</i> rodukte in der <i>D</i> atenverarbeitung - em Português: Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados)
SIDVA	Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave
T2	Efluente Tipo 2 (recuperável)
T3	Efluente Tipo 3 (não recuperável)
TC	Tecido
TF	Termofluido
UEF	Unidade de Energias e Fluidos
VP	Vapor
VBA	<i>Visual Basic for Applications</i>

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Contexto

No ramo têxtil, tradicionalmente, é colocada maior ênfase na produtividade e na qualidade. No entanto, a eficiência energética é já uma preocupação de longa data na Riopele¹, para além de ser igualmente uma obrigação legal, na medida em que, a sua condição de consumidor intensivo de energia obriga à execução periódica de Auditorias Energéticas, bem como à elaboração de Planos de Racionalização de Consumo de Energia. A instalação de uma central de cogeração de energia na primeira metade dos anos 90, a conversão para gás natural de todos os equipamentos de queima de combustíveis em 1999 [1], bem como, ao longo dos últimos anos, a instalação de diversos recuperadores de calor e de variadores de velocidade em accionamentos electromecânicos, são exemplos que o comprovam.

A abertura dos mercados têxteis europeus a produtores externos introduziu preocupações adicionais relativamente aos custos associados aos processos produtivos, onde o somatório de energia e fluidos (afluentes e efluentes) representa uma parcela considerável.

Embora a Riopele faça uma análise bastante rigorosa dos consumos de energia e fluidos a nível global, sectorial e em muitos casos, mesmo ao nível do centro de trabalho, **não existe um processo expedito de determinar consumos diferenciados em função dos diferentes artigos produzidos.**

Os consumos associados à produção de um determinado artigo são dependentes da sequência de operações realizada (roteiro²), bem como de parâmetros variáveis em cada uma das referidas operações (por ex.: temperaturas e velocidades). Esta sequência e os respectivos parâmetros podem ser consideravelmente diferentes em função do artigo produzido - ver **Tabela 3.5, Tabela 3.6. e Figura 3.6.** Existe também diversidade nas formas de energia utilizadas, nomeadamente para aquecimentos.

¹ O trabalho em questão decorreu nas instalações da empresa “Riopele - Têxteis, S.A.”, que designaremos abreviadamente por “Riopele”.

² Roteiro - sequência de operações, com associação dos centros de trabalho que as poderão executar

Encontrar uma solução para este problema permite uma análise contabilística de custos mais rigorosa, relativamente a artigos já existentes e relativamente a novos produtos (ID) proporcionando uma sensibilidade optimizada dos consumos e custos de maneira repartida; permite direccionar para os pontos mais críticos os esforços de optimização de roteiros, processos têxteis e procedimento produtivo, em suma, apostar de uma forma mais consciente na eficiência de recursos; permite ainda obter uma previsão mais apurada das necessidades energéticas futuras.

1.2 - Objectivos

No contexto descrito, o objectivo deste trabalho consiste na criação de um simulador que permita estimar para cada artigo, com qualidade suficiente para análise contabilística, o consumo de Energia e Fluidos (EF), em função do roteiro e dos programas utilizados em cada centro de trabalho. Este é um simulador que se pretende venha a ser utilizado futuramente, numa base diária, por várias áreas da Riopele: ID, Contabilidade, Energia, Manutenção.

O problema atinge uma dimensão considerável, uma vez que se trata de uma empresa com grande integração vertical, possuindo sectores responsáveis por fiação, tingimento, tecelagem e acabamentos de tecido. O processo inicia-se com fibra em rama como matéria-prima, sendo o produto final tecido acabado pronto para confecção.

Face à sua dimensão e atendendo a que se trata de um problema repetitivo, opta-se por restringir a implementação a um sector produtivo representativo, estudando os consumos associados a artigos significativos, definidos pela Riopele. A selecção deste sector tem em consideração a análise de consumos médios, bem como a variabilidade das operações realizadas em cada sector, recaído sobre o sector “Acabamentos”.

1.3 - Estrutura da Dissertação

Este trabalho está estruturado de acordo com a sequência evidenciada nos próximos parágrafos.

Começa-se por enquadrar o problema no contexto têxtil da Riopele, descrevendo de forma geral os processos associados a cada sector. De seguida elaboram-se modelos sectoriais simplificados que identificam as grandezas envolvidas em termos de energias e fluidos e cuja análise serve de base à selecção do sector mais representativo - (**Capítulo 2**).

Numa primeira etapa, conducente à implementação do simulador (**Capítulo 3**), modelam-se os centros de trabalho relativamente a consumos de Energias e Fluidos inerentes à execução das operações produtivas, com base nos consumos médios de energias e fluidos de cada centro de trabalho. A simulação com base nestes modelos reflecte essencialmente a influência do roteiro na diferenciação de consumo de energia e fluidos por artigo produzido. Permite também identificar, por centro de trabalho, as energias/fluidos com maior custo relativo, bem como os centros de trabalho com maior custo para cada artigo produzido.

Identificados estes centros de trabalho e sendo os consumos energéticos para aquecimentos os mais significativos, são seleccionados alguns para os quais se pretende melhorar o comportamento dos modelos, e é feita a parametrização dos modelos através da elaboração de **estudos** de balanço energético e transferência de calor, tendo em conta as necessidades de incremento de temperatura e as perdas durante os processos de aquecimento; e durante a manutenção das temperaturas definidas. Noutros casos a melhoria dos parâmetros do modelo passa por medições de consumos, diferenciados por programa, no decorrer de operações de produção reais dos artigos em estudo e posterior regressão linear. Quando, para um centro de trabalho, estão disponíveis estudos específicos de consumo de energia, a estimação de consumo/custo passa a basear-se nestes parâmetros. Nos casos em que se faz a parametrização por regressão linear relativa a medidas reais, a validação é automática. Quando a parametrização é feita com base em estudos de balanço energético, é feita validação por comparação com medidas reais.

Relativamente a aquisição de valores experimentais, se para os consumos de Electricidade e Gás Natural o processo se revela relativamente simples, uma vez que, já existem contadores instalados ou existe equipamento de medida portátil, relativamente aos consumos de vapor, uma vez que não estão disponíveis instrumentos de medida e a sua aquisição acarreta valores bastante elevados, é necessário recorrer ao estratagema de contabilizar o condensado obtido depois de o vapor de água ceder o calor latente ao centro de trabalho.

Analisando os resultados obtidos concluiu-se que no sector de acabamentos, os consumos específicos de energia e fluidos variam de forma significativa em função do artigo produzido - a produção de determinados artigos dá origem a consumos cerca de três vezes superiores aos dos artigos menos consumidores (**Capítulo 4**). São ainda tecidas algumas considerações relativamente a possibilidades de trabalho futuro.

Capítulo 2

Enquadramento do problema na Riopele

Neste capítulo faz-se uma introdução aos processos têxteis existentes em cada sector da Riopele; faz-se uma análise à utilização de Energias e Fluidos que serve de base à elaboração de modelos sectoriais simplificados que identificam e quantificam Produção, Energias e Fluidos em termos anuais (ano 2007); e são ainda tecidas algumas considerações relativamente a variabilidade dos processos e artigos produzidos em cada sector.

Esta análise culmina com a selecção de um sector onde fazer incidir o trabalho subsequente.

2.1 - Sectores e processos têxteis existentes na Riopele

A Riopele é uma empresa com grande integração vertical, possuindo sectores responsáveis por fiação, tingimento, tecelagem e acabamentos de tecido. Este último subdivide-se ainda em preparação, tingimento e acabamento propriamente dito.

A sequência de processos inicia-se com **fibra em rama** como matéria-prima dos sectores de fiação ou tingimento, sendo o produto final, na saída do sector de acabamentos, tecido acabado, pronto para confecção. Parte da produção saída de alguns sectores intermédios poderá ser vendida a outros produtores. A entrada de matérias-primas em determinados sectores poderá também não ter proveniência exclusiva dos sectores Riopele a montante, admitindo-se a compra a outros fornecedores, nomeadamente no que diz respeito ao fio, necessário na tecelagem. A Figura 2.1 representa graficamente a sequência de processos. Nos pontos seguintes mostra-se a desagregação dos processos mais relevantes.

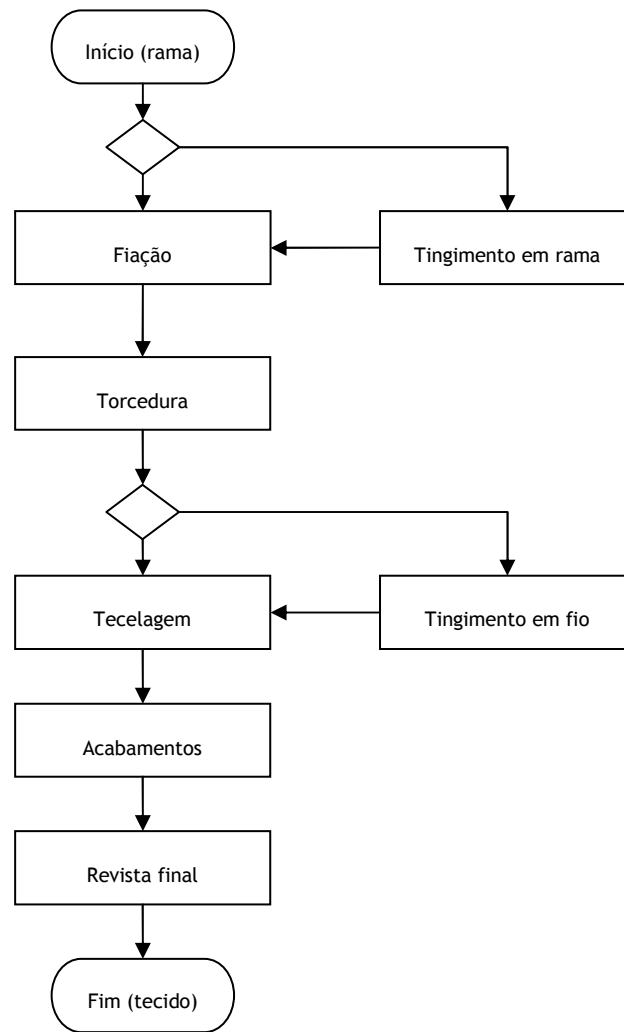


Figura 2.1 - Fluxograma de processos têxteis (alto nível - sectores).

2.1.1 - Fiação e Torcedura

Os processos de fiação e torcedura são representados no diagrama abaixo. Os sub-processos envolvidos são executados com sequência fixa. As matérias-primas à entrada da fiação são fibras em rama e fio de Lycra que é adicionado na fase de “ajuntamento”. O produto final da fiação é o fio singelo. No sector de torcedura toma-se fio singelo como matéria-prima, produzindo-se fio torcido.

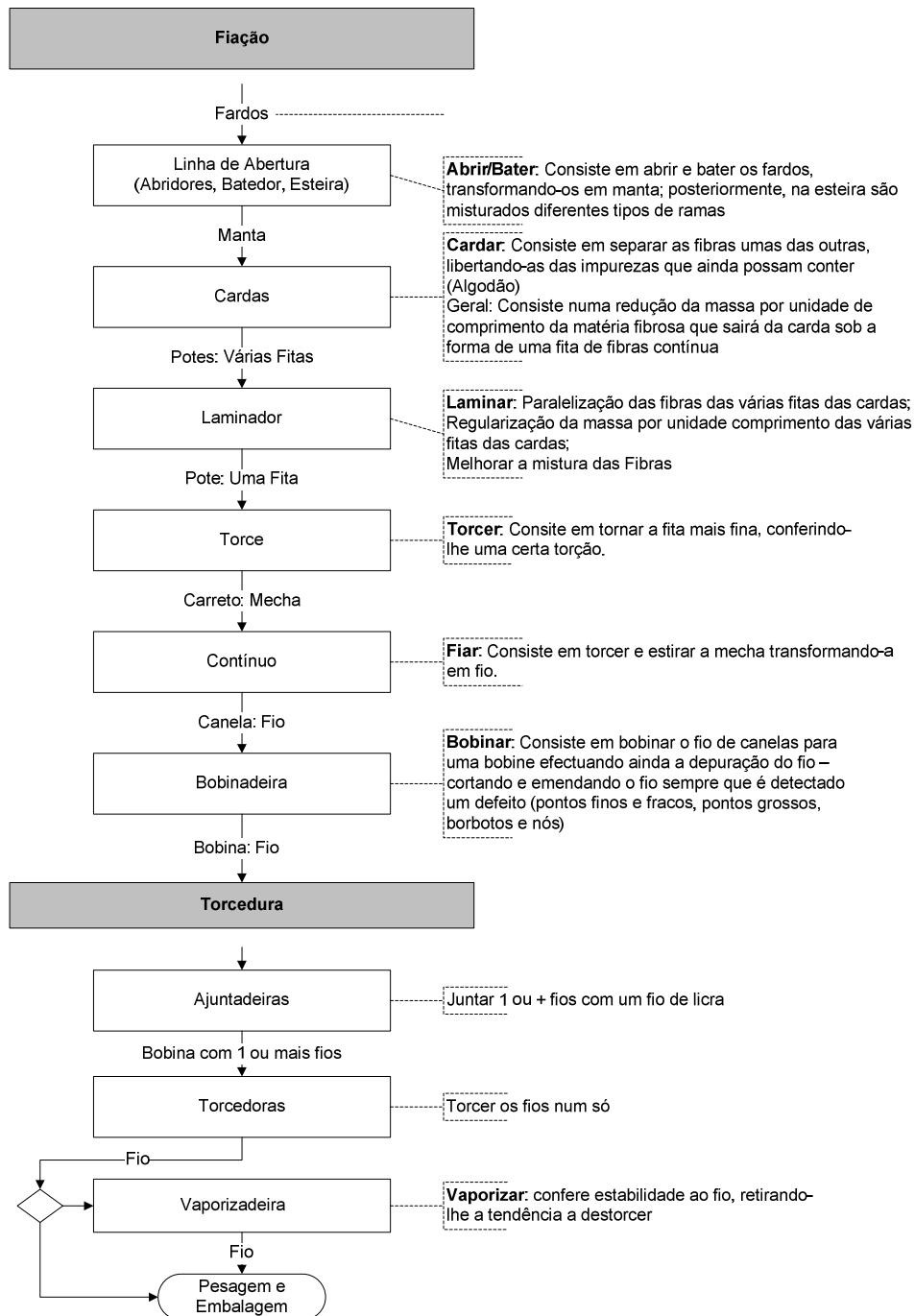


Figura 2.2 - Os processos de Fiação e Torcedura desagregados nos respectivos sub-processos.

Fonte: Riopele - Têxteis, S.A.

2.1.2 - Tingimento em rama ou em fio

O processo de tingimento em rama ou em fio é representado no diagrama abaixo. Em ambos os casos os sub-processos envolvidos são executados com sequência fixa.

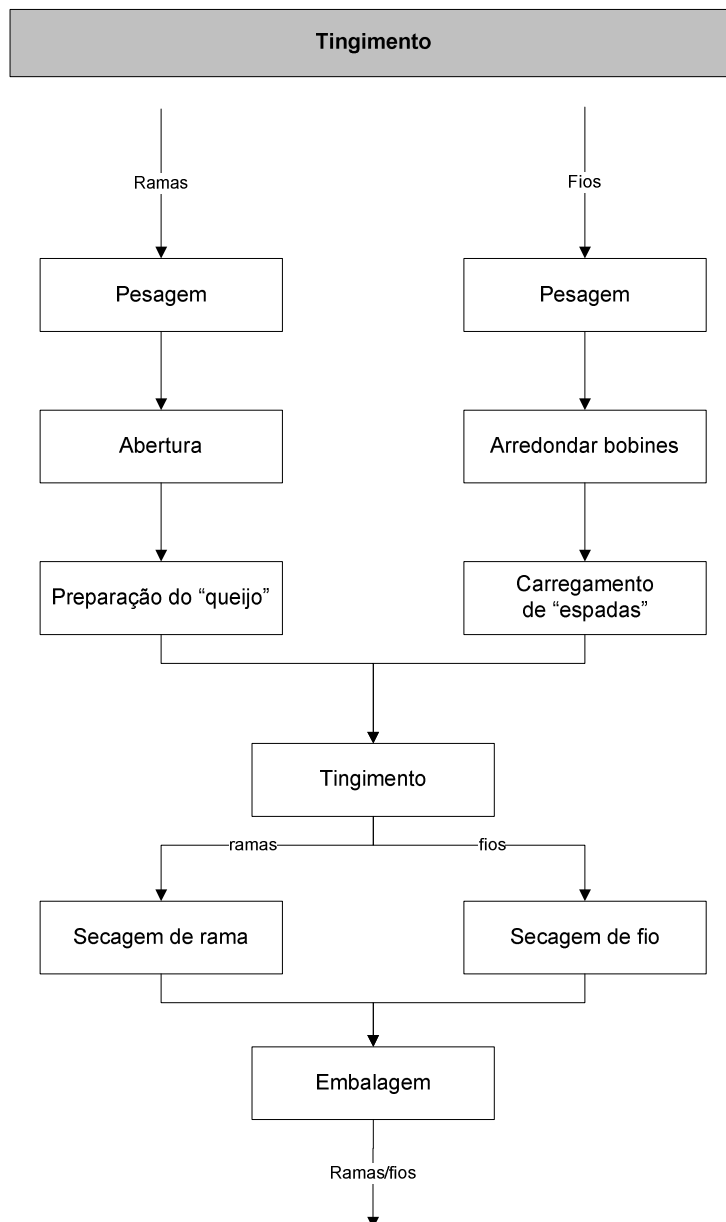


Figura 2.3 - O processo de tingimento em rama ou em fio desagregado nos respectivos sub-processos. Fonte: Riopele - Têxteis, S.A. - adaptado de "Auditoria Energética à Olicor, Junho 2006"

2.1.3 - Tecelagem

O processo de Tecelagem é representado no diagrama abaixo. Como matérias-primas são utilizados o fio singelo e o fio torcido. Como se pode comprovar, é na fase de Preparação de Tecelagem que se observa mais variabilidade de operações. O produto final do sector Tecelagem é designado tela.

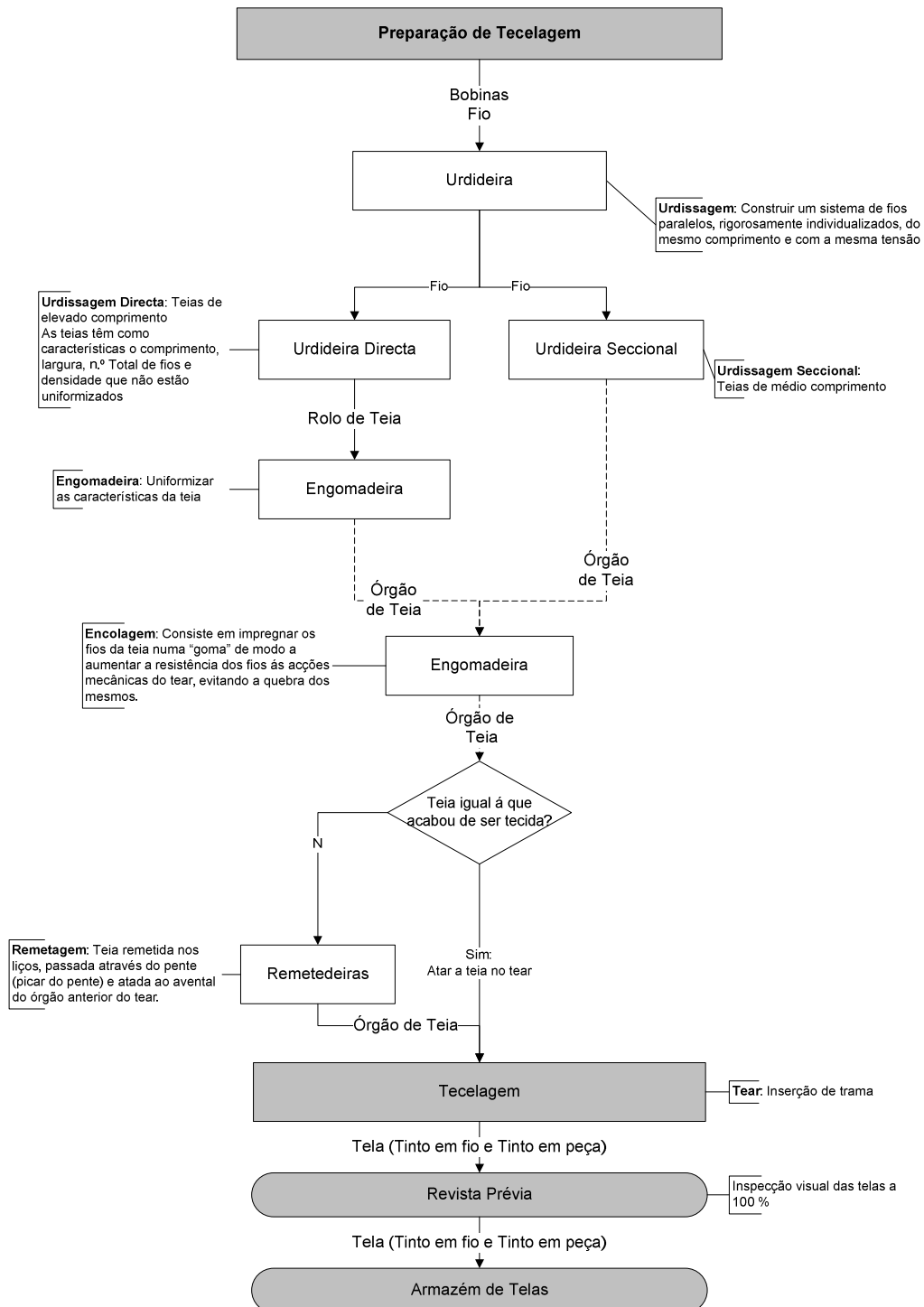


Figura 2.4 - O processo de Tecelagem desagregado nos respectivos sub-processos.

Fonte: Riopele - Têxteis, S.A.

2.1.4 - Acabamentos

O sector designado “Acabamentos” divide-se na realidade em três fases de processamento distintas: preparação, tingimento e acabamento.

A matéria-prima é a tela e o produto final deste sector é o tecido acabado. Dependendo do artigo em causa, a fase tingimento poderá não ser realizada - se pretendidos tecidos à cor natural da fibra, ou no caso de telas em que tenha sido feito tingimento em rama ou em fio.

Neste sector encontra-se grande diversidade de sub-processos, que para cada artigo são ou não executados, dependendo do seu tipo e do efeito final pretendido.

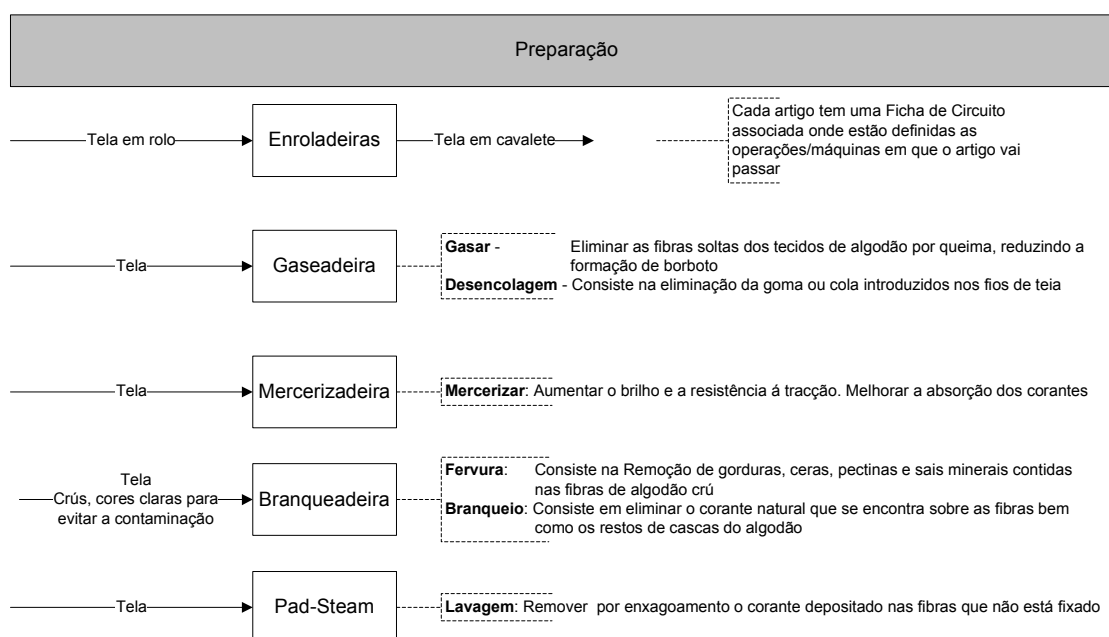


Figura 2.5 - A fase de preparação no sector “Acabamentos”. Os sub-processos executados dependem do artigo. Fonte: Riopele - Têxteis, S.A.

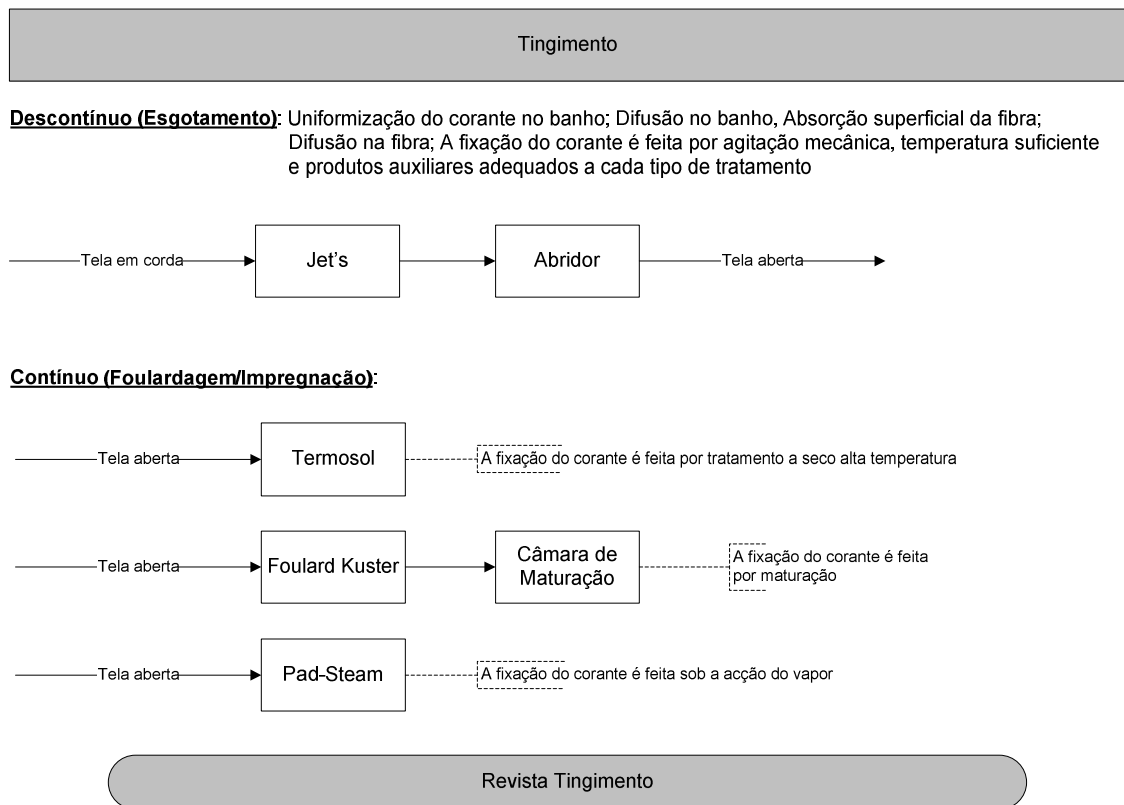


Figura 2.6 - A fase de Tingimento no sector “Acabamentos”. Os sub-processos executados dependem do artigo. Fonte: Riopele - Têxteis, S.A.

Tendo presente o contexto de análise energética subjacente a este trabalho, importa referir, relativamente aos processos de tingimento (**Figura 2.6**), a diferença entre “tingimento descontínuo”, em que em que uma determinada quantidade de tela (usualmente entre 100 kg e 1000kg) permanece em contacto prolongado com a solução corante, em muitos casos por várias horas, e “tingimento contínuo”, em que a tela passa rapidamente pelo processo, normalmente com velocidades entre 50 e 250 metros por minuto [2].

Na **Figura 2.7** apresenta-se um exemplo de máquina para tingimento “descontínuo” - neste caso, do tipo *Jet* - em que uma determinada quantidade de tela é carregada na máquina sob a forma de “corda” e circula internamente durante os ciclos do programa. Neste caso trata-se de uma máquina com duas tubeiras, podendo operar apenas com uma, nos casos de partidas para quantidades de tela inferiores à capacidade máxima de uma única tubeira, proporcionando assim economias de Energias e Fluidos.

Na **Figura 2.8** podemos ver uma representação correspondente a um exemplo de uma máquina para tingimento “contínuo” do tipo *Foulard*. A tela, aberta, passa no balseiro¹ da máquina apenas momentaneamente.

¹ Balseiro - reservatório onde são introduzidos os corantes e produtos auxiliares [5].



Figura 2.7 - Máquina para tingimento descontínuo do tipo *Jet* - a tela circula internamente sob a forma de corda durante a execução do processo de tingimento.

Fonte: THIES Textilemaschinen (catálogo de produtos).

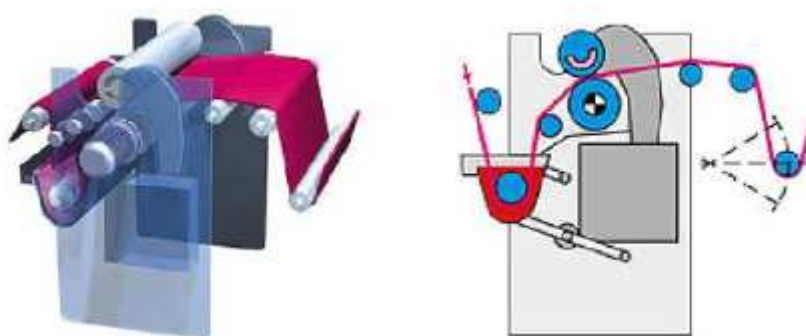


Figura 2.8 - Esquematização de máquina de tingimento contínuo por impregnação, com a tela aberta, do tipo *Foulard*. Fonte: ANDRITZ KÜSTERS (www.kuesters.com).

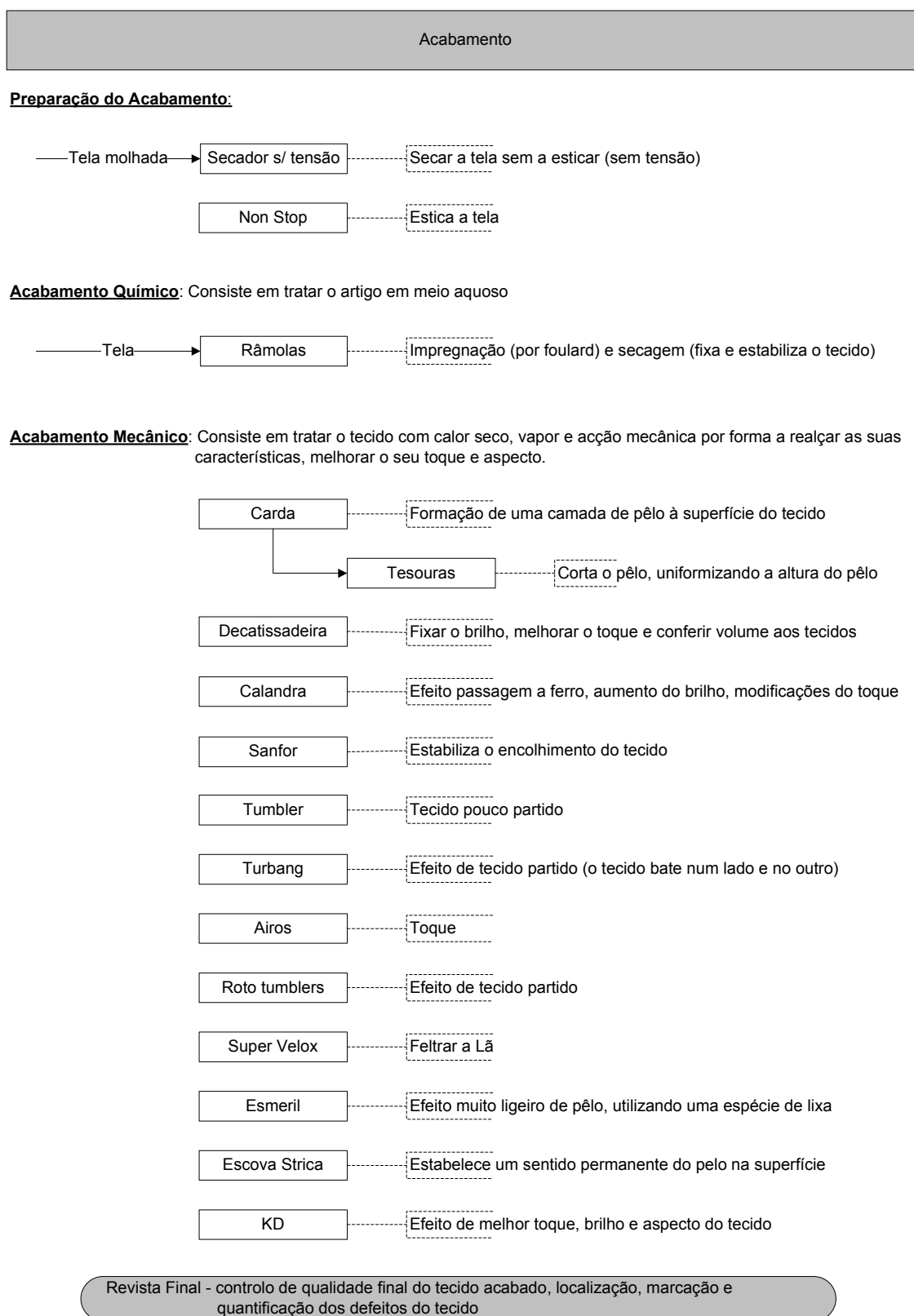


Figura 2.9 - A fase de Acabamento no sector “Acabamentos”. Os sub-processos executados e a sequência dependem do artigo. Fonte: Riopele - Têxteis, S.A.

2.2 - Formas de energia e fluidos envolvidas

2.2.1 - Energia Eléctrica

Como é referido em [1] os edifícios fabris da Riopele são alimentados em média tensão (15kV), a partir de uma subestação própria que recebe energia eléctrica da EDP em alta tensão (60 kV), e da central de cogeração de energia eléctrica e vapor da Riopele.

A energia eléctrica é consumida essencialmente no accionamento de motores eléctricos da maquinaria [4], na produção de ar comprimido para distribuição pelas máquinas, em climatização e em iluminação.

O consumo de electricidade está distribuído de uma forma homogénea por todos os sectores da Riopele - Figura 2.10.

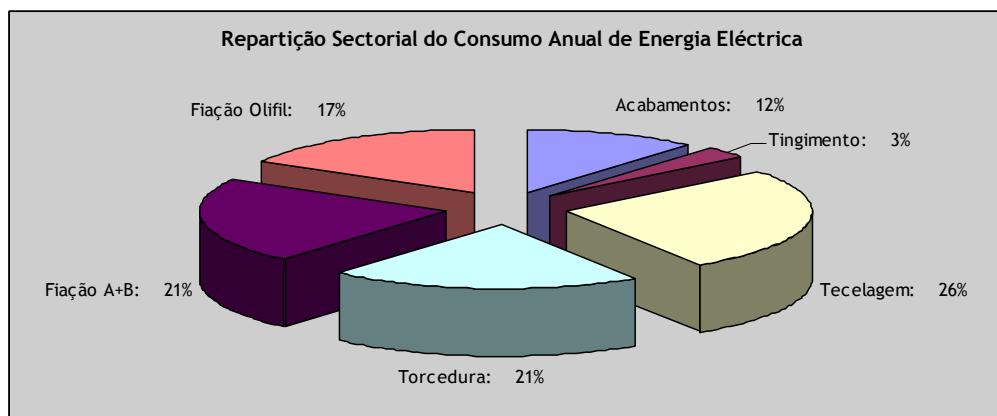


Figura 2.10 - Repartição sectorial do consumo anual de energia eléctrica - ano 2007.

2.2.2 - Gás Natural

O gás natural fornecido à Riopele é utilizado em caldeiras de vapor, caldeiras de termofluido, e equipamentos de queima directa ligados aos processos têxteis do sector de Acabamentos: nas râmolas, secador sem tensão e termosol, para aquecimento de ar; e na gasadeira, onde a chama é aplicada directamente na tela [4].

A análise da Figura 2.11 confirma o sector Acabamentos como o consumidor dominante em termos de repartição sectorial do consumo anual de gás natural.

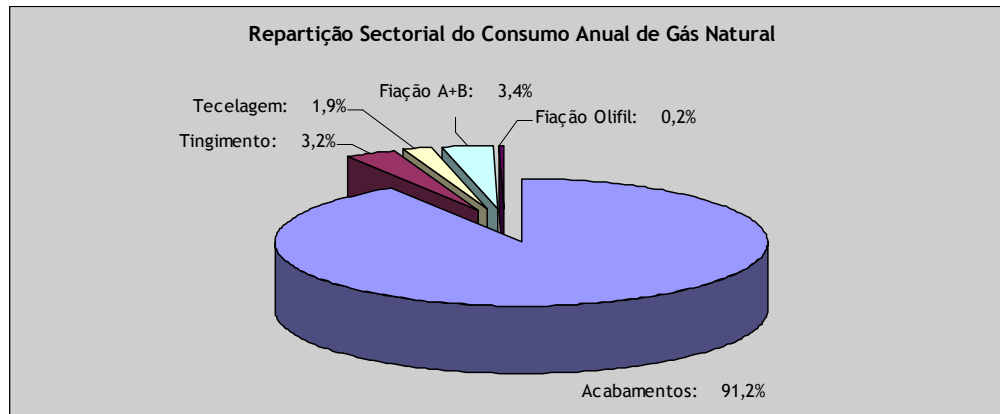


Figura 2.11 - Repartição sectorial do consumo anual de gás natural - ano 2007.

2.2.3 - Vapor

O vapor é produzido maioritariamente na central de cogeração, no entanto, subsistem outras caldeiras de vapor, quer para permitir dar resposta conveniente em eventuais períodos de consumo elevado, quer para permitir o funcionamento em caso de impossibilidade de funcionamento da central de cogeração, por avaria ou outro motivo.

Segundo [3], cogeração é o processo de produção combinada de energia eléctrica e de energia térmica, destinando-se ambas a consumo próprio ou de terceiros. Na **Figura 2.12** esquematiza-se simplificada o sistema de cogeração da Riopele, baseado em 2 motores a fuelóleo.

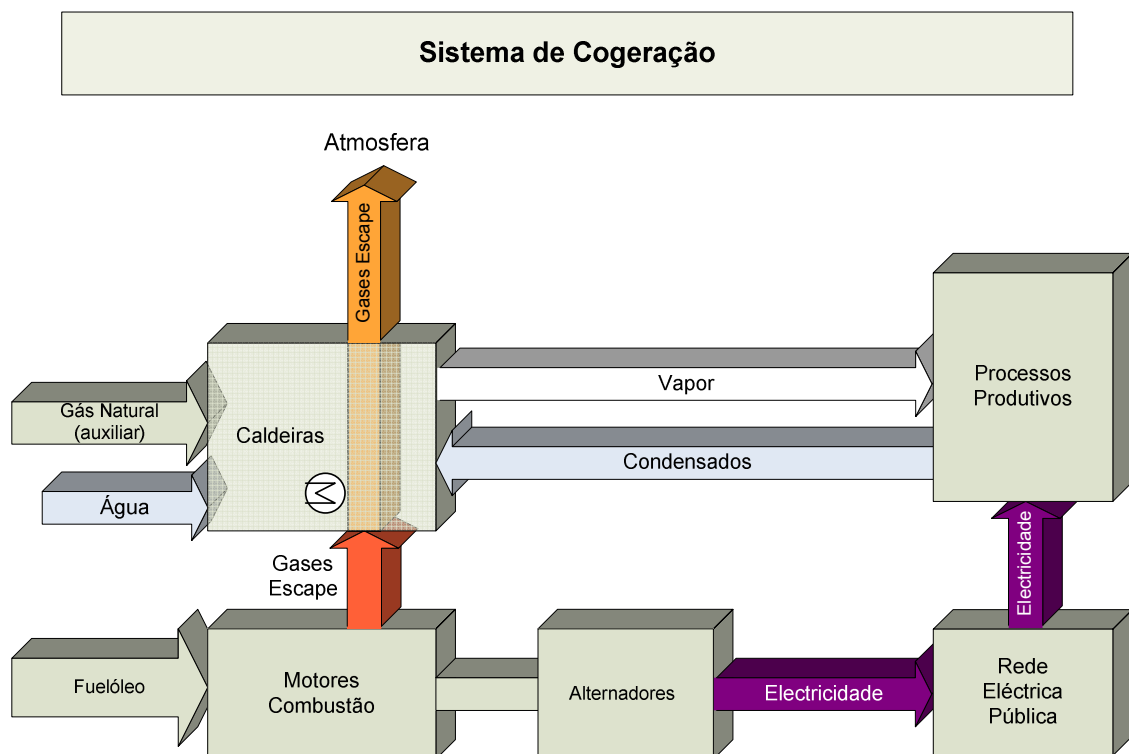


Figura 2.12 - Diagrama simplificado do sistema de cogeração existente na Riopele.

O Vapor é utilizado como fonte energética em aquecimentos ligados ao processo têxtil (aquecimento de banhos, aquecimento de ar); é utilizado directamente no processo, para aplicação directa às matérias-primas (vaporizadeiras, alguns tipos de máquinas de tingimento, etc.); em climatização e numa rede de combate a incêndios.

O vapor utilizado em aplicação directa no processo dá origem a efluente líquido ou é libertado para a atmosfera. O vapor utilizado em aquecimentos, cede o seu calor latente ao meio a aquecer, condensando (em permutadores de calor) e é encaminhado, agora sob a forma de água no estado líquido, para uma linha de condensados, que liga a um depósito de recolha onde fica disponível para nova utilização nas caldeiras, a uma temperatura relativamente elevada.

A análise da **Figura 2.13** revela uma grande preponderância do sector Acabamentos em termos de repartição sectorial do consumo anual de vapor.

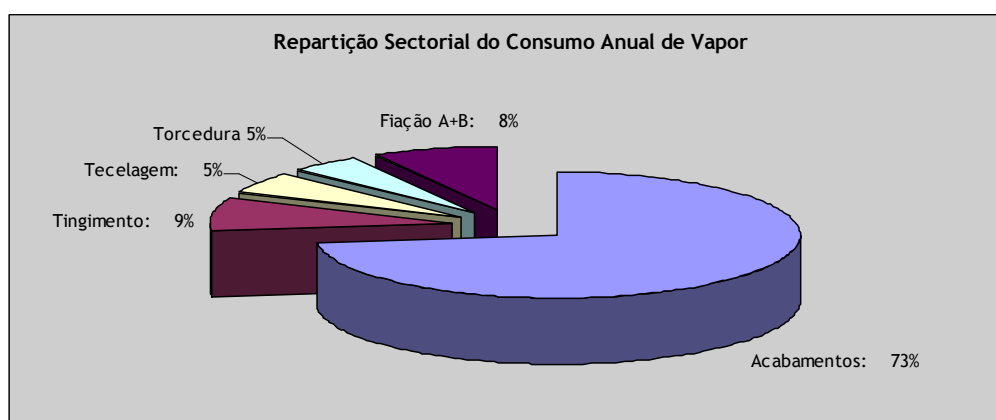


Figura 2.13 - Repartição sectorial do consumo anual de vapor - ano 2007.

2.2.4 - Fluidos - Afluentes e Efluentes

De acordo com [4], a água consumida na Riopelle é captada em furos próprios, nascentes e minas sendo armazenada em diversos reservatórios existentes em terrenos da fábrica antes do seu fornecimento aos diversos sectores. Por vezes, em épocas de menor disponibilidade, torna-se necessário proceder à aquisição de água à rede pública de distribuição.

Os afluentes considerados no contexto deste trabalho são a água fria e a água quente, quando existente. Excluem-se da análise todos os químicos utilizados nos processos têxteis.

Os efluentes resultantes do processo produtivo são classificados em 3 tipos: o efluente Tipo 1 é directamente reutilizável no processo; o efluente Tipo 2 é tratado numa Estação de Tratamento de Água (ETA) para o processo e posteriormente reutilizado; o efluente tipo 3, considerado **não recuperável**, é pré-tratado na EPTAR da Riopelle e posteriormente enviado para tratamento no Sistema Integrado de Despoluição do Vale do Ave (SIDVA).

Em maior ou menor quantidade, todos os sectores são consumidores de água, destacando-se o sector de Acabamentos pelo consumo bastante superior aos restantes sectores - **Figura 2.14**. Já no que diz respeito a efluentes, apenas os sectores de Tingimento e Acabamentos produzem efluente Tipo 3 - **Figura 2.15**.

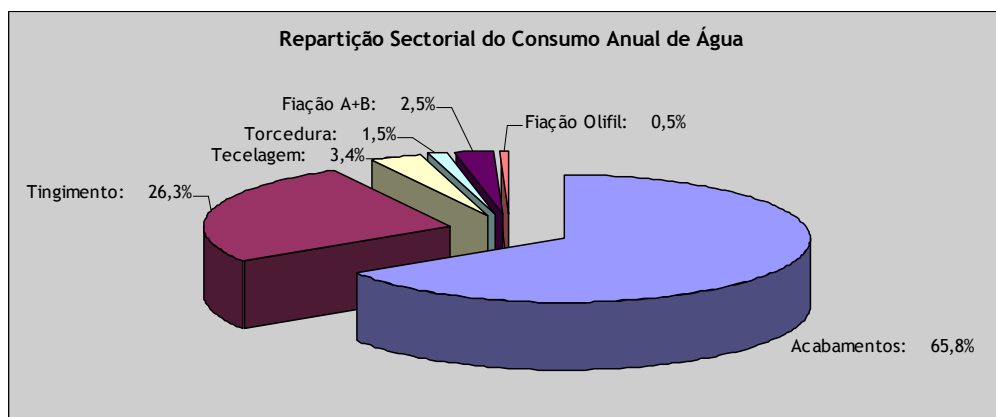


Figura 2.14 - Repartição sectorial do consumo anual de água - ano 2007.

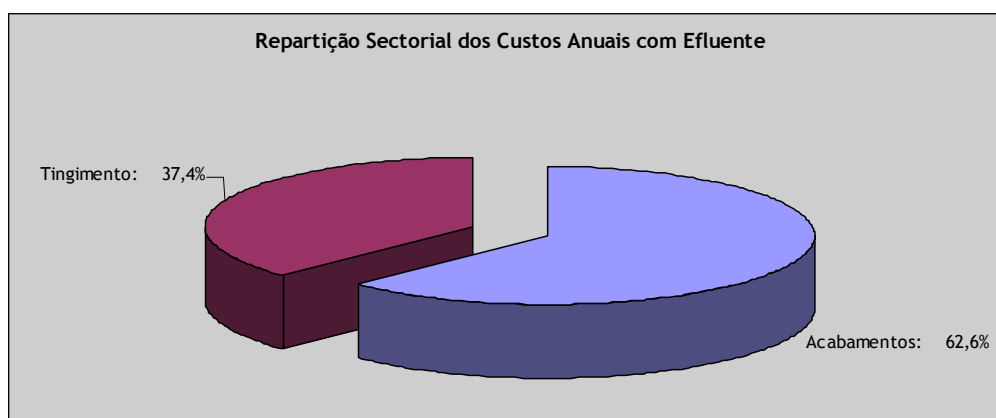


Figura 2.15 - Repartição sectorial dos custos anuais com efluente - ano 2007.

2.2.5 - Energias e Fluidos - análise conjunta

Da **Figura 2.16** à **Figura 2.18** apresentam-se gráficos de repartição sectorial de custos agrupados em somatório das Energias, somatório de Fluidos, bem como em somatório de Energias e Fluidos. A análise destes gráficos permite perceber quais os sectores mais críticos em termos de consumos de Energia e Fluidos, o que se reveste de grande importância no contexto deste trabalho. O sector Acabamentos revela ser aquele que acarreta maiores custos quer em termos de energias, quer em termos de fluidos.

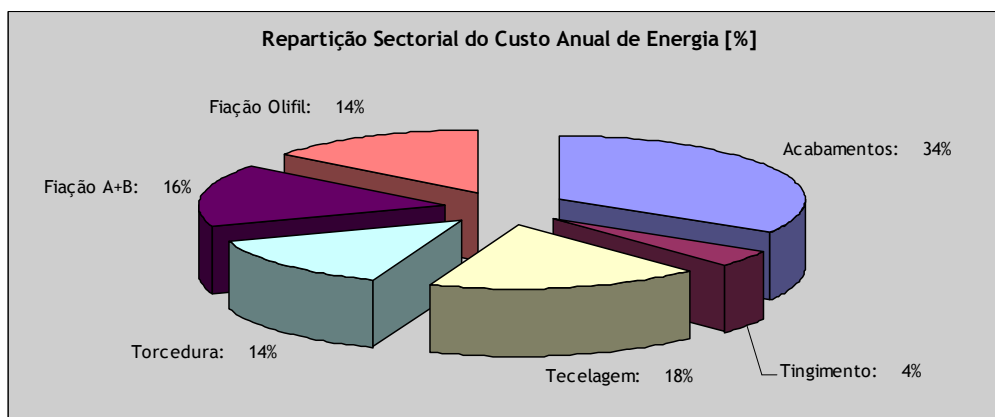


Figura 2.16 - Repartição sectorial do custo anual do conjunto de energias - ano 2007.

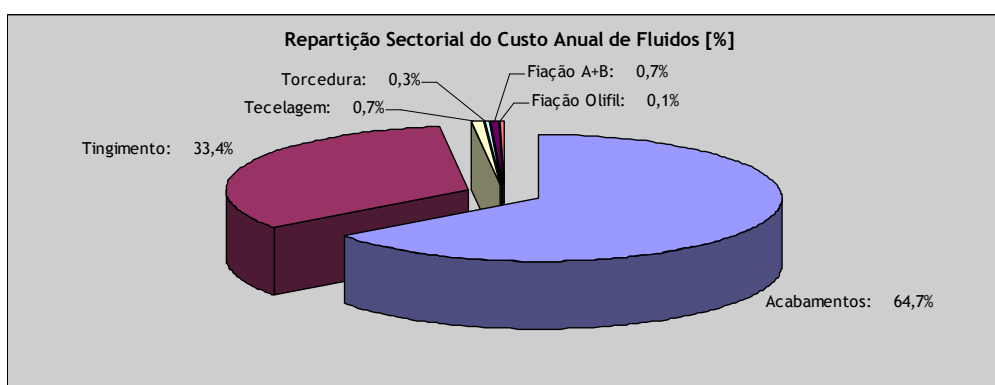


Figura 2.17 - Repartição sectorial do custo anual do conjunto de fluidos - ano 2007.

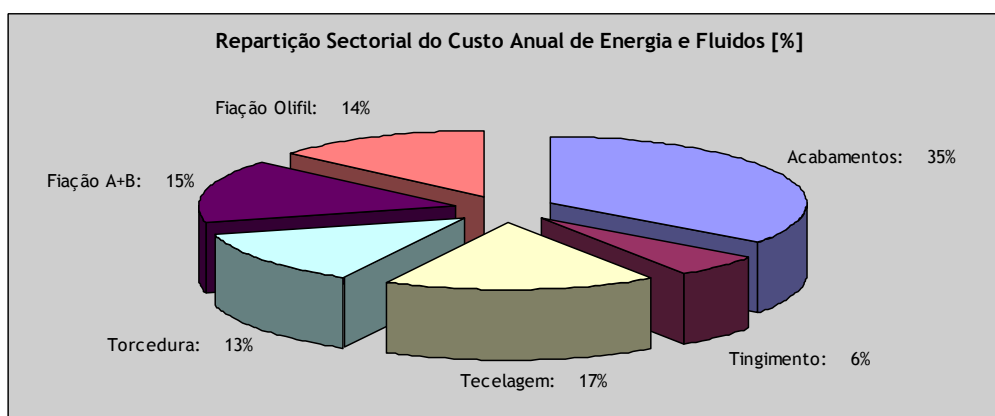


Figura 2.18 - Repartição sectorial do custo anual do conjunto de energias e fluidos - ano 2007.

Na **Tabela 2.1** apresenta-se um resumo dos custos unitários médios de Energia e Fluidos no ano 2007, relativamente à globalidade dos sectores Riopele.

Energia/Fluido	Custo médio	
Energia Eléctrica	0,059	Euro/kWh
Gás natural	0,255	Euro/Nm ³ ¹
Vapor	18,81	Euro/ton
Afluente	0,187	Euro/m ³
Efluente	0,456	Euro/m ³

Tabela 2.1 - Custos unitários médios de Energia e Fluidos no ano 2007, relativamente à globalidade dos sectores Riopele.

2.3 - Modelos sectoriais simplificados

Com base na informação recolhida e de forma a sistematizá-la, criaram-se modelos sectoriais simplificados que integram a informação relativa a:

- tipo de matérias primas na entrada e tipo de produtos finais na saída;
- Energias e Fluidos envolvidos no processo;
- custos totais e específicos com Energia no ano 2007;
- custos totais e específicos com Afluente no ano 2007;
- custos totais e específicos com Efluente no ano 2007.

O custo específico de uma determinada Energia ou Fluido é obtido dividindo o custo total da entidade em causa pela produção final do sector respectivo. No caso dos sectores Fiação, Tingimento e Torcedura a produção é contabilizada em kg pelo que o custo específico é indicado em €/kg. Já no caso dos sectores Tecelagem e Acabamentos, a produção é contabilizada em metros (lineares²) pelo que o custo específico é indicado em €/m

Da Figura 2.19 à Figura 2.24 apresentam-se os referidos modelos.

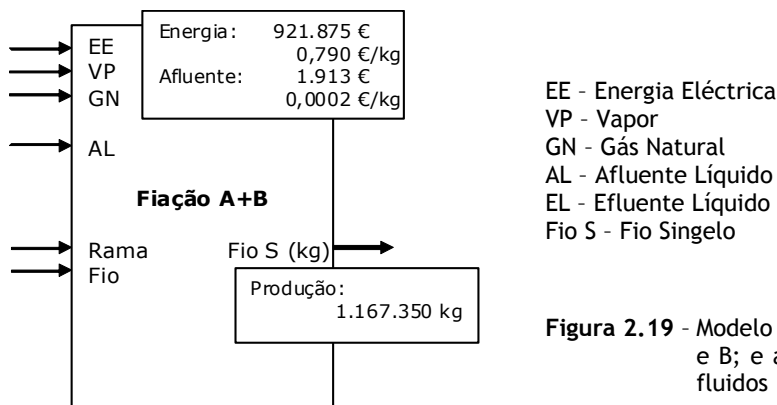


Figura 2.19 - Modelo geral dos sectores de Fiação A e B; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).

¹ Nm³ - "Normal metro cúbico" ou "metro cúbico normal"- metro cúbico em condições Normais de Pressão e Temperatura (PTN): 273,15 K (0 °C) e 101325 Pa (i.e., 1 atmosfera de pressão absoluta)

² No meio têxtil, a produção de tela ou tecido é habitualmente contabilizada em "metros lineares", ou seja, ignorando a largura, que é variável de artigo para artigo (por exemplo: 1,4 metros), e referindo-se unicamente ao seu comprimento.

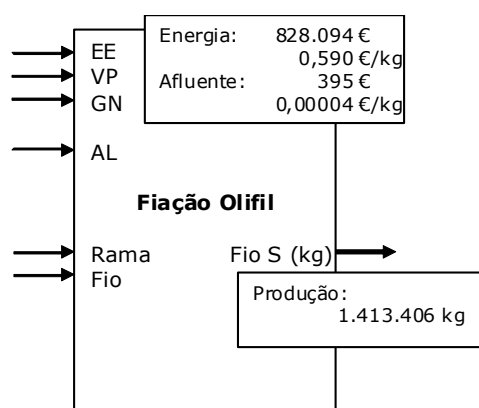


Figura 2.20 - Modelo geral do sector de Fiação Olifil; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).

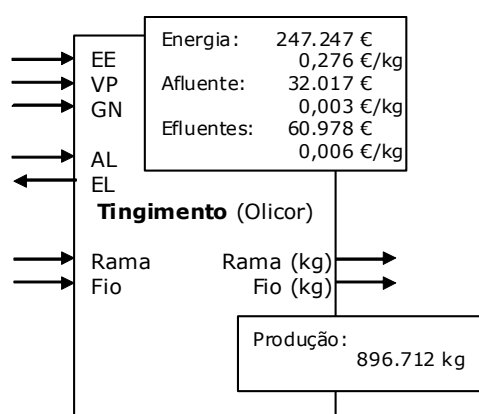
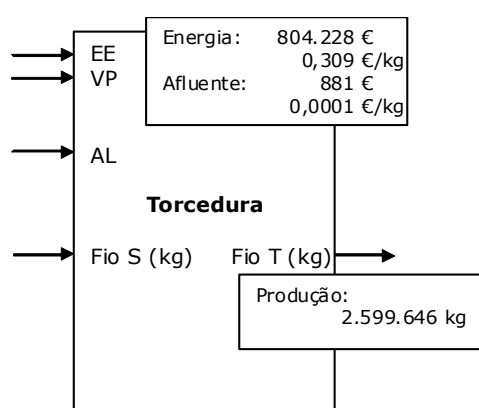


Figura 2.21 - Modelo geral do sector de Tingimento em rama ou fio; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).



Fio S - Fio Singelo
Fio T - Fio Torcido

Figura 2.22 - Modelo geral do sector de Torcedura; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).

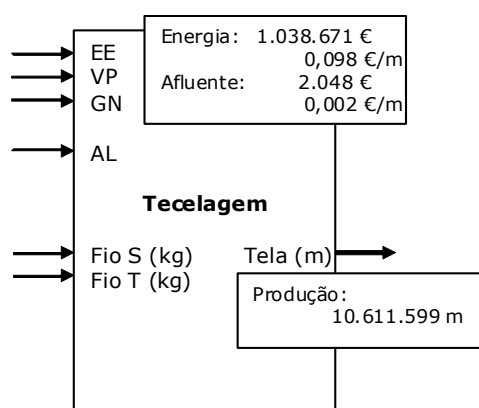


Figura 2.23 - Modelo geral do sector de Tecelagem; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).

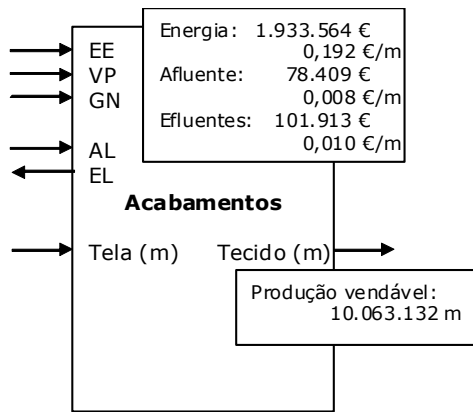


Figura 2.24 - Modelo geral do sector de Acabamentos; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).

O sector de Acabamentos revela custos de Energia e Fluidos bastante superiores, em termos absolutos, aos restantes sectores. Os custos específicos não são directamente comparáveis entre todos os sectores, uma vez que as respectivas produções não são contabilizadas nas mesmas unidades - se nas secções de fiação, tingimento e torcedura são referidas em kg, já na tecelagem e acabamentos são referenciadas em metros.

Decorrente da dimensão da empresa, torna-se necessário, para efeitos deste projecto, restringir o trabalho subsequente a um único sector de produção. Atende-se a dois critérios de selecção: por um lado que se trate de um sector bastante representativo do processo e por outro que seja significativo em termos de custos de Energia e Fluidos. A escolha recai no sector Acabamentos, pelo facto de possuir os custos de energia e fluidos mais elevados, e porque a diversidade e a variabilidade de processos serem bastante superiores neste sector, como vimos em 2.1 - Sectores e processos têxteis existentes na Riopele.

2.4 - As Energias e Fluidos no sector Acabamentos

2.4.1 - Custos

Fazendo uma análise mais detalhada ao sector Acabamentos podemos verificar que a repartição de custos de Energias e Fluidos é muito desigual, havendo grande preponderância do custo do Vapor relativamente às demais formas de EF - **Figura 2.25**. Pela análise deste gráfico, conclui-se ainda que em termos de custos, as Energias contribuem com uma parcela muito superior aos Fluidos: 91% vs. 9%. Esta diferença é tida em consideração de forma a relativizar a importância destes dois conjuntos no âmbito deste trabalho.

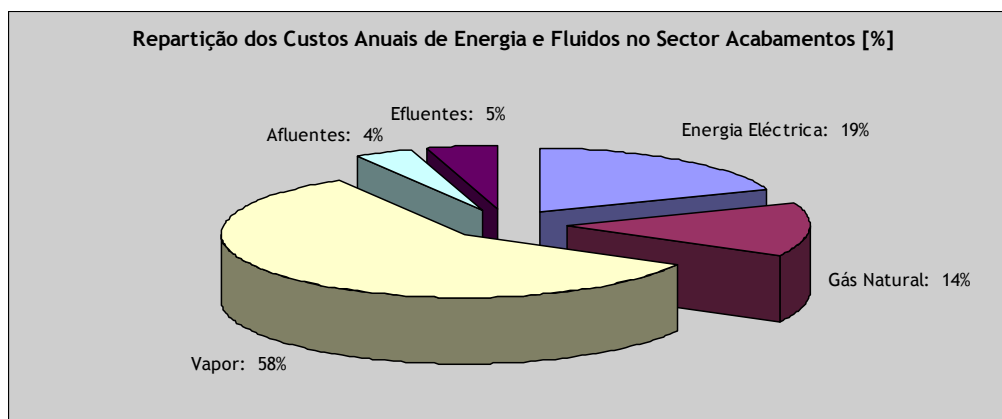


Figura 2.25 - Repartição dos custos Anuais de Energia e Fluidos no sector Acabamentos - ano 2007.

Na Figura 2.26 detalha-se um pouco mais o modelo sectorial dos Acabamentos, desagregando o custo da energia nas suas diversas componentes.

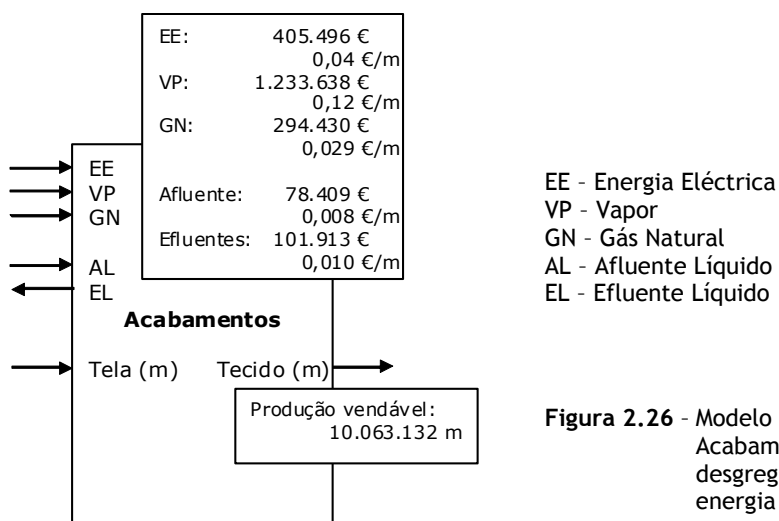


Figura 2.26 - Modelo geral do sector de Acabamentos com energias desgregadas; e análise de custos de energia e fluidos (ano 2007).

2.4.2 - Distribuição

Após conversão em três postos de transformação 15kV/0,4kV, interligados a quadros eléctricos a distribuição de energia eléctrica no sector Acabamentos é feita em baixa tensão através de interligação aos quadros eléctricos parciais dos respectivos consumidores internos [4].

Relativamente ao gás natural, é distribuído pelos centros de trabalho a uma pressão de aproximadamente 3 bar (diferencial) que é reduzida à pressão adequada a cada equipamento através de uma válvula redutora de pressão.

O vapor é distribuído à pressão de 9 bar (Figura 2.27), sendo reduzido à pressão adequada para cada equipamento através de um redutor de pressão, conforme a Figura 2.28. Existe uma relação directa entre a pressão e a temperatura do vapor saturado, pelo que ao baixar-se a pressão está-se a diminuir a energia fornecida ao processo por unidade de tempo [6].

Os fluidos circulam através de um rede relativamente complexa que no entanto se encontra bem caracterizada, como se pode comprovar pelo esquema apresentado na **Figura 2.29**.

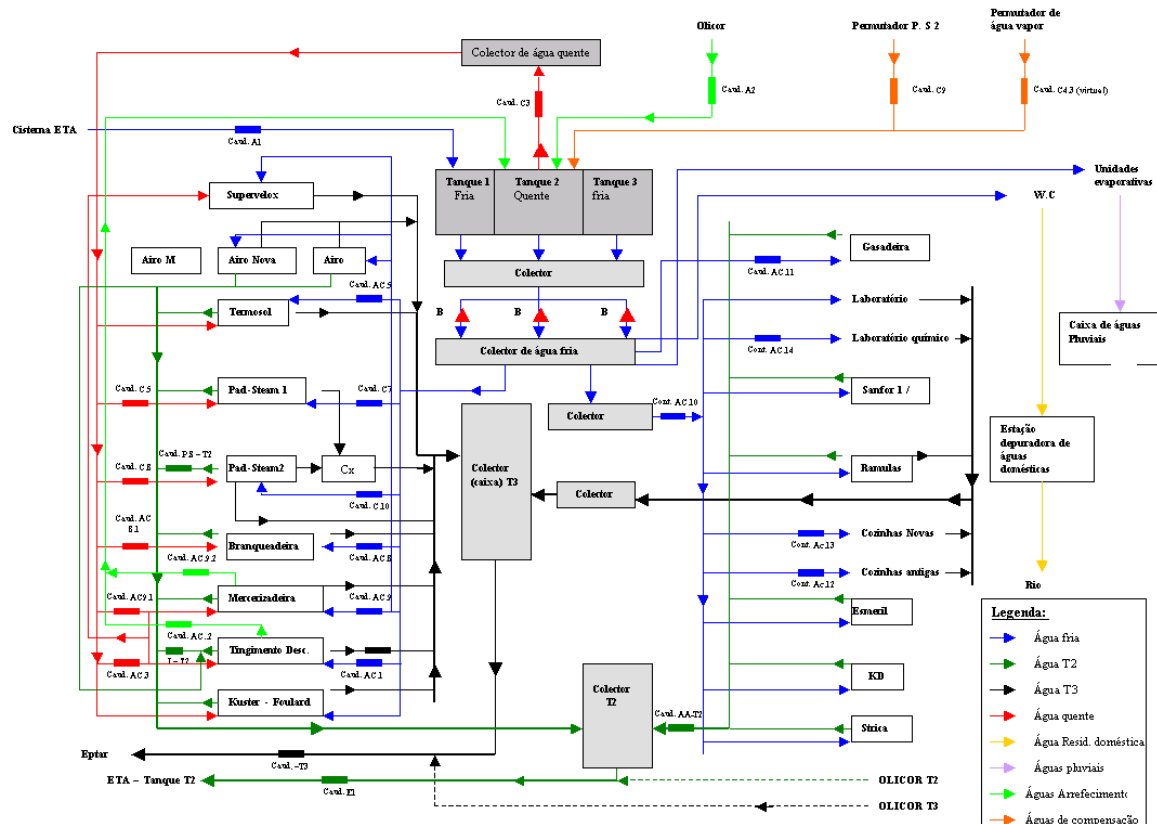


Figura 2.29 - Rede de Fluidos do sector Acabamentos. Fonte: Riopelle Têxteis, S.A.

2.4.3 - Equipamentos de medida

Como referido em [4], existem instalados no sector os seguintes equipamentos de medida:

- Electricidade - diversos contadores de electricidade parcelares que permitem o cálculo da imputação de energia eléctrica aos vários centros de consumo;
- Gás Natural - diversos contadores instalados nos seguintes consumidores:
 - o Secador sem Tensão;
 - o Gasadeira;
 - o Termosol 1;
 - o Termosol 2;
 - o Râmola Monforts ;
 - o Râmola Babcock;

- Vapor - relativamente ao Vapor, não existem na Riopelle quaisquer equipamentos de medida que permitam contabilizar os consumos nos centros de trabalho.
- Água - alguns contadores parcelares que permitem contabilizar os consumos de água de forma discriminada para os centros de trabalho mais consumidores.

Capítulo 3

Simulador

3.1 - Requisitos

Tendo em consideração a proposta inicial de projecto da Riopele, e após uma fase de recolha de informação, estabelecem-se os requisitos para o Simulador de consumos de Energias e Fluidos por artigo no sector de Acabamentos, que de seguida se descrevem.

3.1.1 - Requisitos Funcionais

Para um determinado artigo (AR), estima o consumo total de energias e fluidos (EF) no sector produtivo Acabamentos - somatório das seguintes componentes:

- Energia Eléctrica (EE ou EF₁);
- Vapor (VP ou EF₂);
- Gás Natural (GN ou EF₃);
- Afluentes Líquidos (AL ou EF₄);
- Efluentes Líquidos (EL ou EF₅);

em função de:

- quantidade a produzir;
- roteiro do artigo;
- programa utilizado em cada processo.

Os resultados são apresentados em Unidade de Energias e Fluidos (UEF), definida de acordo com factores de conversão diferenciados para cada tipo de Energia ou Fluido.

$$UEF_i = \sum_{j=1}^5 EF_{ij} \cdot FC_j$$

onde:

UEF_i é a quantidade específica de energias e fluidos para o artigo i , em UEF/m;

EF_{ij} é a quantidade específica de energia ou fluido j para o artigo i , em un_j/m ;

FC_j é o factor de conversão do tipo de energia ou fluido j , em UEF/ un_j ;

O factor de conversão FC_j , configurável, pode ser definido, por exemplo, em função do preço unitário médio (€/un), de modo a que permita obter uma sensibilidade sobre o nível de eficiência da produção desse artigo.

	Tipo de Energia ou Fluido	un_j	Custo unitário 2007	FC_j
EF_1	Energia Eléctrica (EE)	kWh	0,059 €/kWh	0,059 UEF/kWh
EF_2	Vapor (VP)	ton	18,81 €/ton	18,81 UEF/ton
EF_3	Gás Natural (GN)	Nm ³	0,255 €/Nm ³	0,255 UEF/Nm ³
EF_4	Afluentes Líquidos (AL)	m ³	0,187 €/m ³	0,187 UEF/m ³
EF_5	Efluentes Líquidos (EL)	m ³	0,456 €/m ³	0,456 UEF/m ³

Tabela 3.1 - Custos unitários médios de Energia e Fluidos no ano 2007, relativamente à globalidade dos sectores; e factor de conversão (FC_j) de EF para UEF.

EF_{ij} - quantidade específica de energia ou fluido j para o artigo i - obtida através do somatório de consumos específicos de energia ou fluido j , em cada um de n processos k , envolvidos na sua produção:

$$EF_{ij} = \sum_{k=1}^n EF_{ijk}$$

onde EF_{ijk} é a energia ou fluido j utilizada no processo k , para produção do artigo i , em un_j .

Assim, a expressão completa para a definição de UEF_i é:

$$UEF_i = \sum_{j=1}^5 \sum_{k=1}^n EF_{ijk} \cdot FC_j$$

São consideradas variáveis de sensibilidade para recálculo da UEF, mediante:

- Reprocessamentos¹ de tecido, em m ou %;
- Produto final defeituoso, em m ou %;

¹ Reprocessamentos: a detecção de defeitos na revista final dos Acabamentos dá origem a tecido defeituoso considerado irrecoverável (refugo) e a tecido considerado recuperável mediante a repetição de operações já realizadas e/ou a realização de novas operações - os reprocessamentos.

3.1.2 - Requisitos de Implementação, Usabilidade e Manutenção

Embora possam ser consideradas diversas plataformas para efeitos de implementação, a escolha recai na ferramenta Excel, o que se justifica, face à sua versatilidade, nomeadamente pela simplicidade, rapidez de aprendizagem para qualquer utilizador e abertura.

O sistema deve ter uma interface intuitiva, proporcionando uma boa experiência em termos de usabilidade a um utilizador do meio têxtil. Essencialmente, deve permitir uma fácil selecção do artigo a simular, bem como da respectiva quantidade, sendo os resultados apresentados de forma clara.

Em termos de manutenção, o simulador deve ser concebido de forma a permitir:

- o carregamento dos dados referentes a novos artigos para simulação;
- a inserção de centros de trabalho ainda não considerados e carregamento dos dados necessários para simulação das respectivas operações.

O conceito geral deve ser facilmente expansível ou replicável para os restantes sectores produtivos da Riopelle.

3.2 - Organização da produção e estrutura de informação no sector Acabamentos

O ERP SAP é utilizado na gestão fabril. O processo produtivo do sector Acabamentos está replicado em SAP, sendo, ao nível do centro de trabalho, registadas informações como; horas de início de execução de operação, hora de fim de execução de operação, quantidade processada, etc.

A **Figura 3.1** pretende dar uma visão geral (simplificada) relativamente à estrutura de informação existente para o sector Acabamentos relativamente a:

- Operações
- Roteiros
- Programas
- Ordens de Produção
- Centro de Trabalho

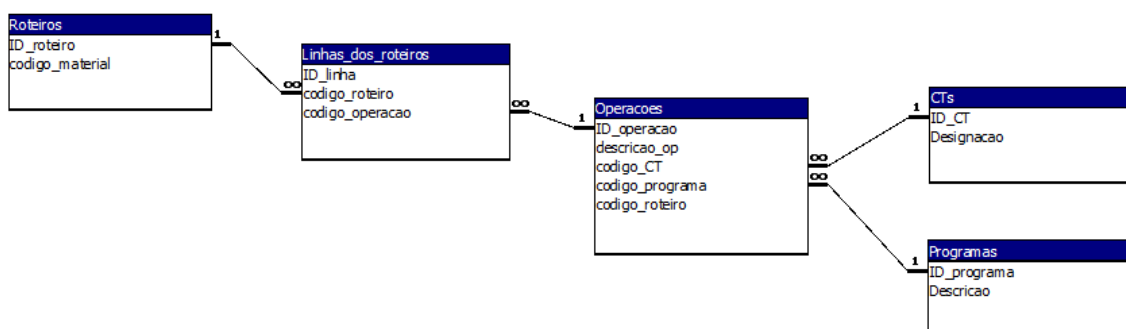


Figura 3.1 - Diagrama de relações simplificado

A **Figura 3.2** é um extracto da réplica em Excel da tabela exportada do SAP que associa a cada centro de trabalho as operações que este tem capacidade de realizar e alguns dos respectivos atributos. Note-se a particularidade de o mesmo centro de trabalho dos Acabamentos poder realizar diferentes operações em diferentes fases do processo e por outro lado, da possibilidade de determinadas operações serem realizadas em centros de trabalho de tipo diferente, o que podemos observar, reorganizando as colunas da tabela e reordenando por operação - **Figura 3.3**.

CenTrab	Denominação	ChvModel	Texto para chave de modelos	Tempo	un.	capa	un	tempo_pr	un_tj
PABT	ABRIDOR TECIDO	PTA0001	ABRIR	1,5	S				
PADU	AIRO DUE	PTA0021	ENZIMAR			480	M	120	MIN
PADU	AIRO DUE	PTA0026	FIBRILAR			480	M	300	MIN
PADU	AIRO DUE	PTA0034	LAVAR			480	M	60	MIN
PADU	AIRO DUE	PTA0047	SECAR			480	M	80	MIN
PAIR	AIRO 1000	PTA0047	SECAR			300	M	80	MIN
PBFM	BUF DE MATURAÇÃO	PTA0035	MATURAR	6	H				
PBRQ	MAQUINA BRANQUEAR	PTA0007	BRANQUEAR	1,6	S				
PBRQ	MAQUINA BRANQUEAR	PTA0015	DESENCOLAR	1,3	S				
PBRQ	MAQUINA BRANQUEAR	PTA0016	DESENCOLAR/BRANQUEAR	1,3	S				
PBRQ	MAQUINA BRANQUEAR	PTA0025	FERVER	2	S				
PBRQ	MAQUINA BRANQUEAR	PTA0033	LAVAGEM OXIDATIVA	1,5	S				
PBRQ	MAQUINA BRANQUEAR	PTA0034	LAVAR	1,5	S				
PCAP	CARDA PERCHA	PTA0009	CARDAR/AVESSO	5	S				
PCAP	CARDA PERCHA	PTA0044	REFAZER COSTURAS	3	S				
PCAT	CARDA TECIDO	PTA0009	CARDAR/AVESSO	3	S				
PCAT	CARDA TECIDO	PTA0044	REFAZER COSTURAS	3	S				
PFCM	CARTÃO MATURACÃO	PTA0035	MATURAR	2,4	H				

Figura 3.2 - Extracto da réplica em Excel da tabela exportada do SAP que associa a cada centro de trabalho as operações que este tem capacidade de realizar e alguns dos respectivos atributos.

ChvModel	Texto para chave de modelos	CenTrab	Denominação	Tempo	un.	capa	un	tempo_pr	un_tj
PTA0001	ABRIR	PABT	ABRIDOR TECIDO		S				
PTA0002	ACABAR	PRM2	RAMULA MONFORTS 2	2,4	S				
PTA0002	ACABAR	PRM3	RAMULA MONFORTS 3 / KRANTZ	2	S				
PTA0002	ACABAR	PRM4	RAMULA MONFORTS 4 / BABCOCK	2	S				
PTA0002	ACABAR	PRTT	ROTO-TUMBLER			400	M	180	MIN
PTA0002	ACABAR	PSST	SECADOR SEM TENSÃO	4	S				
PTA0002	ACABAR	PTUR	TURBANG	10	S				
PTA0003	ACABAR/FIXAR	PRM2	RAMULA MONFORTS 2	3	S				
PTA0003	ACABAR/FIXAR	PRM3	RAMULA MONFORTS 3 / KRANTZ	3	S				
PTA0003	ACABAR/FIXAR	PRM4	RAMULA MONFORTS 4 / BABCOCK	2	S				
PTA0004	TESTAR	PLAB	LABORATÓRIO	8	H				
PTA0005	ANALISAR COR	PLBT	LABORATÓRIO TINGIMENTO	24	H				
PTA0006	APROVAR	PVER	VERIVIDE	30	MIN				
PTA0007	BRANQUEAR	PBRQ	MAQUINA BRANQUEAR	1,6	S				
PTA0007	BRANQUEAR	PJET	JET			180	KG	240	MIN
PTA0008	CALANDRAR	PCLK	CALANDRA KÜSTERS	2	S				
PTA0009	CARDAR/AVESSO	PCAP	CARDA PERCHA	5	S				
PTA0009	CARDAR/AVESSO	PCAT	CARDA TECIDO	3	S				
PTA0010	CARGA	PENR	ENROLADEIRA	1,2	S				
PTA0010	CARGA	PESD	ENROL SUPER DUPLO / N.STOP	1,2	S				
PTA0010	CARGA	PSAC	MAQUINA DE COSER EM SACO	4	S				
PTA0011	CAUSTIFICAR	PJET	JET			180	KG	240	MIN
PTA0012	CORTAR	PFCM	CORTADEIRA	1,0	S				

Figura 3.3 - A Reorganização da tabela anterior (extracto) permite observar a possibilidade de determinadas operações serem realizadas em centros de trabalho de tipos diferentes.

Os roteiros indicam uma sequência de operações associando-lhes os centros de trabalho que as poderão executar. Numa fase de planeamento de produção um artigo a produzir é associado a um roteiro, sendo ainda definidos os programas a utilizar em cada centro de trabalho, bem como centros de trabalho preferenciais e centro de trabalho proibidos. Designaremos este roteiro com informação complementar como “super-roteiro” - **Tabela 3.2**.

		Operação	H3	Descr H3	H0	Descr H0	proib	pref	Excepç C	Excepç W	Prog
1010	0010	ENROLAR	PESD	ENROL SUPER DUPLO /	PESD0001	ENROLADEIRA SUPER DU		v			PA01908
					PESD0002	NON-STOP 0001					PA01904
1020	0020	LAVAR	PPC2	PS CAIXAS 0002	PPC20002	PS CAIXAS 0002					PA00642
1030	0030	SECAR	PRM2	RAMULA MONFORT 2	PRM20002	RAMULA MONFORT 0002					PA00449
1040	0040	GASAR	PGAS	GASADEIRA	PGAS0001	GASADEIRA 0001					PA00582
3010	0010	ACABAR/FIXAR	PRM4	RAMULA MONFORTS 4 /	PRM40001	RAMULA BABCOCK 0001					
					PRM40004	RAMULA MONFORTS 0004		v			PA01767
3020	0015	REFAZER COSTURAS	PSTR	STRICA	PSTR0001	STRICA 0001					PA02891
3030	0020	KD	PKAD	KD	PKAD0001	KD 0001					PA00674
					PKAD0002	KD 0002		v			PA00677
					PKAD0003	KD 0003					PA00682
3040	0030	SANFORIZAR	PSAF	SANFOR	PSAF0001	SANFOR 0001		v			PA99962
					PSAF0002	SANFOR 0002					PA01930
3050	0040	TESTAR	PLAB	LABORATÓRIO	PLAB0001	LABORATÓRIO 0001					

Tabela 3.2 - “Super-Roteiro” para o Tecido 4 - para além da sequência de operações do roteiro, são definidos os programas a utilizar em cada centro de trabalho, bem como centros de trabalho preferenciais e centro de trabalho proibidos.

3.2.1 - Conjunto de tecidos a estudar e centros de trabalho envolvidos

São seleccionados pela empresa 13 tecidos, considerados representativos em termos de perspectivas de venda futura (**Tabela 3.3**). São fornecidas as referências e características destes artigos, sobre os quais incide especialmente todo o trabalho subsequente.

Artigo	Defeituoso [%]	Factor de contracção ¹	Peso TL (componente) [g/m]	Peso TC [g/m]
Tecido 01	4	1,25	299	345
Tecido 02	6	1,25	266	310
Tecido 03	4	1,20	264	305
Tecido 04	8	1,15	260	285
Tecido 05	6	1,10	245	255
Tecido 06	4	1,12	307	330
Tecido 07	8	1,12	384	410
Tecido 08	10	1,15	285	300
Tecido 09	8	1,03	156	145
Tecido 10	8	1,12	391	415
Tecido 11	8	1,04	159	150
Tecido 12	10	1,24	440	520
Tecido 13	15	1,08	260	280

Tabela 3.3 - Algumas características de 13 tecidos seleccionados pela Riopelle, para estudo.

Através dos roteiros destes tecidos, identificam-se os centros de trabalho e as operações envolvidos na sua produção (Acabamentos). Na **Tabela 3.4** podemos ver esses centros de trabalho, bem como as formas de energia e fluidos envolvidos em cada um deles. Se analisarmos esta tabela qualitativamente, de uma perspectiva energética, percebemos que, em termos de consumos, uns centros de trabalho serão mais significativos do que outros, quer porque são consumidores de mais do que uma forma de energia, quer porque são consumidores de Gás Natural ou Vapor - formas de energia utilizadas tipicamente para

¹ Factor de Contracção - relação entre o comprimento da tela (metros) à entrada no sector Acabamentos e o comprimento do tecido acabado (metros).

aquecimentos nos processos (com algumas excepções, como vimos em 2.2.2 e 2.2.3) - e por isso mesmo, grandes consumidores.

CT	CT Código	CT Designação	Energias			Afluente	Efluentes	
			EE	GN	VP	Água	T2	T3
1	PABT0001	ABRIDOR TECIDO 0001	✓					
2	PABT0002	ABRIDOR TECIDO 0002	✓					
3	PADU0002	AIRO DUE BIANCALANI (T.MOLHADO) 0002	✓		✓	✓		✓
4	PAIR0001	AIRO 1000 BIANCALANI (T. SECO) 0001	✓		✓			
5	PBRQ0002	MÁQUINA BRANQUEAR 0002	✓		✓	✓	✓	✓
6	PCAT0004	CARDA TECIDO 0004	✓		✓			
7	PCLK0001	CALANDRA KUSTERS 0001	✓	TF		✓	✓	
8	PENR0001	ENROLADEIRA 0001	✓					
9	PENR0002	ENROLADEIRA 0002	✓					
10	PENR0003	ENROLADEIRA 0003	✓					
11	PESD0001	ENROLADEIRA SUPER DUPL0 0001	✓					
12	PESD0002	NON-STOP 0001	✓					
13	PESP0001	ESMERIL PUMEX 0001	✓					
14	PESU0003	ESMERIL ULTRA SOFT 0003	✓					
15	PFUL0001	FOULARD KUSTERS 0001	✓					
16	PGAS0001	GASADEIRA 0001	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17	PJET0003	JET0003	✓		✓	✓	✓	✓
18	PJET0008	JET0008	✓		✓	✓	✓	✓
19	PKAD0002	KD 0002	✓		✓	✓	✓	
20	PMRC0001	MERCERIZADEIRA 0001	✓		✓	✓		✓
21	PPC10001	PS CAIXAS 0001	✓		✓	✓	✓	✓
22	PPC20002	PS CAIXAS 0002	✓		✓	✓	✓	✓
23	PPF10001	PS FOULARD 0001	✓			✓	✓	
24	PPF10002	PS FOULARD 0002	✓			✓	✓	
25	PRM20002	RÁMULA MONFORT 0002	✓	TF	✓	✓	✓	✓
26	PRM30001	RÁMULA KRANTZ	✓	TF		✓	✓	✓
27	PRM30003	RÁMULA MONFORT 0003	✓	TF		✓	✓	✓
28	PRM40001	RÁMULA BABCOCK 0001	✓	✓		✓	✓	✓
29	PRM40004	RÁMULA MONFORTS 0004	✓	✓		✓	✓	✓
30	PRTT0001	ROTO-TUMBLER	✓		✓	✓		✓
31	PSAF0001	SANFOR 0001	✓		✓	✓	✓	
32	PSAF0002	SANFOR 0002	✓		✓	✓	✓	
33	PSST0001	SECADOR SEM TENSÃO 0001	✓	✓		✓		✓
34	PSTR0001	STRICA 0001	✓		✓			
35	PTES0001	TESOURA 0001	✓					
36	PTES0004	TESOURA 0004	✓					

Tabela 3.4 - Centros de Trabalho envolvidos na produção dos tecidos seleccionados pela Riopelle para estudo e Energias e Fluidos utilizados em cada um.

3.3 - Arquitectura funcional

Conceptualmente, uma partida do simulador decorre em 3 fases: entrada de dados, processamento, e apresentação de resultados - **Figura 3.4**.

Na fase de entrada de dados o operador selecciona o tecido para o qual pretende obter a simulação e tem a possibilidade de alterar parâmetros que a influenciam.

Na fase de processamento são efectuados os cálculos necessários de acordo com o especificado nos requisitos:

- é identificado o roteiro do tecido a simular;
- os parâmetros necessários são passados ao módulo responsável pelo cálculo do consumo do primeiro centro de trabalho;

- os consumos repartidos das Energias e Fluidos são calculados pelo módulo, que devolve os resultados ao módulo principal que os regista;
- repetem-se os dois últimos passos até se percorrerem todos os módulos envolvidos no roteiro;
- o módulo principal procede ao cálculo do somatório e passa-se à fase de apresentação de resultados

Na fase de apresentação de resultado o interface correspondente é alterado de forma a mostrar os resultados decorrentes da fase de processamento.

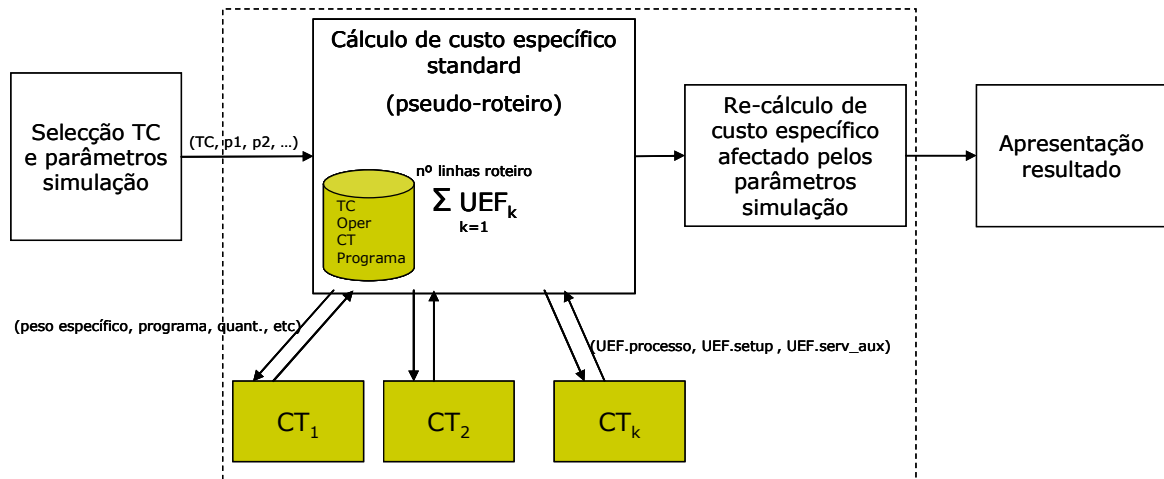


Figura 3.4 - Esquematização da sequência de processamento em 3 fases: entrada de dados, processamento, e apresentação de resultados.

3.4 - Modelação

De forma a simular o comportamento dos centros de trabalho no que diz respeito a consumos de Energias e Fluidos, é necessário escolher os modelos apropriados para o efeito.

3.4.1 - Modelo geral

O primeiro passo na modelação destes comportamentos consistiu na identificação de um **modelo geral** que pudesse ser utilizado para estimação dos consumos de cada Energia ou Fluido em função da quantidade da partida.

É prática habitual dos gestores de energia elaborarem e analisarem gráficos de utilização de Energia versus Produção [7] onde, por regressão linear, é possível determinar a recta ($y = mx + b$) que melhor se ajusta aos pontos, como se exemplifica na **Figura 3.5**

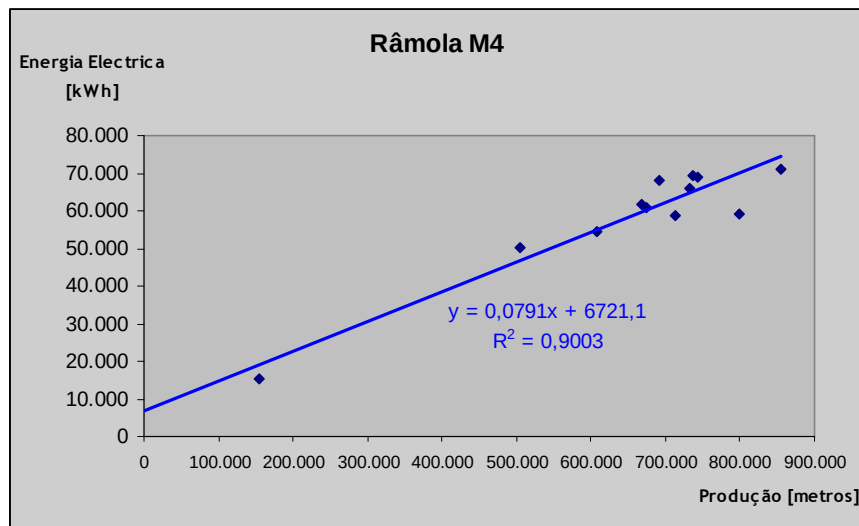


Figura 3.5 - Valores mensais de consumo de energia eléctrica versus produção para uma râmolã.

Desta recta é possível retirar informação importante:

- O **declive (m)** é um indicador da relação entre a quantidade produzida e a energia consumida.
- A **intercepção da recta com o eixo dos yy (b)** constitui uma indicação da energia consumida pelo processo que não contribui para a produção, ou seja, um consumo fixo que ocorrerá independentemente da quantidade produzida (durante um período de tempo igual àquele a que estão referenciados os valores do gráfico - no exemplo acima, um mês). Um outro exemplo de consumos não directamente relacionados com a produção é apresentado na **Figura 3.7**.
- A **dispersão** indica factores que afectam o uso da energia na produção, como por exemplo: a variação das características dos artigos processados; ou a variação de operações realizadas no mesmo centro de trabalho - ver **Figura 3.2**; ou ainda, a variação dos parâmetros de processo - **Figura 3.6**. Numa análise ao nível do centro de trabalho, será naqueles onde a variabilidade é maior que se obterão maiores dispersões. Acresce que, por vezes, na prática, resultado do escalonamento de produção, uma ocorrência da operação não exige preparação pois é possível encadeá-la com a operação anterior sem qualquer paragem na produção - por exemplo, casos em que não é necessário mudança de banho ou de programa entre operações - este é também um dos motivos para a dispersão que é observada nas medições.
- **R² - coeficiente de determinação** - proporciona informação sobre a qualidade com que o modelo representa o processo.

Monforts 4

Programa	Velocid.	Tempo fixação	Exaustão		Queimador					
			entrada	saída	1	2	3	4	5	6
PA00515	24 m/min	30 seg	30%	70%	180 °C	180 °C	207 °C	207 °C	207 °C	207 °C

Programa	Velocid.	Tempo fixação	Exaustão		Queimador					
			entrada	saída	1	2	3	4	5	6
PA02593	30 m/min	25 seg	30%	60%	150 °C	150 °C	150 °C	150 °C	150 °C	150 °C

Figura 3.6 - Dois programas diferentes no mesmo centro de trabalho - ilustrativo das diferenças nas variáveis do processo, passíveis de influenciar os consumos de energia no mesmo centro de trabalho.

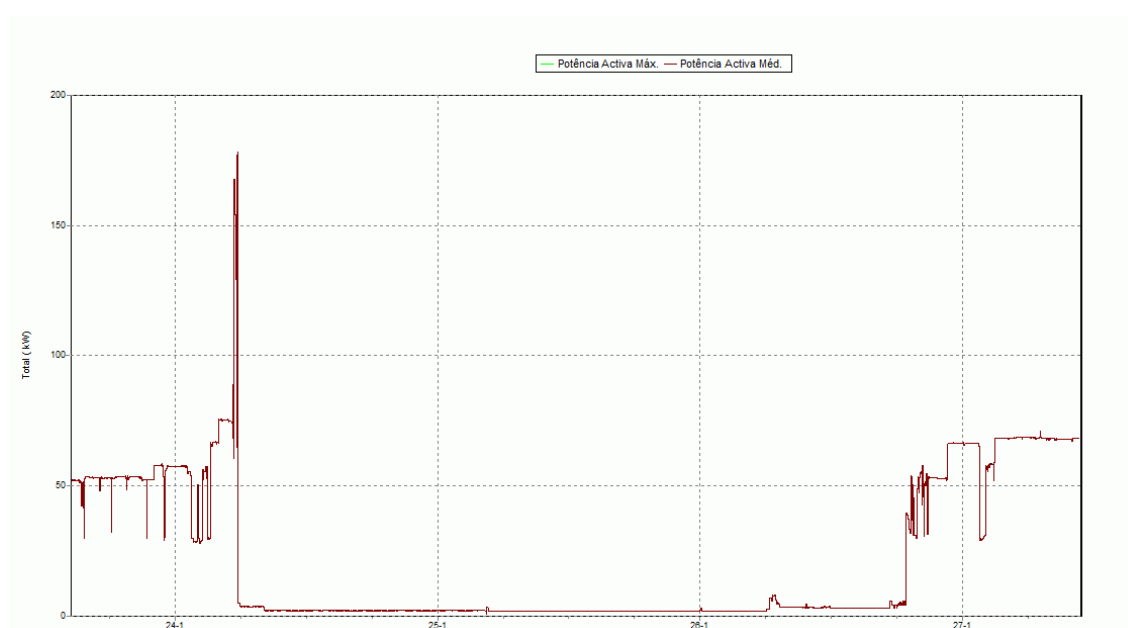


Figura 3.7 - Registo de potência da máquina Monforts 4 com duração de 5 dias: à esquerda pico de potência correspondente ao procedimento para arrefecimento da máquina antes de ser desligada para fim-de-semana; ao centro consumo residual permanente correspondente à ventilação do armário de quadro eléctrico mesmo com a máquina desligada.

Numa análise a nível sectorial, o valor de b poderá ser relacionado com diversos consumos não contributivos para a produção e mesmo não relacionados com as máquinas, como é o caso da climatização; já no caso de uma análise a nível de centro de trabalho, o valor de b estará maioritariamente relacionado com o somatório de consumos efectuados durante os períodos de preparação da máquina para uma nova ordem de produção ou em situações de espera - períodos em que se mantêm em funcionamento motores eléctricos (movimentos, ventilação); em que ocorrem perdas térmicas; em que poderá ser necessário proceder à subida de temperatura de banhos; etc. Esta indicação poderá ser interessante, se dispusermos do número médio de preparações (n) efectuadas nesses períodos, pois podemos estimar um consumo médio por preparação, dividindo b por n . Esta estimativa pressupõe considerar todos os consumos correspondentes ao valor b como sendo atribuídos a preparações. Não estando

esta informação disponível, se arbitrarmos uma quantidade típica a produzir por partida, com este valor estimamos o número de partidas correspondente, logo, um consumo típico por partida.

Parece portanto adequado utilizar um modelo linear do tipo

$$Y = m \cdot X + b \quad ,$$

onde:

- Y = Energia ou Fluido (EF_j) necessário à produção de X metros de tecido;
- m = consumo específico de energia ou fluido no centro de trabalho, em regime permanente;
- X = quantidade a produzir, em metros;
- b = consumo com preparação da operação;

para estimar os consumos dos centros de trabalho.

Quando fazemos uma análise energética de um centro de trabalho apenas através do seu consumo específico anual, estamos a modelá-lo, não por regressão, mas directamente por uma recta $Y = m \cdot X + b$, com $b=0$.

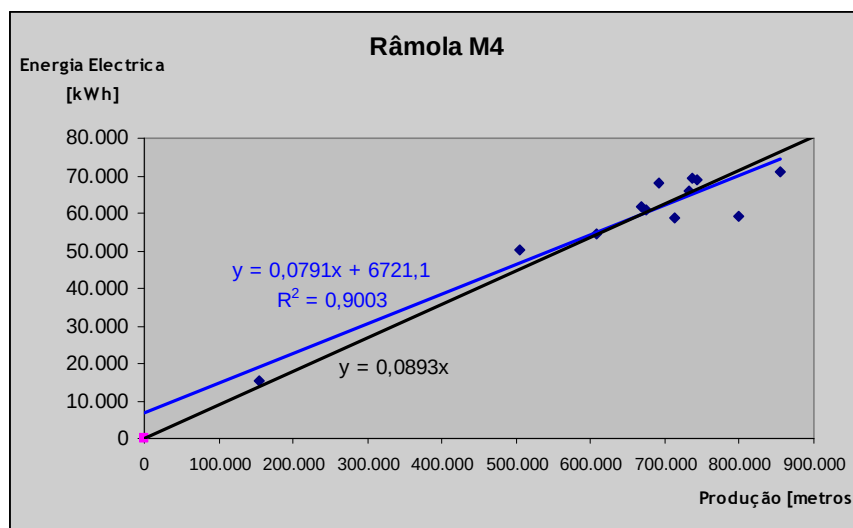


Figura 3.8 - Sobreposição da recta de regressão relativa aos valores mensais de consumo de energia eléctrica versus produção para uma râmola (a azul); com a recta correspondente ao **consumo específico anual**, obtido dividindo o consumo total anual (703.618) pela produção total anual (7.878.028) (a preto).

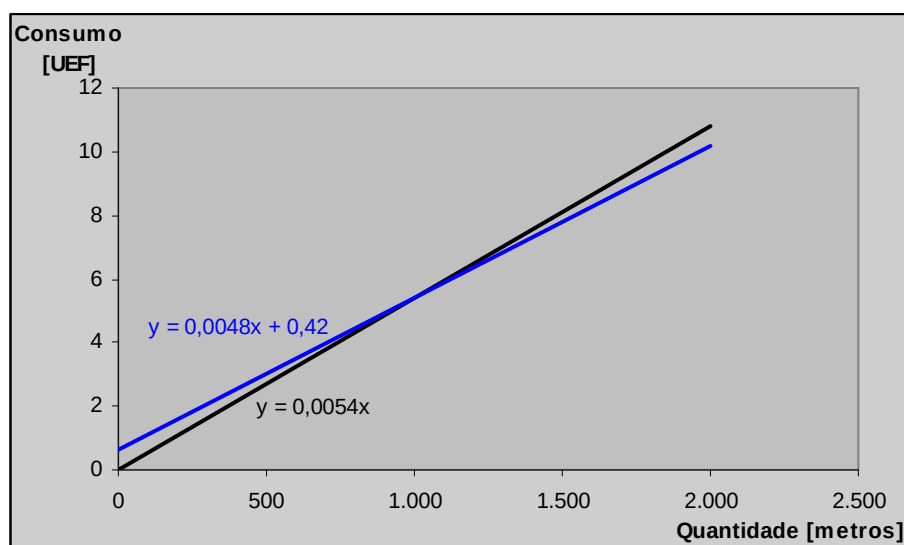


Figura 3.9 - Dois modelos hipotéticos para o consumo de uma operação, no mesmo centro de trabalho

Haverá uma quantidade a produzir, para a qual os dois modelos fornecem o mesmo resultado (intersecção das rectas), correspondente à quantidade média produzida por preparação; afastando-nos desta quantidade, o modelo baseado no custo específico produzirá um resultado inferior, se se tratar de uma quantidade menor, ou um consumo superior, se se tratar de uma quantidade superior. Apesar do primeiro modelo (azul) ser mais interessante, a informação necessária para determinar de forma expedita a parcela b para este modelo - por exemplo, a energia gasta anualmente com as preparações de operação; e a quantidade de preparações efectuadas - poderá não se encontrar disponível.

A simulação do consumo total de Energias e Fluidos para uma ordem de produção com base nestes modelos é feita através do somatório dos resultados produzidos pelos modelos de cada um dos centros de trabalho e por esse motivo reflecte essencialmente a influência do roteiro (sequência de operações realizadas) na diferenciação do consumo total de Energias e Fluidos por artigo produzido. Note-se na **Tabela 3.5** e na **Tabela 3.6**, a substancial diferença entre o Tecido 01 e o Tecido 08, quer em termos de operações realizadas, quer em termos de quantidade de operações. Permite também identificar, por operação num centro de trabalho, as Energias ou Fluidos com maior custo relativo, bem como, para cada artigo produzido, os centros de trabalho com maior custo de Energias e Fluidos.

Tecido 01		
ENROLAR	PESD0001	ENROLADEIRA SUPER DUPLO 0001
LAVAR	PPC20002	PS CAIXAS 0002
SECAR	PRM20002	RÂMULA MONFORTS 2
GASAR	PGAS0001	GASADEIRA 0001
ACABAR/FIXAR	PRM40004	RÂMULA MONFORTS 0004
RAMULAR	PRM40004	RÂMULA MONFORTS 0004
SANFORIZAR	PSAF0001	SANFOR 0001
TESTAR	PLAB0001	LABORATÓRIO 0001

Tabela 3.5 - Sequência de operações para o Tecido 01.

Tecido 08		
ENROLAR	PESD0002	NON-STOP 0001
IMPREGNAR	PPF10002	PS FOULARD 0002
MATURAR	PBFM0001	
BRANQUEAR	PBRQ0002	MÁQUINA BRANQUEAR 0002
MERCERIZAR	PMRC0001	MERCERIZADEIRA 0001
SECAR	PSST0001	SECADOR SEM TENSÃO 0001
TESTAR - Preparação	PVOL0001	
PESAR	PRVE0001	
APROVAR RECEITA	PLBT0001	
TINGIR	PJET0008	JET0008
ABRIR	PABT0002	ABRIDOR TECIDO 0002
SECAR	PSST0001	SECADOR SEM TENSÃO 0001
METER GUIA	PENR0003	ENROLADEIRA 0003
ANALISAR COR	PLBT0001	
TINGIR	PFUK0001	FOULARD KUSTERS 0001
MATURAR	PCBM0001	
LAVAR	PPC10001	PS CAIXAS 0001
SECAR	PRM30003	RÂMULA MONFORT 0003
REVISTAR	PRVT0001	
APROVAR	PVER0001	
METER GUIA	PENR0001	ENROLADEIRA 0001
GASAR	PGAS0001	GASADEIRA 0001
ACABAR	PSST0001	SECADOR SEM TENSÃO 0001
SECAR	PADU0002	AIRO DUE BIANCALANI 0002
ABRIR	PABT0001	ABRIDOR TECIDO 0001
TESTAR	PLAB0001	LABORATÓRIO 0001

Tabela 3.6 - Sequência de operações para o Tecido 08.

Para algumas formas de Energias ou Fluidos, e nalguns centros de trabalho, mesmo a determinação dos parâmetros para este modelo geral através de indicadores mensais torna-se difícil, pelo facto de não existir informação dos consumos repartidos por centro de trabalho. Nestes casos, tenta-se colmatar esta dificuldade encontrando os parâmetros do modelo através de um estudo baseado em transferência de calor ou em balanço energético, nalguns casos através de informação obtida nas auditorias energéticas [1] [4], como é o caso de alguns centros de trabalho consumidores de vapor. Noutros casos ainda optou-se por proceder a medições e chegar aos parâmetros do modelo por regressão linear.

A **Tabela 3.7** resume os valores encontrados para estes parâmetros, bem como o factor de conversão para UEF utilizado no sector Acabamentos.

CT	CT Designação	EE	GN	VP	AQ	AF	T2	T3
		0,059	0,300	0,021	0,114	0,114	0,128	0,467
		UEF/kWh	UEF/Nm3	UEF/kg	UEF/m3	UEF/m3	UEF/m3	UEF/m3
PABT0001	ABRIDOR TECIDO 0001	0,0009						
PABT0002	ABRIDOR TECIDO 0002	0,0004						
PADU0002	AIRO DUE BIANCALANI (T.MOLHADO) 0002	0,0055		0,0222	0,00000	0,00000		
PAIR0001	AIRO 1000 BIANCALANI (T. SECO) 0001	0,0120		0,0355	0,00000	0,00000		
PBRQ0002	MÁQUINA BRANQUEAR 0002	0,0018		0,0075	0,00139			0,0057
PCAT0004	CARDA TECIDO 0004	0,0006						
PCLK0001	CALANDRA KUSTERS 0001	0,0030	0,0012					
PENR0001	ENROLADEIRA 0001	0,0003						
PENR0002	ENROLADEIRA 0002	0,0002						
PENR0003	ENROLADEIRA 0003	0,0002						
PESD0001	ENROLADEIRA SUPER DUPLO 0001	0,0003						
PESD0002	NON-STOP 0001	0,0002						
PESP0001	ESMERIL PUMEX 0001	0,0037						
PESU0003	ESMERIL ULTRA SOFT 0003	0,0043						
PFUK0001	FOULARD KUSTERS 0001	0,0011						
PGAS0001	GASADEIRA 0001	0,0002	0,0006		0,00005		0,00006	
PJET0003	JET0003	0,0009		0,0232	0,00526		0,00278	0,01142
PJET0008	JET0008	0,0009		0,0232	0,00526		0,00278	0,01142
PKAD0002	KD 0002	0,0026		0,0021				
PMRC0001	MERCERIZADEIRA 0001	0,0008		0,0060	0,00056			0,00229
PPC10001	PS CAIXAS 0001	0,0004		0,0061	0,00141		0,00159	
PPC20002	PS CAIXAS 0002	0,0004		0,0136	0,00074		0,00083	
PPF10001	PS FOULARD 0001	0,0001				0,00002	0,00002	
PPF10002	PS FOULARD 0002	0,0001				0,00002	0,00002	
PRM20002	RÂMULA MONFORTS 2	0,0042		0,0069				
PRM30001	RÂMULA KRANTZ	0,0035	0,0197					
PRM30003	RÂMULA MONFORT 0003	0,0035	0,0043					
PRM40001	RÂMULA BABCOCK 0001	0,0025	0,0138					
PRM40004	RÂMULA MONFORTS 0004	0,0034	0,0113					
PRTT0001	ROTO-TUMBLER	0,0055		0,0355	0,00000	0,00000		
PSAF0001	SANFOR 0001	0,0004		0,0062				
PSAF0002	SANFOR 0002	0,0004		0,0062				
PSST0001	SECADOR SEM TENSÃO 0001	0,0003	0,0098					
PSTR0001	STRICA 0001	0,0008						
PTES0001	TESOURA 0001	0,0009						
PTES0004	TESOURA 0004	0,0009						

Tabela 3.7 - Resumo de parâmetros para os modelos obtidos genericamente com base em indicadores de consumos mensais.

3.4.2 - Estimação de consumos em função do programa

Tal como se mostra na **Figura 3.6**, num mesmo centro de trabalho, a utilização de programas diferentes pode implicar grandes diferenças em parâmetros passíveis de alterar de forma significativa os consumos específicos de determinadas formas de energia.

Especialmente no caso das Energias — em que, como vimos em 2.4.1 - **Figura 2.25**, ficou patente a preponderância dos seus custos relativamente aos custos dos Fluidos no sector Acabamentos — a parametrização dos modelos a partir de informação relativa unicamente a consumos mensais parece-nos insuficiente, na medida em que não discrimina entre consumos relativos a diferentes programas.

Assim, no sentido de melhorar a qualidade das estimativas do simulador, procura-se encontrar uma forma de discriminar os consumos, não só em função do roteiro de cada artigo, mas também em função do programa utilizado em cada centro de trabalho para a produção de cada artigo. Uma abordagem possível é a realização de estudos de balanço energético e transferência de calor, o que é relativamente simples nalguns centros de trabalho consumidores de vapor. Nos maioria dos centros de trabalho consumidores de gás a componente de perdas é muito elevada e difícil de estimar, pelo que nesses casos a abordagem utilizada passa por medições reais seguidas de regressão linear.

3.4.2.1 - Parametrização do modelo por medições e regressão

Nos centros de trabalho onde existe instrumentação que o permite, foram efectuadas medições relativamente a consumos energéticos, durante a utilização dos programas associados à produção dos artigos em estudo, preferencialmente durante a produção do próprio artigo, ou em alternativa, procurando fazer a medição durante a produção de artigos com peso específico idêntico (de forma a obter consumos semelhantes) - esta foi considerada uma aproximação razoável, embora outras características dos tecidos sejam passíveis de influenciar os consumos energéticos, como é o caso da hidrofilidade¹.

Desta forma consegue-se uma parametrização discriminada por programa.

Na **Tabela 3.8** podemos observar as medições de consumos energéticos em regime permanente, em função da quantidade produzida e do programa utilizado, efectuadas na râmol Monforts 4, bem como os respectivos cálculos de consumos específicos.

O processo de medição revelou-se extremamente moroso e em consequência não foi possível realizar, no tempo disponível, a quantidade de medições que permitiria encarar os resultados com um nível de confiança mais elevado.

¹ Hidrofiliade - capacidade de absorver e reter água.

Programa	Artigo	Operacao	Peso [g]	Duração [min]	GN (consumo) [Nm3]	EE (consumo) [kWh]	Quantidade [metros]	Vel média [m/min]	CE GN [Nm3/m]	CE EE [kWh/m]
PA00515	Tecido 01	3010 Acabar/Fixar	298,6	1:16:00	90,6	66	1561	20,5	0,0580	0,0423
PA00515	Tecido 01	3010 Acabar/Fixar	298,6	0:12:00	13,9	9	228	19,0	0,0610	0,0395
PA02579	Tecido 01	3020 Ramular	298,6	1:01:30	56,2	49	1616	26,3	0,0347	0,0303
PA00514	Tecido 02	3010 Acabar/Fixar	265,6	1:15:00	98,5	78	2224	29,7	0,0443	0,0351
PA00514	Tecido 02	3010 Acabar/Fixar	265,6	1:03:00	86,0	69	1967	31,2	0,0437	0,0351
PA01943	~Tecido 03	3010 Acabar/Fixar	263,7	0:09:30	14,0	8	144	15,2	0,0972	0,0556
PA01767	Tecido 05	3010 Acabar/Fixar	245,0	0:13:00	13,1	11	483	37,2	0,0271	0,0228
PA01767	Tecido 05	3010 Acabar/Fixar	245,0	0:18:15	18,2	14	589	32,3	0,0309	0,0238
PA01767	~Tecido 05	3010 Acabar/Fixar	260,2	0:10:30	11,1	13	358	34,1	0,0310	0,0363
PA02593	Tecido 06	3070 Acabar	306,8	0:36:00	30,1	35	747	20,7	0,0402	0,0469
PA02593	Tecido 06	3070 Acabar	306,8	0:05:00	6,1	4	106	21,2	0,0575	0,0377
PA02593	~Tecido 06	3070 Acabar	306,8	0:03:55	3,1	3	83	21,2	0,0373	0,0361
PA00499	~Tecido 07	3010 Acabar/Fixar	383,6	0:11:00	11,0	7	167	15,2	0,0659	0,0419
PA00499	~Tecido 07	3010 Acabar/Fixar	383,6	0:13:45	14,6	9	222	16,1	0,0658	0,0405
PA02317	~Tecido 10	3050 Acabar	316,6	0:16:45	11,8	12	345	20,6	0,0342	0,0348
PA02317	~Tecido 10	3075 Ramular	316,6	0:17:30	15,2	13	378	21,6	0,0402	0,0344
PA02798	~Tecido 10	3070 Acabar	397,0	0:07:30	6,7	6	100	13,3	0,0670	0,0600
PA02798	~Tecido 10	3010 Acabar/Fixar	253,0	0:12:30	11,1	9	157	12,6	0,0707	0,0573

Tabela 3.8 - Medições de consumos energéticos em função da quantidade produzida e do programa no centro de trabalho PRM40004 (râmolâ Moforts 4).

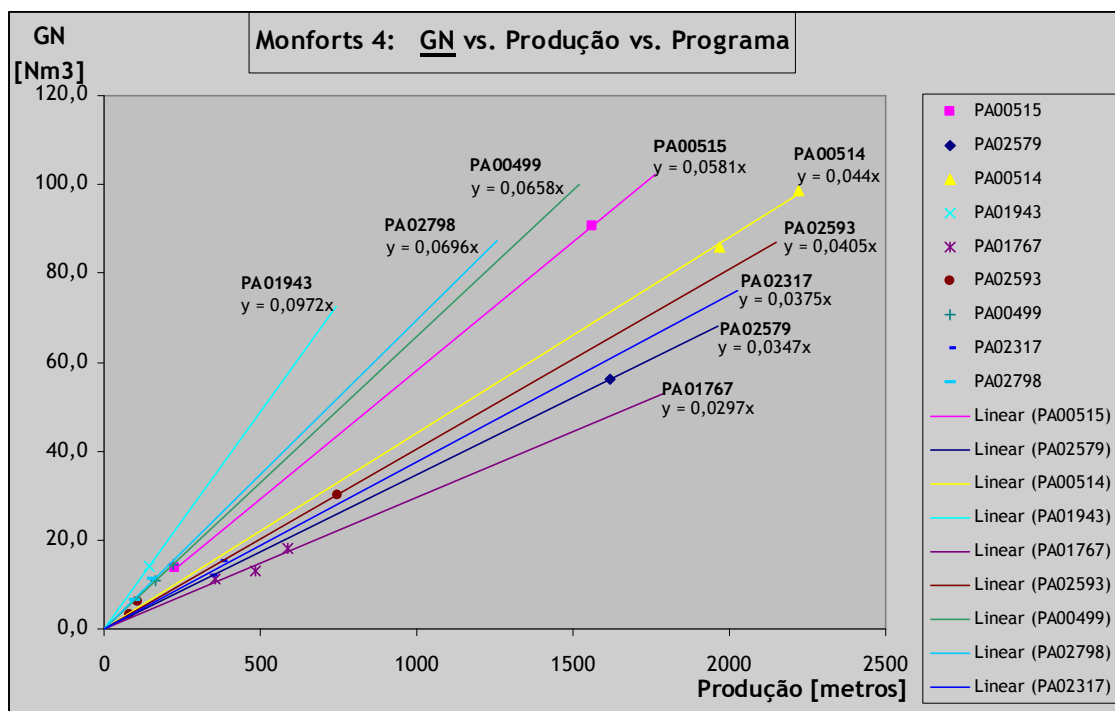


Figura 3.10 - Os valores obtidos por regressão para parametrização do modelo do centro de trabalho PRM40004 (râmolâ Moforts 4), relativamente a consumo de Gás Natural, em função do programa utilizado.

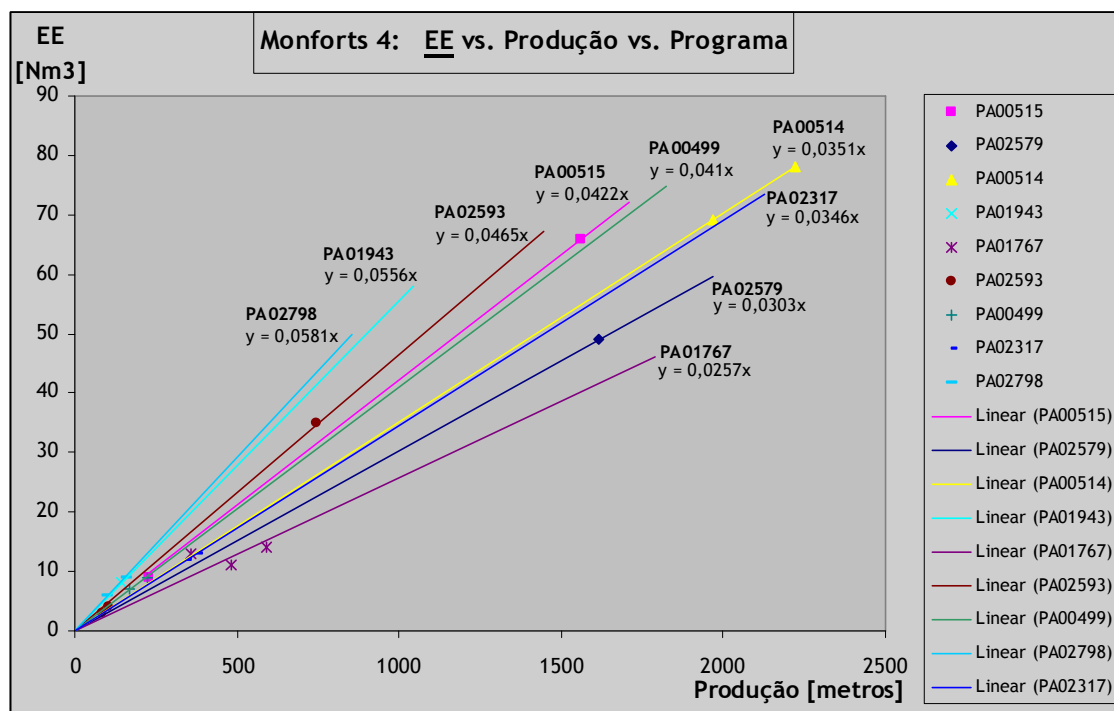


Figura 3.11 - Os valores obtidos por regressão para parametrização do modelo do centro de trabalho PRM40004 (râmola Moforts 4), relativamente a consumo de **Energia Eléctrica**, em função do programa utilizado.

De salientar o facto de tanto no caso do Gás Natural como no caso da Energia Eléctrica existir uma relação de, pelo menos, 200% entre os parâmetros obtidos para os programas menos consumidor e mais consumidor.

Programa	Velocid.	Exaustão entrada	Exaustão saída	Temp. thermat	Ventil. Inferior 1, 2, 3, 4	Ventil. Superior 1, 2, 3, 4	Queimador 1	Queimador 2	Queimador 3	Queimador 4	Queimador 5	Queimador 6	Parâmetro x p/ GN	Parâmetro x p/ EE
PA00514	36	30	70	70	70	80	180	207	207	207	207	207	0,0440	0,0351
PA01943	39	30	70	70	60	70	200	200	200	200	200	200	0,0972	0,0556
PA00499	34	45	65	70	80	90	200	200	200	200	200	200	0,0658	0,0410
PA00515	24	30	70	70	70	80	180	180	207	207	207	207	0,0581	0,0422
PA02798	22	30	60	70	60	70	180	180	180	180	180	180	0,0696	0,0581
PA01767	30	30	60	70	70	80	175	175	175	175	175	175	0,0297	0,0257
PA02593	30	30	60	70	70	80	150	150	150	150	150	150	0,0405	0,0465
PA02317	22	30	60	70	60	70	150	150	150	150	150	150	0,0375	0,0346
PA02579	24	30	70	70	70	80	150	150	150	150	150	150	0,0347	0,0303

Tabela 3.9 - Alguns programas do centro de trabalho PRM40004 (râmola Moforts 4), respectivos parâmetros de processo e valores obtidos por regressão para parametrização do modelo do centro de trabalho.

Note-se ainda que grande parte dos centros de trabalho onde se faz processamento contínuo, são máquinas de grande comprimento - por exemplo 30 metros, no caso da râmola Monforts 4. Significa isto, que mesmo que a tela atravessasse a máquina com um enfiamento¹ muito simples (em linha recta), o último metro a processar terá que percorrer todo esse

¹ Enfiamento - percurso que a tela tem que percorrer no interior no centro de trabalho.

enfiamento¹, acrescentando, em termos de consumo de energias e fluidos, o equivalente à produção em regime permanente de uma quantidade de tela igual ao comprimento do enfiamento. Mesmo no caso de enfiamentos simples, este consumo adicional pode ser significativo, para quantidades de produção pequenas. Se considerarmos enfiamentos mais complicados, como é o caso no centro de trabalho PadSteam2 (ver **Figura 3.13**), em que a máquina terá aproximadamente os mesmos 30 metros de comprimento, mas em que a tela sobe e desce no seu interior inúmeras vezes, este consumo adicional não é desprezável.

Nos casos em que passam várias telas seguidas no decorrer da mesma partida, apenas a última tela origina este consumo adicional.

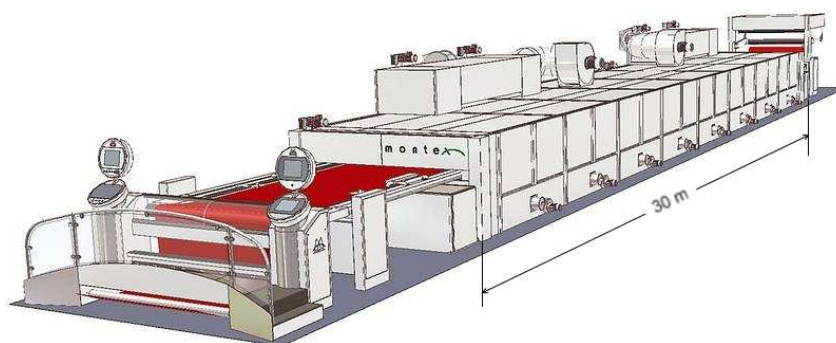


Figura 3.12 - Vista em perspectiva de uma rêmola com indicação do comprimento do compartimento onde decorre o processo. Fonte da imagem base: A. Monforts Textilmaschinen (www.monforts.de).

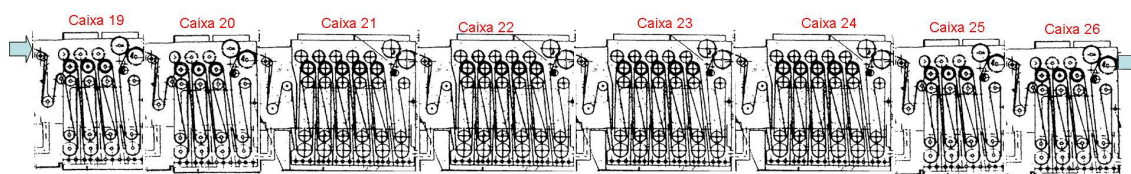


Figura 3.13 - Enfiamento no centro de trabalho PadSteam2 - pretende-se mostrar que uma quantidade considerável de tela “guia” tem que ser processada para que o último metro da tela em produção alcance a saída da máquina.

A **Tabela 3.10** resume os centros de trabalho onde foram efectuadas estas medições (apenas CTs consumidores directos de Gás Natural).

¹ Ao último metro de tela a produzir segue-se uma tela “guia”, com o comprimento necessário para manter o enfiamento da máquina, no fim da qual é cosida a próxima tela a produzir.

CT	CT Código	CT Designação	EE	GN
16	PGAS0001	GASADEIRA 0001	✓	✓
28	PRM40001	RÂMOLA BABCOCK 0001	✓	✓
29	PRM40004	RÂMOLA MONFORTS 0004	✓	✓
33	PSST0001	SECADOR SEM TENSÃO 0001	✓	✓

Tabela 3.10 - Centros de trabalho onde foram efectuadas medições de consumos no sentido de conseguir uma parametrização dos modelos desciminada por programa.

3.4.2.2 - Parametrização do modelo por estudos de balanço energético e transferência de calor

No sentido de melhorar a parametrização dos modelos relativos a centros de trabalho onde não é exequível proceder a medições na fase inicial (centros de trabalho consumidores de vapor), são efectuadas alguns estudos de balanço energético e transferência de calor que permitem estimar, diferenciando por programa, os consumos de vapor.

De acordo com [6], a equação geral de transferência de energia para aquecimento de uma substância é dada por

$$Q = m \times C_p \times (T_f - T_i) \quad ,$$

onde

- Q = Energia [kJ];
- m = Massa da substância [Kg];
- C_p = Calor específico da substância [kJ/(Kg·°C)];
- T_f = Temperatura final da substância [°C];
- T_i = Temperatura inicial da substância [°C].

Para analisar as perdas de energia térmica que ocorrem numa máquina baseámo-nos no princípio de que a transferência de calor pode ocorrer de três formas: radiação, convecção e condução. Desprezaremos as perdas por condução que podem ocorrer através dos apoios da máquina ou através das diversas tubagens a que possa estar ligada. As perdas de calor por radiação são calculadas segundo a expressão

$$Q = (\varepsilon \times A \times G \times T'^4 \times t) / 1000 \quad ,$$

onde

- Q = Perda de calor por radiação [kJ];
- ε = Factor de emissividade (adimensional, dependente da substância);
- A = Superfície de radiação [m²];
- G = Constante de Stefan-Boltzman, 5,67x10⁸ [W/(m²·K⁴)];
- T' = Temperatura [K];
- t = tempo [seg].

As perdas de calor por convecção são calculadas segundo a expressão

$$Q = (h \times A \times t \times (T_s - T_a)) / 1000 \quad ,$$

onde

- Q = Perda de calor por convecção [kJ];
- h = coeficiente de transferência de calor por convecção [$\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$];
- A = Superfície de convecção [m^2];
- t = tempo [seg];
- T_s = Temp. da superfície [K];
- T_a = Temperatura ambiente [K];

No caso do balanço energético de um centro de trabalho com aquecimento a vapor, é necessário calcular:

- Q_B - Energia necessária para aquecer o banho desde a temperatura inicial até à temperatura pretendida
- Q_T - Energia necessária para aquecer a massa de tela a processar
- Q_M - Energia necessária para aquecer a massa da máquina
- Q_R - Perda de calor por radiação
- Q_C - Perda de calor por convecção

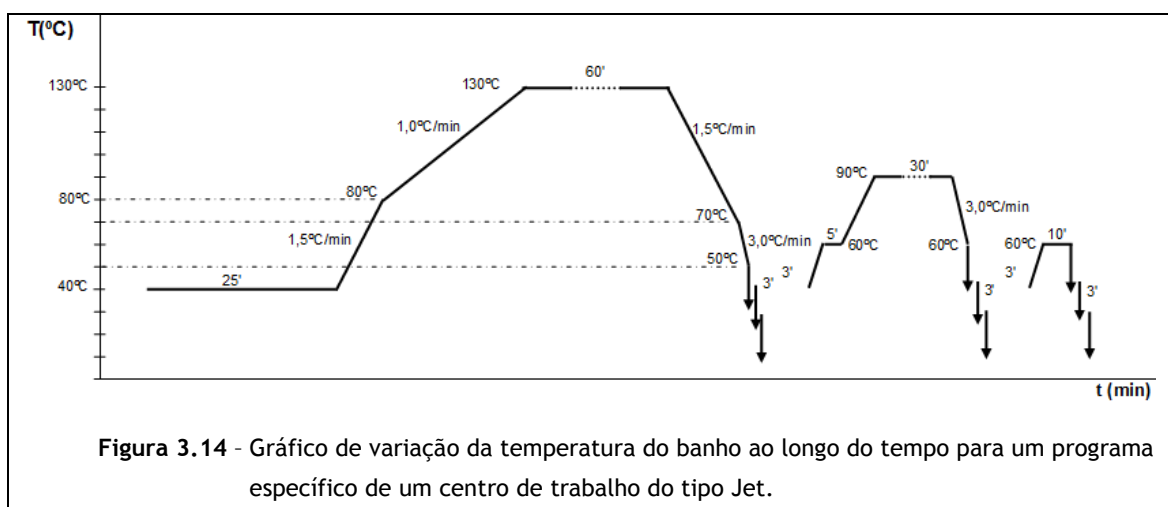
Determinada a energia necessária, calcula-se a quantidade de vapor correspondente através da diferença entre a entalpia do vapor saturado [kJ/kg], à pressão a que é fornecido ao centro de trabalho, e a entalpia da água no estado líquido à temperatura a que se produz o condensado no centro de trabalho. Esta diferença corresponde à entalpia de evaporação, também designada “calor latente”.

$$H_g = H_f + H_{fg} \quad ,$$

onde

- H_g = Entalpia total do vapor saturado [kJ/kg];
- H_f = Entalpia da água no estado líquido (calor sensível) [kJ/kg];
- H_{fg} = Entalpia de evaporação (calor latente) [kJ/kg];

Tomando como ponto de partida a **Figura 3.14**, relativa ao gráfico de variação da temperatura ao longo do tempo para um programa específico de um centro de trabalho do tipo Jet, exemplifica-se o procedimento de cálculo utilizado nos estudos deste tipo.



O programa é constituído por três ciclos que podemos considerar independentes procedendo ao cálculo independente para cada um deles e somando os valores obtidos no final. Exemplifica-se o procedimento para o primeiro ciclo, sendo idêntico para os restantes. Atendendo a que a água é fornecida à máquina à temperatura de 40 °C, e considerando que tanto a máquina como a matéria têxtil se encontram a 25 °C no início do processo, calculamos a energia necessária para elevar a temperatura para 130°C:

Massa água =	3300 Kg
Massa textil =	102,02 Kg
Massa maq. =	1500 Kg
Cp água =	4,2 kJ/(Kg.°C)
Cp tecido =	1,5 kJ/(Kg.°C)
Cp aço=	0,5 kJ/(Kg.°C)
fac. Emiss (ε) =	0,6
coef. Conv (h) =	6 W/m ² •K
A =	45,7 m ²
Ts =	130,00 °C
Ta =	25 °C

Logo, utilizando as expressões acima, vem

Q _B =	1.247.400 kJ
Q _T =	16.068 kJ
Q _M =	78.750 kJ

As perdas são calculadas desde o instante 0 até ao final do patamar de 130 °C, ou seja, um total de 161,7 minutos e considerando a temperatura média do processo,

Q _R =	317.273 kJ
Q _C =	220.350 kJ

Desta forma obtemos o total de energia necessária ao primeiro ciclo do programa: 1.879.841 kJ.

Sendo o vapor fornecido a esta máquina à pressão de 4 bar (diferencial), podemos calcular a quantidade de vapor necessária através da entalpia, como vimos acima:

H _{g(4bar)} =	2.749 kJ/kg
H _f =	419 kJ/kg

$$H_{fg} = H_{g(4bar)} - H_f = 2.330 \text{ kJ/kg}$$

Assim, a quantidade de vapor correspondente a 1.879.841 kJ é

$$1.879.841 / 2.330 = 806,8 \text{ kg}$$

3.5 - Implementação do Simulador UEF Acabamentos

De acordo com os requisitos da Riopelle, o simulador foi construído com base em Excel recorrendo à linguagem de programação *Visual Basic For Applications* (VBA).

3.5.1 - Interfaces

Optou-se pela utilização de um interface gráfico implementável através das funcionalidades do VBA.

3.5.1.1 - Interface de entrada de dados

A componente relativa à fase de entrada de dados tem o aspecto que se pode ver nas **Figura 3.15**, **Figura 3.16**, e **Figura 3.17**; onde é mostrada no estado após inicialização; durante a selecção de artigo; e depois de efectuada a selecção. Neste último caso percebe-se que as características do tecido seleccionado são automaticamente carregadas no interface, podendo uma delas ser alterada pelo utilizador. Esta interface incorpora também a componente de comando, com os respectivos botões: para dar início à simulação; para colocação de interfaces no estado inicial e para acesso a interface de manutenção.

The screenshot displays the 'Simulador UEF Acabamentos v.0.1' window. It is divided into several sections:

- Material:** A dropdown menu for selecting material, followed by input fields for 'Peso específico TL' (000 g/m.lin), 'Peso específico TC' (000 g/m.lin), 'Factor de contracção' (1,00), and '% de produto final defeituoso' (00 %).
- Quantidades:** Input fields for 'Quantidade encomendada' (1000 metros), 'Quantidade da ordem de produção' (1000 metros), and 'Quantidade componente (TL)' (1000 metros).
- Opções:** A checkbox for 'Considerar custo médio de Set-Up' and an input field for 'Alteração do custo específico devido a reprocessamento de tecido' (00 %).
- Buttons:** 'Manutenção', 'Simular', and 'Inicializar' (highlighted with a dashed border).

Figura 3.15 - Interface de entrada de dados após inicialização.

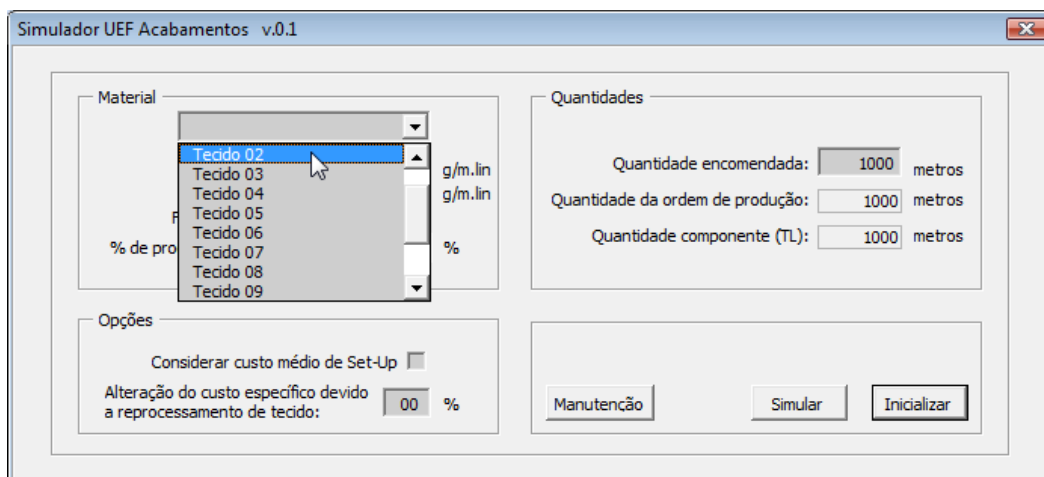


Figura 3.16 - Selecção de artigo. Nesta versão apenas são visíveis os códigos atribuídos aos artigos neste projecto; na versão final ficará visível a designação efectiva dos artigos.

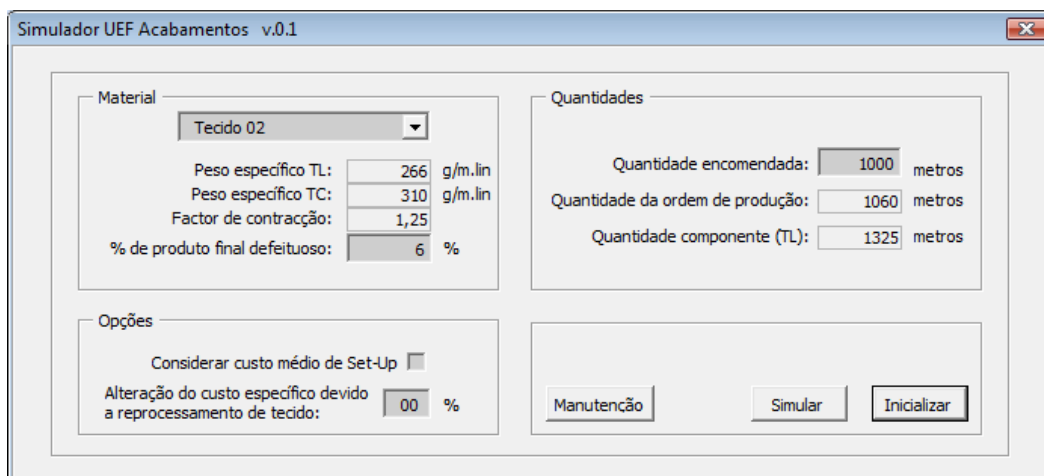


Figura 3.17 - Após a selecção do artigo; algumas características do tecido seleccionado são de imediato carregadas no interface.

3.5.1.2 - Interface de apresentação de resultados

A componente relativa à fase de apresentação de resultados tem o aspecto que se pode ver na **Figura 3.18**, após inicialização; e na **Figura 3.19**, após carregamento com os resultados da simulação. Esta interface está dividida em duas áreas: a área superior onde são apresentados os resultados globais; e a área inferior onde se proporciona algum detalhe discriminando consumos por centro de trabalho e por energia ou fluido.

Resultados

Custo específico inicial: UEF/m

Custo específico c/ reprocessamentos: UEF/m

Custo da ordem de produção: UEF

	EE	VP	GN	AL	EL	TOTAL:
	00,0%	00,0%	00,0%	00,0%	00,0%	
Custo específico inicial:	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

UEF

Figura 3.18 - Interface de apresentação de resultados após inicialização.

Resultados

Custo específico inicial: UEF/m

Custo específico c/ reprocessamentos: UEF/m

Custo da ordem de produção: UEF

	EE	VP	GN	AL	EL	TOTAL:
	19,3%	36,5%	41,6%	1,2%	1,4%	
Custo específico inicial:	0,0122	0,0231	0,0263	0,0008	0,0009	0,0633

UEF/m

ENROLADEIRA SUPER DUPLO 0001	0,00023					0,00023
PS CAIXAS 0002	0,00040		0,01086	0,00074	0,00083	0,01283
RÂMULA MONFORTS 2	0,00420		0,00921			0,01341
GASADEIRA 0001	0,00024	0,00056		0,00005	0,00006	0,00090
RÂMULA MONFORTS 0004	0,00336	0,01127				0,01463
RÂMULA MONFORTS 0004	0,00336	0,01127				0,01463
SANFOR 0001	0,00041		0,00624			0,00665

Figura 3.19 - Interface de apresentação de resultados após carregamento com os resultados da simulação.

3.5.1.3 - Interface global

Apesar divisão em duas componentes, que acabamos de ver, optou-se, na prática, por um único interface global que incorpora as duas componentes: entrada de dados e apresentação de resultados (Figura 3.20). Desta forma o utilizador tem uma percepção imediata dos resultados, mantendo a informação sobre os dados que lhes deram origem, proporcionando desta forma uma experiência de utilização mais amigável.

Simulador UEF Acabamentos v.0.1

Material

Tecido 01

Peso específico TL: 299 g/m.lin

Peso específico TC: 345 g/m.lin

Factor de contracção: 1,25

% de produto final defeituoso: 4 %

Quantidades

Quantidade encomendada: 1000 metros

Quantidade da ordem de produção: 1040 metros

Quantidade componente (TL): 1300 metros

Opções

Considerar custo médio de Set-Up ☐

Alteração do custo específico devido a reprocessamento de tecido: 00 %

Manutenção

Simular

Inicializar

Resultados

Custo específico inicial: 0,0633 UEF/m

Custo específico c/ reprocessamentos: 0,0633 UEF/m

Custo da ordem de produção: 94,91 UEF

	EE 19,3%	VP 36,5%	GN 41,6%	AL 1,2%	EL 1,4%	TOTAL:
Custo específico inicial:	0,0122	0,0231	0,0263	0,0008	0,0009	0,0633 UEF/m
ENROLADEIRA SUPER DUPLO 0001	0,00023					0,00023
PS CAIXAS 0002	0,00040		0,01086	0,00074	0,00083	0,01283
RÂMULA MONFORTS 2	0,00420		0,00921			0,01341
GASADEIRA 0001	0,00024	0,00056		0,00005	0,00006	0,00090
RÂMULA MONFORTS 0004	0,00336	0,01127				0,01463
RÂMULA MONFORTS 0004	0,00336	0,01127				0,01463
SANFOR 0001	0,00041		0,00624			0,00665

Figura 3.20 - Interface global que incorpora as duas componentes: entrada de dados e apresentação de resultados.

3.5.1.4 - Interface de manutenção

O enquadramento deste conceito “manutenção” é o das operações de manutenção realizáveis pelo utilizador comum, excluindo-se operações como carregamento de parâmetros de programas de centros de trabalho, destinadas a outro tipo de utilizador. De momento, a única funcionalidade desta interface é o ajuste dos factores de conversão para UEF, no entanto, foi criada com um âmbito mais geral, prevendo desde já a possibilidade de desenvolvimentos futuros.

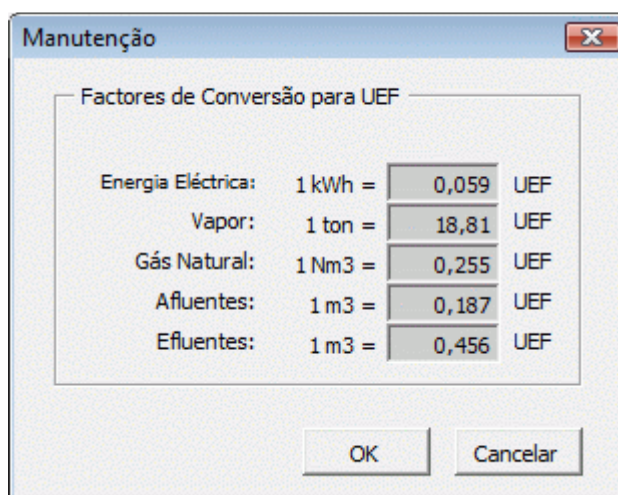


Figura 3.21 - Interface de manutenção - factores de conversão para UEF.

3.5.2 - Estrutura em Excel

A folha designada “Configuracoes” possui os dados de utilização global (por exemplo: o factor de conversão para UEF das unidade de energias e fluidos).

Para cada centro de trabalho existe uma folha Excel com uma área de passagem de parâmetros (entrada/saída); nessa página são efectuados cálculos de consumos de EF para cada programa passível de ser executado. A designação de cada folha corresponde à designação do centro de trabalho como consta na aplicação SAP da empresa (por exemplo: PESD0001 correspondente à “Enroladeira Super Duplo 0001”).

3.6 - Aquisição de consumos reais

Nesta secção faz-se uma abordagem à metodologia utilizada para aquisição de valores de consumos reais. Os centros de trabalho com consumo directo de gás natural, possuem instrumentos de medida já instalados, que permitem contabilizar de forma directa os respectivos consumos.

Relativamente aos centros de trabalho consumidores de vapor, em face dos elevados custos que é necessário suportar para se proceder à aquisição e instalação de caudalímetros de vapor, opta-se pela medida dos consumos energéticos através da recolha e quantificação do condensado produzido em aquecimentos. Tal procedimento, embora bastante mais económico obriga, ainda assim, a solicitar alterações nas tubagens de saída dos centros de trabalho consumidores de vapor, envolvidos no processamento dos tecidos em estudo - **Tabela 3.11.**

Centros de Trabalho a alterar	Estado da alteração
Airo Due Biancalani	Terminada
Máquina de Branquear	Terminada
Jet 7	Já existente
Mercerizadeira	Terminada
Pad-Steam 1	Não terminada
Pad-Steam 2	Terminada
Râmula Monforts 2	Não terminada
Roto-Tumbler	Não iniciada
Sanfor	Não iniciada

Tabela 3.11 - Centros de trabalho consumidores de vapor - estado das alterações necessárias para efeitos de medição de condensado.

A alteração típica consiste na inserção de uma válvula de corte entre o purgador e a válvula de retenção e de um troço alternativo para saída de condensado com segunda válvula de corte, de forma a impedir a sua passagem por esta via quando em funcionamento normal.

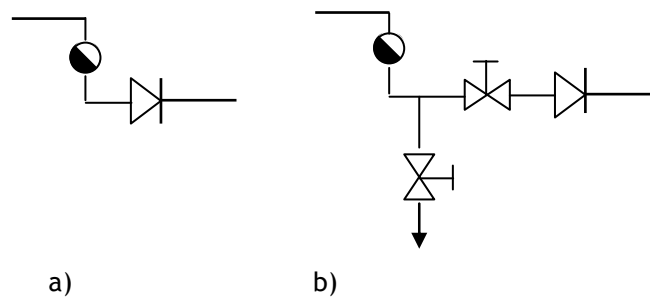


Figura 3.22 - Linha de condensado à saída da máquina: a) original; b) após alteração.



Figura 3.23 - Alterações na linha de saída de condensado da Râmula Monforts2, de forma a permitir contabilizar o condensado produzido.

Um procedimento habitualmente utilizado nestas situações consiste na medição da massa de condensado produzido na máquina, através da sua recolha num recipiente (bidão) durante o período de tempo em análise [6].

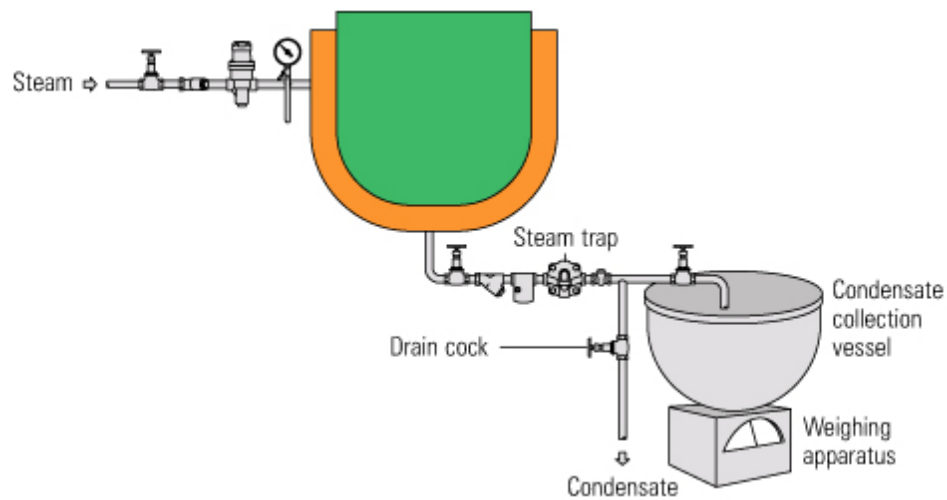


Figura 3.24 - Medida de vapor consumido numa máquina (Fonte: Spirax Sarco)

Devido à previsível elevada quantidade de condensado produzido, em intervalos de tempo relativamente curtos, neste tipo de centros de trabalho, a implementação deste método tornar-se-ia pouco prática. Assim, de modo a tornar o procedimento mais versátil, é idealizado e construído um sistema baseado na medida da quantidade de condensado através de um contador de água quente acoplado à saída de um depósito de recolha.

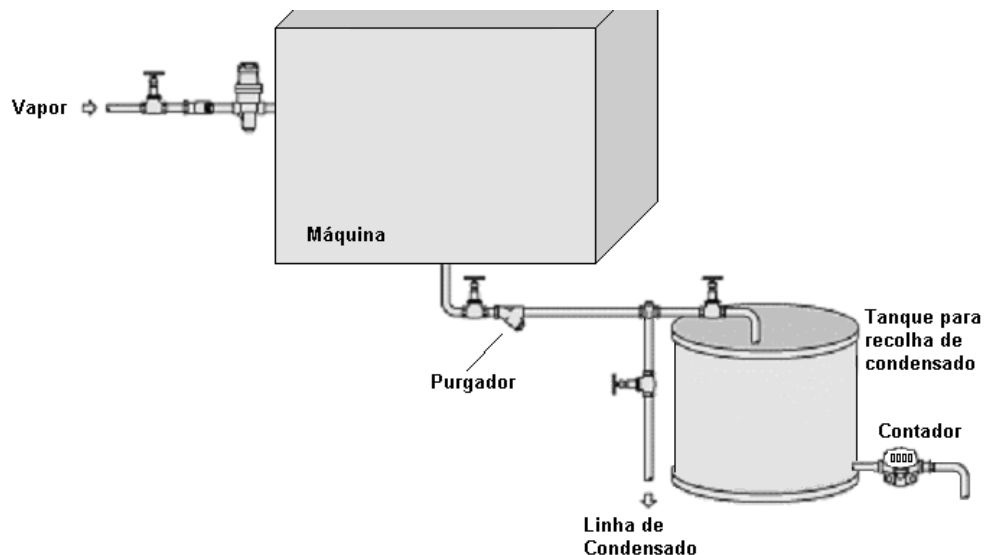


Figura 3.25 - Medida de vapor consumido numa máquina - ilustração do método utilizado e do dispositivo de medida criado.



Figura 3.26 - Instrumentação para medição de condensado, idealizada e construída para este projecto.



Figura 3.27 - Contador de água quente.



Figura 3.28 - Nível inferior do tubo de saída, superior ao nível superior do contador em algum ponto; de forma a impedir a entrada de ar no contador evitando erros na medição devido a este efeito.

Relativamente a medições de energia eléctrica, para além dos contadores existentes nos quadros eléctricos dos centros de trabalho, é utilizado um registador de energia eléctrica trifásico Fluke 1735 Power Logger, com capacidade de registo para vários dias (dependendo do intervalo entre registos definido na configuração), que é ligado no quadro parcial do centro de trabalho em estudo permitindo contabilizar os consumos, com a vantagem adicional de fornecer um registo em forma digital. Alguns registos são especialmente interessantes na medida em que permitem identificar determinadas situação inicialmente não previstas. É o caso da **Figura 3.7** já apresentada e da **Figura 3.29** correspondente a uma operação de manutenção com a máquina em *stand-by* (queimadores de gás desligados em modo manual) os picos de potência correspondem a momentos em que se avança o cadeado da râmola por cerca de meio metro. Mais curioso é o facto de a potência de stand-by subir ao longo do tempo de uma forma muito clara. Tal comportamento fica a dever-se ao sistema de controlo da máquina que, devido ao progressivo arrefecimento da mesma, vai aumentando a velocidade de ventilação/exaustão.

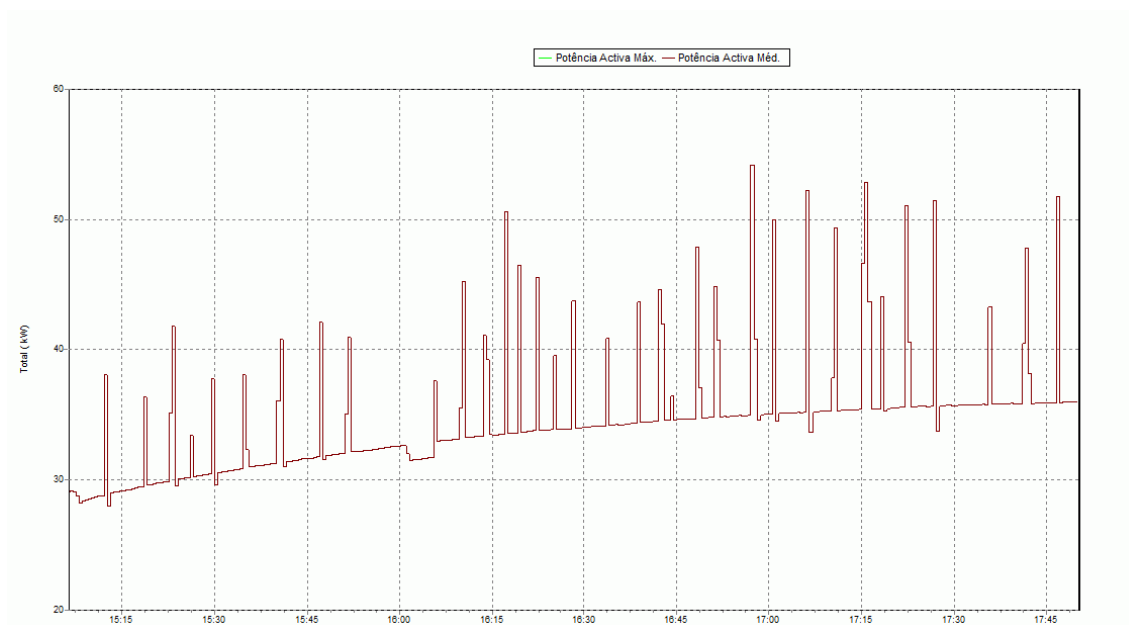


Figura 3.29 - Consumo de energia eléctrica na Râmula Monforts 4 durante operação de manutenção.

3.7 - Ressalvas e conclusões

A referência a “Afluentes” não inclui químicos específicos do processo (p.ex. corantes) - refere-se unicamente a água fria (AF) e água quente (AQ);

Os ganhos conseguidos com recuperações de calor nos efluentes estão incorporados no custo médio da água quente, que é inferior ao que seria se não existisse recuperação. No entanto, de momento, o custo do afluente é tratado contabilisticamente com um único preço médio, não diferenciado água fria de água quente.

O ar comprimido não é contabilizado para efeitos deste estudo - é considerado um custo de electricidade incluído em custos gerais.

Outsourcing de operações - a componente "*Outsourcing* de operações" não sofre nenhum tratamento especial neste trabalho. Fazer *outsourcing* de uma operação significa que essa operação não tem custo EF imputável ao sector Acabamentos. No entanto pode ter interesse para o departamento de planeamento ter conhecimento de quanto vai deixar de gastar em energia e fluidos ao fazer o *outsourcing* de uma operação; e de posse dessa informação avaliar do interesse do valor a pagar ao fornecedor da operação. A informação relativa ao custo EF, no caso de a operação ser realizada internamente, fica disponível no simulador.

Nos casos em que se parametriza o modelo com base em regressão linear de medições reais, o modelo fica automaticamente validado desde que seja realizado um conjunto mínimo de medições. Nos casos que se parametriza o modelo com base em estudos de balanço energético a validação é feita através de medições reais.

O número de medidas efectuado até ao momento não é suficiente para validar completamente este simulador.

Apresenta-se na **Tabela 3.12** o resumo dos custos específicos de energias e fluidos em UEF obtidos para os 13 tecidos em estudo, com base na parametrização dos modelos por custo específico. Note-se a relação de 300% entre o custo específico de EF mais baixo e o custo específico de EF mais elevado.

Tecido 01	0,064 UEF/m
Tecido 02	0,055 UEF/m
Tecido 03	0,055 UEF/m
Tecido 04	0,055 UEF/m
Tecido 05	0,057 UEF/m
Tecido 06	0,064 UEF/m
Tecido 07	0,091 UEF/m
Tecido 08	0,149 UEF/m
Tecido 09	0,155 UEF/m
Tecido 10	0,118 UEF/m
Tecido 11	0,103 UEF/m
Tecido 12	0,081 UEF/m
Tecido 13	0,160 UEF/m

Tabela 3.12 - Resultados obtidos para os custos específicos dos 13 tecidos em estudo através da parametrização dos modelos através de consumos específicos médios.

Capítulo 4

Conclusões

A crescente competitividade nos mercados têxteis nacionais e internacionais introduz, hoje em dia, uma necessidade de atenção redobrada às questões de eficiência energética e aos custos associados aos processos produtivos, onde o somatório de energia e fluidos (afluentes e efluentes) representa uma parcela considerável.

A **modelação, diferenciada por energias e fluidos, dos centros de trabalho** constituintes dos roteiros de artigos representativos é o suporte para o desenvolvimento de um simulador que constitui uma ferramenta importante para a análise de custos de energias e fluidos em função do artigo produzido. Este simulador disponibiliza **resultados diferenciados por energias e fluidos e repartidos por centro de trabalho**. Considera-se que a quantidade de medições efectuadas para parametrização dos modelos por regressão e para validação de estudos de balanço energético é ainda insuficiente para garantir a completa validação do simulador.

Analizando os resultados já obtidos, observa-se que no sector Acabamentos os consumos específicos de energia e fluidos variam de forma significativa em função do artigo produzido - a produção de determinados artigos dá origem a consumos cerca de três vezes superiores aos dos artigos menos consumidores. Face a esta diferença justifica-se a análise contabilística diferenciada destes custos e a prossecução de trabalho no sentido de melhorar e otimizar esta ferramenta e alargar a implementação aos restantes sectores produtivos da empresa.

Sendo este o primeiro trabalho nesta vertente de diferenciação de consumos de energias e fluidos, acaba por se constituir como uma conclusão, a grande quantidade de possibilidades de trabalho futuro que são agora perceptíveis.

Assim, para além das perspectivas mais imediatas:

- Validação completa do simulador procedendo-se a um conjunto alargado de medições
- Extensão do trabalho realizado aos restantes sectores produtivos

podemos ainda considerar:

- Eventual conversão da ferramenta simulador para um sistema baseado em programação Web, em conjunto com um sistema de gestão de base de dados, permitindo uma fácil utilização via intranet.
- Expansão deste tipo de análise a outras indústrias consumidoras intensivas de energia
- Melhoria no processo de monitorização de consumos reais

A recolha de informação sobre consumos de Energias e Fluidos pode ser substancialmente melhorada nos casos da Energia Eléctrica, Gás Natural e Água, em que existem contadores em muitos centros de trabalho. Existe já ligação de alguns dos contadores através de uma rede de comunicações Profibus. A expansão desta situação a um maior número de contadores permitirá um registo de consumos numa base temporal mais reduzida, sendo os dados direccionados a um módulo do simulador. Tais registos permitirão ainda o cruzamento desses dados com os registos de operações de produção já existentes em SAP (artigo, operação, centro de trabalho, programa, hora). Se devidamente sincronizados, permitirão ainda monitorizar consumos de Energias e Fluidos quase em tempo real.

Uma alternativa à ligação por rede será a aquisição ou desenvolvimento de um dispositivo electrónico registador simples, a ligar aos contadores, recebendo os impulsos produzidos por estes e associando-os ao momento da leitura. Os dispositivos serão recolhidos periodicamente para descarga da informação registada ou, em alternativa, a descarga será feita nos locais com a utilização de um computador portátil. Os resultados serão obtidos com algum atraso relativamente à ocorrência dos consumos mas a sua utilidade será igualmente elevada.

A monitorização por processos mais conservadores também pode ser optimizada, mediante a utilização de um computador de mão do tipo PDA, no terreno, permitindo o registo imediato de leituras em folha de cálculo.

- Medidas passíveis de melhorar a parametrização dos modelos

Fazer a regressão nos casos genéricos através de leituras de pares de valores {produção, consumo} diários e não mensais (informação não disponível actualmente); e obter informação sobre a quantidade de operações realizadas nesses períodos, de forma a distribuir o “valor b” (intercepção com eixo yy), correspondente a consumos durante a preparação de operações, pelo número de operações realizadas. Desta forma seria possível estimar com mais rigor os custos de preparação.
- Monitorização de consumos de ar comprimido

A monitorização dos consumos de ar comprimido, não considerada no âmbito deste trabalho, pode ser melhorada com a instalação de alguns caudalímetros,

com possibilidade de comunicação em rede, apropriados à instalação existente. A ligação, em simultâneo, dos contadores de electricidade já existentes, possibilitará a monitorização de consumos reais, repartidos, da electricidade necessária à sua produção.

- Monitorização de consumos em épocas do ano diferentes, de modo a relacionar os consumos energéticos com a temperatura ambiente.
- Diferenciar consumos de energias e fluidos por períodos horários de produção, associados a diferentes tarifários de energia eléctrica, permitindo escalonar a produção de forma a otimizar custos de EF.
- Parametrização automática de qualquer modelo do simulador a partir dos parâmetros de processo dos programas.
Depois de obter um conjunto de medidas suficientemente alargado é possível recorrer a métodos de inteligência artificial como “redes neuronais” de modo a que o simulador se torne genérico.

Glossário

Consumo específico	indicador que fornece o consumo (no âmbito deste trabalho, de energia ou fluido) por unidade de bem produzido (por exemplo: ton./metro)
Custo específico	indicador que fornece o custo por unidade de bem produzido (por exemplo: €/metro)
Enfiamento	percurso que a tela tem que percorrer no interior no centro de trabalho
Factor de contracção	relação entre o comprimento da tela (metros) à entrada no sector Acabamentos e o comprimento do tecido acabado (metros)
Hidrofilidade	capacidade de absorver e reter água
Metro linear	No meio têxtil, a produção de tela ou tecido é habitualmente contabilizada em “metros lineares”, ou seja, ignorando a largura, que é variável de artigo para artigo (por exemplo: 1,4 metros), e referindo-se unicamente ao seu comprimento
Programa	conjunto de valores predefinidos para os parâmetros de processo de um centro de trabalho
Roteiro	sequência de operações, com associação dos centros de trabalho que as poderão executar

Referências

- [1] Protermia, **“Plano de Racionalização de Energia e Auditoria Energética - Fábrica Têxtil Riopele, S.A.”**, Vila Nova de Famalicão, 2000
- [2] EPA Office of Compliance Sector Notebook Project, **“Profile of Textile Industry”**, Washington DC, September 1997. Disponível em:
http://preresi.ineti.pt/documentacao/guias/doc_tec/Texteis/textilsn.pdf
Acesso em 03/Fevereiro/2009.
- [3] Decreto-Lei n.º 186/95 de 27 de Julho, (estabelece as disposições relativas à actividade de produção e consumo combinados de energia eléctrica e de energia térmica, mediante o processo de cogeração, sem limite máximo de potência eléctrica instalada).
Disponível em http://www.erse.pt/NR/rdonlyres/4ECDCCBE-3799-4B0C-AB01-6B0BB0EA93CD/0/DecretoLein186_95.pdf
- [4] Auditene, lda, **“Auditoria Energética e Plano de Racionalização de Energia Período 2005-2009 - Fábrica Têxtil Riopele, S.A.”**, Vila Nova de Famalicão, 2005
- [5] **COGNITEX - Conhecimento Têxtil**, [Online]. Disponível em
<http://www.cognitex.com.pt/>. Acesso em 03/Fevereiro/2009
- [6] Spirax Sarco Limited, **“The Steam and Condensate Loop - An engineer’s best practice guide for saving energy”**, Spirax Sarco Limited, 2007
- [7] CITEVE - Centro Tecnológico das Indústrias Têxteis e do Vestuário, **“Guia de Gestão Ambiental para as Indústrias Têxtil e do Vestuário - Energia”**, Associação Portuguesa de Têxteis e Vestuário, Porto 2000

Bibliografia

André Fernando Ribeiro de Sá, “Guia de Aplicações de Gestão de Energia e Eficiência Energética”, Publindústria, 2008

Thomas F. Palmer, “Dictionary of Technical Textile Terms (Tri-Lingual)”, Hirschfeld Brothers, Ltd., 1920

Mário de Araújo, E. M. de Melo e Castro, “Manual de Engenharia Têxtil - volume II”, Fundação Calouste Gulbenkian, 1987

W. Turner, S. Doty, “Energy Management Handbook”, 6th ed., CRC Press, 2007

Prof. Dr. Hans-Karl Rouette , “Encyclopedia of Textile Finishing”, Woodhead Publishing, 2001, Versão online disponível em:

http://knovel.com/web/portal/browse/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=1225&VerticalID=0

Wikipedia: Tingimento. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Tingimento>. Acesso em 03/Fevereiro/2009

Kevin Carpenter and Kelly Kissok, “Energy Efficient Process Heating: Insulation and Thermal Mass”, University of Dayton, Department of Mechanical and Aerospace Engineering