



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Avelino Machado Ferreira

**Estudo da Dinâmica de Costura numa  
Máquina de Costura de Ponto Preso**

Junho de 2009



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Avelino Machado Ferreira

**Estudo da Dinâmica de Costura numa  
Máquina de Costura de Ponto Preso**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Têxtil

Trabalho efectuado sob a orientação do

**Professor Doutor Miguel Ângelo Fernandes Carvalho**

Julho de 2009

## Resumo

A indústria têxtil e do vestuário (ITV) é considerada uma indústria de mão-de-obra intensiva e cada vez mais associada a países pouco desenvolvidos, resultado da forte deslocalização da produção de norte para sul ao longo dos anos. Contudo, como em qualquer outro sector económico, a evolução da ITV ficou marcada por um forte investimento em tecnologias, de modo a conseguirem alcançar maiores níveis de produtividade e qualidade, que lhes permitam alcançar maiores níveis de competitividade, minorando o peso do factor mão-de-obra.

A ITV vive actualmente uma crescente variação de modelos, com grande variedade e combinação de materiais e acabamentos, tornando cada vez mais importante conseguir um rápido e eficaz ajuste das máquinas de costura para cada modelo que entra em produção.

A obtenção de uma costura com boa qualidade exige que se considerem alguns parâmetros importantes: tipo de agulha, tipo de linhas de costura, tensões de linha geradas nessas linhas como resultado dos valores de pré-tensão definidos para os tensores de linha, máquina de costura, material e o próprio operador.

O trabalho desenvolvido segue uma linha de investigação de um grupo de investigadores da Universidade do Minho, cujo principal objectivo é monitorizar e controlar a qualidade da costura, procura iniciar um processo de investigação da máquina de costura ponto-presos, nomeadamente do ponto tipo 301.

Pretende-se caracterizar para diferentes condições de costura o ponto ajustado em termos de tensões e consumos de linha, identificando formas que permitam quantificar a qualidade da costura.

Os resultados obtidos permitem prever um desenvolvimento futuro deste trabalho, que com um universo mais alargado de parâmetros a serem medidos e analisados, possibilitarão uma maior compreensão dos fenómenos em análise e o estabelecimento de correlações entre os diferentes factores, e a possível definição de condições de controlo, na procura de uma maior qualidade e eficiência do processo de formação da costura e dessa forma evoluir na automatização das máquinas de costura.

## **Abstract**

The textile and clothing industry (TCI) is considered an industry of intensive labor being each time more associated with underdeveloped countries, resulted of the strong relocation of production north to south throughout the years. However, as in any another economic sectors, the TCI evolution was marked for a strong investment in technologies, in order to reach greater levels of productivity and quality, that allow them to increase competitiveness, minimizing the weight of labor force in production costs.

The TCI currently lives an increasing style variation, with great variety and combination of materials and finishing's, becoming each time more important to obtain a quick and efficient machine set-up for each new style entering in production. The attainment of a good quality seam demands that some important parameters are considered: type of needle, type of sewing threads, thread tensions generated during stitch formation as a result of the pre-defined values of tension in the thread tensors, sewing machine, material and also the operator.

The work developed follows a line of research of a group of researchers from University of Minho, whose main objectives are to monitor and control the quality of the sewing process, looking specifically for a new type of sewing machines – the lockstitch sewing machine, namely for the main stitch type performed – the 301.

It intends to characterize the balanced stitch, in different sewing conditions, in terms of needle thread tension and consumption, identifying ways that allow a quantification of seam quality.

The obtained results allow to foresee future developments of this work, that with a wider range of measured parameters, will make possible a higher understanding of the analyzed phenomena, establishment of correlations between the different factors, and a possible definition of control conditions, in the search of a greater quality and efficiency of the sewing process and therefore evolve in the automation of the sewing machines.

## Índice

<b>1. INTRODUÇÃO E DESCRIÇÃO DO PROJECTO .....</b>	<b>1</b>
1.1.Introdução .....	1
1.2.Descrição do Projecto.....	3
<b>2. CONSIDERAÇÕES GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
2.1.Considerações Gerais .....	5
2.1.1. O Ponto preso.....	10
2.1.2. Breve Descrição de uma Máquina de Ponto preso.....	16
2.1.3. Descrição do Ciclo do Ponto ou Formação do Ponto Preso.....	22
2.1.4. Parâmetros de Costura a Considerar .....	35
2.1.5. Consumo Teórico de Linha em Costuras.....	36
2.2.Revisão da Literatura.....	41
<b>3. MEDIÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE COSTURA DA MÁQUINA DE COSTURA PONTO PRESO.....</b>	<b>50</b>
3.1. Metodologia de Análise .....	50
3.2. Calibração .....	53
3.2.1. Método Utilizado.....	53
3.3.Instrumentação e Software.....	56
<b>4. ESTUDO DO EFEITO DE ALGUNS FACTORES NAS TENSÕES GERADAS NAS LINHAS DE COSTURA E NO SEU CONSUMO.....</b>	<b>67</b>
4.1. Metodologia da Análise .....	67
4.2. Variações características da tensão da linha de agulha .....	68
4.2.1. Variação da tensão na linha da agulha .....	69
4.2.2. Variação do Consumo de Linha .....	75
4.2.3. Reprodutibilidade da Variação da tensão na linha da agulha em diferentes pontos de costura.....	78
4.3.Estudo do efeito da estrutura do material nos parâmetros de costura, durante a formação do ponto .....	80
4.3.1. Introdução.....	80
4.3.2. Condições de Costura .....	82

4.3.3. Análise da variação da tensão e do consumo na linha de agulha com a variação da pré-tensão na linha da agulha .....	83
4.3.4. Análise da variação da tensão e do consumo na linha de agulha com a variação das características dos tecidos.....	102
4.4. Estudo da relação entre picos de tensão e relação entre picos de tensão e consumo de linha .....	110
4.4.1. Estudo da relação entre picos de tensão.....	110
4.4.2. Relação entre picos de tensão – relação entre picos de tensão e consumo de linha...	113
4.5. Outros ensaios realizados.....	115
4.5.1. Condições de Costura .....	115
<b>5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS, CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS .....</b>	<b>119</b>
5.1. Discussão de resultados.....	119
5.2. Conclusão.....	121
5.3. Perspectivas Futuras.....	124
<b>6. BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>125</b>

## Índice de tabelas

TABELA 2.1.1 - CLASSIFICAÇÃO DAS COSTURAS.....	6
TABELA 2.1.2 - MÁQUINAS DE COSTURA INDUSTRIAIS - TIPOS E APLICAÇÕES.....	9
TABELA 2.1.3.1 – TABELA RESUMO DOS ACONTECIMENTOS MAIS IMPORTANTES.....	23
TABELA 2.1.5.1 – VALORES CARACTERÍSTICOS DAS LINHAS DE COSTURA .....	37
TABELA 2.1.5.2 – RELAÇÃO ENTRE Nº DA LINHA E A MASSA POR UNIDADE DE ÁREA DO TECIDO .....	38
TABELA 2.2.1 - PONTOS DE REFERÊNCIA .....	43
TABELA 3.1.1 – CARACTERIZAÇÃO DOS TECIDOS. ....	51
TABELA 3.4.1.1. – RELAÇÃO ENTRE PESO E A SAÍDA DIGITAL .....	55
TABELA 4.2.1.1 – RELAÇÃO ENTRE OS VÁRIOS PICOS DE TENSÃO E OS VÁRIOS ACONTECIMENTOS .....	69
TABELA 4.3.2.1. CONDIÇÕES DE COSTURA .....	82
TABELA 4.3.3.1 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NAS VÁRIAS ZONAS E RESPECTIVO CONSUMO .....	85
TABELA 4.3.3.2 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NAS VÁRIAS ZONAS E RESPECTIVO CONSUMO .....	87
TABELA 4.3.3.3 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NAS VÁRIAS ZONAS E RESPECTIVO CONSUMO .....	88
TABELA 4.3.3.4 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NAS VÁRIAS ZONAS E RESPECTIVO CONSUMO .....	90
TABELA 4.3.3.5 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NAS VÁRIAS ZONAS E RESPECTIVO CONSUMO .....	91
TABELA 4.3.3.6 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NAS VÁRIAS ZONAS E RESPECTIVO CONSUMO .....	92
TABELA 4.3.3.7 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NAS VÁRIAS ZONAS E RESPECTIVO CONSUMO .....	94
TABELA 4.3.3.8 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NAS VÁRIAS ZONAS E RESPECTIVO CONSUMO .....	95
TABELA 4.3.3.9 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NAS VÁRIAS ZONAS E RESPECTIVO CONSUMO .....	96
TABELA 4.3.3.10 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NAS VÁRIAS ZONAS E RESPECTIVO CONSUMO.....	98
TABELA 4.3.3.11 – VALORES MÁXIMOS DE TENSÃO NAS VÁRIAS ZONAS E DIFERENÇAS PERCENTUAIS EM RELAÇÃO AO PONTO AJUSTADO .....	99
TABELA 4.3.3.12 – VALORES MÉDIOS DE CONSUMO E DIFERENÇAS PERCENTUAIS EM RELAÇÃO AO PONTO AJUSTADO .....	100
TABELA 4.4.1.1 – VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NA LINHA DA AGULHA PARA AS ZONAS 2 E ZONA 3 E A RESPECTIVA RELAÇÃO (T2/T3) .....	112
TABELA 4.4.2.1 – RELAÇÃO ENTRE OS VALORES MÉDIOS DE TENSÃO MÁXIMA NA LINHA DA AGULHA E O CONSUMO DE LINHA DE COSTURA POR PONTO .....	113
TABELA 4.5.1.1. CONDIÇÕES DE COSTURA .....	115

TABELA 4.5.1.1. VALORES MÁXIMOS DE TENSÃO NA LINHA DA AGULHA NA ZONA 3 EM DIFERENTES CONDIÇÕES DE COSTURA ..... 117

## Índice de figuras

FIGURA 2.1.1.1 – ALGUMAS APLICAÇÕES DO PONTO PRESO .....	11
FIGURA 2.1.1.2 – PRINCIPAIS PONTOS DA CLASSE 300 .....	12
FIGURA 2.1.1.3 – PONTO FALSO .....	13
FIGURA 2.1.1.4 – PONTO MAL FORMADO .....	13
FIGURA 2.1.1.5 – PONTO MAL FORMADO .....	13
FIGURA 2.1.1.6 – ENRUGAMENTO EXCESSIVO DAS COSTURAS.....	14
FIGURA 2.1.1.7 – PONTOS SOLTOS .....	14
FIGURA 2.1.1.8 – PONTOS REBENTADOS.....	15
FIGURA 2.1.1.9 – DESLIZAMENTO DAS COSTURAS .....	15
FIGURA 2.1.2.1 – PRINCIPAIS COMPONENTES DE UMA MÁQUINA DE PONTO PRESO. ....	17
FIGURA 2.1.2.2 – PRINCIPAIS COMPONENTES DE UMA MÁQUINA DE PONTO PRESO (LAÇADEIRA).....	17
FIGURA 2.1.2.3 – PONTO TIPO 301 .....	18
FIGURA 2.1.2.4 – ESQUEMA DA AGULHA. ....	19
FIGURA 2.1.2.5 – SISTEMA DE ARRASTE .....	20
FIGURA 2.1.3.1 – SINAL DETECTADO PELO OSCILOSCÓPIO .....	23
FIGURA 2.1.3.2 – ESCALA GRADUADA NO VOLANTE. ....	24
FIGURA 2.1.3.3 – POSIÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES AOS 0º .....	25
FIGURA 2.1.3.4 – POSIÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES AOS 36º.....	26
FIGURA 2.1.3.5 – POSIÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES AOS 72º.....	27
FIGURA 2.1.3.6 – POSIÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES AOS 108º.....	28
FIGURA 2.1.3.7 – POSIÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES AOS 144º.....	29
FIGURA 2.1.3.8 – POSIÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES AOS 180º.....	30
FIGURA 2.1.3.9 – POSIÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES AOS 216º.....	31
FIGURA 2.1.3.10 – POSIÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES AOS 252º .....	32
FIGURA 2.1.3.11 – POSIÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES AOS 288º .....	33
FIGURA 2.1.3.12 – POSIÇÃO DOS VÁRIOS COMPONENTES AOS 324º .....	34
FIGURA 2.1.5.1 - MODELO SIMPLIFICADO DO PONTO DE COSTURA TIPO 301 .....	40
FIGURA 2.2.1- EXEMPLO DE UMA COSTURA EQUILIBRADA .....	41
FIGURA 2.2.2 - VARIAÇÃO DA TENSÃO NA LINHA DA AGULHA NUMA MÁQUINA DE PONTO PRESO .....	42

FIGURA 2.2.3 - VARIAÇÃO DA TENSÃO NA LINHA DA AGULHA NUMA MÁQUINA DE PONTO PRESO .....	44
FIGURA 2.2.4 - TRANSDUTOR PARA LEITURA DA TENSÃO NA LINHA DA AGULHA. ....	48
FIGURA 2.2.5 - OSCILOSCÓPIO PARA VISUALIZAÇÃO DA TENSÃO DA LINHA DA AGULHA EM CADA PONTO DE COSTURA. ....	48
FIGURA 2.2.6 - VARIAÇÃO DA TENSÃO PADRÃO NA LINHA DA AGULHA PARA A MÁQUINA DE PONTO PRESO ...	49
<i>PF463-6/1-9003 BS</i> . ....	49
FIGURA 3.4.1.1. - PAINEL DE CALIBRAÇÃO DO SENSOR.....	53
FIGURA 3.4.1.2. - MÉTODO UTILIZADO PARA CALIBRAÇÃO DO SENSOR.....	54
FIGURA 3.4.1.3. - MÉTODO UTILIZADO PARA CALIBRAÇÃO DO SENSOR.....	55
FIGURA 3.3.1 - LABORATÓRIO DE ENSAIOS. ....	56
FIGURA 3.3.2 - POSICIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS NA MÁQUINA DE PONTO-PRESO. ....	57
FIGURA 3.3.3 - POSICIONAMENTO DO SENSOR E RESPECTIVO GUIA-LINHA.....	57
FIGURA 3.3.4 – <i>ENCODER</i> PARA MEDIÇÃO DO CONSUMO DE LINHA DA AGULHA.....	58
FIGURA 3.3.5 - <i>LVDT</i> PARA MEDIÇÃO DO DESLOCAMENTO DO CALCADOR.....	59
FIGURA 3.3.6 - PAINEL DE AQUISIÇÃO PARA CADA ENSAIO.....	59
FIGURA 3.3.7 - PAINEL DE CALIBRAÇÃO DO <i>LVDT</i> . ....	60
FIGURA 3.3.8 - PAINEL DE CALIBRAÇÃO DO SENSOR. ....	61
FIGURA 3.3.9 - PAINEL DE CALIBRAÇÃO DOS CONTADORES DE CONSUMO DE LINHA. ....	61
FIGURA 3.3.10 - PAINEL DE CONFIGURAÇÃO. ....	63
FIGURA 3.3.11 - PARÂMETROS E AFINAÇÕES. ....	64
FIGURA 3.3.12 - PROPRIEDADES DOS SINAIS. ....	65
FIGURA 3.3.13 - CONDIÇÕES DE AQUISIÇÃO E EVOLUÇÃO DA VELOCIDADE DURANTE A AQUISIÇÃO EM CADA ENSAIO. ....	65
FIGURA 3.3.14 - PAINEL DE CONFIGURAÇÃO DE TESTE DE FORMAÇÃO DE PONTO.....	66
FIGURA 4.2.1.1. - EVOLUÇÃO DA TENSÃO NA LINHA DA AGULHA DURANTE UM CICLO DA MÁQUINA.....	69
FIGURA 4.2.1.2. - POSIÇÃO DOS VÁRIOS ELEMENTOS AOS 40° DO CICLO DA MÁQUINA. ....	70
FIGURA 4.2.1.3. - POSIÇÃO DOS VÁRIOS ELEMENTOS AOS 150° DO CICLO DA MÁQUINA.....	71
FIGURA 4.2.1.4. - POSIÇÃO DOS VÁRIOS ELEMENTOS AOS 260° DO CICLO DA MÁQUINA.....	72
FIGURA 4.2.1.5. - POSIÇÃO DOS VÁRIOS ELEMENTOS AOS 305° DO CICLO DA MÁQUINA.....	73
FIGURA 4.2.1.6. - POSIÇÃO DOS VÁRIOS ELEMENTOS AOS 335° DO CICLO DA MÁQUINA.....	74

FIGURA 4.2.2.1 - VARIAÇÃO DO CONSUMO ABSOLUTO DE LINHA DA AGULHA PARA O TECIDO 1 (213G/M <sup>2</sup> ; 98 LÃ/2 ELASTANO; SARJA 2/1). .....	75
FIGURA 4.2.2.2 - VARIAÇÃO DO CONSUMO MÉDIO POR PONTO DE COSTURA PARA O TECIDO 1 (213G/M <sup>2</sup> ; 98 LÃ/2 ELASTANO; SARJA 2/1). .....	76
FIGURA 4.2.2.3 – DIFERENTES COSTURAS COM DIFERENTES TENSÕES - A- AJUSTADO (FRENTE); B- TENÇÃO ELEVADA (FRENTE); C- TENSÃO BAIXA (VERSO).....	76
FIGURA. 4.2.3.1 – VARIAÇÃO DA TENSÃO NA LINHA DA AGULHA EM QUATRO TECIDOS DIFERENTES (A - (213G/M <sup>2</sup> ; 98 LÃ/2 ELASTANO; SARJA 2/1); B - (167G/M <sup>2</sup> ; 100 LÃ; SARJA 2/1); C - (200G/M <sup>2</sup> ; 44 LÃ/54 POLIÉSTER/2 ELASTANO; TAFETÁ); D - (250G/M <sup>2</sup> ; 44 LÃ/54 POLIÉSTER/2 ELASTANO; SARJA 2/1);).....	78
FIGURA 4.2.3.2 - IDENTIFICAÇÃO DE UMA ANOMALIA (REBENTAMENTO DA LINHA) DURANTE A COSTURA ....	79
FIGURA 4.3.3.1. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO NA LINHA DE AGULHA DURANTE UM CICLO COMPLETO DA MÁQUINA DE COSTURA. ....	83
FIGURA 4.3.3.2. – DETERMINAÇÃO DAS ZONAS EXISTENTES DURANTE UM CICLO COMPLETO DA MÁQUINA DE COSTURA .....	84
FIGURA 4.3.3.3. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO E RESPECTIVO CONSUMO PARA O TECIDO 1(213G/M <sup>2</sup> ; 98 LÃ/2ELASTANO; SARJA 2/1) .....	85
FIGURA 4.3.3.4. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO E RESPECTIVO CONSUMO PARA O TECIDO 2 (227G/M <sup>2</sup> ; 98 LÃ/2ELASTANO; SARJA 2/1) .....	86
FIGURA 4.3.3.5. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO E RESPECTIVO CONSUMO PARA O TECIDO 3 (167G/M <sup>2</sup> ; 100 LÃ; SARJA 2/1) .....	88
FIGURA 4.3.3.6. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO E RESPECTIVO CONSUMO PARA O TECIDO 4 (187G/M <sup>2</sup> ; 100 LÃ; SARJA 2/1).....	89
FIGURA 4.3.3.7. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO E RESPECTIVO CONSUMO PARA O TECIDO 5 (213G/M <sup>2</sup> ; 100 LÃ; SARJA 2/2).....	90
FIGURA 4.3.3.8. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO E RESPECTIVO CONSUMO PARA O TECIDO 6 (227G/M <sup>2</sup> ; 100 LÃ; SARJA 2/2).....	92
FIGURA 4.3.3.9. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO E RESPECTIVO CONSUMO PARA O TECIDO 7 (200G/M <sup>2</sup> ; 44 LÃ/54POLIESTER/2ELASTANO; TAFETÁ).....	93
FIGURA 4.3.3.10. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO E RESPECTIVO CONSUMO PARA O TECIDO 8 (200G/M <sup>2</sup> ; 44 LÃ/54POLIESTER/2ELASTANO; TAFETÁ).....	94

FIGURA 4.3.3.11. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO E RESPECTIVO CONSUMO PARA O TECIDO 9 (250G/M <sup>2</sup> ; 44 LÃ/54POLIÉSTER/2ELASTANO; SARJA 2/1).....	96
FIGURA 4.3.3.12. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO E RESPECTIVO CONSUMO PARA O TECIDO 10 (250G/M <sup>2</sup> ; 44 LÃ/54POLIESTER/2ELASTANO; SARJA 2/1) .....	97
FIGURA. 4.3.4.1. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO PARA OS TECIDOS 1 E 2 .....	103
FIGURA 4.3.4.2. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO PARA OS TECIDOS 3 E 4.....	104
FIGURA 4.3.4.3. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO PARA OS TECIDOS 9 E 10 .....	105
FIGURA 4.3.4.4. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO PARA OS TECIDOS 5 E 6.....	107
FIGURA 4.3.4.5. – VARIAÇÃO MÉDIA DA TENSÃO PARA OS TECIDOS 7 E 8.....	108
FIGURA. 4.4.1.1 – RELAÇÃO ENTRE OS VALORES MÁXIMOS DOS VÁRIOS PICOS EXISTENTES NOS VÁRIOS TECIDOS .....	110
FIGURA. 4.4.1.2 – RELAÇÃO ENTRE OS VALORES MÁXIMOS (MÉDIOS) ENTRE A ZONA 2 E A ZONA 3 DOS VÁRIOS TECIDOS COM AS TENSÕES AJUSTADA, COM TENSÃO ELEVADA E COM TENSÃO BAIXA.....	111
FIGURA 4.5.1.1 – TECIDO 5 (213G/M <sup>2</sup> ; 100 LÃ; SARJA 2/2) COM VELOCIDADE DE 3000 RPM, AGULHAS 80 E 100 E LINHA 120 POLIÉSTER .....	116
FIGURA 5.1 - POSICIONAMENTO DOS DISPOSITIVOS NA MÁQUINA DE PONTO-PRESO .....	120

## 1. INTRODUÇÃO E DESCRIÇÃO DO PROJECTO

### 1.1. Introdução

A indústria têxtil em geral, e particularmente a indústria do vestuário, vive momentos de grande dificuldade, com várias empresas em situações difíceis de sobrevivência, resultado da constante deslocalização da produção para países de mão-de-obra mais barata e da situação de crise financeira mundial em todos os sectores.

As causas são múltiplas, a começar por uma adaptação necessária, mas ainda não conseguida, aos condicionalismos impostos por um mercado altamente concorrencial, evolutivo, e cada vez mais exigente em termos de qualidade, prazos de entrega, criatividade e preços.

No entanto, o principal problema da nossa indústria de vestuário é a crescente concorrência das empresas de países com custos inferiores de mão-de-obra, essencialmente países asiáticos, países de leste e norte de África. Consequentemente, os nossos mercados são invadidos por produtos cujos preços desafiam toda a concorrência, colocando em risco a própria sobrevivência da nossa indústria.

Assim, é necessário desenvolver estratégias que permitam estancar, ou pelo menos controlar, esta invasão destruidora de empresas e empregos, criando um ambiente favorável à sobrevivência e ao desenvolvimento da nossa indústria de vestuário.

Tendo em consideração a heterogeneidade das situações, as respostas são múltiplas e passam por:

- Automatização dos processos operatórios, sempre que possível;
- Implantação de sistemas de organização do ciclo produtivo, capazes de dar respostas rápidas às exigências do mercado no que diz respeito a prazos de entrega e flexibilidade de produção;
- Redução dos custos da não-qualidade;
- Boa relação qualidade/preço;

- Aposta na inovação e na criatividade;
- Desenvolvimento de uma política de marcas responsável;
- Desenvolvimento de competências a todos os níveis, o que implica um esforço de investimento em formação inicial e contínua, válida e motivadora, ajustada às necessidades das pessoas e das empresas. Tornando o sector atractivo para os jovens, cujo recrutamento é vital para a indústria.

O estudo desenvolvido neste trabalho vem contribuir para a melhoria da qualidade e produtividade da nossa indústria do vestuário, no sentido do conhecimento da dinâmica da costura da máquina de costura ponto preso.

## 1.2. Descrição do Projecto

Seguindo uma linha de investigação de um grupo de investigadores da Universidade do Minho, este trabalho de mestrado, procura iniciar um processo de investigação num outro tipo de máquina de costura – máquina de ponto-preso. De facto, este tipo de máquina é o mais utilizado em operações de costura e essencial em operações onde é extremamente importante controlar a qualidade da costura. [1,2]

Como consequência da evolução do mercado e da evolução da indústria do vestuário na Europa, as exigências ao nível da qualidade e da flexibilidade dos processos produtivos são cada vez maiores. A constante redução da quantidade de peças por encomenda e o elevado número de modelos a serem produzidos num curto período de tempo, exigem uma maior necessidade de ajuste das condições de costura para cada tipo de material.

Neste contexto, para que seja possível garantir a qualidade e responder com flexibilidade, é necessário continuar a aprofundar os conhecimentos no domínio da costura e procurar melhorar o desempenho dos equipamentos. Tal poderá ser alcançado de diversas formas, nomeadamente através de mais rápidas e objectivas afinações de máquinas, ou através do desenvolvimento de mecanismos de auto-controlo, que permitirão a detecção das condições de costura e dos desvios em relação às condições ideais e a respectiva correcção.

## OBJECTIVOS

Com este trabalho pretende-se fundamentalmente evoluir nos conhecimentos entretanto adquiridos na máquina de costura corta-e-cose.

Para isso, foi definido um conjunto de experiências, de forma a verificar e estabelecer as relações existentes entre diferentes parâmetros de controlo da máquina de costura, diferentes propriedades dos materiais e diferentes condições de afinação da máquina.

Pretende-se adquirir, registar e analisar a forma de variação da tensão de linha da agulha durante a formação do ponto de costura tipo 301, assim como o respectivo consumo de linha de costura. O conhecimento da dinâmica da costura permitirá alcançar um maior conhecimento sobre a *costurabilidade* neste tipo de máquina de costura.

Assim, os objectivos a atingir com este trabalho são:

- Caracterizar o processo de formação do ponto de costura tipo 301, durante um ciclo de costura;
- Caracterizar o ponto ajustado em termos de variação da tensão na linha de costura da agulha e do consumo de linha de costura;
- Relacionar os valores da tensão na linha de costura da agulha com os valores de força estáticos aplicados no tensor de linha;
- Analisar o efeito nos valores de tensão na linha de costura da agulha, com a variação do tipo de agulha, da velocidade de costura e do tipo de material;

## 2. CONSIDERAÇÕES GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. Considerações Gerais

A primeira patente existente sobre uma máquina de costura deve-se a *Thomas Saint* que, no ano de 1790, em Londres, concebeu uma máquina para costurar cabedal. Contudo, a análise aos desenhos dessa máquina, revelou tratar-se apenas de uma máquina experimental. Durante os anos que se seguiram, verificaram-se vários desenvolvimentos, salientando-se os obtidos por *Elias Howe*, que patenteou a máquina de ponto preso nos EUA em 1846 e principalmente, os obtidos por *Isaac Singer*, cujo nome se tornou quase sinónimo de máquina de costura. A partir daí, os principais avanços na tecnologia das máquinas de costura resultaram da aplicação da electricidade como força motriz e do desenvolvimento de alguns pontos novos e acessórios para melhorar a qualidade e aumentar a produtividade [3].

A velocidade da costura variava, em função da velocidade que o operador dava, ao fazer girar o volante da máquina (primeiras máquinas de costura). Actualmente, o operador poderá obter velocidades superiores a 9000 pontos por minuto, bastando para isso carregar no “pedal” onde irá aumentar ou diminuir a velocidade em função do desejado.

A função da máquina de costura é a produção de uma cadeia de laçadas de linha interligadas numa pequena secção do tecido [3]. Por definição, a costura é a aplicação de uma sequência de pontos de costura ou tipos de pontos de costura a uma ou várias espessuras de material [4], com o objectivo de ligar, ornamentar ou reforçar. A unidade de formação é o ponto de costura, que se obtém pela passagem, em intervalos de espaço definidos e uniformes, da agulha pelo tecido e conseqüente passagem de um (vários) fio(s) por laço(s).

As costuras estão divididas em oito classes segundo os tipos e o número mínimo de componentes da costura [4]. A Tabela 2.1.1. ilustra a classificação das costuras por classes.

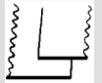
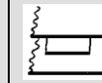
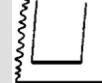
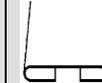
Componentes	Classe							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	2 ou mais	1 ou mais	1 ou mais	1 ou mais + 1	0	1	1	-
	-	-	-	ou mais no plano horizontal	ou mais	-	-	-
	-	-	-	-	1 ou mais	-	-	-
	0 ou mais	0 ou mais	1 ou mais	0 ou mais	0 ou mais	-	1 ou mais	1 ou mais
Número mínimo de componentes	2 ou mais	2 ou mais	2 ou mais	2 ou mais	1 ou mais	1	2 ou mais	1 ou mais
Configuração base do material								

Tabela 2.1.1 - Classificação das costuras [4].

As costuras são identificadas através de uma designação numérica constituída por cinco algarismos. O primeiro algarismo indica a classe da costura (classes de 1 a 8), o segundo e terceiro algarismos indicam as diferenças de configuração do material (números que vão de 01 a 99), o quarto e quinto algarismos indicam as diferenças nas colocações dos locais de penetração ou de passagem da agulha e/ou a representação simétrica da configuração do material (números que vão de 01 a 99).

Importa também fazer referência aos pontos de costura. Conforme já foi referido, o ponto de costura é uma unidade de estrutura resultante de uma ou várias porções de fio (linha de costura) ou laçadas de fio (linha de costura) entrelaçando-se, ou enlaçando-se ou passando no ou através do material [5]. Os pontos de costura podem ser formados sem material, no interior do material, através do material ou sobre o material. Assim, os pontos de costura são utilizados não só para fazer a junção pelas costuras, mas também para ornamentar, terminar um bordo de tecido ou coser botões [3].

Os diversos tipos de ponto diferenciam-se pelas seguintes características:

- |                        |  |
|------------------------|--|
| 1. Entrelaçar simples: | Passagem do laço de uma linha, entre outro laço formado pela mesma linha.                          |
| 2. Entrelaçar duplo:   | Passagem do laço de uma linha, entre o laço formado por outra linha.                               |
| 3. Ponto de segurança: | Ponto formado por uma linha que não entra no laço, mas que circunda outras linhas para as segurar. |

Os tipos de pontos de costura estão divididos em seis classes, cujas principais características são [5]:

- **Classe 100** - Pontos de costura de cadeia simples  
Nesta classe, os tipos de pontos de costura são formados com um ou vários fios (linhas de costura) de agulha e são caracterizados pelo entrelaçamento do fio (linha de costura) com ele próprio. Uma ou várias laçadas de fio (linha de costura) passam através do material e são fixadas por entrelaçamento com uma ou várias laçadas seguintes (do mesmo fio) depois de elas próprias terem atravessado o material.
- **Classe 200** - Originalmente pontos de costura manuais  
Nesta classe, os tipos de pontos de costura, originalmente feitos à mão, caracterizam-se por um fio (linha) simples, que passam através do material como se tratasse de um único fio (linha) e em que o ponto é fixado por este único fio (linha de costura) que penetra e sai do material.

- **Classe 300** - Pontos de costura presos

Nesta classe, os tipos de pontos de costura são formados com dois ou vários grupos de fios (linhas de costura) que têm como característica geral o enlaçamento de dois grupos ou mais.

As laçadas de um grupo passam através do material e são fixadas pelo ou pelos fios (linhas de costura) de um segundo grupo.

- **Classe 400** - Pontos de costura de cadeia múltiplos

Nesta classe, os tipos de pontos de costura são formados com dois ou mais grupos de fios (linhas de costura) e têm como característica geral o enlaçamento ou o entrelaçamento de dois ou mais grupos. As laçadas de um grupo de fios (linhas de costura) passam através do material e são fixadas pelo enlaçamento e entrelaçamento com as laçadas de um outro grupo.

- **Classe 500** - Pontos de costura de orlar (ponto cerzido)

Nesta classe, os tipos de pontos de costura são formados com dois ou mais grupos de fios (linhas de costura) e têm como característica geral a passagem das laçadas de pelo menos um grupo de fios (linhas de costura) em volta da orla do material. As laçadas de um grupo de fios (linhas de costura) passam através do material e são fixadas por entrelaçamento com outras laçadas do mesmo fio (linha de costura), antes de as laçadas seguintes atravessarem o material, ou são fixadas por entrelaçamento com as laçadas de um ou mais grupos de fios (linhas de costura) já entrelaçadas, antes que as laçadas seguintes do primeiro grupo passem de novo através do material.

- **Classe 600** - Pontos de costura de recobrimento (costura plana)

Nesta classe, os tipos de pontos de costura são formados com dois ou mais grupos de fios (linhas de costura) e têm como característica geral o recobrimento dos bordos das duas superfícies de um material por dois dos grupos de fios (linhas de costura). As laçadas do primeiro grupo de fios (linhas de costura) passam através das laçadas do terceiro grupo já dispostas sobre uma face do material, depois atravessam o material

onde são entrelaçadas com as laçadas do segundo grupo de fios (linhas de costura) sobre a outra face do material. A única exceção é constituída pelo ponto de costura tipo 601, onde apenas se utilizam dois grupos de fios (linhas) e onde a função do terceiro grupo é substituída por um dos fios (linhas de costura) do primeiro.

Para se executar este grande conjunto de diferentes pontos, foram desenvolvidas diferentes máquinas de costura, algumas das quais o Quadro I apresenta esquematicamente.

Máquinas Costura Industriais	Costura Plana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costura Plana Normal - máquinas 1 e 2 agulhas</li> <li>• Costuras zig-zag - máquinas zig-zag, máquinas bordar</li> <li>• Costuras Planas Especiais - Casear, remate, pregar botões</li> </ul>	
	Cadeia Simples	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ponto Cadeia Simples Normal - Costuras normais, pontos decorativos</li> <li>• Costuras Planas - Ponto cego</li> <li>• Ponto Cadeia Simples Especial - Pregar botões</li> </ul>	
	Costura Cadeia	Cadeia Dupla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ponto Cadeia Dupla Normal - 1 a várias agulhas</li> <li>• Ponto zig-zag - Máquinas zig-zag</li> <li>• Ponto Cadeia Dupla Especial - Máquina costura casear</li> </ul>
		Costura Orlada Costura Plana Costura Mista	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os tipos de máquinas de corta-e-cose</li> <li>• Máquinas de 2-agulhas, 3-agulhas, 4-agulhas</li> <li>• Máquinas ponto segurança</li> </ul>
	Fusão	O material a processar é derretido e fundido em vez de ser costurado. Outro método é através do uso de fita fusível.	

Tabela 2.1.2 - Máquinas de costura industriais - Tipos e aplicações [6].

### 2.1.1. O Ponto preso

Este tipo de ponto é produzido nas máquinas de costura designadas por máquinas de ponto-preso.

O ponto preso pertence à classe 300 e são formados por dois ou vários grupos de linhas e têm como característica geral o entrelaçamento de dois ou mais grupos. As laçadas de um grupo passam através do material e são fixadas pela linha ou linhas de um segundo grupo. Este tipo de ponto tem como principais características a alta resistência (a esforços e durabilidade), bom fecho de camadas de tecido, costura pouco volumosa, o aspecto da costura é igual nas duas faces, podendo a cor ser adaptada às duas faces, sendo esta uma grande vantagem para todo o tipo de pespontos. As mudanças frequentes de canela obrigam à contagem de costuras ou detecção do fim de linha em certas operações em que não pode haver emendas (por exemplo: colarinhos) e maior esforço do fio que nos pontos de cadeia (40 a 50 passagens da mesma secção na agulha [3]).

As máquinas de ponto-preso são especialmente utilizadas para tecidos. A sua utilização é bastante variada, podendo esta ser utilizada tanto a nível de roupa interior como em camisaria, fatos de homem e senhora, bem como noutras aplicações.

Esta máquina possui 2 linhas (se se utilizar o ponto 301), uma da agulha e outra da bobina, sendo que a linha da bobina está limitada a um determinado comprimento, havendo a necessidade de fazer o seu enchimento com alguma regularidade.

É necessário ter em atenção alguns defeitos que poderão surgir aquando da utilização da máquina de ponto-preso, podemos salientar, densidade de pontos inadequada, corte do tecido pela agulha, costura frouxa. Costura apertada, costura franzida, costura irregular, costura não-casada, costura torcida, costura rebentada, entre outros.

As imagens seguintes ilustram algumas das aplicações utilizando a máquina de ponto preso.



Figura 2.1.1.1 – Algumas aplicações do ponto preso

O trabalho proposto foi desenvolvido utilizando um ponto da classe 300, pelo que se procederá de seguida a uma descrição mais detalhada dos pontos desta classe, e do ponto tipo 301 em particular.

São várias as possibilidades de efectuar este tipo de pontos, consoante o tipo de tecido e aplicação. De seguida apresentam-se os principais pontos que compõem esta classe.

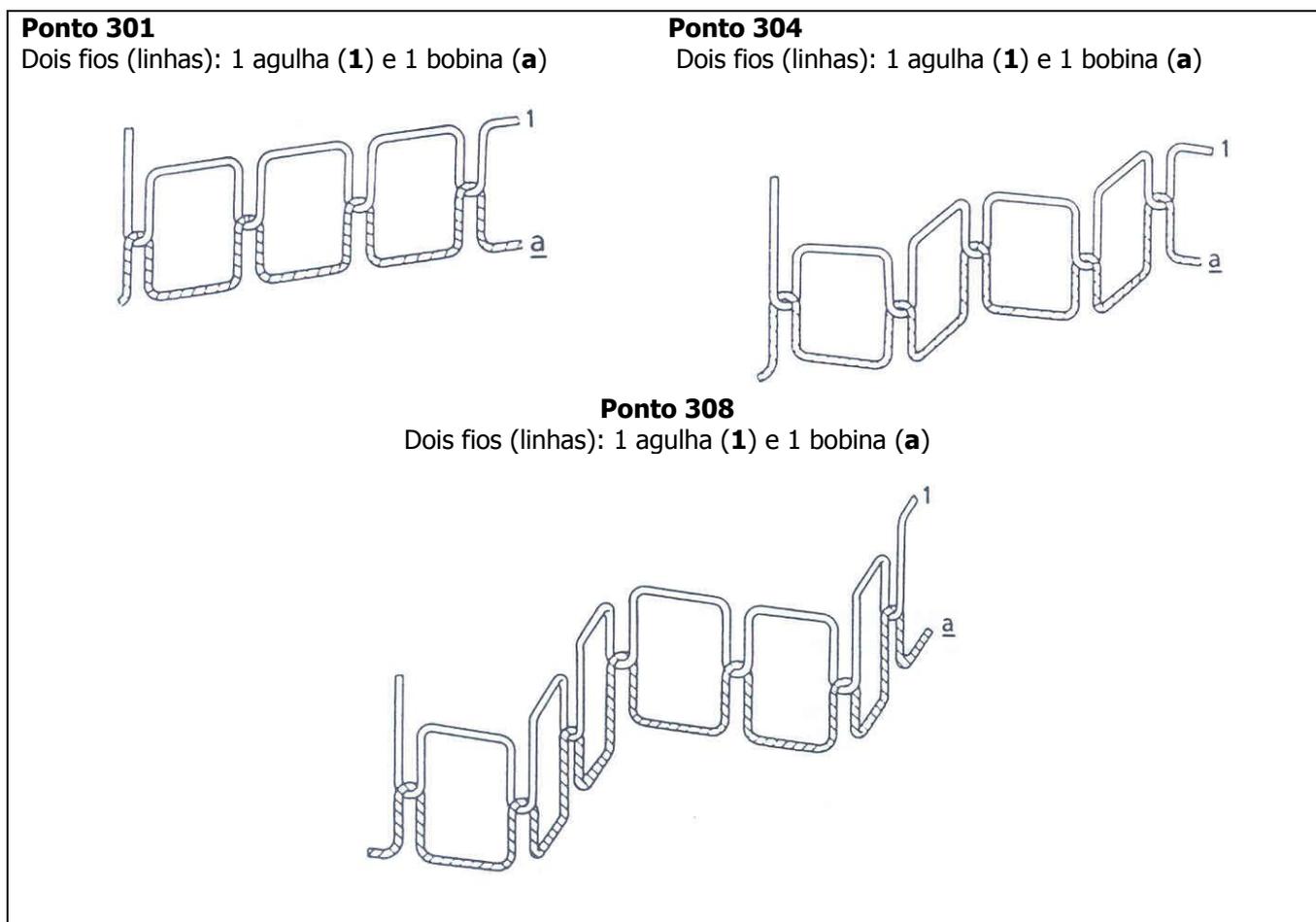


Figura 2.1.1.2 – Principais pontos da classe 300

Nos pontos da classe 300, mais especificamente, nos pontos 301, poderão surgir alguns problemas tais como pontos falsos e pontos mal formados, os quais alteram a estética e a resistência da costura.

Como mostra a figura 2.1.1.3, um ponto falso facilmente identificado dos dois lados do tecido, porque o seu comprimento é maior (o dobro se for um ponto falso) do que um ponto normal e ocorre quando o bico da laçadeira não penetra a laçada da linha da agulha.

Poderão surgir pontos falsos se o enfiamento da máquina não for o correcto, se a agulha não for apropriada para o tipo de material e linha a ser utilizada, se tiver deformada ou se não foi colocada correctamente.

Nas figuras 2.1.1.4 e 2.1.1.5, temos pontos mal formados. Este tipo de defeito poderá surgir se o enfiamento da máquina não for o correcto, se a escolha da agulha não for a mais apropriada, se a mola de freio não estiver a funcionar correctamente, se a tensão da linha da

**CONSIDERAÇÕES GERAIS E REVISÃO DA LITERATURA**

agulha e na bobina for demasiado alta ou demasiado baixa, provocando assim um desequilíbrio da costura.

Em função dos resultados obtidos, devemos afinar a máquina de maneira a evitar que surjam este tipo de problemas durante a costura.

Para que o ponto 301 esteja correcto, as linhas da agulha e da bobina devem entrelaçar-se no centro do material.



Figura 2.1.1.3 – Ponto falso



Figura 2.1.1.4 – Ponto mal formado

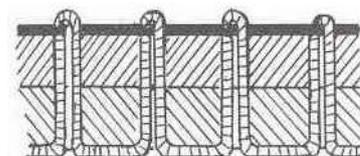


Figura 2.1.1.5 – Ponto mal formado

As figuras seguintes mostram imagens de alguns defeitos que ocorrem quando se utiliza a máquina de ponto preso.

A figura 2.1.1.6 mostra o enrugamento excessivo das costuras, que neste caso poderá ter sido provocado pelos componentes mal alinhados na operação de costura ou pela utilização de fio demasiado grosso ou esticado.



Figura 2.1.1.6 – Enrugamento excessivo das costuras

A figura 2.1.1.7 mostra pontos soltos, que poderão ter surgido, devido ao mau estado do material.

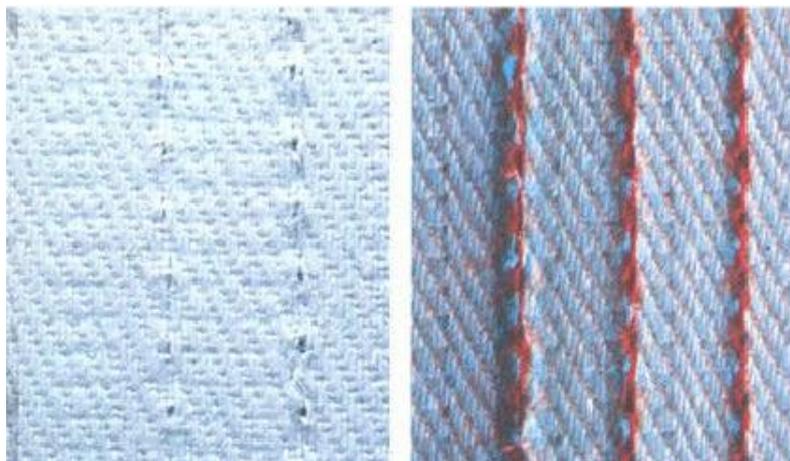


Figura 2.1.1. 7 – Pontos soltos

Na figura 2.1.1.8, podemos ver alguns pontos rebentados. Este defeito poderá acontecer devido ao fio não ter a qualidade desejada, as tensões de linha poderão ser demasiado elevadas, o mau manuseamento do material por parte das operadoras, entre outros.

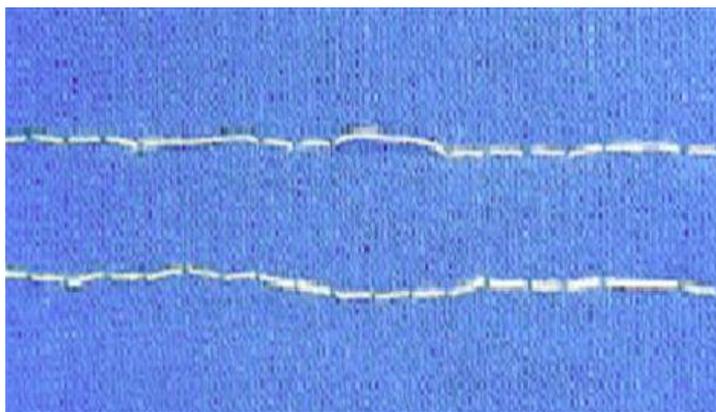


Figura 2.1.1.8 – Pontos reventados

Outro defeito é o deslizamento das costuras, com se pode ver pela Figura 2.1.1.10. Este defeito poderá surgir devido ao deslizamento do material. Para evitar que este defeito surja, deve-se utilizar a mesma largura de costura durante a operação, modificar o nº de pontos/cm ou pode-se usar uma fita para suportar a costura.



Figura 2.1.1.9 – Deslizamento das costuras

### **2.1.2. Breve Descrição de uma Máquina de Ponto preso**

As máquinas de costura podem ser divididas em várias partes, nomeadamente:

#### **- Estrutura da máquina**

Parte exterior que contém os mecanismos da máquina de costura. A estrutura é geralmente composta por quatro partes, nomeadamente: braço, corpo, cabeça e base.

#### **- Polia de transmissão**

Polia que recebe a força motriz que movimenta os mecanismos da máquina de costura.

#### **- Mecanismos intermédios**

Eixos, bielas, carretos, comes, pistões, correias, correntes, etc., que se encontram combinados de forma sincronizada e precisa, a fim de transmitirem o movimento apropriado aos mecanismos de formação do ponto e de alimentação do tecido.

#### **- Mecanismos de formação do ponto**

Componentes mecânicos que formam os pontos.

#### **- Mecanismos de alimentação**

Componentes mecânicos que movimentam o tecido após a formação do ponto.

#### **- Sistemas de lubrificação**

Sistemas mecânicos, utilizados para diminuir o calor e o atrito na máquina.

O ponto de costura tipo 301 é executado numa máquina de costura, conhecida como máquina de ponto preso.

A máquina de ponto preso é uma máquina de base plana, conforme se pode verificar na figura 2.1.2.1.

As figuras 2.1.2.1. e 2.1.2.2. ilustram os principais componentes de uma máquina de ponto preso [6].

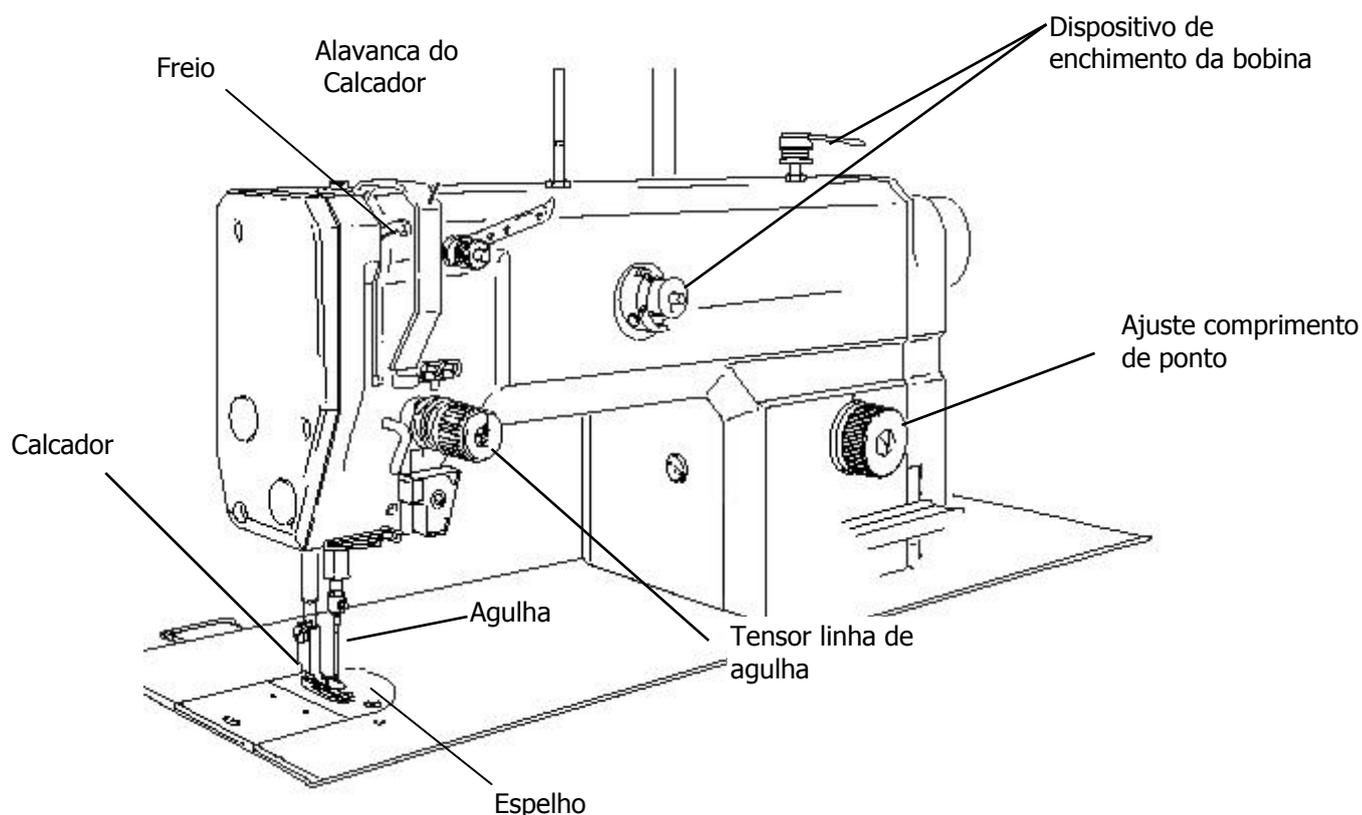


Figura 2.1.2.1 – Principais componentes de uma máquina de ponto preso [6].

É possível identificar componentes relacionados com a lubrificação, com a afinação da máquina e componentes que são fundamentais na formação do ponto, nomeadamente a agulha, bobina ou canela, o arrastador, o calcador e os tensores de aplicação de pré-tensão, nas linhas e no calcador.

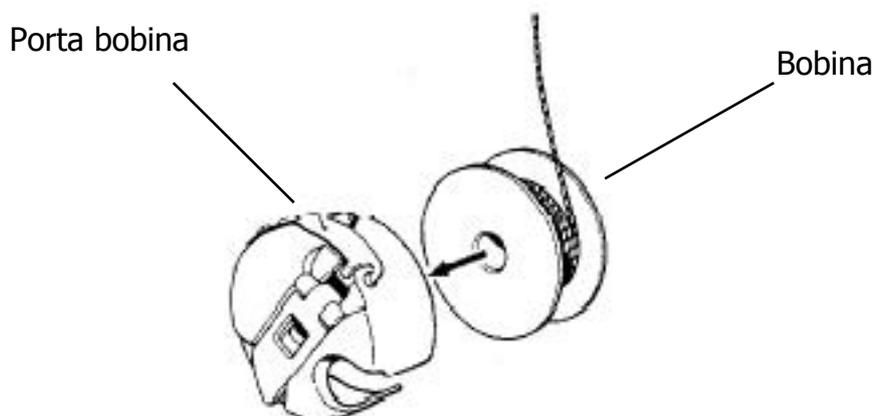


Figura 2.1.2.2 – Principais componentes de uma máquina de ponto preso (laçadeira).

Considerando que os elementos atrás referidos são os elementos principais de formação do ponto das máquinas de costura, tecem-se de seguida algumas considerações sobre cada um deles.

### a) Agulha / bobina (canela)

A máquina de ponto preso efectua o ponto 301, sendo este um ponto de costura formado por duas linhas: uma da agulha e uma da bobina (ou canela).

A formação do ponto preso, desenrola-se da seguinte forma: a linha da agulha, que é fornecida pelo cone, passa através do material à volta da bobina, que se encontra cheia de linha. A linha da agulha é então puxada para o meio do material levando a linha da bobina com ela. A razão entre os comprimentos das linhas da agulha e da bobina consumidas na formação do ponto tipo 301 é de 1:1 numa costura equilibrada. Pode assim considerar-se que este ponto necessita de duas linhas – a linha da agulha e a linha da bobina.

A **relação entre a agulha e a linha** é correcta se a linha encher exactamente a ranhura comprida da agulha, deslizando facilmente nos dois sentidos.

A bobina constitui uma desvantagem porque contém um volume pequeno de linha, originando mudanças frequentes e, conseqüentemente, quebras de produção. Pode ainda originar “peças” defeituosas, como é o caso de “peças” que não possam conter emendas. Para minimizar este problema, procede-se à contagem das costuras ou instalam-se sensores que indiquem o volume da canela.

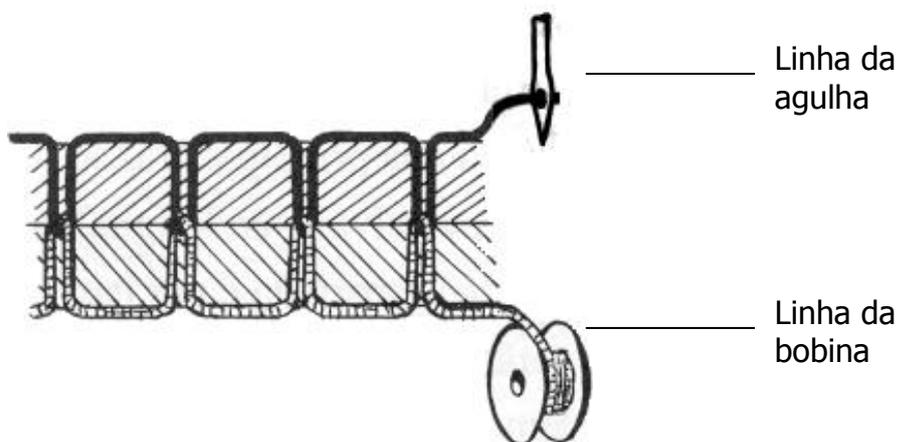


Figura 2.1.2.3 – Ponto tipo 301

Um dos componentes essenciais de qualquer máquina de costura é a agulha ou as agulhas, que têm como funções produzir um buraco no material para a passagem da linha, levar a linha da agulha através do material e formar uma laçada que possa ser apanhada pela laçadeira ou mecanismo.

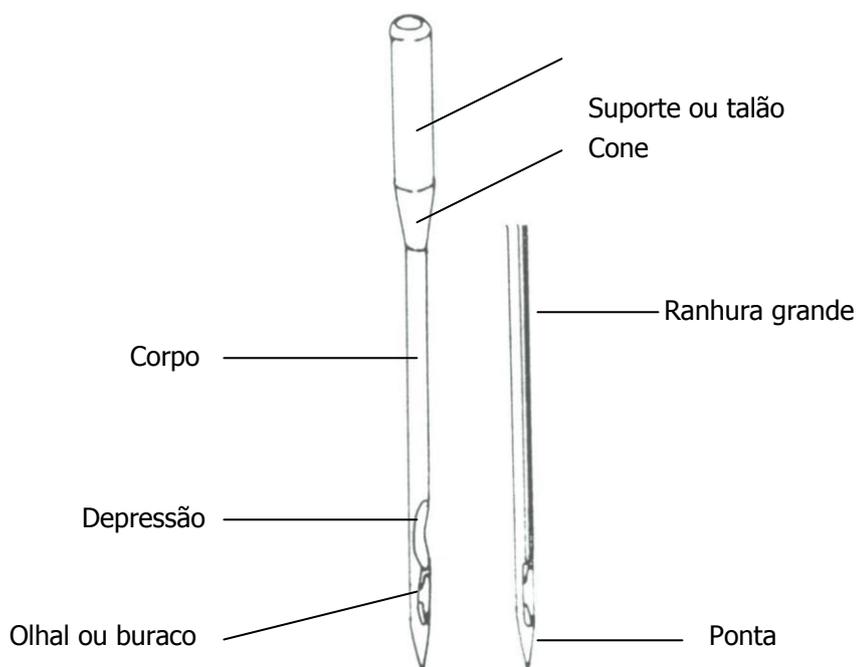


Figura 2.1.2.4 – Esquema da agulha.

As agulhas das máquinas de costura encontram-se normalizadas de acordo com o tipo de máquina em que são utilizadas, por classes, variedade e número.

## **b) Elementos de alimentação do tecido**

### **1. Calcador**

O calcador é o elemento que durante a costura se encontra em cima do tecido, exercendo uma determinada pressão no tecido, afinável através da barra do calcador, à qual se encontra fixo. A sua função é segurar com firmeza o tecido contra o espelho, evitando assim o seu movimento vertical, à medida que a agulha sobe e desce.

O calcador permite a correcta formação da laçada da agulha e assegura uma pressão adequada contra o arrastador, assegurando que o material se move para a frente à medida que o arrastador avança.

## 2. Arrastador

O arrastador tem como função fazer deslocar o tecido para a frente, entre penetrações sucessivas da agulha, uma distância pré-determinada, formando a costura. A distância pode ser ajustada através do regulador do ponto.

O mecanismo de actuação faz subir e descer o arrastador durante a formação do ponto. Quando o arrastador sobe, entra em contacto com a parte inferior do tecido, transportando-o para a frente à medida que cada ponto se vai formando; quando o arrastador desce, perde o contacto com o material, permitindo que este permaneça parado enquanto a linha da agulha e a linha inferior se interligam.

A configuração dos dentes do arrastador é determinante na sua utilização para os vários materiais. Os dentes podem ter diferentes tamanhos, podendo possuir uma superfície pontiaguda ou achatada.

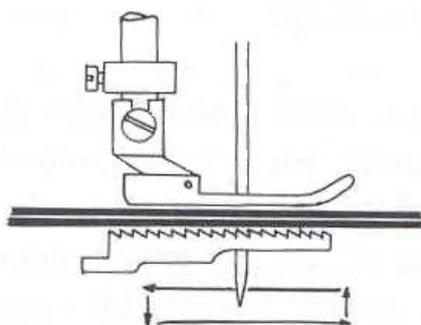


Figura 2.1.2.5 – Sistema de arraste

A forma do arrastador, a configuração e o tamanho dos dentes são importantes, tanto para o tecido como para a operação a realizar nele. Na selecção do arrastador ideal, cada tecido deve ser considerado um caso particular, podendo apenas generalizar-se o facto de os tecidos grossos necessitarem de dentes grandes e tecidos finos de dentes mais pequenos. Para além destas diferenças, pode haver diferenças nos movimentos de transmissão de movimento aos arrastadores e que tornam uma máquina mais apropriada para determinada aplicação.

### **c) Espelho**

O espelho tem como finalidade apresentar uma superfície lisa sobre a qual o material desliza, à medida que as laçadas são produzidas.

O espelho é constituído por aberturas, desenhadas de forma a encaixarem as fileiras de dentes da superfície do arrastador, de modo que, quando o arrastador sobe, os seus dentes engatem na superfície inferior do material e o comprimam contra a superfície escorregadia do calcador.

Após o arrastador ter completado o seu movimento de arraste do tecido, desce abaixo do espelho, servindo o espelho então para manter o tecido em posição, de modo a que este não seja levado para baixo pelos dentes do arrastador.

O espelho possui também um orifício que permite a passagem da agulha. Este orifício deve ser suficientemente largo para que a agulha passe por ele sem lhe tocar, mas que não permita que o tecido seja levado com a agulha, interferindo assim com a formação da laçada da linha da agulha, podendo também originar perfuração ou ruptura do tecido.

### **d) Tensor**

O tensor tem como finalidade aplicar uma pré-tensão a cada uma das linhas envolvidas na formação do ponto, permitindo ajustar o consumo de cada uma delas, de modo a se obter um ponto ajustado.

### **e) Freio**

O freio é uma peça metálica com orifício, por onde passa a linha da agulha.

Esta peça tem um movimento descendente e ascendente, movimento este que contribui para a formação da laçada dando um excesso de linha e o movimento ascendente retira o excesso de linha para que se dê a correcta formação do ponto.

### 2.1.3. Descrição do Ciclo do Ponto ou Formação do Ponto Preso

O ponto mais comum na classe 300 é o ponto 301, vulgarmente mais conhecido por “ponto corrido”.

Cerca de metade de todas as máquinas de costura industrial produzem este tipo de ponto, sendo o mais popular na indústria de confecção.

O conceito básico de fazer passar a laçada da linha a volta da bobina pode, à primeira vista, parecer simples. Contudo, considerando a elevada velocidade da laçadeira e que por exemplo o ponto deve ter aparência idêntica dos dois lados da costura, torna-se óbvio que a formação do ponto 301 não é isenta de complexidade. Na sua formação, a linha da agulha, que é fornecida pelo cone de linha de costura, passa através do material e à volta da bobina, que se encontra cheia de linha de costura. A linha de costura da agulha é então puxada para o meio do material levando a da bobina com ela. A razão entre os comprimentos das linhas de costura da agulha e da bobina consumidas na formação do ponto 301 é de 1 para 1 numa costura equilibrada [3].

De seguida será descrito a formação do ponto 301, utilizado neste trabalho, estabelecendo uma relação entre a formação do ponto e os movimentos dos principais elementos da máquina envolvidos na formação do ponto de costura.

Inicialmente, o pretendido era saber onde se daria início do ciclo de costura para se definir os vários acontecimentos nos graus respectivos. Para isso foi usado um osciloscópio – sincronismo onde foi detectada uma variação da tensão e esse ponto, foi considerado como o início do ciclo (0°), como se pode ver pela figura 2.1.3.1.

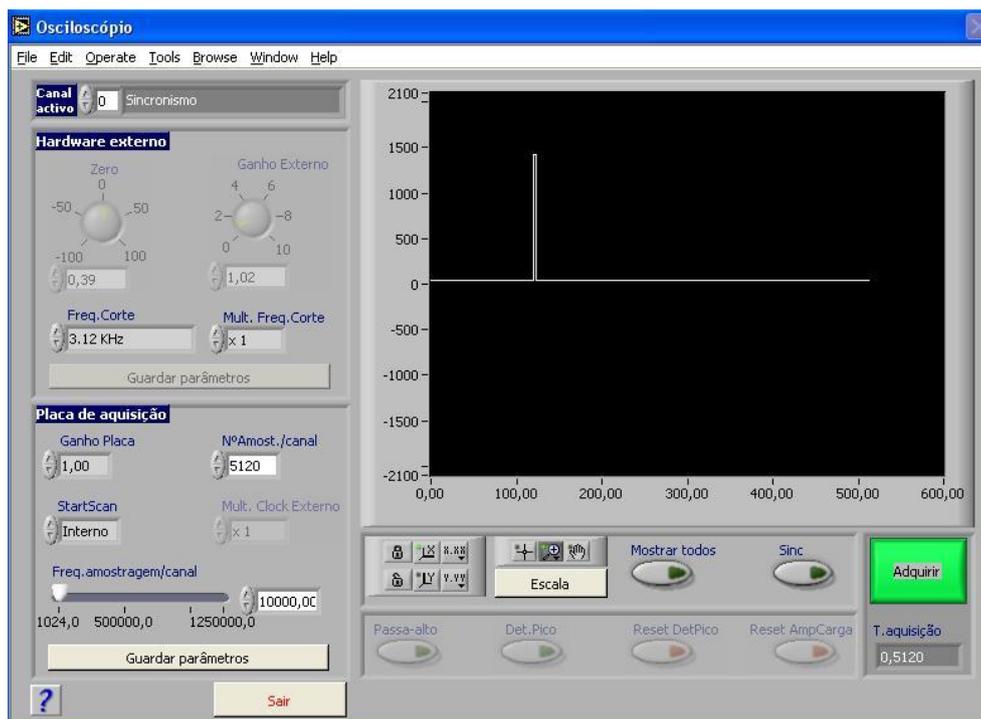


Figura 2.1.3.1 – Sinal detectado pelo osciloscópio

A tabela seguinte resume os vários acontecimentos e os respectivos graus em que surgem. Estes acontecimentos foram definidos como sendo os mais importante, pois são onde surgem os picos de tensão mais significativos e onde passaremos a explicar com mais detalhe cada um.

Graus	Acontecimento
40	A agulha penetra no material
75	A agulha atinge o ponto mais baixo
216	Freio está na posição mais baixa
252	A agulha está na posição mais elevada
324	O freio está na posição mais elevada

Tabela 2.1.3.1 – Tabela resumo dos acontecimentos mais importantes

Para a descrição das várias fases da formação do ponto, foi aplicado ao volante da máquina uma escala, graduada de 0 a 360°, conforme a figura 2.1.3.2., fazendo coincidir os 0° da escala com o sinal de aquisição dos dados dos ensaios.



Figura 2.1.3.2 – Escala graduada no volante.

Quando o volante se encontra na posição de 0°, a agulha está no movimento descendente e praticamente em contacto com o tecido.

O freio está no seu movimento descendente e como consequência, retira tensão à linha da agulha. A mola do tensor está com tensão e o arrastador encontra-se acima do espelho a alimentar o tecido.

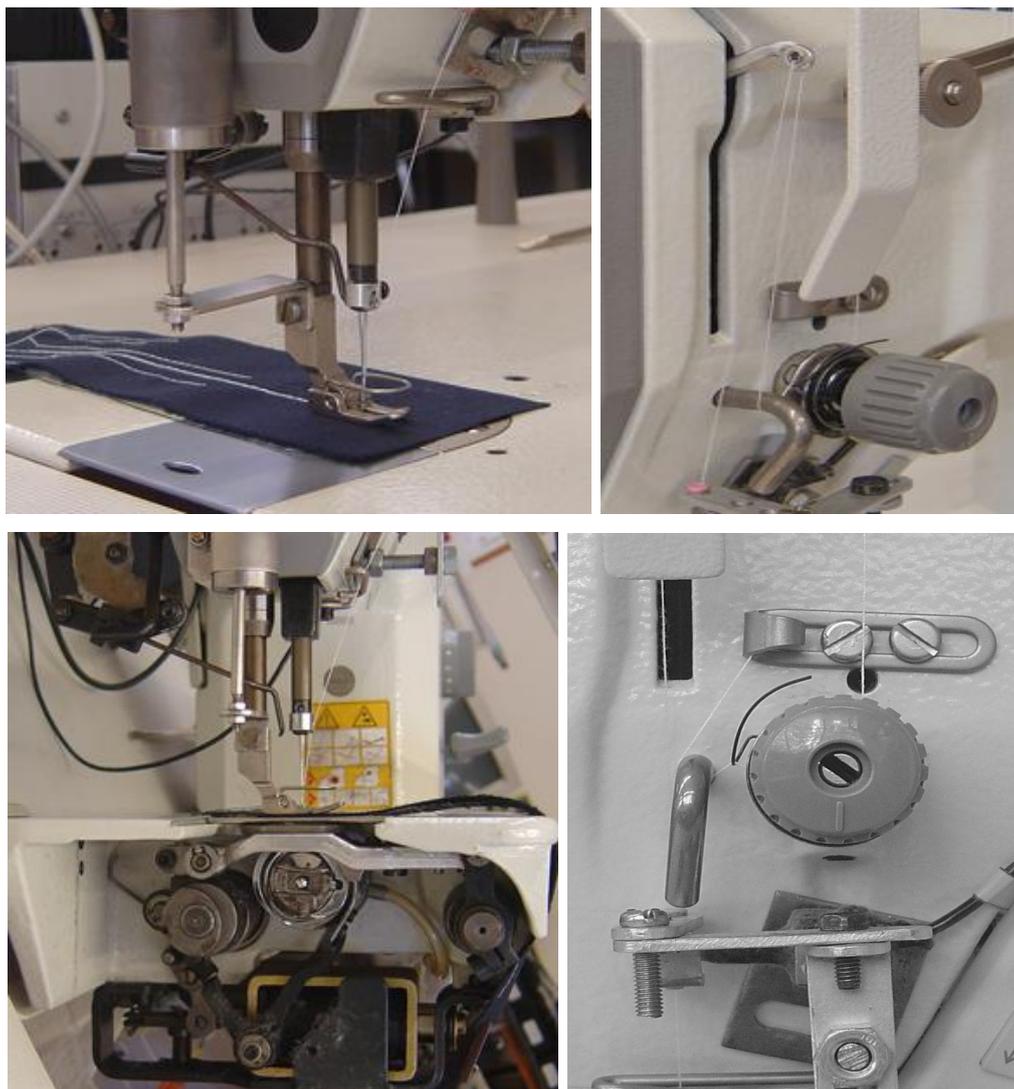


Figura 2.1.3.3 – Posição dos vários componentes aos 0º

Na posição de 36º, a agulha continua o seu movimento descendente e penetra no tecido. O fornecedor de linha desce com a linha de costura da agulha, apoiando na formação da laçada da agulha. A mola do tensor está sem tensão e o arrastador encontra-se abaixo do espelho.

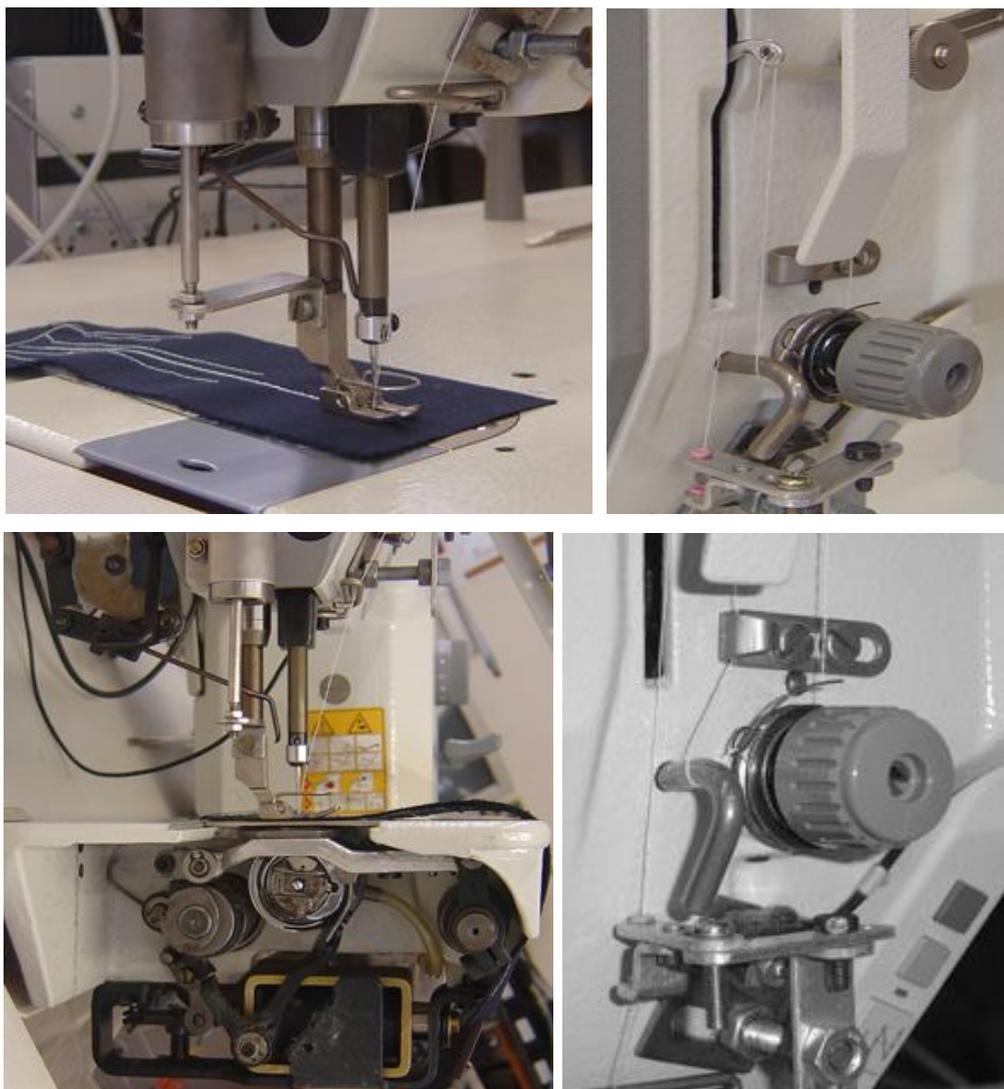


Figura 2.1.3.4 – Posição dos vários componentes aos 36°

Quando o volante está na posição de 75°, a agulha atinge a sua posição mais baixa e o freio continua o seu movimento descendente. A mola do tensor está sem tensão e o arrastador está abaixo do espelho no seu movimento em direcção ao operador.

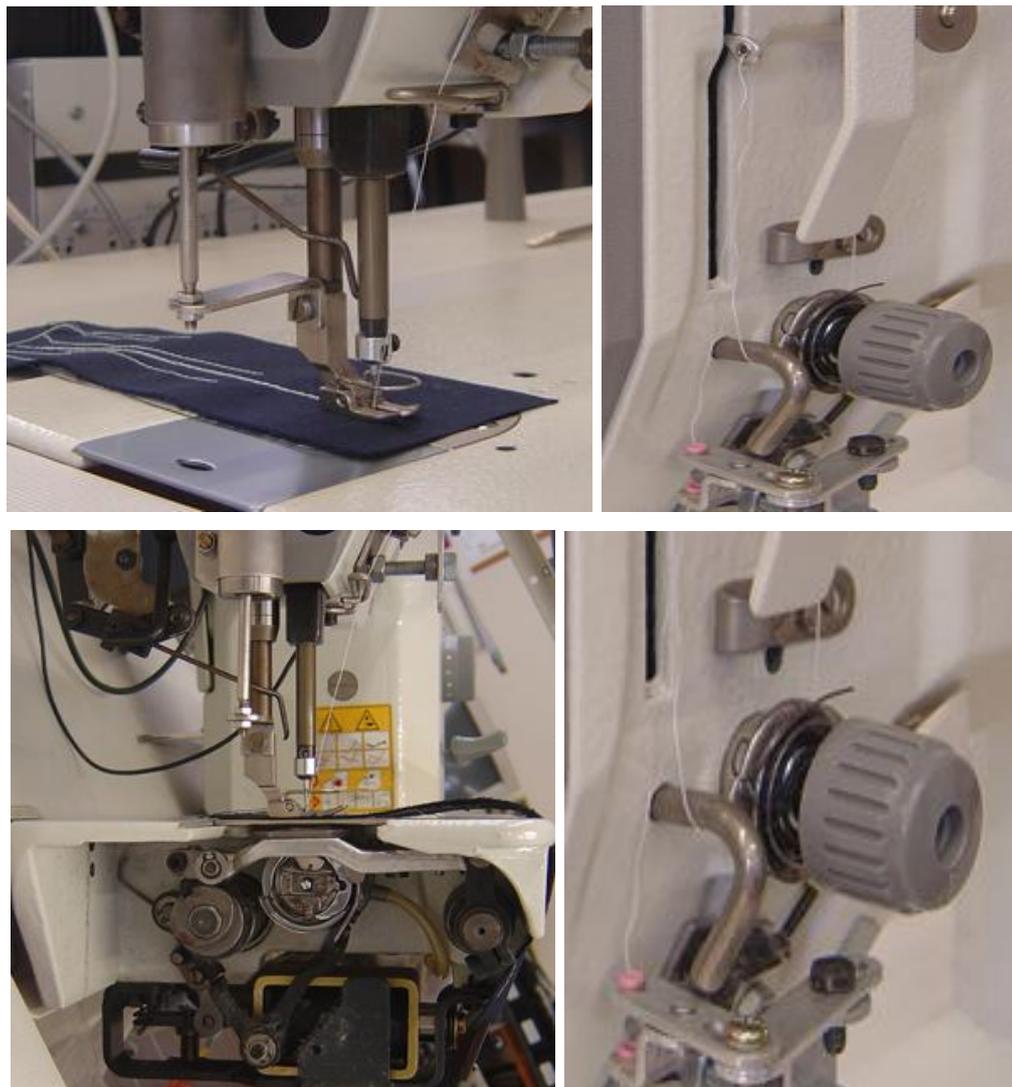


Figura 2.1.3.5 – Posição dos vários componentes aos 72°

Na posição de 108°, a agulha começa o seu movimento ascendente e o freio continua o seu movimento descendente. A mola do tensor está sem tensão e o arrastador está abaixo do espelho e continua o movimento em direcção ao operador.

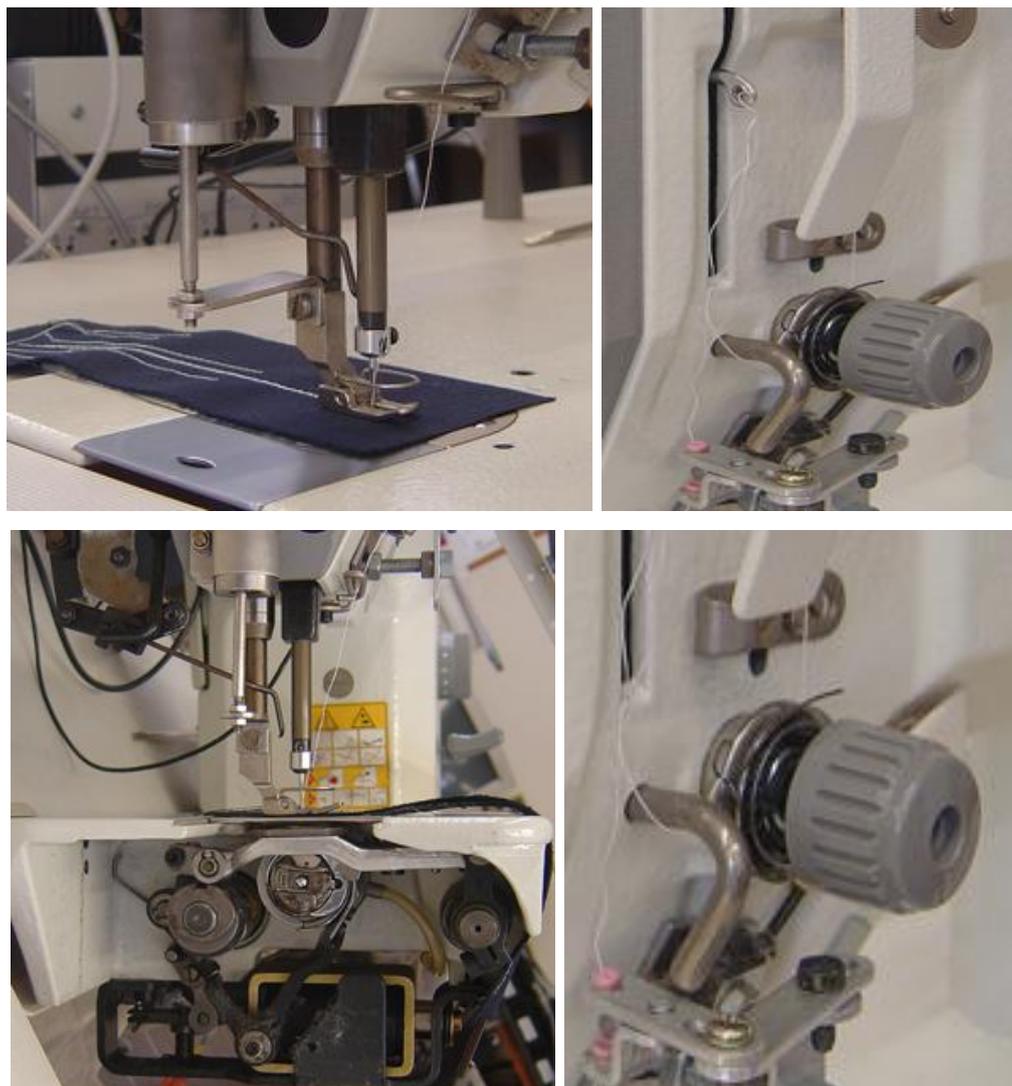


Figura 2.1.3.6 – Posição dos vários componentes aos 108°

Quando o volante ocupa a posição de 144°, a agulha está no seu movimento ascendente e o freio continua o seu movimento descendente. A mola do tensor está sem tensão e o arrastador está abaixo do espelho e continua o movimento em direcção ao operador.

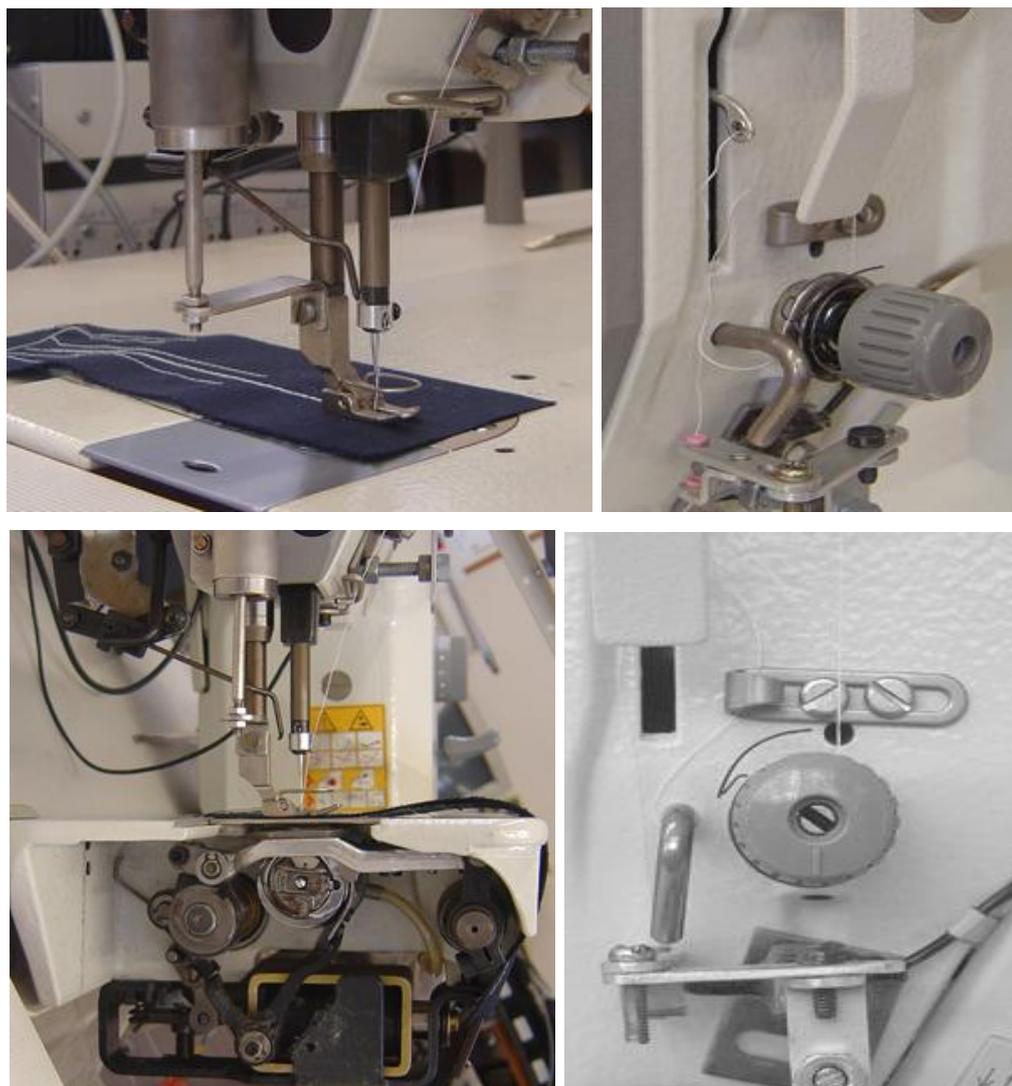


Figura 2.1.3.7 – Posição dos vários componentes aos 144°

No momento em que o volante ocupa a posição de 180°, a agulha continua o seu movimento ascendente e o freio continua o seu movimento descendente. A mola do tensor está sem tensão e o arrastador está abaixo do espelho e continua o movimento em direcção ao operador.

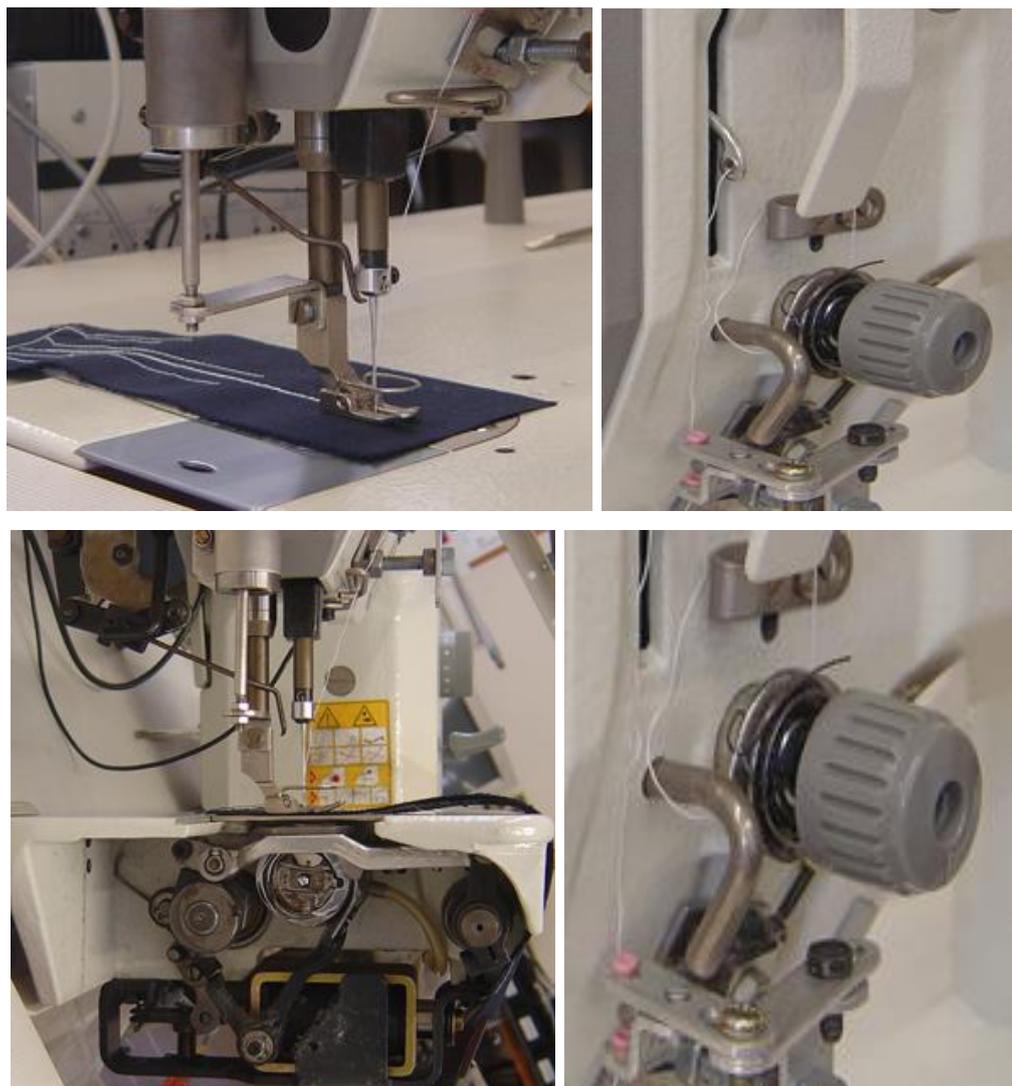


Figura 2.1.3.8 – Posição dos vários componentes aos 180°

Quando o volante está na posição de 216°, a agulha continua o seu movimento ascendente, o freio está na sua posição mais inferior. A mola do tensor está sem tensão e o arrastador está abaixo do espelho e continua o movimento em direcção ao operador.

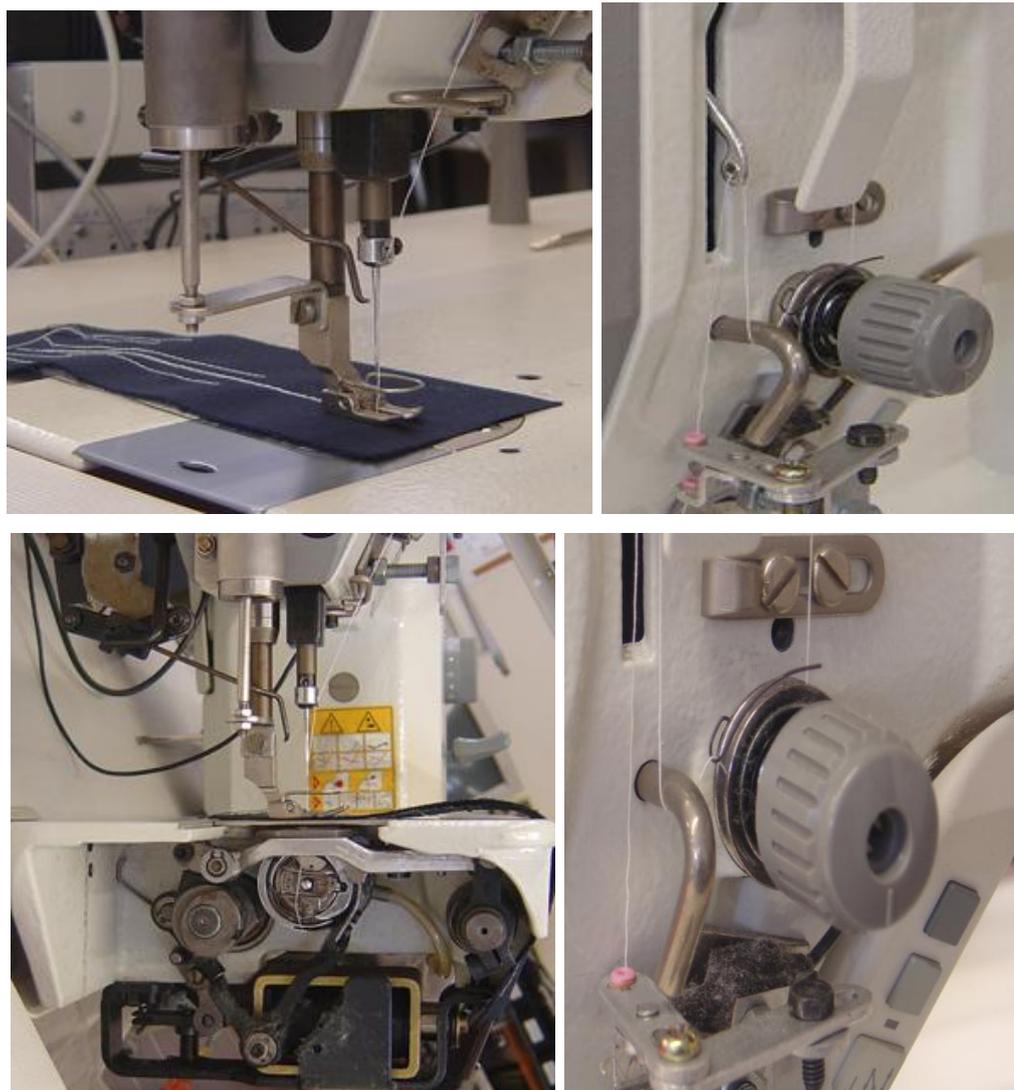


Figura 2.1.3.9 – Posição dos vários componentes aos 216º

Como se demonstra na figura 2.1.3.10, volante na posição de 252º, a agulha encontra-se na sua posição mais elevada e o freio começa o movimento ascendente. De notar que o movimento ascendente do freio é duas vezes mais rápido que o movimento descendente. A mola de tensor está sem tensão e o arrastador está acima do espelho alimentando o tecido.

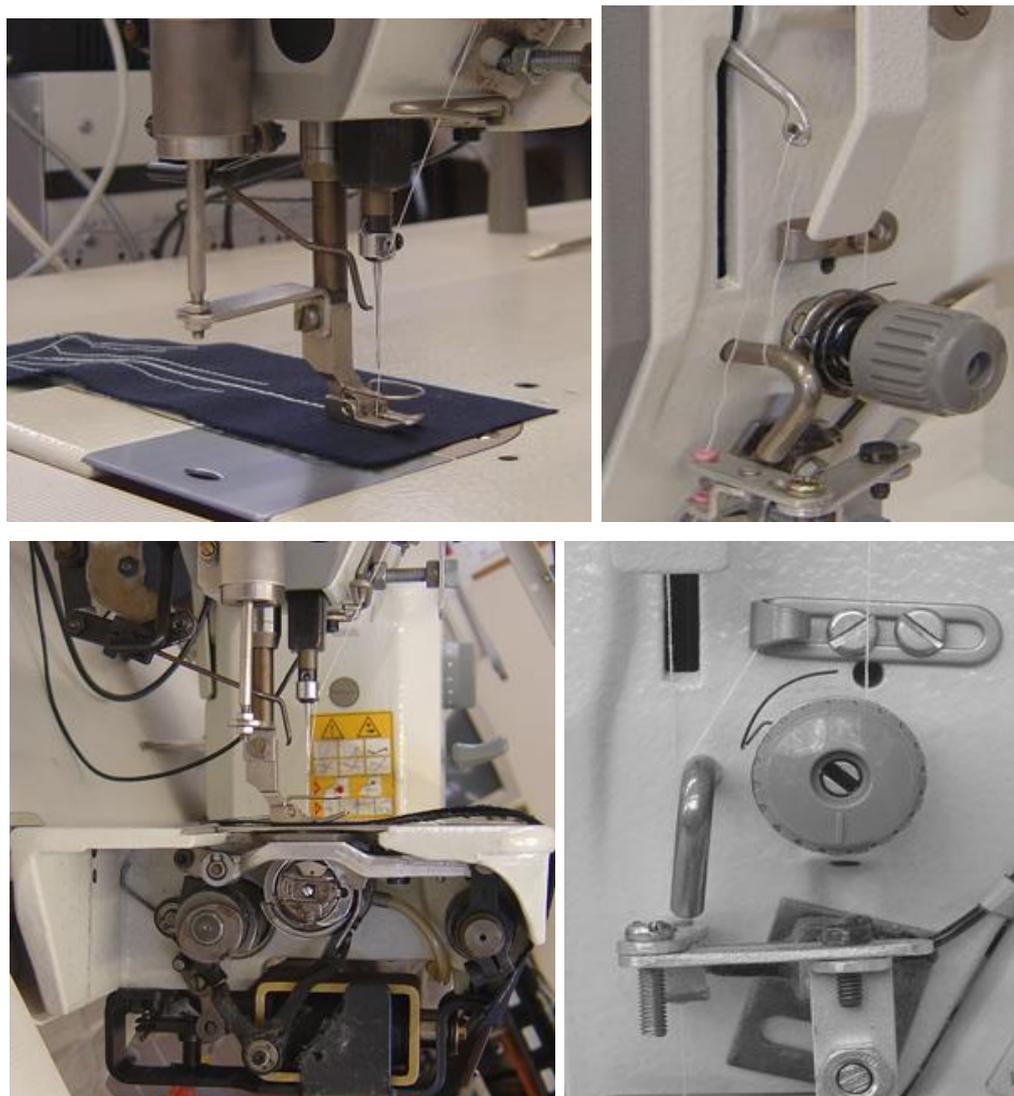


Figura 2.1.3.10 – Posição dos vários componentes aos 252°

Na posição de 288°, a agulha começa o movimento descendente e o freio está no seu movimento ascendente, a tencionar a linha da agulha. A mola do tensor está ligeiramente sob tensão e o arrastador encontra-se ainda acima do espelho a alimentar o tecido.

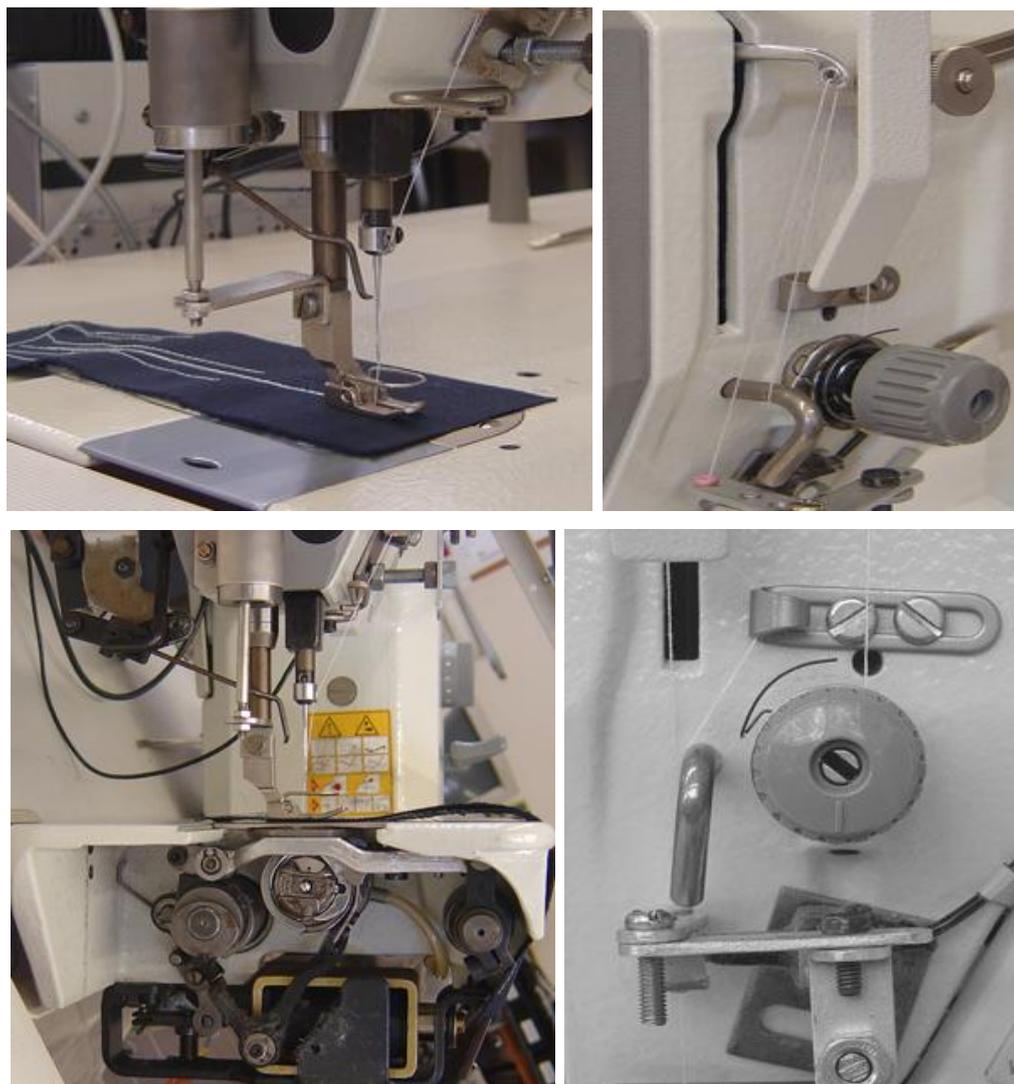


Figura 2.1.3.11 – Posição dos vários componentes aos 288°

Na posição de 324°, a agulha continua o seu movimento descendente e o freio está na sua posição mais elevada. A mola do tensor está sob tensão e o arrastador encontra-se acima do espelho a alimentar o tecido.

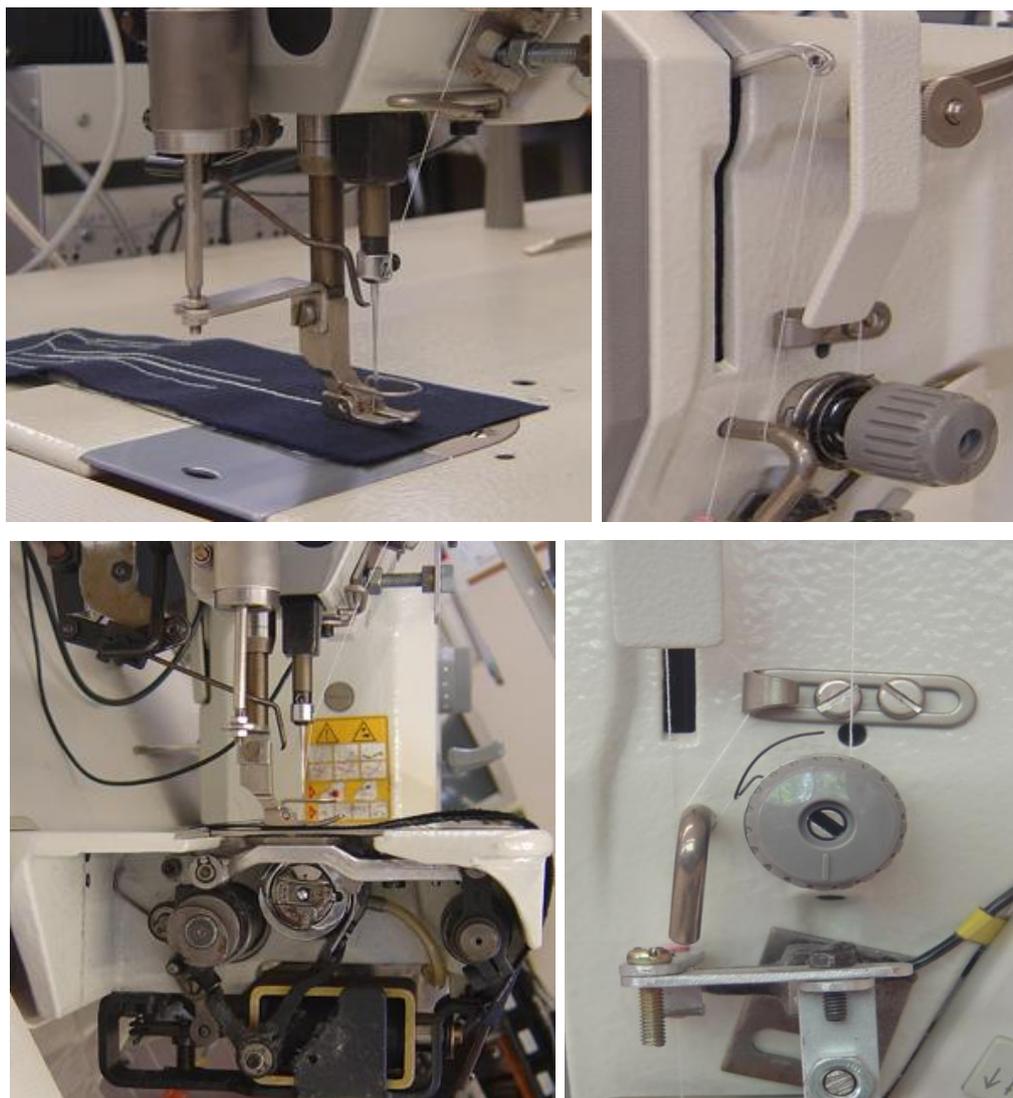


Figura 2.1.3.12 – Posição dos vários componentes aos 324°

Na posição de 360°, o ciclo volta-se a repetir, conforme foi descrito anteriormente.

#### 2.1.4. Parâmetros de Costura a Considerar

A formação de uma costura é influenciada por vários factores, nomeadamente a tensão nas linhas de costura, tipo de linha de costura, tipo de agulha, arrastador, etc.

A tensão nas linhas de costura é função de todos os outros parâmetros que afectam a costura, sendo necessário efectuar constantemente o seu ajuste.

O problema do ajuste de tensões de linha de costura numa máquina de ponto preso envolve muitos parâmetros. Alguns dos parâmetros que poderão ter influência nos sinais de tensão de linha são:

- \* o sentido de costura;
- \* as características do material processado (composição, massa por unidade de superfície, acabamento, etc.);
- \* as características da linha de costura utilizada;
- \* a adequação da agulha (em termos de forma e espessura);
- \* o ajuste das pré-tensões nos tensores de linha;
- \* a velocidade da máquina;
- \* o estado dos componentes em todo o percurso de passagem da linha de costura durante a formação do ponto.

Além destes parâmetros, como as características do material e da linha de costura, desdobram-se em novos conjuntos de factores de influência. São assim geradas uma grande diversidade de situações.

Para melhor se compreender de que forma cada um destes parâmetros influencia o resultado final, deverão ser analisados de uma forma sistemática, isolando a influência de cada um deles, através da variação em exclusivo de cada um, em cada conjunto de testes.

### 2.1.5. Consumo Teórico de Linha em Costuras

Em primeiro lugar e antes efectuarmos os consumos teóricos das linhas de costura, convém caracterizá-las.

Podemos salientar alguns aspectos, entre outros, os requisitos e propriedades que as linhas devem ter.

Em relação aos requisitos, as linhas devem apresentar as seguintes características funcionais:

1. Suportarem as velocidades a que são submetidas durante a costura, o que implica ter regularidade da espessura (uniformidade de diâmetro), boa resistência à abrasão (atrato superficial) e possuírem boa resistência térmica (ao aquecimento da agulha)
2. Serem compatíveis com as prioridades mecânicas (resistência, elasticidade, etc.) entre elas, regularidade à tracção, boa elasticidade, rigidez e massa/unidade de área
3. Terem uma estrutura geométrica estável, onde se pode salientar uma torção equilibrada e estabilizada e sentido da torção adequado à máquina (normal/Torção z)
4. Suportarem os efeitos dos processos posteriores (prensagem, limpeza a seco, etc.), boa resistência e deslizamento das costuras, boa resistência à abrasão, boa solidez da cor e ter boa estabilidade dimensional (encolhimento/contracção)

Combinando os factores que conduzem a uma boa durabilidade das costuras com os que conduzem a uma boa costurabilidade, e adoptando uma solução que traduza o melhor compromisso entre os dois, as linhas a seleccionar serão as que apresentem características e propriedades mais adequadas à costura em questão.

*Não há linhas perfeitas para todas as aplicações, contudo, há sempre a melhor linha para uma aplicação específica [7].*

O conhecimento das propriedades e comportamento das linhas é fundamental para garantir a qualidade do processo de costura e do produto final.

Uma propriedade fundamental nas linhas de costura é a resistência à tracção, normalmente caracterizada pela sua tenacidade (razão entre a resistência e a massa linear (cN/tex ou g/tex) e a extensão à rotura (alongamento relativo médio de rotura) em %.

Composição da linha	Tenacidade (g/tex)	Extensão à ruptura
Algodão	20-25	7-10
Algodão mercerizado	25-35	7-10
Polinósica	20	6-7
Poliéster (fibras cortadas)	35-45	11-15
Poliéster texturizado	40-50	15-25
Poliamida (filamento)	60-70	20-30

Tabela 2.1.5.1 – Valores característicos das linhas de costura

Apesar da importância da extensão ou alongamento à ruptura, a capacidade da linha retornar à sua dimensão inicial (recuperação elástica) após ter sido esticada é ainda mais importante.

A recuperação elástica influencia a costura, pois ao retornar ao seu comprimento inicial, a linha arrasta com ela o material que está a ser costurado, se a rigidez do material não for suficiente para se opor a esta contracção.

Uma grande recuperação elástica das linhas é uma das causas do enrugamento das costuras.

Quanto mais espesso for o material a ser costurado maior é a sua resistência à contracção.

É preferível utilizar linhas que recuperem instantaneamente a sua forma ou então que não recuperem.

A espessura da linha é outra importante característica, o seu conhecimento permite, para uma mesma categoria e tipo de linha, escolher a que melhor se adapta às condições de uso do artigo. Com efeito a espessura da linha influencia a resistência da linha e consequente resistência da costura, a espessura da agulha a utilizar, a quantidade de linha enrolada na canela (ex: máquina de ponto preso), a afinação das tensões das linhas e o risco de defeitos de enrugamento de costuras.

Durante o processo de costura as tensões que se desenvolvem nas linhas são influenciadas essencialmente pela espessura e regularidade da linha, atrito superficial e rigidez.

Ao originar aumentos das tensões superiores à resistência das linhas, esta pode sofrer rupturas.

<b>Massa/unid. Área (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Espessura da linha</b>	<b>Aplicação</b>
Extra leve (48-95 g/m <sup>2</sup> )	T18-24	Camisas, blusas, <i>T'Shirts</i>
Leve (95-142 g/m <sup>2</sup> )	T24-30	Saias, Vestidos, <i>tops</i> malha
Médio (142-190 g/m <sup>2</sup> )	T30-40	Calças, <i>Sweat-shirts</i> felpa
Médio-pesado (190-237 g/m <sup>2</sup> )	T50-70	Gangas leves, gabardinas
Pesado (237-332 g/m <sup>2</sup> )	T80-105	Gangas pesadas, <i>parkas</i>
Extra pesado (superior 332 g/m <sup>2</sup> )	T120-135	Gangas elásticas pesadas

Tabela 2.1.5.2 – Relação entre nº da linha e a massa por unidade de área do tecido

As linhas devem ser seleccionadas de acordo com o tipo e finalidade do produto (artigo) que pretendemos unir através de uma costura. Isto implica a existência de linhas com diferentes propriedades.

Temos de considerar alguns aspectos na escolha do tipo de linha, por exemplo a resistência necessária da costura, o tipo de costura, o tipo de ponto e nº de pontos/cm, o tipo de material que vai ser costurado, o tipo de máquina e equipamento complementar, as condições de uso do artigo, o tempo de vida do produto e a rentabilidade (custos) da operação, entre eles o custo de costura (rendimento da máquina e do operário/nº de rupturas), o custo de rejeitados (factores de costurabilidade), o custo de devoluções (factores de durabilidade) e o custo da linha = preço de venda.

Através da análise destes factores obtemos uma indicação das propriedades mais importantes que a linha deve apresentar. A execução de testes permite confirmar a correcção da linha seleccionada.

Podemos então considerar vários factores envolvidos na selecção das linhas de costura, por exemplo a costurabilidade (aptidão para o processo de costura), o desempenho da costura (resistência da costura, durabilidade), o aspecto da costura (solidez da cor, aparência do ponto), a disponibilidade (o produto está disponível?) e o custo (preço+custos envolvidos).

Os consumos de linha são um factor importante a conhecer, porque assim consegue-se calcular, teoricamente, a linha a utilizar na confecção dos artigos pretendidos.

O consumo esperado para consumo de linha por unidade de comprimento de costuras pode ser estimado através de várias fórmulas.

Utilizando um modelo linear simplificado do ponto tipo 301, representado em diagrama na figura 2.1.5.1., a fórmula apresentada para determinar o consumo de linha foi a seguinte:

Fórmula de consumo de linha do ponto 301

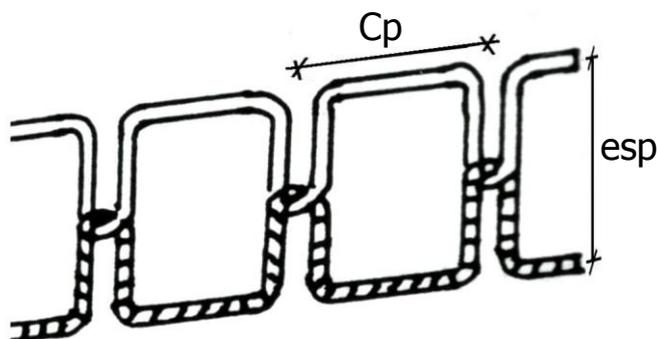


Figura 2.1.5.1 - Modelo simplificado do ponto de costura tipo 301

Para o cálculo do consumo de linha por ponto podemos usar a seguinte fórmula:

$$2 \times Cp + 2 \times Esp$$

- Cp = Comprimento do ponto (mm)
- Esp = Espessura do material (mm)

Para se calcular o consumo de linha absoluto, temos de multiplicar à fórmula anterior (consumo de linha por ponto) pelo número de pontos efectuados e obtemos a seguinte fórmula:

$$2 \times Cp + 2 \times Esp \times Np$$

- Cp = Comprimento do ponto (mm);
- Esp = Espessura do material (mm);
- Np = nº de pontos adquiridos no ensaio;

Nos ensaios efectuados, apenas se teve em consideração a linha de agulha e o número de pontos adquiridos pelo equipamento em cada ensaio, neste caso 20.

## 2.2. Revisão da Literatura

Uma costura da classe 300 equilibrada, pode ser definida como uma costura em que o entrelaçamento entre a linha da agulha e a linha da bobina se faça no centro do material, como demonstra a figura 2.2.1.



Figura 2.2.1- Exemplo de uma costura equilibrada

O cálculo do comprimento de cada uma das linhas em cada ponto de costura, permite-nos avaliar o balanceamento da costura. Na costura ideal o comprimento das linhas da agulha e da bobina é igual.

A tensão das linhas da agulha e da bobina durante a formação do ponto representa um importante factor para a obtenção de uma costura equilibrada e aceitável.

Dada a importância da tensão gerada nas linhas durante o ciclo do ponto, vários estudos foram efectuados para a avaliar.

*Deery e Chamberlain* [8] já em 1964 demonstraram o interesse na medição da variação da tensão durante um ciclo de trabalho de uma máquina de ponto preso.

Os resultados deste trabalho podem ser observados na figura 2.2.2., cujos pontos de referência estão representados na Tabela 2.2.1., fazendo corresponder a vários pontos do gráfico acontecimentos da máquina de costura.

Em estudos posteriores, *Kamata* [9] (Figura 2.2.3.), *Horino* [10], *Greenberg* [11], *Onoue* [12] e *Ferreira* [13], efectuando o mesmo tipo de ensaio, chegaram a curvas de variação da tensão semelhantes, tornando assim os resultados bastante consistentes.

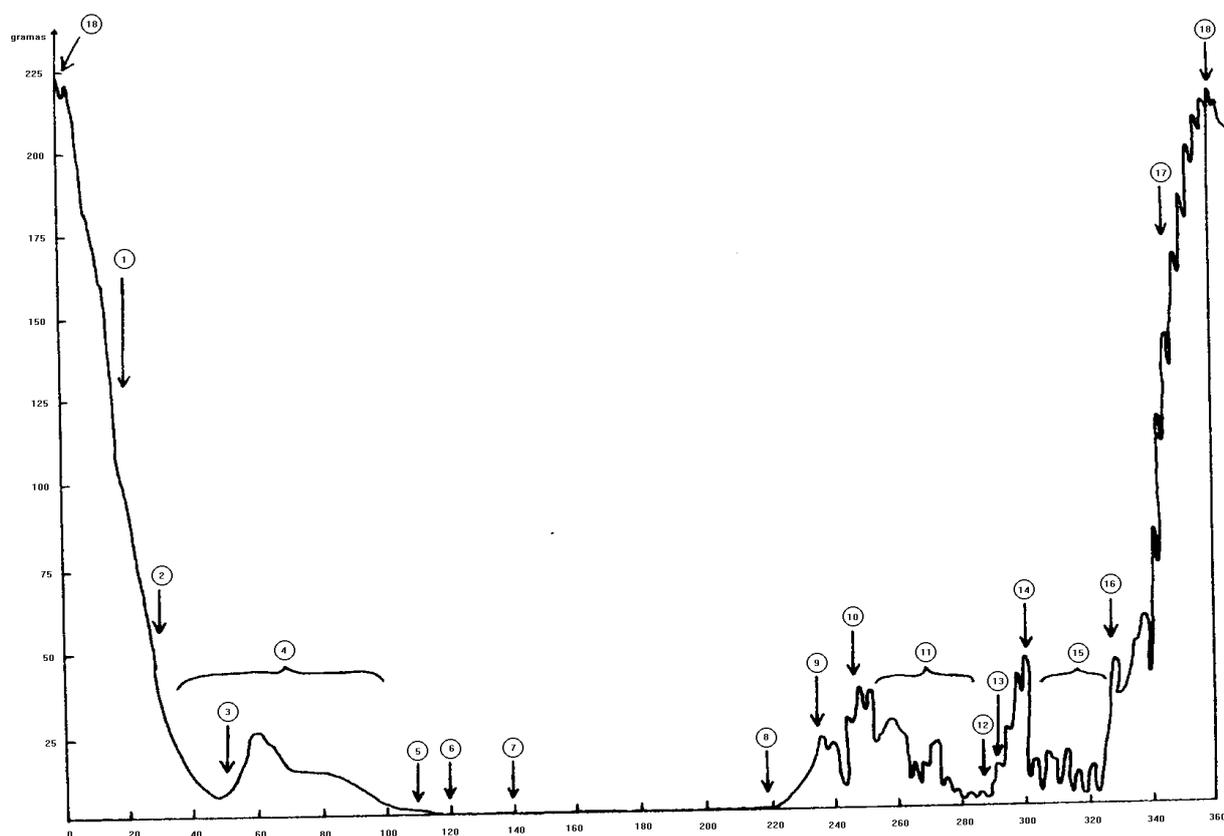


Figura 2.2.2 - Variação da tensão na linha da agulha numa máquina de ponto preso [8].

Na tabela seguinte, serão descritos todos os pontos de referência que acontecem aquando da formação do ponto preso, tendo como base a figura 2.2.2.

<b>Ponto de Referência</b>	<b>Acontecimento</b>
<b>1</b>	Fornecedor de linha da agulha a descer do ponto mais alto.
<b>2</b>	Ponta da agulha toca no material.
<b>3</b>	Olho da agulha atinge o material.
<b>4</b>	Tensão na linha controlada pela mola.
<b>5</b>	Agulha no seu ponto de movimento mais inferior.
<b>6</b>	Mola completamente atrás deixando de tensionar a linha.
<b>7</b>	Gancho de costura apanha a laçada atrás da agulha.
<b>8</b>	Mola inicia o seu movimento.
<b>9</b>	Fornecedor de linha da agulha no ponto mais inferior do seu movimento.
<b>10</b>	Laçada superior da linha passa ponto mais inferior da bobina.
<b>11</b>	Variações ligeiras da tensão à medida que a laçada passa à volta da bobina.
<b>12</b>	Mola inicia o seu movimento para a frente.
<b>13</b>	Agulha no seu ponto mais superior.
<b>14</b>	Laçada solta-se do gancho de transferência.
<b>15</b>	Tensão controlada pela mola.
<b>16</b>	Mola no ponto máximo e cessa de funcionar.
<b>17</b>	Linha inferior solta-se da bobina e o ponto é formado no material à medida que o fornecedor de linha da agulha sobe.
<b>18</b>	Linha superior solta-se do tensor principal. Fornecedor de linha da agulha no seu ponto mais alto.

Tabela 2.2.1 - Pontos de referência [8].

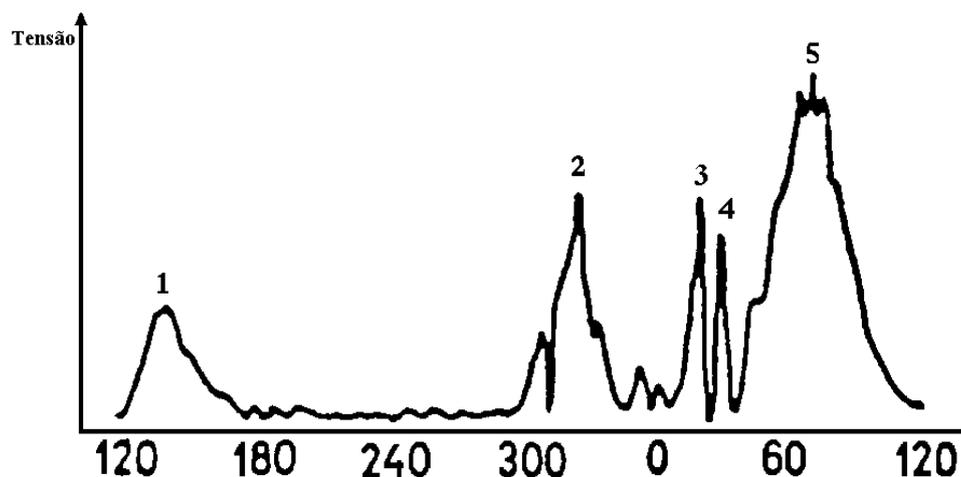


Figura 2.2.3 - Variação da tensão na linha da agulha numa máquina de ponto preso [9].

Analisando a figura 2.2.2., é possível observar que:

1. Entre 0 e 45° ocorre uma grande quebra no valor da tensão na linha da agulha. No momento em que o olho da agulha atinge o material.
2. Entre 45 e 60° verifica-se uma ligeira subida da tensão para aproximadamente 25 gramas, como resultado da mola.
3. Dos 60 aos 115° a tensão desce até zero, precisamente no momento em que a agulha atinge o seu ponto mais inferior.
4. No período de 115 a 220° a tensão é mantida a zero, neste período o gancho apanha a laçada da linha da agulha.
5. Aos 220° o fornecedor de linha da agulha inicia o seu movimento, fazendo subir a tensão até que este atinja o ponto mais inferior do seu movimento.
6. Aos 240° a tensão sofre uma quebra, subindo logo de seguida, na altura em que a laçada superior da linha passa o ponto mais inferior da bobina.

7. Entre os 250 e os 290°, verificam-se ligeiras oscilações nos valores da tensão da linha como resultado da passagem da laçada à volta da bobina.
8. No intervalo de 290 a 300° a tensão sofre uma subida, durante o qual a mola iniciou o seu movimento para a frente, a agulha atingiu o seu ponto mais superior e a laçada soltou-se do gancho de transferência, fazendo cair a tensão para aproximadamente zero.
9. No intervalo de 300 a 320°, ocorrem ligeiras oscilações nos valores da tensão devido à mola.
10. Entre 320 e 360°, ocorre uma rápida e elevada subida nos valores da tensão da linha da agulha, atingindo o valor máximo aos 360°. Nesta fase o fornecedor de linha da agulha puxa a linha inferior da bobina para o centro do material e retira a linha necessária, do tensor principal, para a formação do ponto seguinte.
11. O pico mais elevado (18) é atingido quando a fornecedor de linha da agulha está no seu ponto mais elevado e a linha da agulha é puxada através do tensor principal.
12. O pico 4 ocorre quando a agulha atinge o material.
13. Quando a laçada da linha da agulha passa através da bobina, ocorrem os picos 10, 14 e 16 [6].

Contudo, é necessária mais informação para compreender completamente as variações das tensões de linha descritas anteriormente.

*Onoue* [12] mostrou que à medida que a tensão na linha da bobina aumentava, o pico mais elevado aumentava linearmente e os picos originados pelo contacto entre a laçada da linha da agulha e a bobina diminuía, e à medida que o comprimento do ponto aumentava, o pico

mais elevado diminuía, mas o seu aumento não era proporcional ao aumento do comprimento do ponto.

*Kamata, Kinoshita, Ishikawa e Fujisaki* [9] concluíram que a tensão da linha da agulha é um factor importante na obtenção de uma costura de qualidade. “Se a tensão não for correcta, i. e., demasiado elevada ou demasiado baixa, o ponto fica demasiado apertado ou frouxo”.

No seu trabalho, *Deery e Chamberlain* [8] afirmaram que as “variações de tensão estão intimamente relacionadas com a resistência e qualidade das costuras”.

Nos seus estudos, *Ferreira* [14] e [15], baseando-se na crença tradicional de que o balanceamento da costura é função das tensões nas linhas da agulha e bobina, de uma máquina de ponto preso, estabeleceu uma relação entre o balanceamento da costura e os picos de tensão gerados em ambas as linhas durante o ciclo do ponto, da qual resultou uma equação para prever o balanceamento da costura de acordo com o pico de tensão desenvolvido. Fazendo variar as condições de costura (tensão na linha da agulha, tensão na linha da bobina, velocidade da máquina, número de folhas, diferentes materiais e tipo de linha de costura) foram definidas afinações da tensão nas linhas, que asseguram a obtenção de costuras balanceadas. Assim, foi idealizado um sistema de controlo, de modo que os picos de tensão gerados, quer na linha da agulha quer na linha da bobina durante um ciclo de ponto, podem ser medidos por um transdutor e com esta informação, estabelecer uma comparação com as condições de trabalho previamente definidas. Caso sejam detectadas diferenças significativas, um sinal de saída pode ser enviado a um dispositivo que ajustará a tensão aplicada à linha da agulha para o valor correcto, de forma a obter-se uma costura balanceada. Os limites de variação dos picos de tensão devem ser definidos individualmente para linhas de costura e materiais. Contudo, é possível definir uma série de condições dentro das quais se pode obter uma costura balanceada.

Posteriormente [16], chegou à conclusão que a obtenção de uma costura balanceada não é só função das tensões nas linhas da agulha e bobina, como anteriormente se acreditava, mas também da fase em que a relação entre as tensões das linhas da agulha e da bobina

ocorrem, uma vez que a finalização do ponto de costura só termina no ciclo de formação do próximo ponto e em diferentes momentos, dependendo dos valores das tensões.

Trabalhos efectuados no passado, mostraram que o trabalho de um mecânico de máquinas de costura numa confecção típica passa aproximadamente 66% do seu tempo a diagnosticar as falhas das máquinas, e cerca de 20% em reparações e afinações das máquinas.

*Greenberg* [11], consciente deste facto e baseando-se no trabalho desenvolvido por *Deery* e *Chamberlain*, desenvolveu um instrumento, considerado de grande utilidade para a afinação das máquinas de ponto preso e para a detecção do tipo de defeitos que a máquina está sujeita.

O instrumento consistia num transdutor, do tipo *strain gauge*, figura 2.2.4., o qual fornecia um sinal da tensão na linha da agulha a um amplificador, observando-se o sinal num osciloscópio, Figura 2.2.5. Neste trabalho foram utilizadas diferentes afinações da máquina de ponto preso e registada a variação da tensão ao longo de cada ponto de costura, figura 2.2.6.

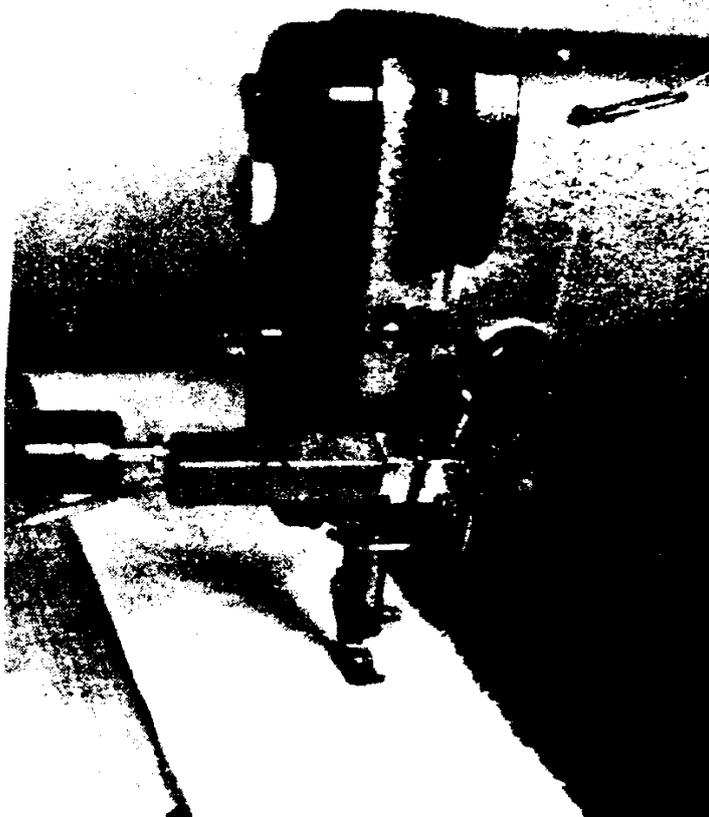


Figura 2.2.4 - Transdutor para leitura da tensão na linha da agulha.



Figura 2.2.5 - Osciloscópio para visualização da tensão da linha da agulha em cada ponto de costura.

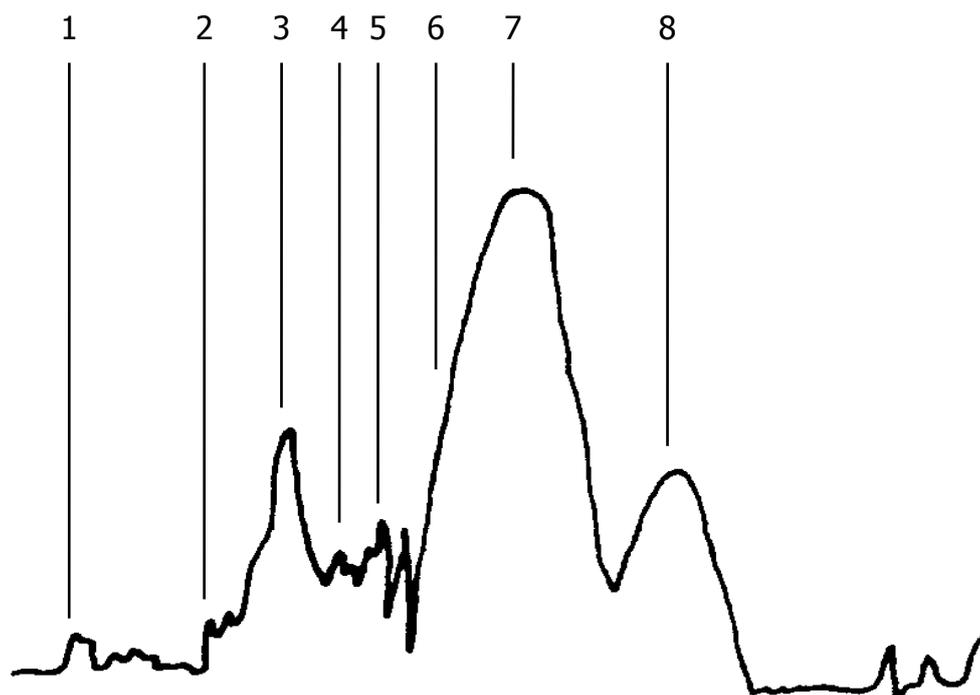


Figura 2.2.6 - Variação da tensão padrão na linha da agulha para a máquina de ponto preso Pfaff 463-6/1-9003 BS.

*Greenberg* [9] concluiu que a variação da tensão é função das condições de costura e que é possível determinar a variação óptima para uma dada máquina, permitindo assim a qualquer mecânico de máquinas de costura afinar com relativa facilidade para produzir com a máxima eficiência. Por outro lado, estabelecendo as variações da tensão tipo para os defeitos conhecidos mais comuns, permite ao mecânico detectar rapidamente a causa desses defeitos.

### **3. MEDIÇÃO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE COSTURA DA MÁQUINA DE COSTURA PONTO PRESO**

#### **3.1. Metodologia de Análise**

Este trabalho tem como objectivo avaliar a influência de determinados factores em alguns parâmetros de costura.

Neste capítulo será descrita a metodologia adoptada com esse objectivo, cujos resultados serão apresentados nos capítulos posteriores.

Será efectuada uma análise da influência de vários factores nas tensões geradas nas linhas de costura durante a formação do ponto de costura tipo 301 (agulha e bobina), no consumo de linha, na força desenvolvida na barra da agulha como consequência da penetração da agulha, na qualidade da costura.

Serão vários os factores a serem analisados neste trabalho:

O efeito da pré-tensão nas linhas de costura, para o que se procederá a diferentes ajustamentos na pré-tensão de cada uma das linhas, individualmente e em conjunto;

A estrutura do material a ser costurado, sendo testados tecidos com estruturas tafetá e sarja, produzidas com diferentes composições, diferentes massas por unidade de superfície e diferentes acabamentos;

A tabela seguinte, ilustra as diferentes amostras a serem testadas, a sua massa por unidade de superfície, composição, tipo de estrutura usada bem como o fim a que se destina cada um dos tecidos.

<b>Identificação dos tecidos</b>	<b>Massa por unidade de superfície (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Composição (%)</b>	<b>Estrutura</b>	<b>Utilização</b>	<b>Tipo de acabamento/ especificidade</b>
<b>1</b>	213	98 Lã 2 Elastano	Sarja 2/1	Fatos para homem e senhora	
<b>2</b>	227	98 Lã 2 Elastano	Sarja 2/1	Fatos para homem e senhora	Maior densidade trama
<b>3</b>	167	100 Lã	Sarja 2/1	Fato para homem	
<b>4</b>	187	100 Lã	Sarja 2/1	Fato para homem	
<b>5</b>	213	100 Lã	Sarja 2/2	Fato e calça para homem	
<b>6</b>	227	100 Lã	Sarja 2/2	Fato e calça para homem	Maior densidade trama
<b>7</b>	200	44 Lã 54 Poliéster 2 Elastano	Tafetá	Uniformes para polícia e militares	Com acabamento impermeabilização e anti-óleo
<b>8</b>	200	44 Lã 54 Poliéster 2 Elastano	Tafetá	Uniformes para polícia e militares	Sem acabamento impermeabilização e anti-óleo
<b>9</b>	250	44 Lã 54 Poliéster 2 Elastano	Sarja 2/1	Uniformes para polícia e militares	Com acabamento impermeabilização e anti-óleo
<b>10</b>	250	44 Lã 54 Poliéster 2 Elastano	Sarja 2/1	Uniformes para polícia e militares	Sem acabamento impermeabilização e anti-óleo

Tabela 3.1.1 – Caracterização dos tecidos.

A massa linear dos fios utilizados na fabricação do material a ser costurado, para o qual serão utilizadas amostras de tecido produzida com fio nas estruturas de sarja e tafetá respectivamente;

O número de camadas (folhas) de material a ser costurado, em que serão efectuados ensaios com uma e duas folhas.

Para a realização dos ensaios atrás descritos, foi utilizada uma máquina de ponto preso a produzir o ponto de costura tipo 301. Foram recolhidos cinco ensaios em cada uma das situações, sendo cada um deles constituído por 20 pontos de costura completos (20 ciclos completos da máquina de costura), pelo que em cada situação de costura a amostra de pontos de costura é de 100 pontos.

Assim, foram utilizadas três estruturas de tecido:

- Tecido sarja 2/1;
- Tecido sarja 2/2;
- Tecido tafetá.

Cada estrutura varia em função da sua composição, massa linear dos fios usados, massa por unidade de superfície bem como o tipo de acabamento.

## 3.2. Calibração

No sentido de estabelecer uma relação entre o sinal digital armazenado no ficheiro do computador e o valor correspondente em gramas, foi efectuada uma calibração para o sensor da linha de agulha.

### 3.2.1. Método Utilizado

A calibração consiste em determinar qual a resposta do sistema, em termos de tensão eléctrica, a diferentes valores de peso que se aplicam na linha de agulha, sob o efeito da gravidade, de modo a determinar os valores reais de tensão de linha obtidos na experimentação do material costurado.

Em trabalhos anteriores, foi desenvolvido um programa que permite efectuar a calibração do sistema. Este programa (figura 3.4.1.1) efectua leituras dos canais de tensão de linha (neste caso da agulha), em intervalos de tempo e número que o utilizador escolhe, calculando depois a respectiva regressão linear.

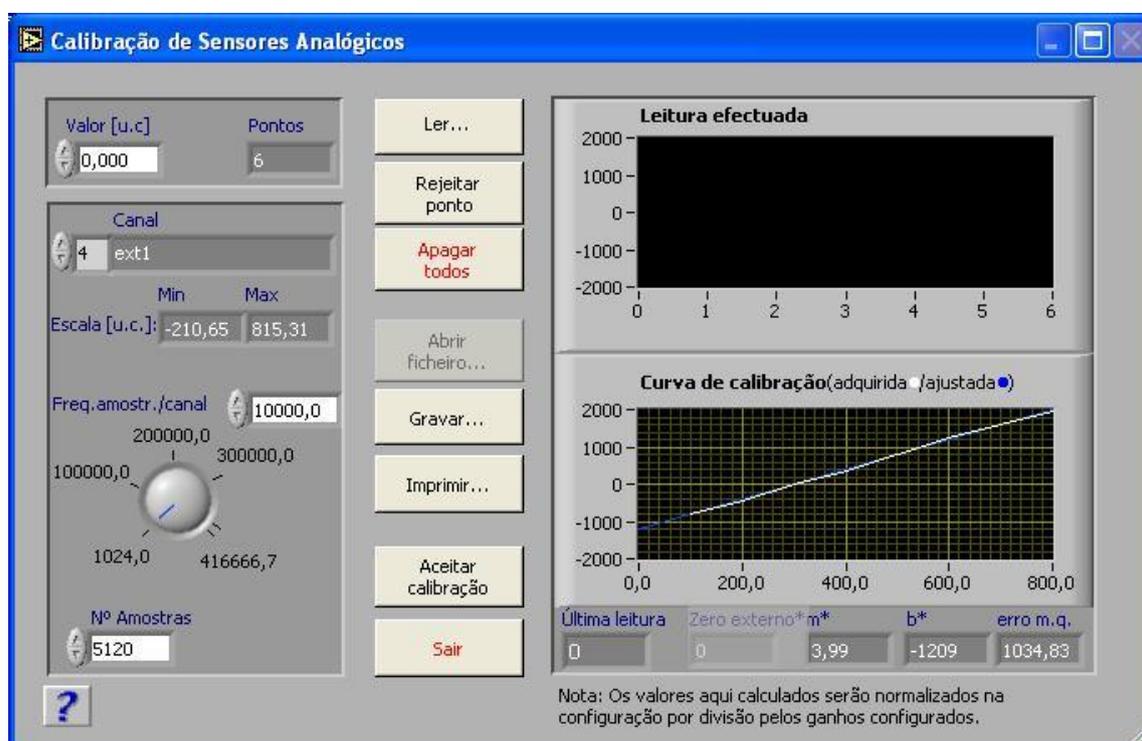


Figura 3.4.1.1. - Painel de calibração do sensor.

Para a calibração do sensor da linha de agulha, foi retirada a linha do seu percurso tradicional (tensor e olhais). Esta após ser fixa num olhal, passa pelo sensor e é conduzida através de uma roldana onde serão colocados os pesos para efectuar a calibração, conforme mostra a figura 3.4.1.2.

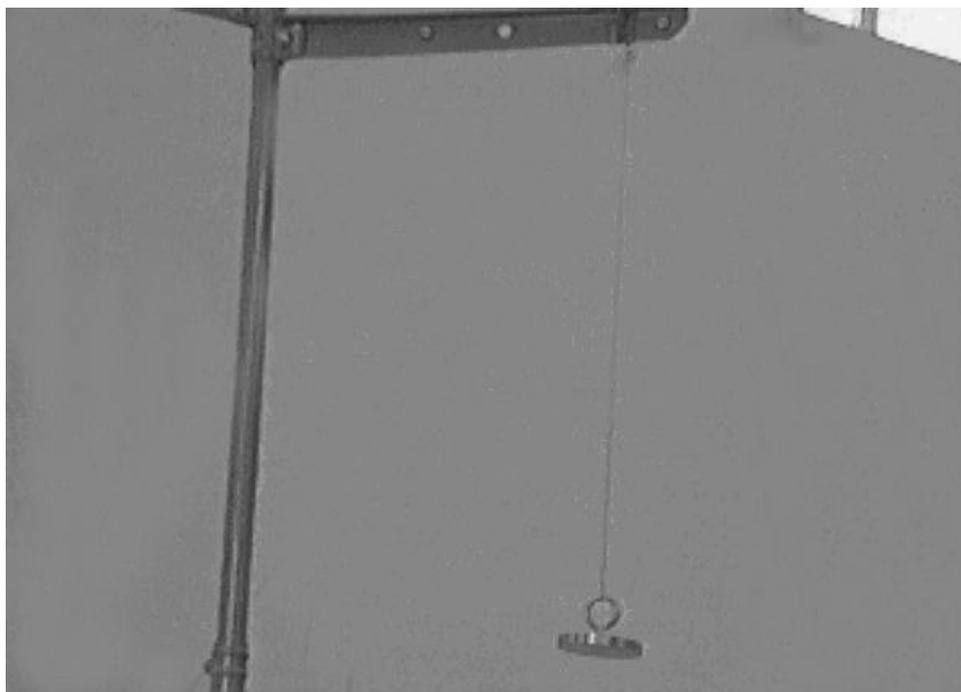


Figura 3.4.1.2. - Método utilizado para calibração do sensor

Para isso, aplicaram-se diferentes pesos de valor conhecido, obtendo-se pontos, que foram utilizados para efectuar uma regressão linear.

Foram efectuados sete ensaios (com diferentes pesos) e obteve-se sete resultados (saída digital). Com esses valores, foi efectuado um gráfico e a respectiva regressão linear.

A Tabela seguinte mostra o valor obtido (saída digital) para cada um dos pesos utilizados.

Peso (g)	Saída digital
0	-1209
100	-802
200	-442
300	10
400	348
600	1235
800	1956

Tabela 3.4.1.1. – Relação entre peso e a saída digital

Na figura seguinte, pode ver-se o gráfico com as leituras e a respectiva regressão linear.



Figura 3.4.1.3. - Método utilizado para calibração do sensor

### 3.3. Instrumentação e Software

O sistema utilizado para aquisição, armazenamento e análise dos ensaios efectuados é formado por um conjunto de dispositivos de aquisição de dados, nomeadamente, sensores extensómetros tipo *strain gauge*, sensores piezoeléctricos, *encoders* (codificadores rotativos) digitais, *LVDT* (*Linear Variable Differential Transformer*) e *hardware* para condicionamento e processamento de sinais. Os dispositivos estão ligados a uma placa de aquisição de dados que se encontra instalada num computador [17, 18 e 19].

Um programa informático, desenvolvido em *Labview*, permite efectuar várias tarefas, nomeadamente:

- Calibração de todos os dispositivos;
- Visualização em tempo real da representação gráfica dos resultados de cada um dos parâmetros em análise em cada ensaio;
- Possibilidade de exportação da informação sobre os sinais em formato de texto para folhas de cálculo para posterior análise estatística;
- Funções de processamento de sinal: filtragem digital, rotinas para extracção de valores relevantes em cada sinal, representação gráfica em diferentes tipos de escalas;
- Funcionalidades de estatística básica para uma mais rápida avaliação dos resultados.



Figura 3.3.1 - Laboratório de ensaios.

A figura 3.3.2 apresenta todos os dispositivos montados na máquina de costura utilizada para a realização dos ensaios.

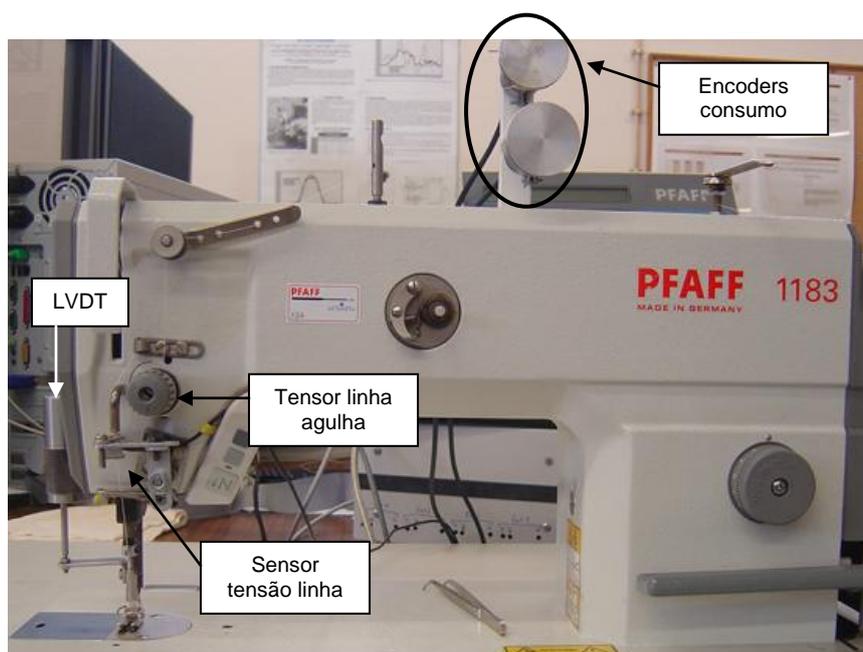


Figura 3.3.2 - Posicionamento dos dispositivos na máquina de ponto-preso.

A figura 3.3.3 mostra o sensor de medição da tensão na linha da agulha, colocado entre o tensor e a agulha.

Este sensor extensómetros tipo *strain gauge* é utilizado para a medição das tensões nas linhas que foram produzidos de acordo com as especificações fornecidas, considerando o nível de precisão pretendido.

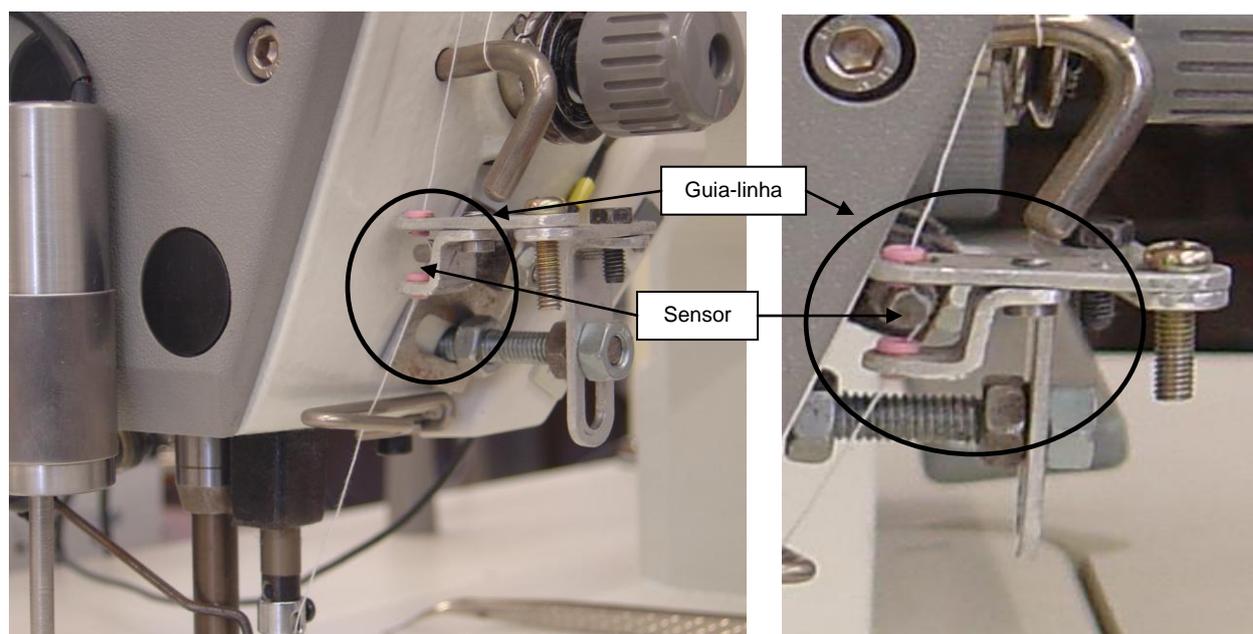


Figura 3.3.3 - Posicionamento do sensor e respectivo guia-linha

Este sensor de alta sensibilidade possui um caminho guia em silicone, que permite diminuir a fricção existente entre a linha e o ponto de contacto com o sensor e evitar que o mesmo se mova da sua posição de percurso ideal.

A figura 3.3.3 apresenta o guia-linha desenvolvido para esta máquina, tendo em conta que a linha de agulha deverá estar sempre em contacto com o sensor. Em cada extremidade do guia-linha existe um olhal em cerâmica, para que o atrito com a linha de agulha fosse o menor possível.

Para medição dos consumos de linha, foi utilizado 1 *encoder* digital (produzidos pela *Omron*) de 500 impulsos/rotação e contador, apresentado na figura 3.3.4.

Para medição dos deslocamento vertical do calcador, foi utilizado um dispositivo electrónico *LVDT* (*Linear Variable Differential Transformer*) (figura 3.3.5) que produz um sinal de saída eléctrico proporcional ao deslocamento do calcador no seu movimento de subida por acção do arrastador. Este dispositivo permite a monitorização em tempo real do movimento do calcador, fornecendo assim informação sobre a dinâmica do sistema de alimentação da máquina de costura.



Figura 3.3.4 – *Encoder* para medição do consumo de linha da agulha



Figura 3.3.5 - LVDT para medição do deslocamento do calcador.

Todos os sinais são condicionados antes de serem adquiridos por uma placa de aquisição de dados (produzida pela *National Instruments*) para serem processados.

### Aquisição de um ensaio



Figura 3.3.6 - Painel de aquisição para cada ensaio.

O programa de software permite definir um nome e uma cor para cada aquisição, permite ainda verificar a saturação do sensor bem como definir a contagem de um determinado número de pontos antes de iniciar a aquisição do mesmo. Desta forma, é evitada qualquer influência que a velocidade da máquina possa ter aquando da sua aceleração até à velocidade seleccionada para o ensaio.

## Calibração

Antes de iniciar a aquisição, é efectuada a calibração do zero de cada um dos sensores.

É possível visualizar os desvios relativamente à última calibração e assim confirmar a estabilidade do sensor.

A calibração do contador, responsável pela medição do consumo de linha para cada ensaio, é também efectuada. Para tal foi medido e marcado um comprimento conhecido (100 centímetros) na linha de agulha, sendo efectuada de seguida a passagem desse mesmo comprimento por um ponto de referência.

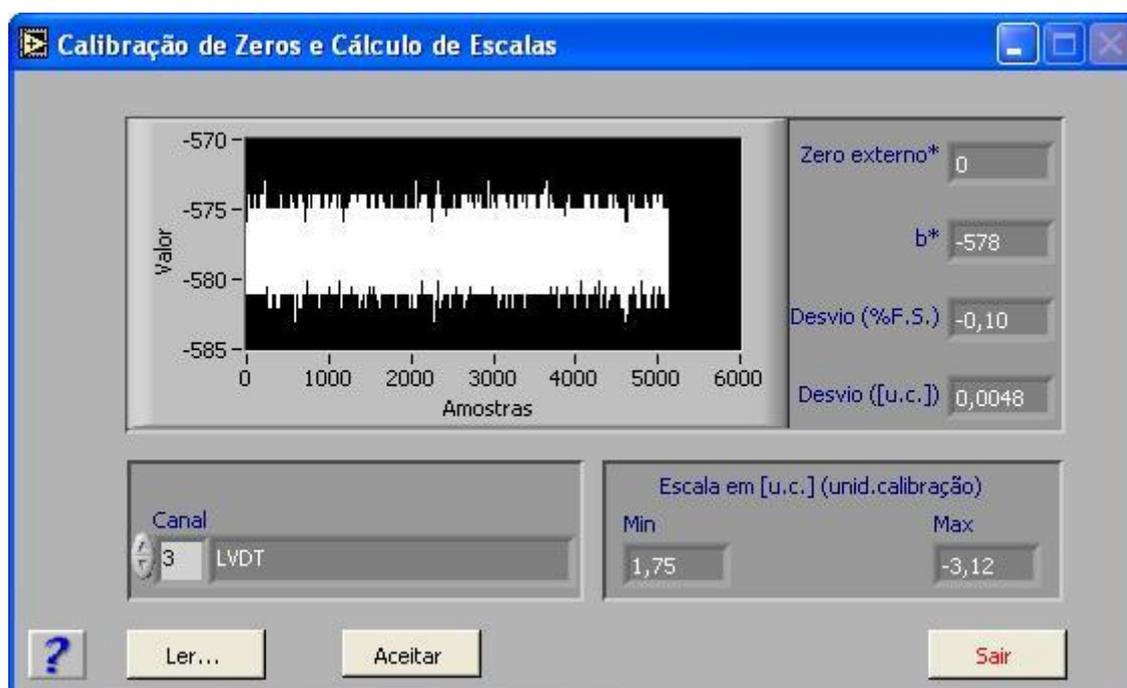


Figura 3.3.7 - Painel de calibração do LVDT.

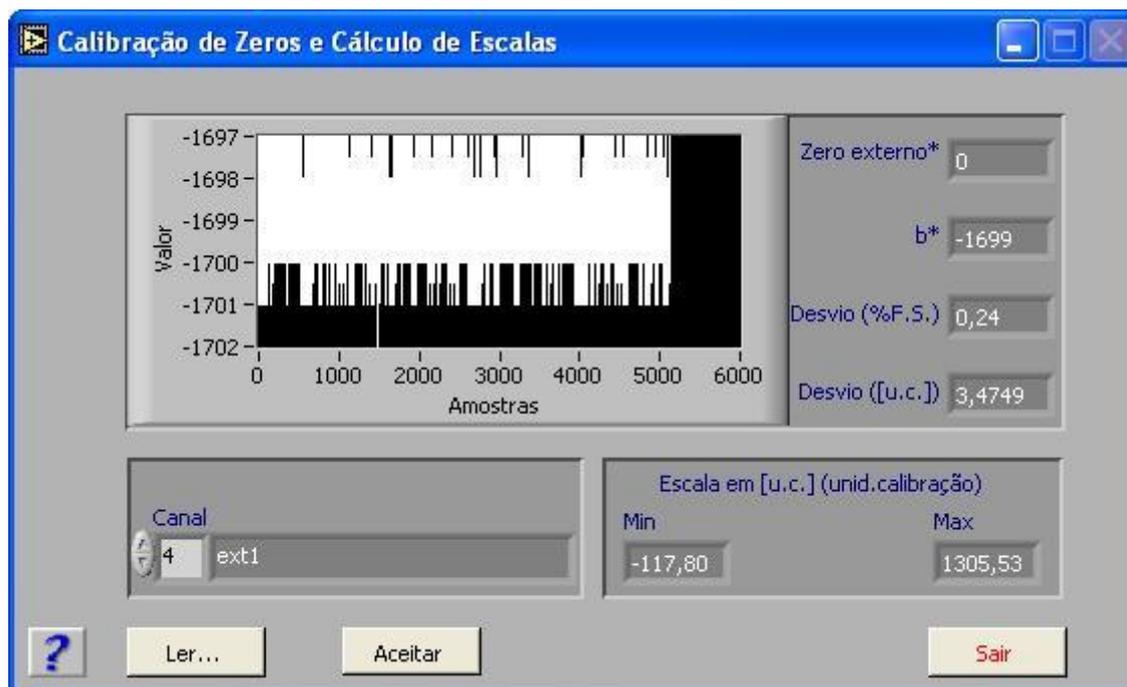


Figura 3.3.8 - Painel de calibração do sensor.

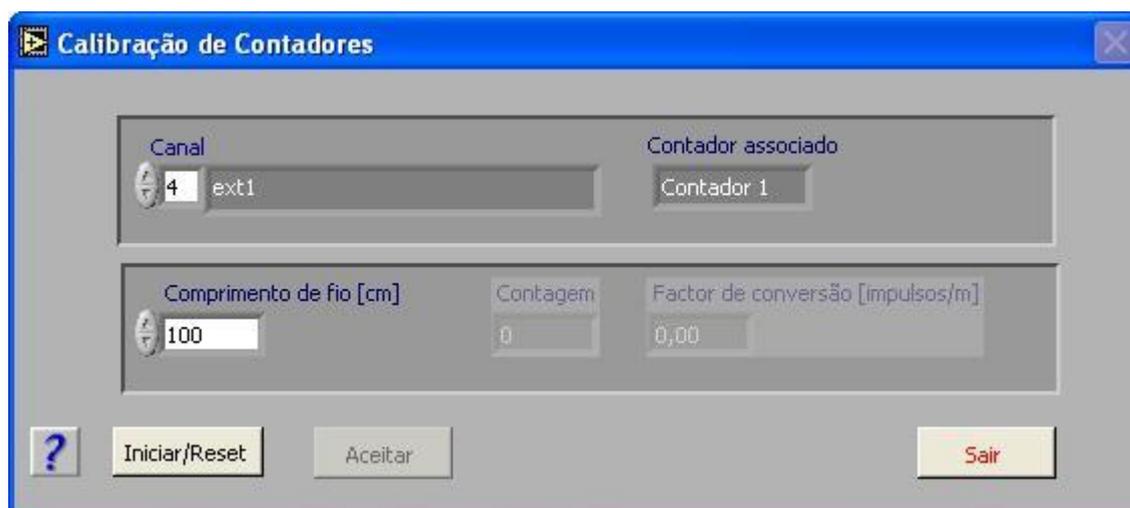


Figura 3.3.9 - Painel de calibração dos contadores de consumo de linha.

### **Painel de configuração**

A figura 3.3.10 apresenta o painel de configuração de cada uma das placas, onde são definidas as configurações para cada um dos sinais, como o canal, o nome, o contador de consumo associado e respectivo factor de conversão (impulsos/m), o número de amostras por canal e a frequência de amostragem por canal.

A figura 3.3.11 mostra o painel onde é possível efectuar a parametrização do ponto de costura a ser efectuada, com o qual será determinado o consumo teórico para cada uma das três linha envolvidas na formação do ponto. Para tal, é definido o tipo de ponto, o comprimento e a largura do ponto. É também efectuada a leitura da posição do calcador sem material (em vazio) e com o material, correspondendo à espessura do material quando sujeito à pressão do calcador.

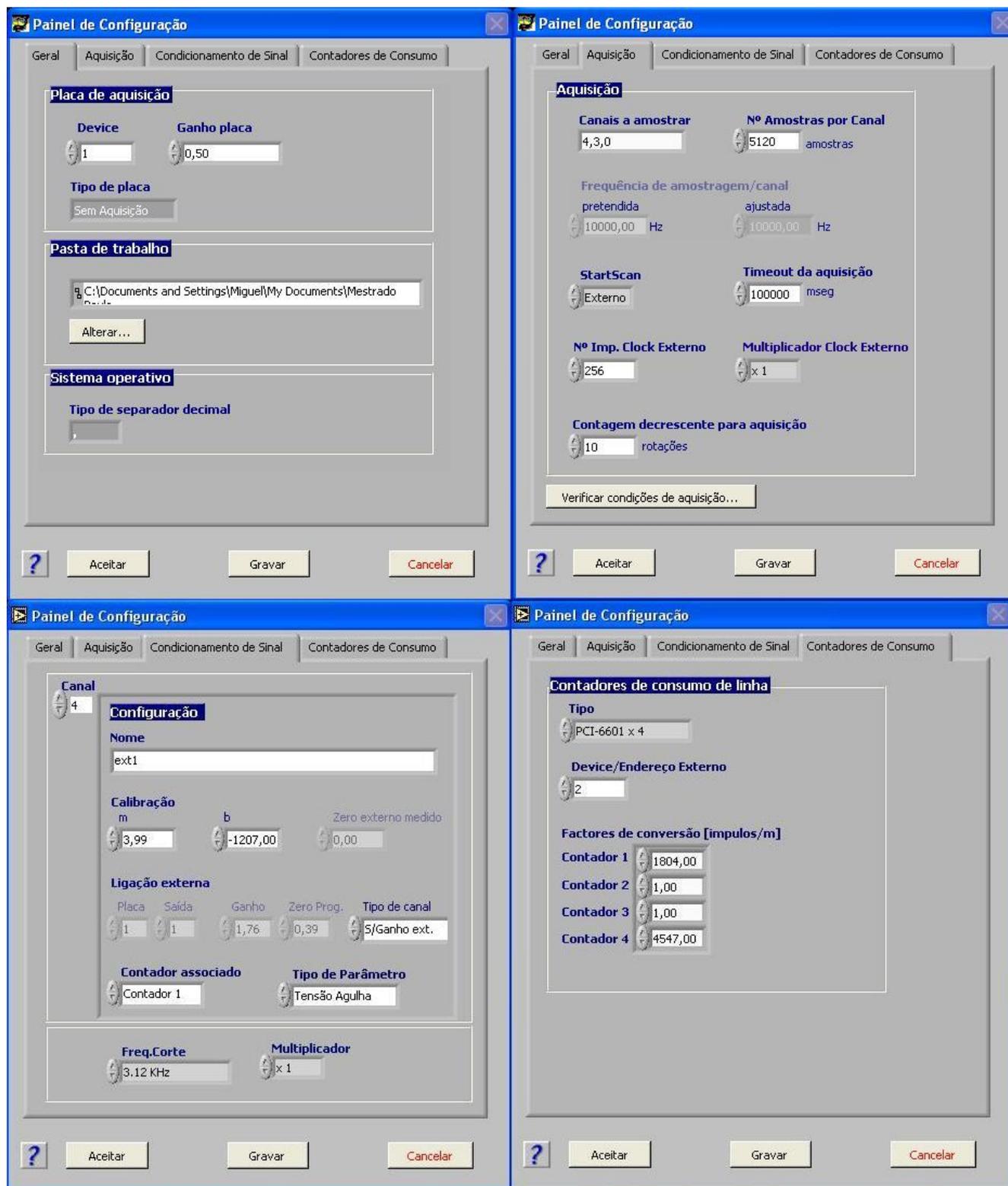


Figura 3.3.10 - Painel de configuração.

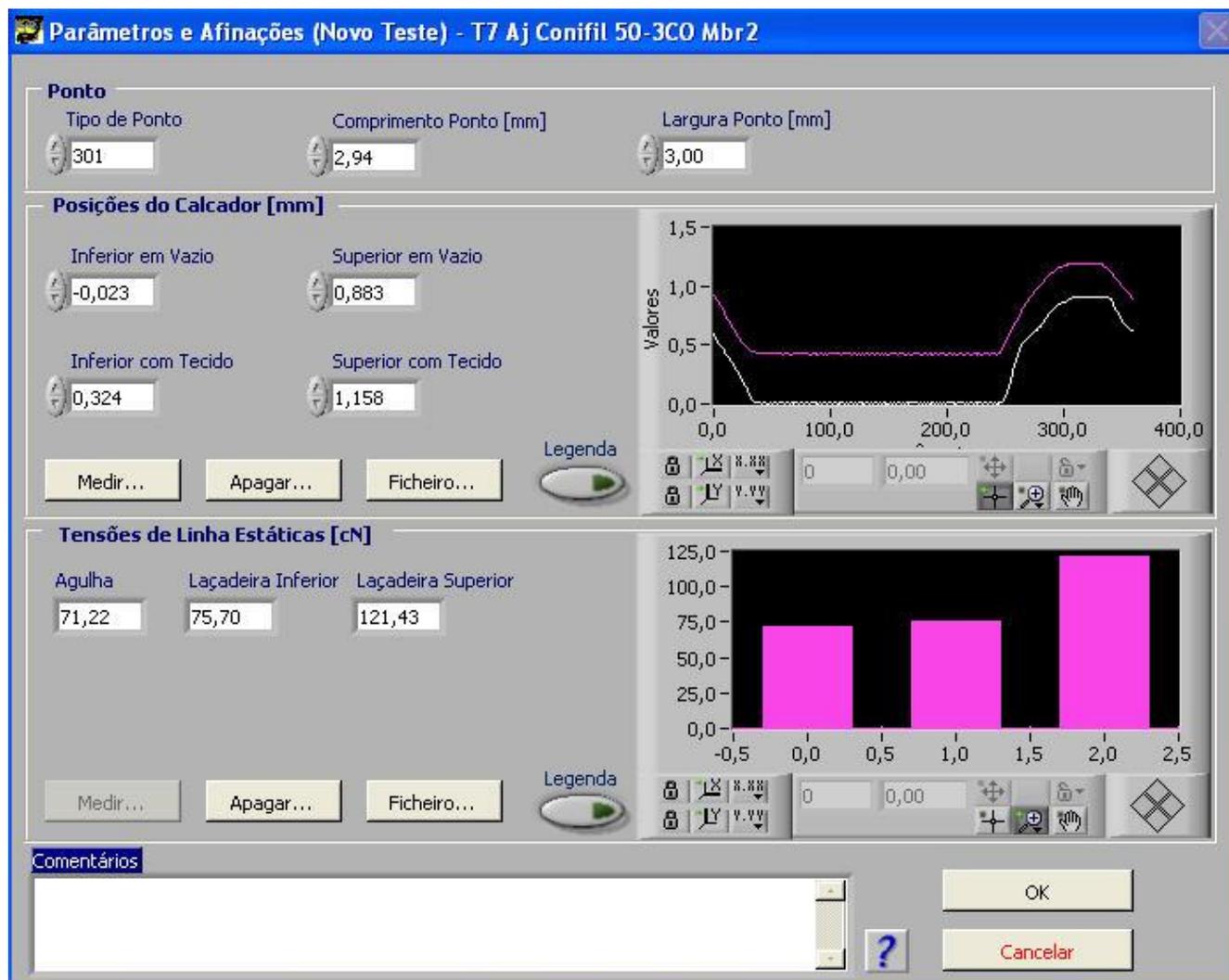


Figura 3.3.11 - Parâmetros e ajustes.

## Propriedades dos sinais

As propriedades para cada um dos sinais são mostradas na figura 3.3.12, podendo as mesmas ser alteradas (nome e cor do sinal).

As condições de aquisição e a variação da velocidade durante o ensaio são representadas na figura 3.3.13.

Na figura 3.3.14, estão representadas as zonas relevantes no ciclo de formação do ponto de costura, para a determinação de cada um dos picos de tensão na linha de agulha.

Para cada zona, foi definido o início e o fim, utilizando como referência os picos de tensão da linha de agulha obtidos.

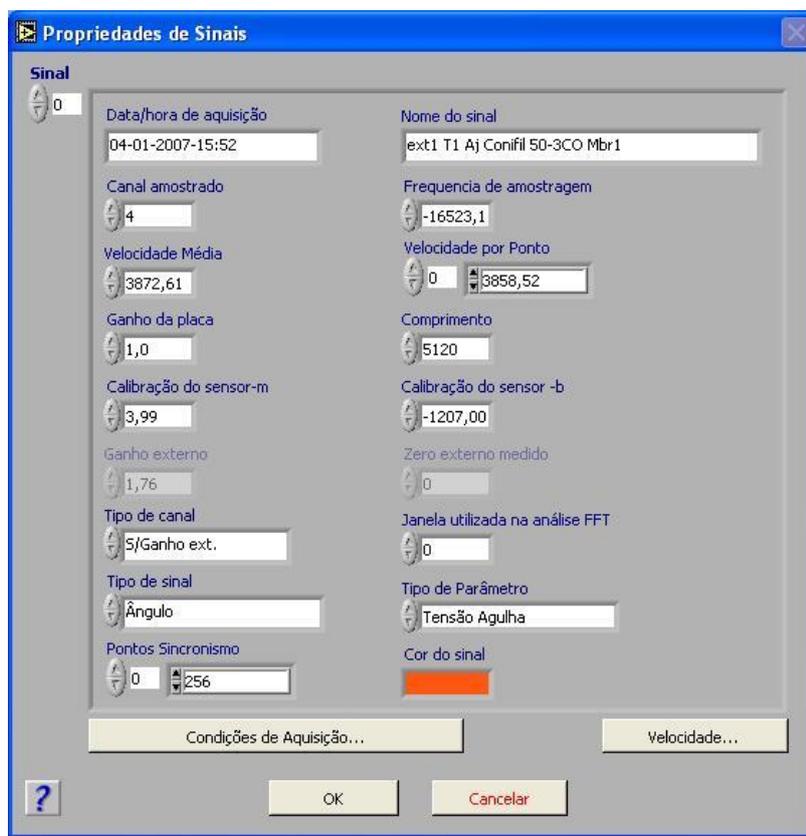


Figura 3.3.12 - Propriedades dos sinais.

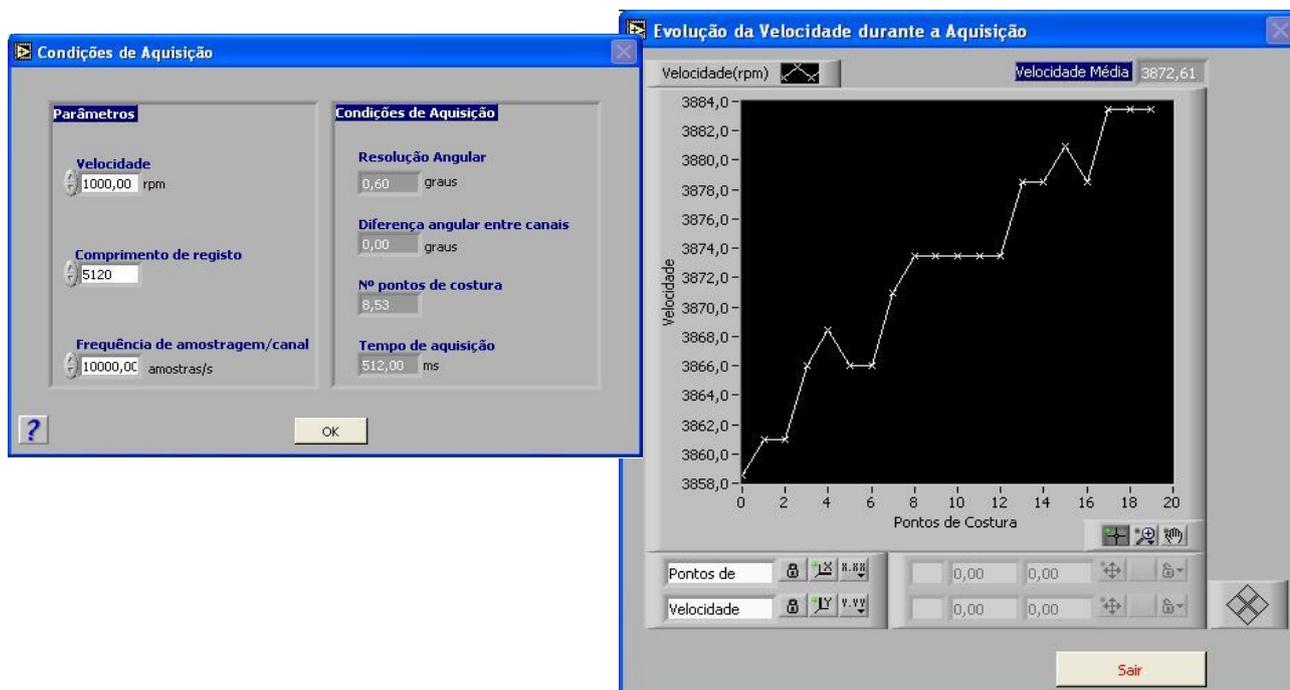


Figura 3.3.13 - Condições de aquisição e evolução da velocidade durante a aquisição em cada ensaio.

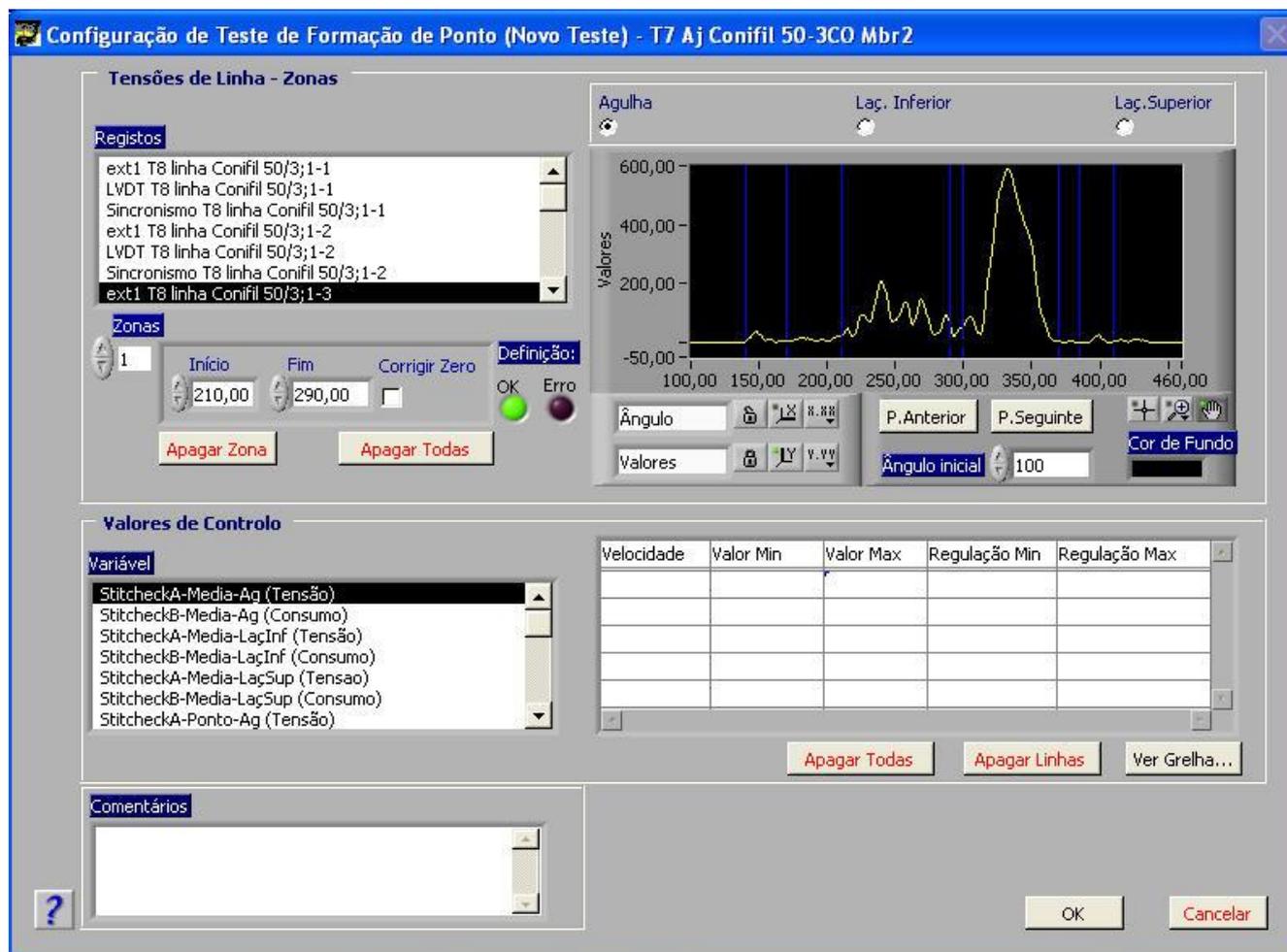


Figura 3.3.14 - Painel de configuração de teste de formação de ponto.

## **4. ESTUDO DO EFEITO DE ALGUNS FACTORES NAS TENSÕES GERADAS NAS LINHAS DE COSTURA E NO SEU CONSUMO**

### **4.1. Metodologia da Análise**

Neste capítulo será analisada a influência da tensão gerada na linha da agulha, da influência da utilização de diversos tecidos, de diversas linhas e agulhas na máquina de ponto-preso, durante o ciclo de costura.

Numa primeira fase será efectuado um estudo sobre o efeito da pré-tensão na tensão gerada na linha de costura durante o ciclo de formação do ponto e respectiva influência na qualidade do ponto de costura.

Numa segunda fase, será efectuado um estudo sobre os diferentes tecidos usados e a sua influência na tensão da linha de agulha, bem como no consumo do respectivo ponto.

Posteriormente irá ser efectuado um estudo sobre a influência da velocidade e da utilização de diferentes tipos de agulha na máquina de pontos preso.

## **4.2. Variações características da tensão da linha de agulha**

Com o objectivo de facilitar a análise dos resultados apresentados nas secções seguintes, é descrito de seguida as curvas tipo que representam a variação da tensão gerada na linha de agulha durante um ciclo de costura, ou seja, um ciclo completo da máquina de ponto-preso, estabelecendo a correspondência entre os picos de tensão e as ocorrências na formação do ponto a eles associados.

### 4.2.1. Variação da tensão na linha da agulha

Na figura 4.2.1.1. é apresentada a variação da tensão na linha da agulha, durante um ciclo da formação do ponto da máquina de ponto preso e os respectivos picos de tensão.

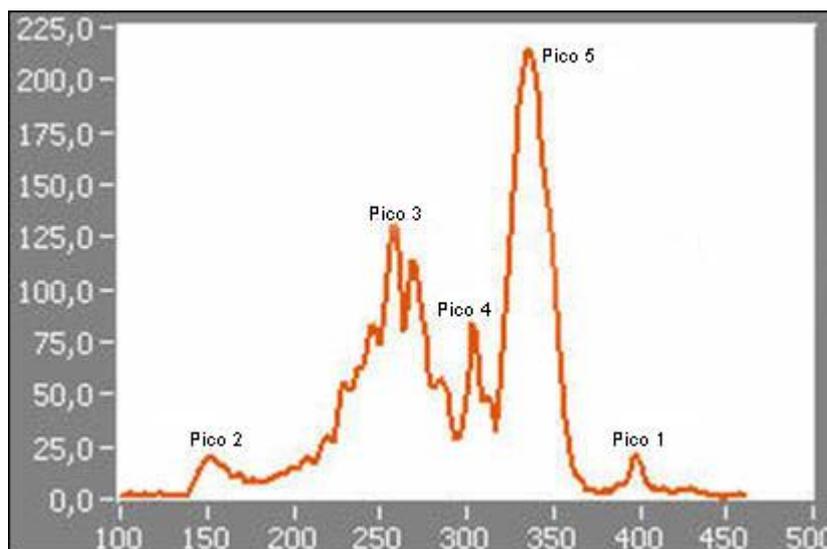


Figura 4.2.1.1. - Evolução da tensão na linha da agulha durante um ciclo da máquina.

Na tabela seguinte, é feita uma correspondência entre os vários picos de tensão num determinado momento (graus) e a ocorrência nesse mesmo ponto.

	<b>Graus</b>	<b>Ocorrência</b>
<b>Pico 1</b>	40	A agulha penetra no material
<b>Pico 2</b>	150	A agulha faz o movimento ascendente
<b>Pico 3</b>	260	Freio começa o movimento ascendente
<b>Pico 4</b>	305	O arrastador empurra o tecido
<b>Pico 5</b>	335	O freio está na posição mais elevada

Tabela 4.2.1.1 – Relação entre os vários picos de tensão e os vários acontecimentos

O primeiro pico (Pico 1) ocorre por volta dos 40º do ciclo da máquina de costura, no momento em que a agulha penetra o tecido. Neste momento, o freio está no seu movimento descendente e o arrastador encontra-se abaixo do espelho.

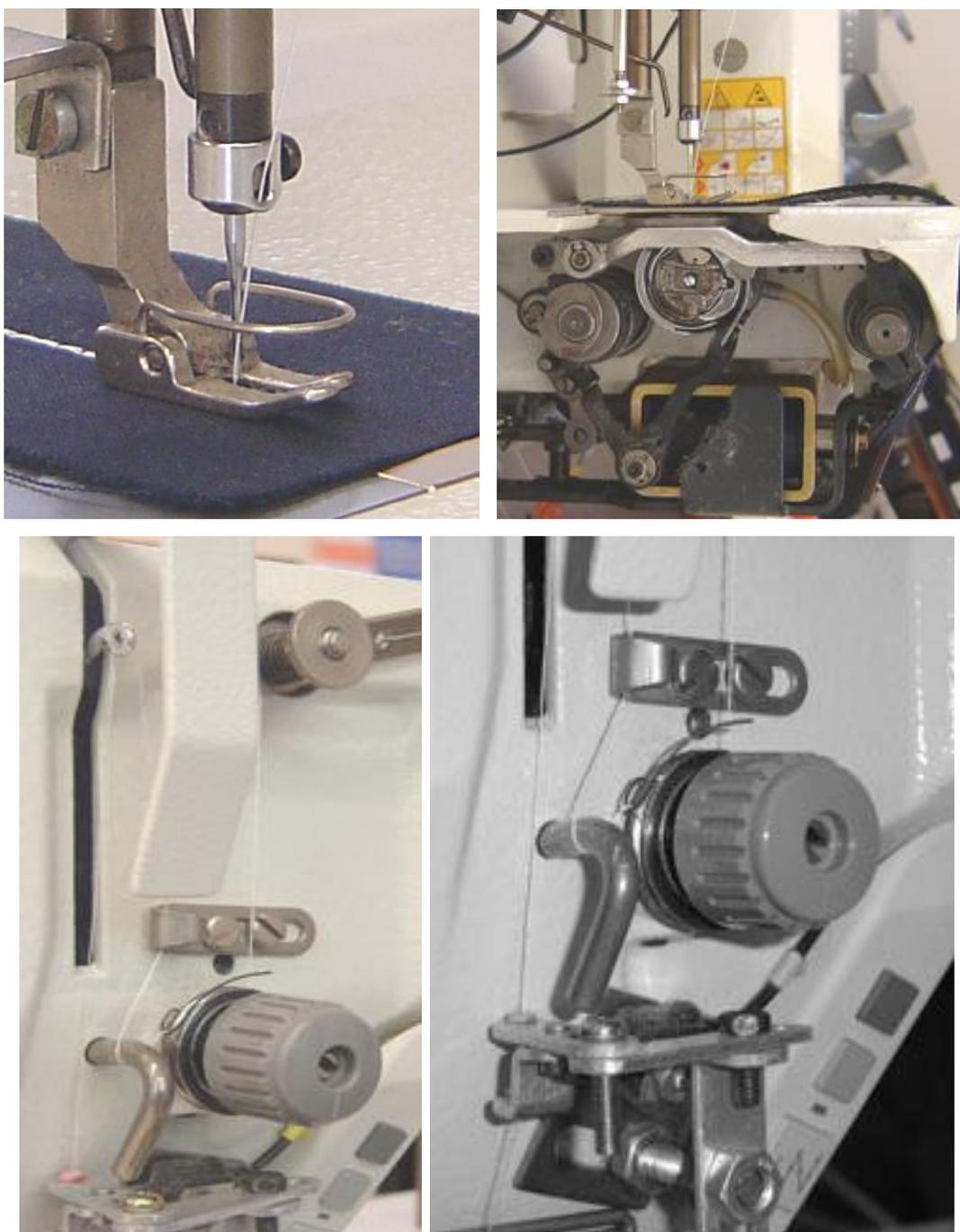


Figura 4.2.1.2. - Posição dos vários elementos aos 40° do ciclo da máquina.

O segundo pico (Pico 2), ocorre por volta dos 150°, agulha está no seu movimento ascendente, o freio continua o seu movimento descendente, a mola do tensor está sem tensão e o arrastador está abaixo do espelho e continua o movimento em direcção ao operador.



Figura 4.2.1.3. - Posição dos vários elementos aos 150º do ciclo da máquina.

O terceiro pico (Pico 3), ocorre por volta dos 260º, a agulha encontra-se na sua posição mais elevada e o freio começa o movimento ascendente. A mola de tensor está sem tensão e o arrastador está acima do espelho e desloca o tecido no sentido oposto ao operador.

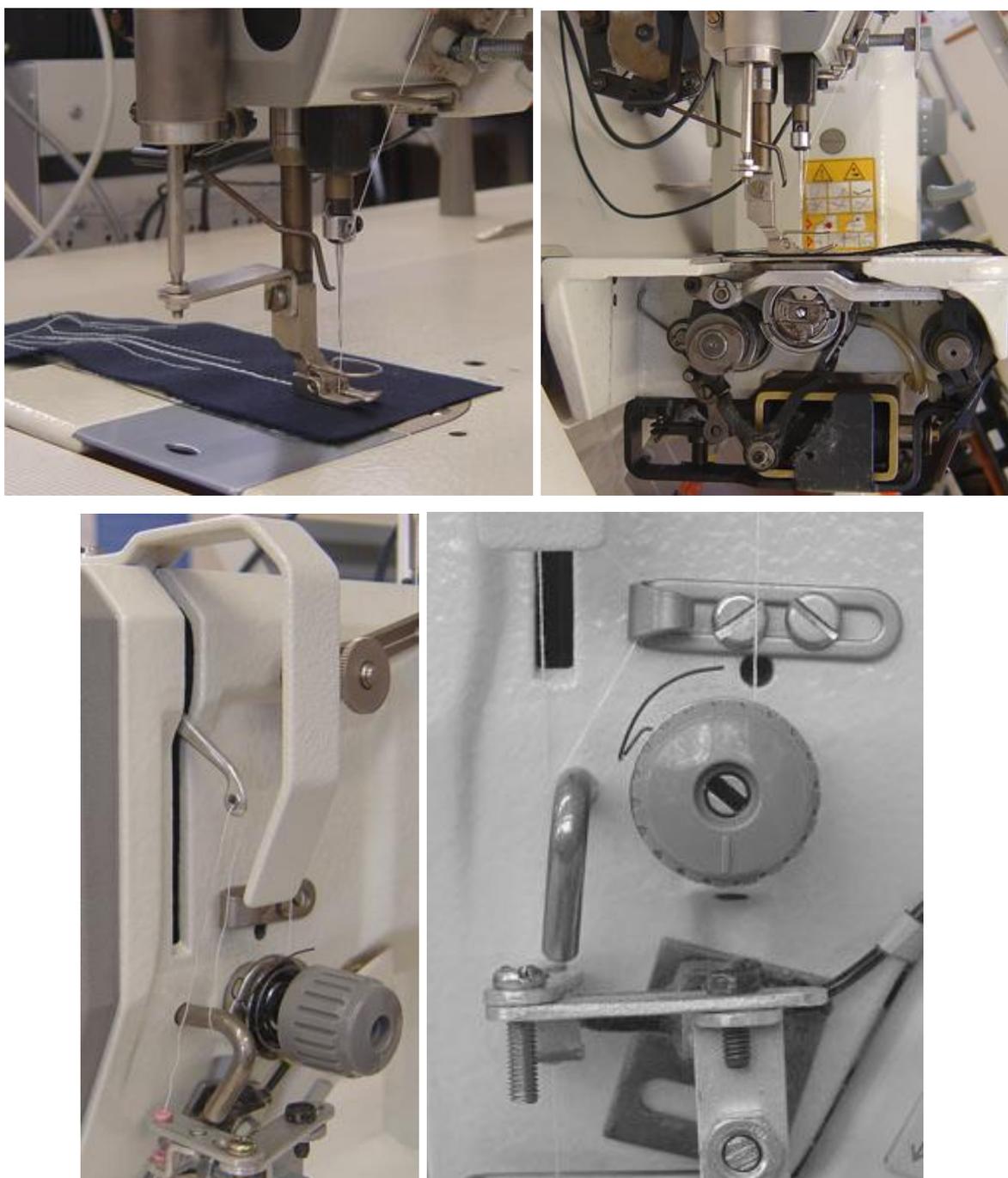


Figura 4.2.1.4. - Posição dos vários elementos aos 260º do ciclo da máquina.

O quarto pico (Pico 4), ocorre por volta dos 305º, a agulha começa o movimento descendente, o freio está no seu movimento ascendente, praticamente no seu máximo, a mola do tensor está ligeiramente sob tensão e o arrastador está acima do espelho e continua a deslocar o tecido no sentido oposto ao operador.



Figura 4.2.1.5. - Posição dos vários elementos aos 305º do ciclo da máquina.

O quinto pico (Pico 5), ocorre por volta dos 335º e neste instante ocorre a maior força de tensão na linha de agulha, como é demonstrado pela Figura 4.2.1.1, a agulha continua o seu movimento descendente, o freio está na sua posição mais elevada, a mola do tensor está sob tensão e o arrastador está acima do espelho e continua a deslocar o tecido no sentido oposto ao operador.

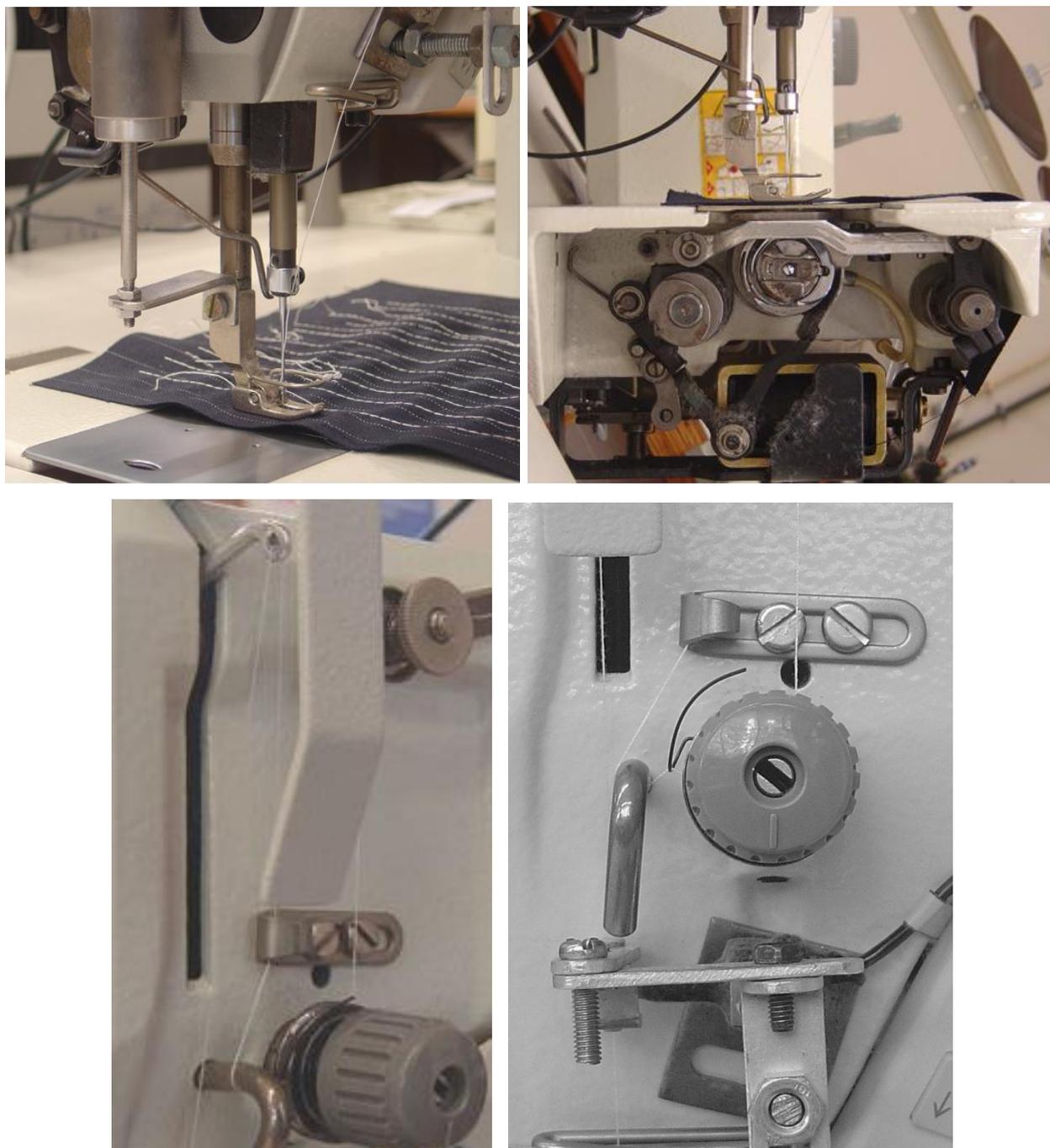


Figura 4.2.1.6. - Posição dos vários elementos aos 335° do ciclo da máquina.

#### 4.2.2. Variação do Consumo de Linha

A determinação do consumo de linha torna-se importante para a qualificação da costura, uma vez que para quantificar um ponto ajustado, o conhecimento das tensões de linha e a suas relações não é suficiente, podendo estas ser as mesmas e os pontos estarem demasiado apertados ou frouxos. Assim, é necessário também ter conhecimento do valor do consumo de cada uma das linhas, neste caso, apenas foi medido o consumo da linha de agulha.

A figura 4.2.2.1 representa o consumo absoluto total de linha da agulha obtido para o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2 Elastano; Sarja 2/1), para os 20 pontos de costura e para as diversas tensões de linha de agulha utilizadas em cada ensaio.

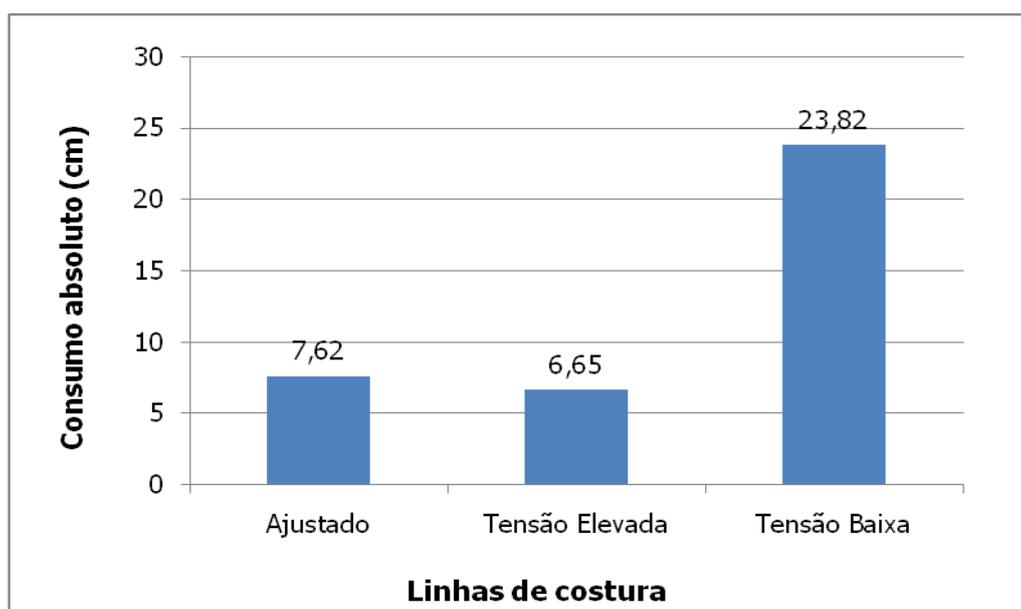


Figura 4.2.2.1 - Variação do consumo absoluto de linha da agulha para o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2 Elastano; Sarja 2/1).

O gráfico da figura 4.2.2.2 representa o consumo médio por ponto de costura de linha de agulha para o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2 Elastano; Sarja 2/1), para as diversas tensões de linha de agulha utilizadas em cada ensaio.

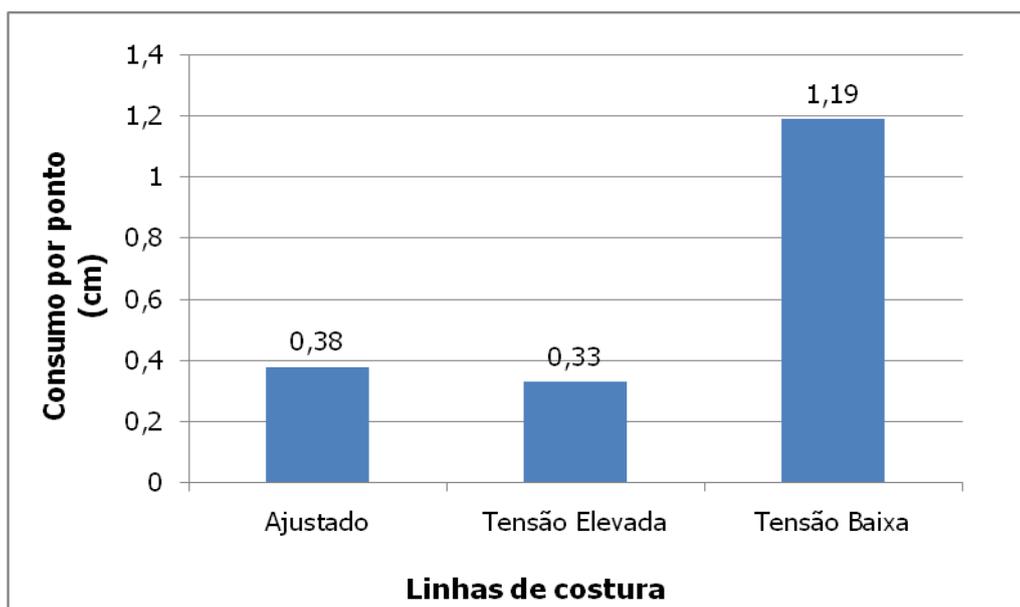


Figura 4.2.2.2 - Variação do consumo médio por ponto de costura para o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2 Elastano; Sarja 2/1).

A figura 4.2.2.3 representa as costuras efectuadas. Sendo a costura A com tensão ajustada, a B com tensão elevada e a C com tensão baixa.

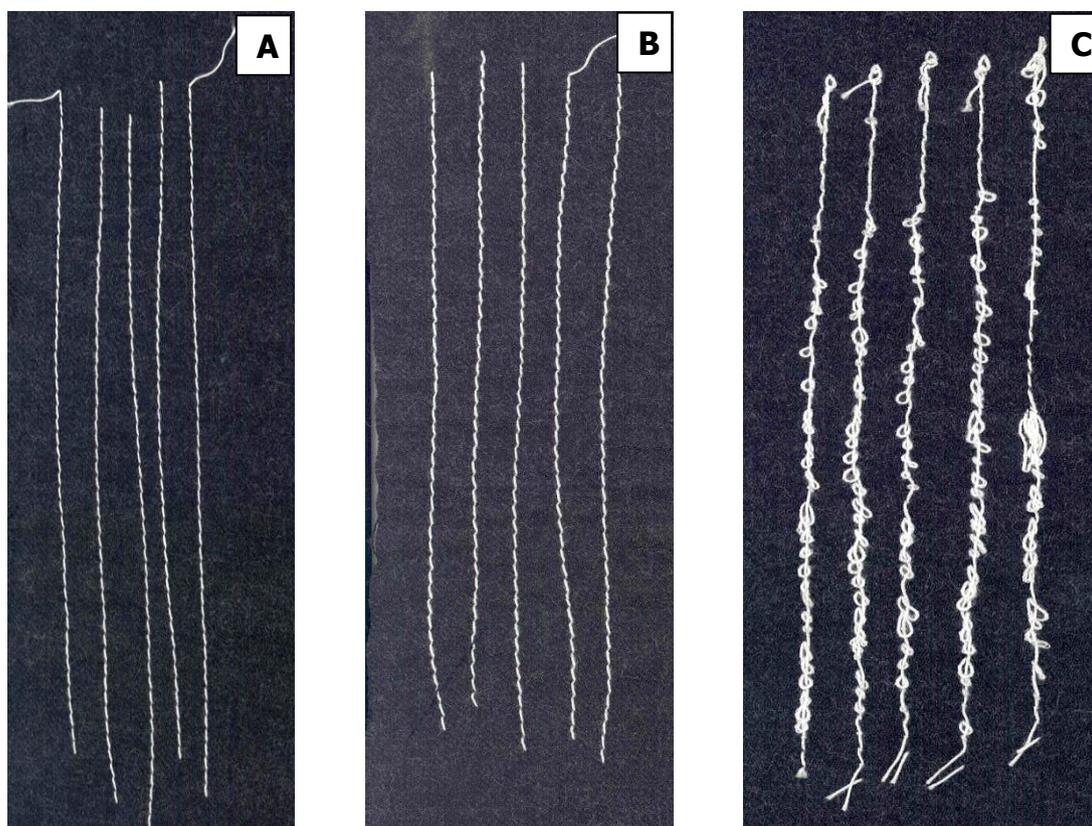


Figura 4.2.2.3 – Diferentes costuras com diferentes tensões - A- Ajustado (Frente); B- Tensão elevada (Frente); C- Tensão baixa (Verso)

Analisando as figuras relativas ao consumo de linha de costura, podemos verificar que os valores entre o ponto ajustado e o ponto com tensão elevada resultam em pequenas variações, enquanto para o ponto com tensão baixa são relativamente superiores.

Esta diferença poderá ser justificada pela análise da figura 4.2.2.3, isto é, ao repararmos na figura C (tensão baixa) a linha de costura ficou demasiado solta. Isto significa que a pré-tensão escolhida para efectuar as respectivas costuras poderá ter sido demasiado baixa. Enquanto para o ponto tensionado, a variação da pré-tensão, por estar muito próximo do limite em termos de linha necessária para a formação do ponto tipo 301, resultou numa reduzida diminuição do consumo de linha da agulha.

Analisando visualmente as várias costuras, podemos referir que a costura referente ao ponto ajustado é uma costura equilibrada. A costura relativa ao ponto obtido com a tensão elevada, ocorreu um franzido do tecido como resultado das tensões exercidas. No caso da costura relativa ao ponto obtido com baixa tensão, podemos observar no verso do tecido que existem linhas demasiado soltas, como resultado da demasiado baixa pré-tensão aferida para a linha da agulha.

No capítulo 4.3, irão ser apresentados todos os resultados relativos aos consumos de linha, obtidos em cada costura com os diferentes tipos de tecido utilizados.

### 4.2.3. Reprodutibilidade da Variação da tensão na linha da agulha em diferentes pontos de costura

Neste sub-capítulo, irá ser abordado a reprodutibilidade da variação da tensão na linha da agulha durante a formação do ponto de costura tipo 301 na máquina de costura ponto preso.

A figura 4.2.3.1 representa quatro ciclos completos do ponto de costura para quatro materiais diferentes (A - (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã / 2 Elastano; Sarja 2/1); B - (167g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/1); C - (200g/m<sup>2</sup>; 44 Lã / 54 Poliéster/ 2 Elastano; Tafetá); D - (250g/m<sup>2</sup>; 44 Lã / 54 Poliéster / 2 Elastano; Sarja 2/1);)

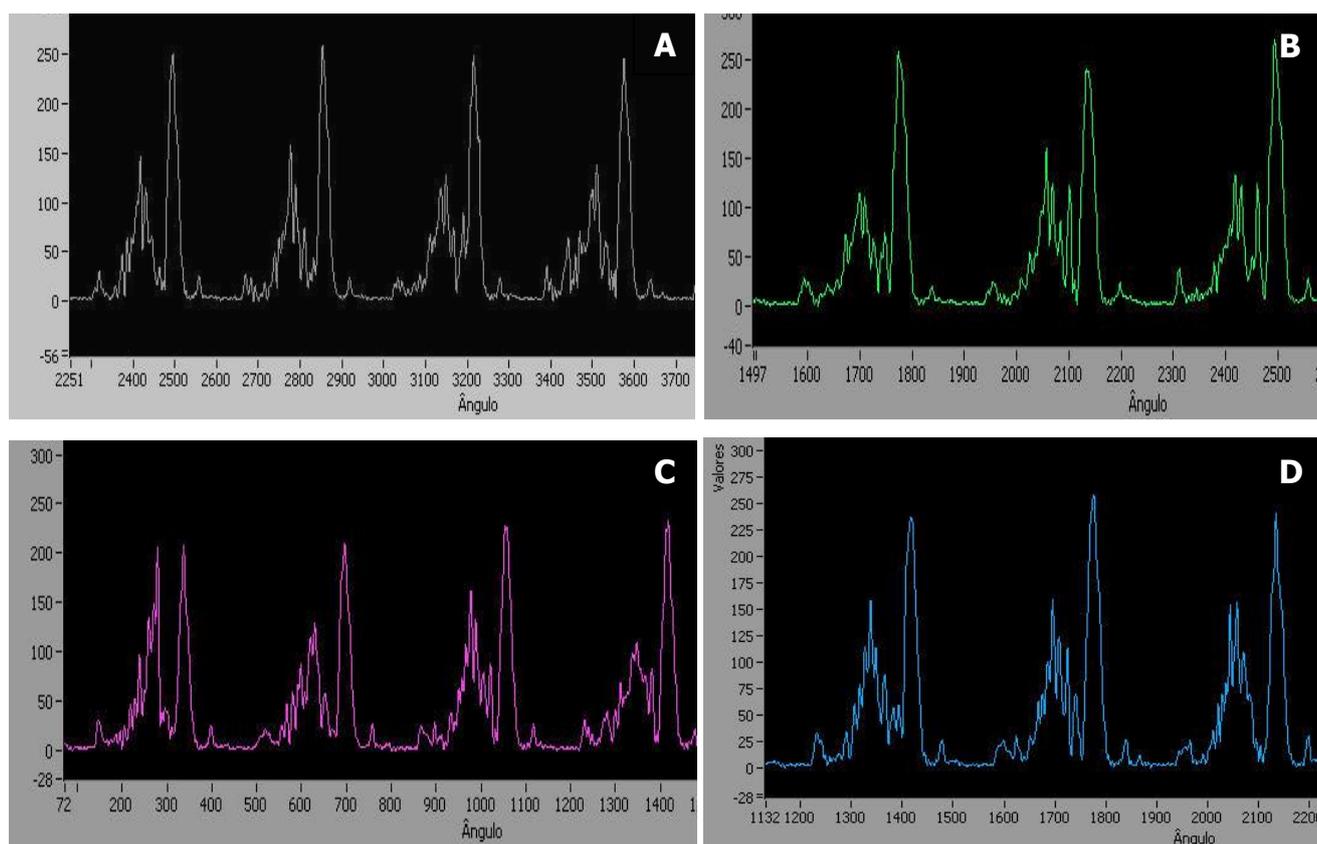


Figura. 4.2.3.1 – Variação da tensão na linha da agulha em quatro tecidos diferentes (A - (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2 Elastano; Sarja 2/1); B - (167g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/1); C - (200g/m<sup>2</sup>; 44 Lã/54 Poliéster/2 Elastano; Tafetá); D - (250g/m<sup>2</sup>; 44 Lã/54 Poliéster/2 Elastano; Sarja 2/1);)

Como se pode ver pela figura anterior, existe uma boa reprodutibilidade em termos de forma e valor da variação da tensão na linha da agulha durante a formação do ponto de costura para as mesmas condições de costura.

Verificamos também que existe uma reprodutibilidade na forma entre diferentes materiais. No entanto, o valor relativo de cada pico varia para os diferentes materiais.

Esta confirmação torna-se bastante importante pois comprova a consistência do sinal obtido para as mesmas condições de costura, permitindo identificar situações anómalas de formação do ponto conforme ilustra a figura 4.2.3.2, nomeadamente pontos falsos, rebentamento da linha de agulha.

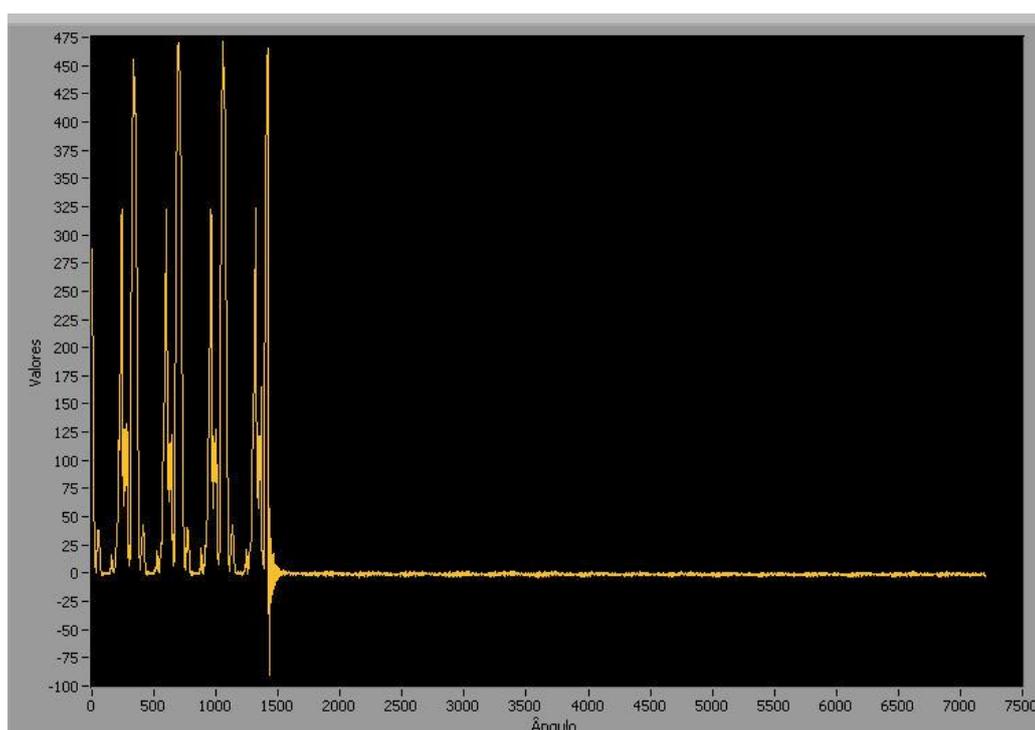


Figura 4.2.3.2 1 - Identificação de uma anomalia (rebentamento da linha) durante a costura

### **4.3. Estudo do efeito da estrutura do material nos parâmetros de costura, durante a formação do ponto**

#### **4.3.1. Introdução**

Com a actual situação da Indústria Têxtil e do Vestuário, com encomendas de um número reduzido de peças, grande variedade de modelos e utilização de diferentes materiais, os tempos de paragem para afinação das máquinas de costura são cada vez maiores.

O conhecimento do comportamento das principais estruturas de material utilizado na produção de peças de vestuário torna-se pois bastante importante para minimizar estes tempos de paragem e conseguir níveis de produtividade que permitam às empresas manter a sua competitividade.

Nesta secção será feita uma comparação entre costuras efectuadas em diferentes tecidos. Serão avaliados tecidos, com diferentes características: composição, estrutura, massa por unidade de superfície, acabamentos e o fim a que se destinam os diversos tecidos, de forma a possibilitar a análise da sua influência na tensão gerada na linha de agulha, durante um ciclo de formação do ponto.

Os ensaios foram realizados em diferentes condições:

1. Com o ponto ajustado;
2. Aumentado a tensão da linha de agulha, provocando um ponto de costura com tensão elevada;
3. Diminuindo a tensão da linha de agulha, provocando um ponto de costura com baixa tensão.

Para todos os ensaios, apenas se alterou a tensão da linha de agulha. A tensão da linha da bobina foi mantida constante ao longo de todos os ensaios.

Para cada uma das situações foram efectuados 5 ensaios, cada uma das costuras com 20 pontos de costura.

A comparação será efectuada em quatro zonas pré-determinadas que incluem os principais picos de tensão definidos anteriormente e o respectivo consumo médio absoluto e por ponto, para as diferentes condições de cada ensaio realizado.

### 4.3.2. Condições de Costura

A Tabela 4.3.2.1. apresenta as condições de costura utilizadas em todos os ensaios.

Máquina de Costura / Ensaios	
Marca	PFAFF 1183
Velocidade	4000 rpm
Número pontos por centímetro	3,5 pontos/cm
Agulha	90 Ponta esférica - <i>GROZ - BECKERT</i>
Tipo de Ponto	301
Material	
Estrutura	Sarja 2/1, Sarja 2/2, Tafetá
Composição	Lã, Lã/Poliéster/Elastanoano, Lã/Elastanoano
Massa por unidade superfície	Tecidos com diferentes massas por unidade superfície
Linha de Costura	
Marca	<i>Conifil</i>
Tipo	100% Algodão meio branco
Número	50/3 tex

Tabela 4.3.2.1. Condições de costura

### 4.3.3. Análise da variação da tensão e do consumo na linha de agulha com a variação da pré-tensão na linha da agulha

A figura 4.3.3.1. representa os gráficos tipo de variação média da tensão, obtidos em cada uma das situações, linha de agulha com Tensão Baixa, Ajustada e com Tensão Elevada, durante um ciclo completo da máquina de costura.

As restantes figuras, ilustram as diferenças existentes nos vários tecidos com diferentes tensões de linha de agulha.

A cada imagem, está associada uma tabela que corresponde aos valores médios de tensão máxima, relativos a cada zona determinada, bem com os respectivos consumos médios.

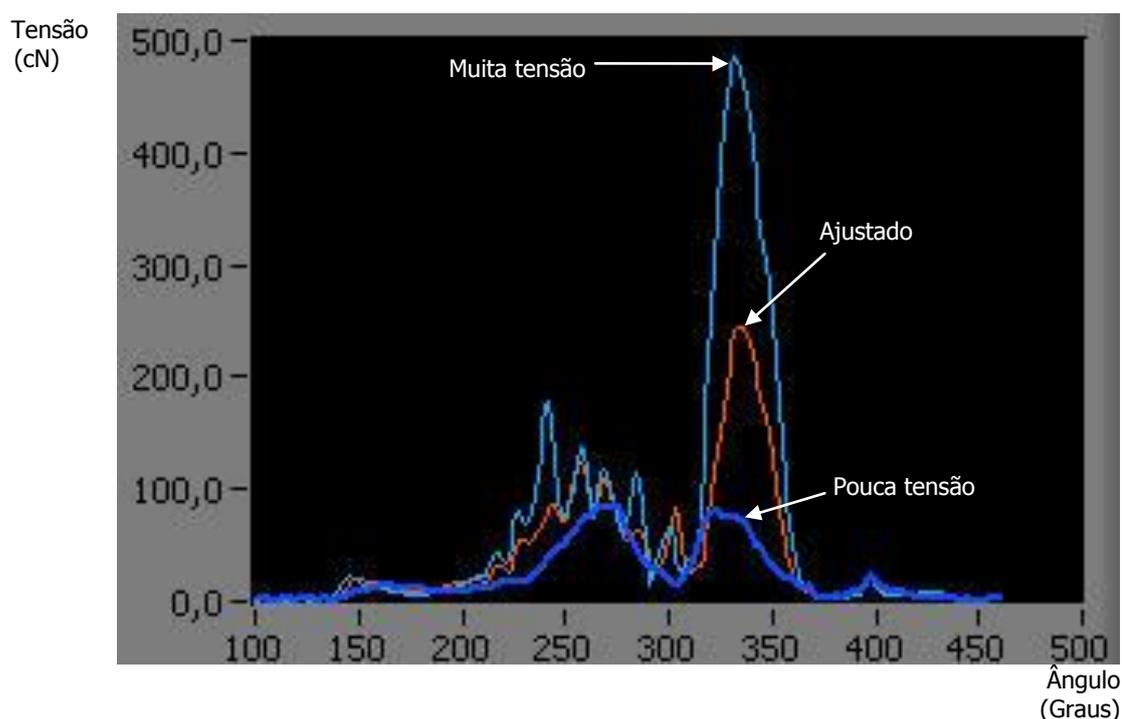


Figura 4.3.3.1. – Variação média da tensão na linha de agulha durante um ciclo completo da máquina de costura.

A figura 4.3.3.2 ilustra as zonas seleccionadas para a análise dos acontecimentos decorridos em cada uma delas.

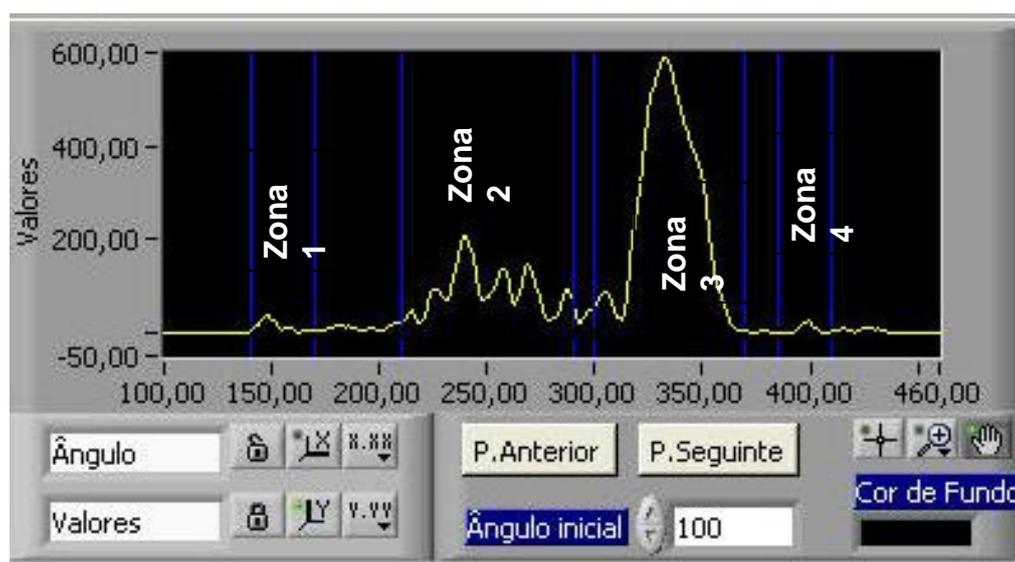


Figura 4.3.3.2. – Determinação das zonas existentes durante um ciclo completo da máquina de costura

Como pode ser observado pela figura 4.3.3.3 e pela tabela 4.3.3.1, os valores obtidos vão de encontro ao esperado, isto é, quando se aumenta a tensão da linha de agulha, existe um aumento dos valores registados, excluindo a zona 4, onde os valores correspondentes ao pico máximo de tensão são muito semelhantes, como se comprova, quer pelo gráfico, quer pelos respectivos valores obtidos.

Em relação aos valores de consumo, os valores estão dentro do esperado, isto é, à medida que os valores de tensão aumentam, os valores de consumo diminuem. Quando os valores de tensão na linha diminuem, os valores de consumo aumentam.

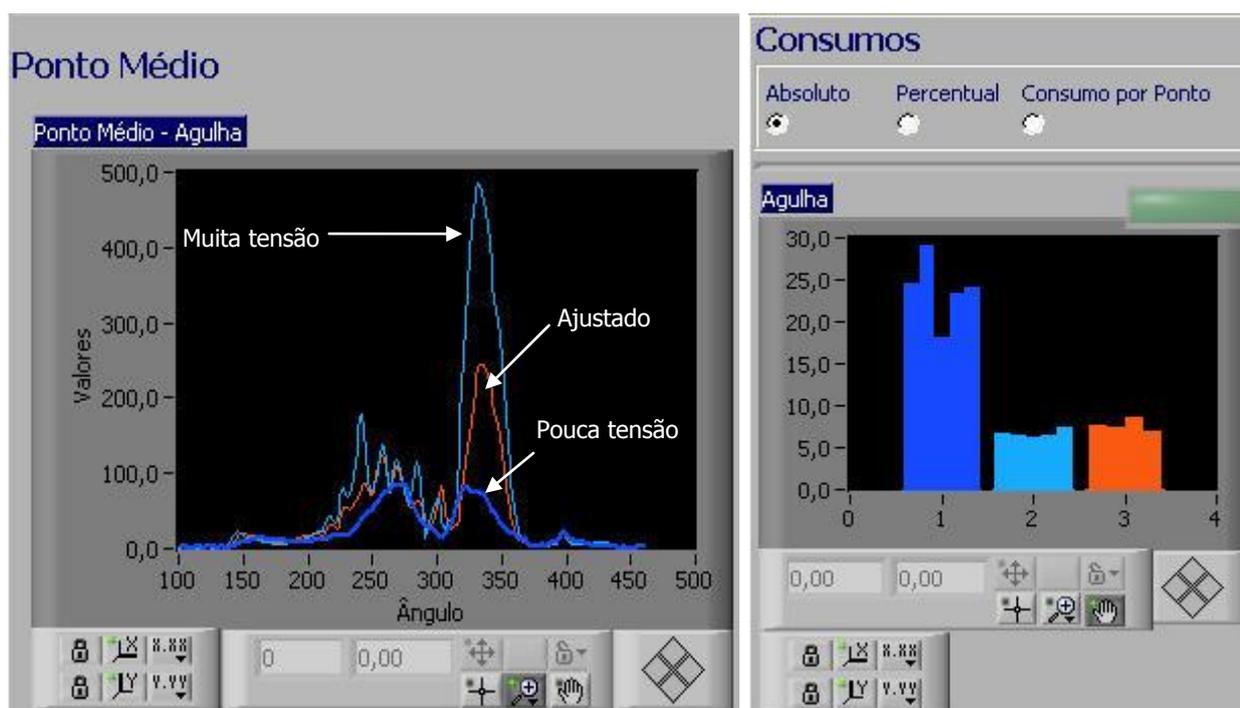


Figura 4.3.3.3. – Variação média da tensão e respectivo consumo para o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1)

Valores de tensão (cN) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)											
Ajustado				Tensão Elevada				Tensão Baixa			
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
28,95	138,57	289,71	22,19	31,13	183,52	492,13	23,28	21,26	100,62	131,51	19,34
				+7,53	+32,44	+69,87	+4,93	-26,56	-27,39	-54,61	-12,83

Consumos (cm) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)					
Absoluto			Por ponto		
Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa	Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa
7,62	6,65	23,82	0,38	0,33	1,19
	-12,73	+212,58		-12,73	+212,58

Tabela 4.3.3.1 – Valores médios de tensão máxima nas várias zonas e respectivo consumo

A figura e tabela seguintes, figura 4.3.3.4 e a tabela 4.3.3.2, ilustram as diferenças entre os vários ensaios realizados.

Como se pode confirmar, e de acordo com o descrito anteriormente, os valores máximos de tensão e de consumos variam em função do valor de pré-tensão na linha.

Ao compararmos com os valores do tecido 1 ( $213\text{g/m}^2$ ; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1), na zona 3, os valores médios de tensão são superiores na tensão elevada, na tensão baixa, são inferiores. Os valores de consumo obtidos apresentam diferenças em relação ao ponto ajustado de 3,7 %, em relação à tensão elevada uma diferença de 5,1% e em relação à tensão baixa de 4,9%.

Neste caso temos uma alteração da massa por unidade de superfície de  $14\text{ g/m}^2$ , os restantes parâmetros (composição e estrutura) mantêm-se idênticos.

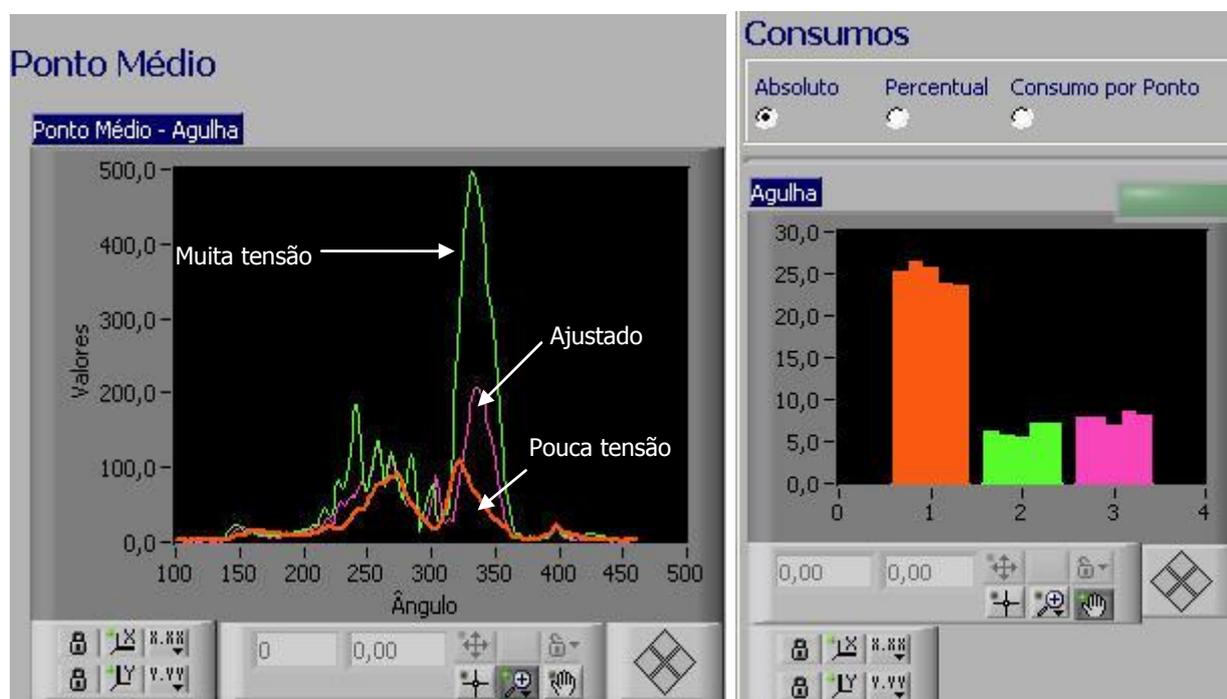


Figura 4.3.3.4. – Variação média da tensão e respectivo consumo para o tecido 2 ( $227\text{g/m}^2$ ; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1)

<b>Valores de tensão (cN) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)</b>											
<b>Ajustado</b>				<b>Tensão Elevada</b>				<b>Tensão Baixa</b>			
<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>
27,97	139,93	257,93	23,12	33,54	191,18	504,84	23,97	20,80	103,04	157,85	22,45
				+19,92	+36,63	+95,73	+3,68	-25,62	-26,36	-38,80	-2,91

<b>Consumos (cm)</b>					
<b>Absoluto</b>			<b>Por ponto</b>		
<b>Ajustado</b>	<b>Tensão Elevada</b>	<b>Tensão Baixa</b>	<b>Ajustado</b>	<b>Tensão Elevada</b>	<b>Tensão Baixa</b>
7,90	6,31	25,01	0,40	0,32	1,25
	-20,20	+216,41		-20,20	+216,41

Tabela 4.3.3.2 – Valores médios de tensão máxima nas várias zonas e respectivo consumo

A figura e tabela seguintes, figura 4.3.3.5 e a tabela 4.3.3.3, mostram as diferenças obtidas nos vários ensaios realizados.

Ao compararmos com o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1), os valores de tensão médios são ligeiramente superiores, para a tensão elevada e para a tensão baixa, são inferiores. Os valores de consumo obtidos em relação ao ajustado são de 2,4%, em relação à tensão elevada de 1,33% e 5,35% para a tensão baixa.

Este tecido varia na composição e na massa por unidade de superfície.

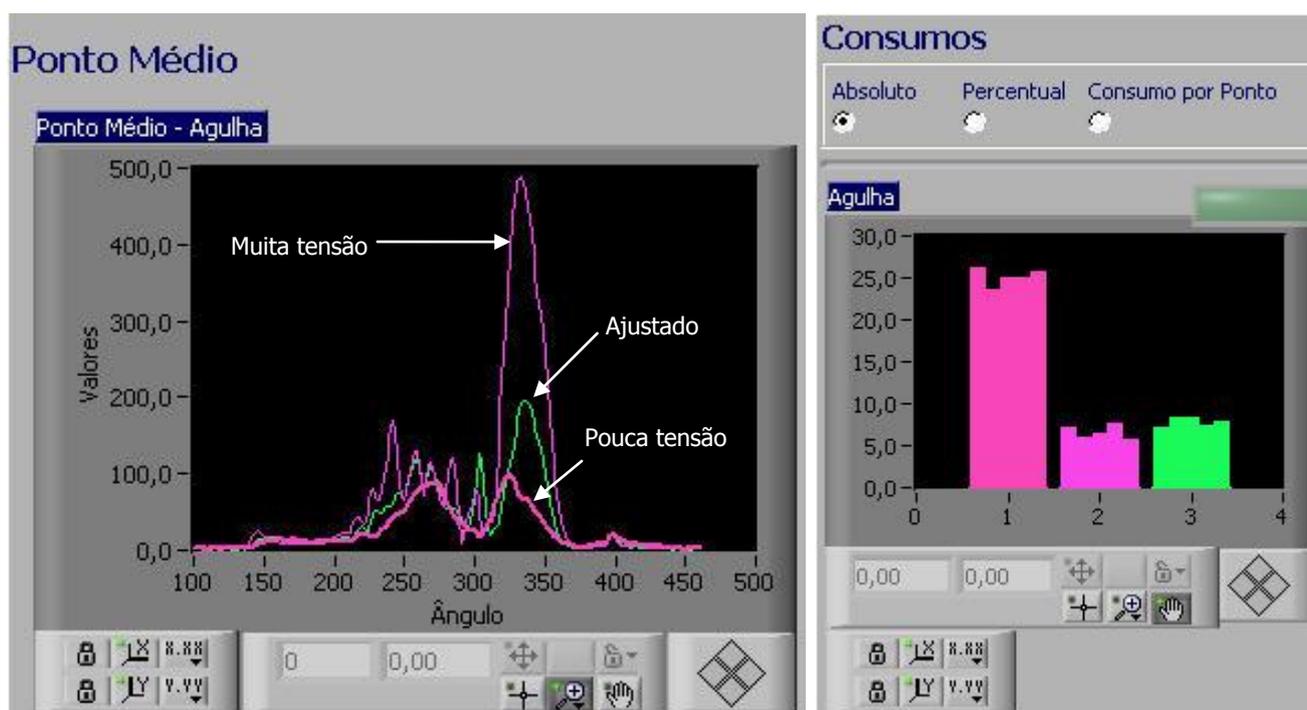


Figura 4.3.3.5. – Variação média da tensão e respectivo consumo para o tecido 3 (167g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/1)

**Valores de tensão (cN) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)**

Ajustado				Tensão Elevada				Tensão Baixa			
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
27,27	129,92	284,36	22,09	34,76	178,19	504,69	22,83	21,15	103,64	146,45	22,02
				+27,45	+37,15	+77,48	+3,33	-22,46	-20,23	-48,50	-0,30

Consumos (cm)					
Absoluto			Por ponto		
Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa	Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa
7,80	6,56	25,10	0,39	0,33	1,25
	-15,91	+221,59		-15,91	+221,59

Tabela 4.3.3.3 – Valores médios de tensão máxima nas várias zonas e respectivo consumo

A figura e tabela seguintes, figura 4.3.3.6 e a tabela 4.3.3.4, mostram as diferenças obtidas nos vários ensaios realizados.

Ao compararmos com o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1), os valores de tensão médios são superiores, para a tensão elevada e para a tensão baixa, são inferiores. Os valores de consumo obtidos, para o ponto ajustado é de 8,2%, para a tensão elevada e para a tensão baixa é muito semelhante.

Este tecido varia na composição e na massa por unidade de superfície.

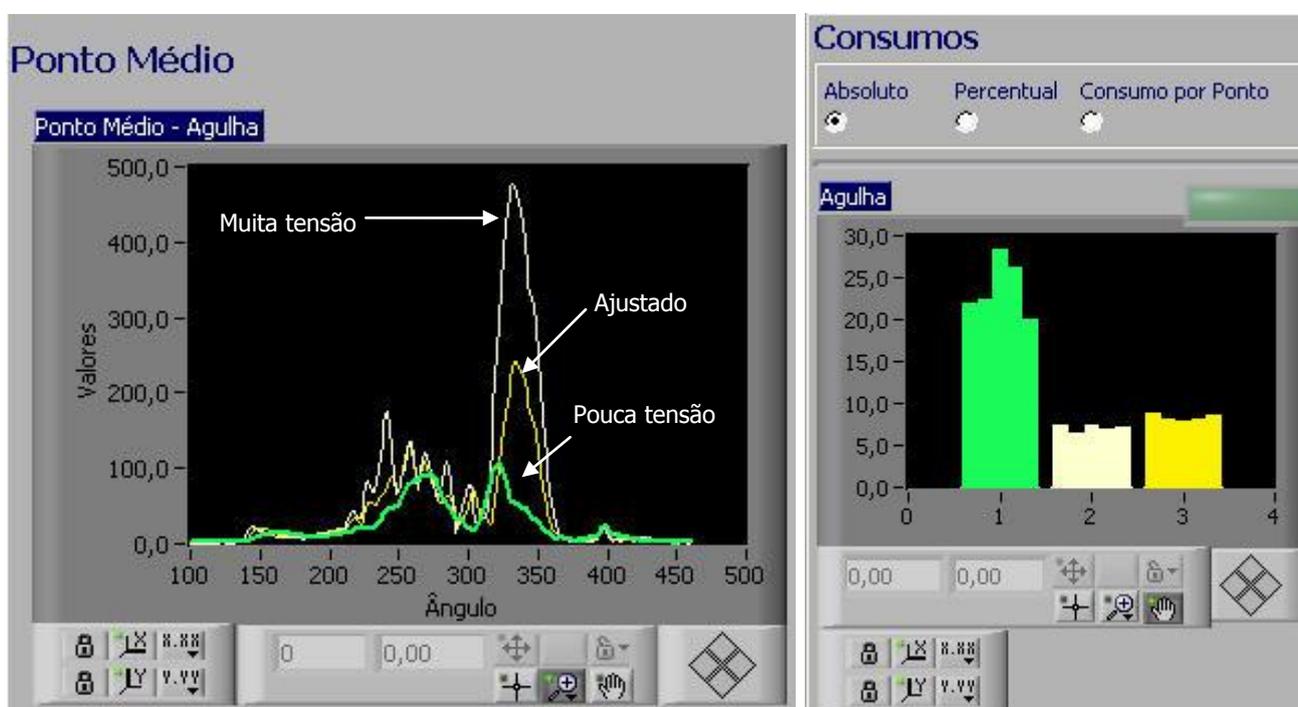


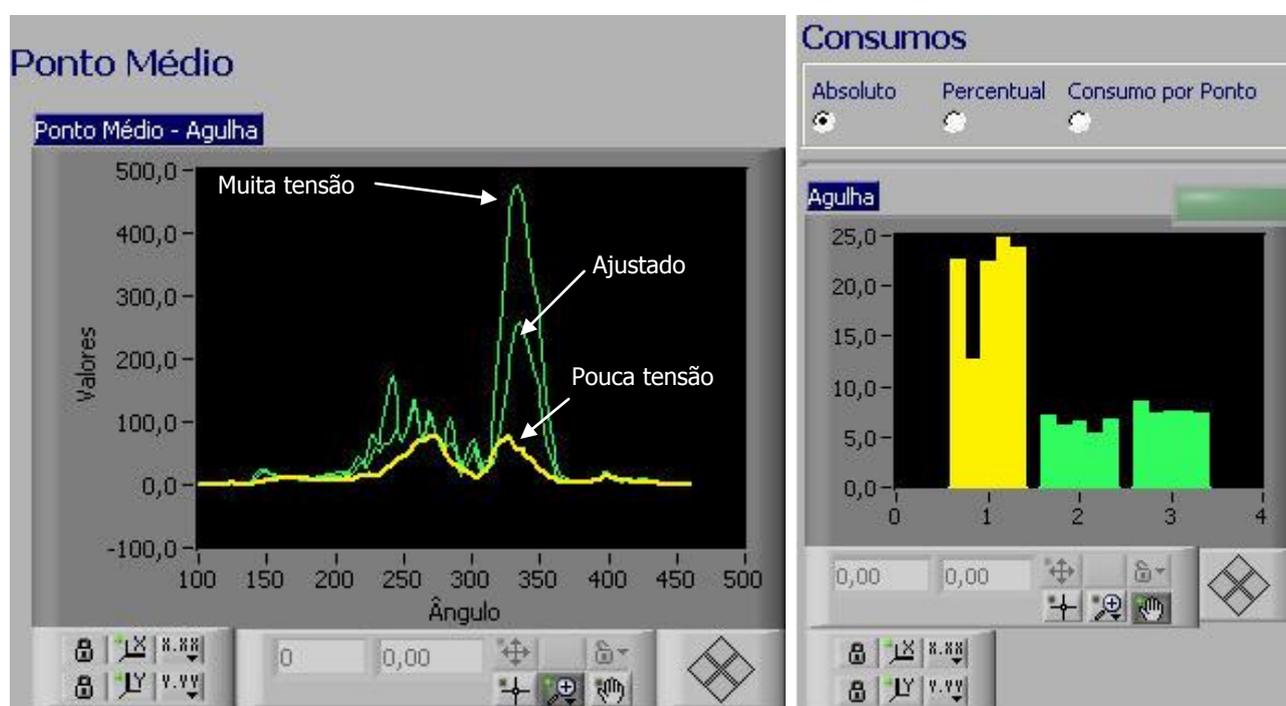
Figura 4.3.3.6. – Variação média da tensão e respectivo consumo para o tecido 4 (187g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/1)

Valores de tensão (cN) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)											
Ajustado				Tensão Elevada				Tensão Baixa			
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
30,36	143,48	275,36	25,06	33,45	183,27	489,92	26,38	20,72	106,16	142,37	24,02
				+10,19	+27,73	+77,92	+5,25	-31,75	-26,01	-48,30	-4,18

Consumos (cm)					
Absoluto			Por ponto		
Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa	Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa
8,25	7,05	23,79	0,41	0,35	1,19
	-14,52	+188,44		-14,52	+188,44

Tabela 4.3.3.4 – Valores médios de tensão máxima nas várias zonas e respectivo consumo

A figura 4.3.3.7 e tabela 4.3.3.5 mostram as diferenças obtidas nos vários ensaios realizados. Ao compararmos com o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1), os valores de tensão médios são superiores, para a tensão elevada e para a tensão baixa, são inferiores. Os valores de consumo obtidos para o ponto ajustado é 0,8%, para a costura com tensão elevada de 4,3% e com tensão baixa de 10,7%. Este tecido varia na composição e na estrutura.

Figura 4.3.3.7. – Variação média da tensão e respectivo consumo para o tecido 5 (213g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/2)

<b>Valores de tensão (cN) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)</b>											
<b>Ajustado</b>				<b>Tensão Elevada</b>				<b>Tensão Baixa</b>			
<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>
29,97	141,40	279,77	19,64	33,47	184,62	484,21	21,71	16,65	90,56	113,73	16,82
				+11,68	+30,57	+73,07	+10,54	-44,44	-35,95	-59,35	-14,39

<b>Consumos (cm)</b>					
<b>Absoluto</b>			<b>Por ponto</b>		
<b>Ajustado</b>	<b>Tensão Elevada</b>	<b>Tensão Baixa</b>	<b>Ajustado</b>	<b>Tensão Elevada</b>	<b>Tensão Baixa</b>
7,68	6,36	21,27	0,38	0,32	1,06
	-17,17	+176,91		-17,17	+176,91

Tabela 4.3.3.5 – Valores médios de tensão máxima nas várias zonas e respectivo consumo

A figura 4.3.3.8 e tabela 4.3.3.6 mostram as diferenças obtidas nos vários ensaios realizados. Tendo como base de comparação o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1), os valores de tensão médios muito semelhantes, para a tensão elevada e para a tensão baixa, são inferiores. Em relação aos valores de consumo para o ponto ajustado, obtivemos uma diferença de 7,9%, com tensão elevada 0,2% e para tensão baixa, 4%.

Este tecido varia na massa por unidade de superfície, na composição e na estrutura.

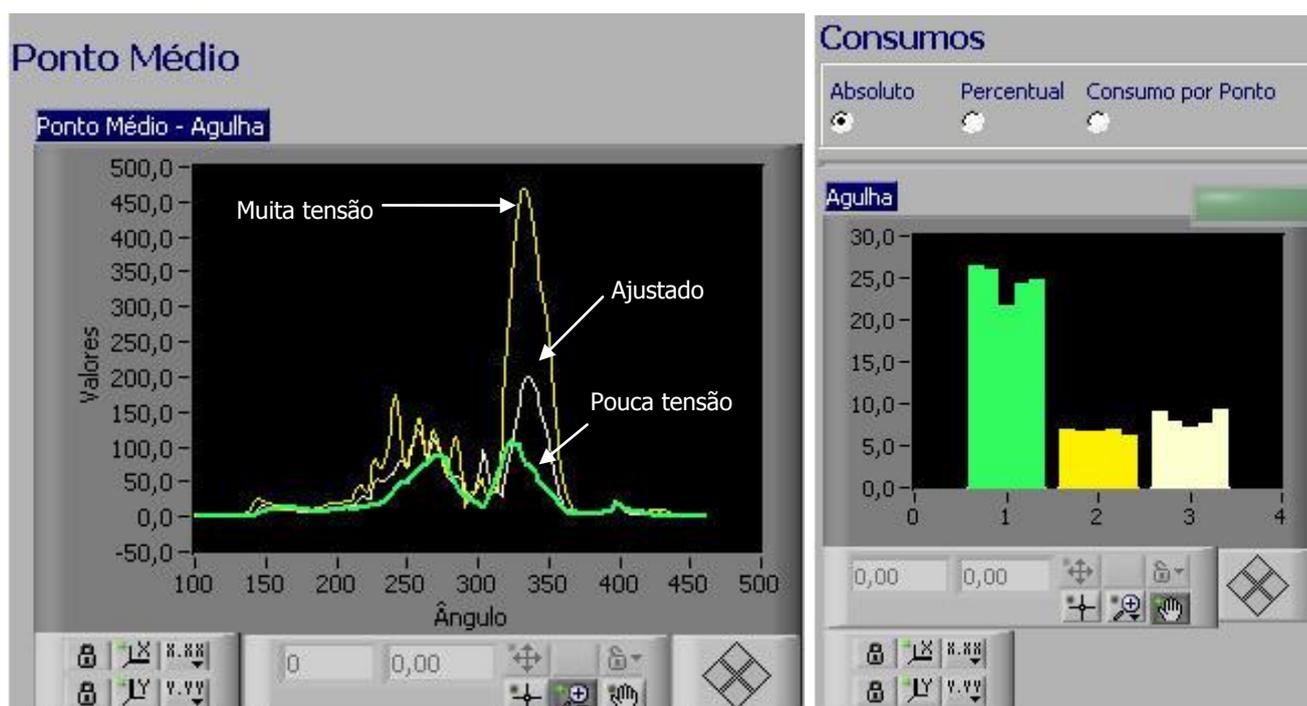


Figura 4.3.3.8. – Variação média da tensão e respectivo consumo para o tecido 6 (227g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/2)

Valores de tensão (cN) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)											
Ajustado				Tensão Elevada				Tensão Baixa			
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
27,02	136,67	263,52	20,46	35,76	180,25	476,51	22,71	20,23	100,06	164,98	19,84
				+32,33	+31,88	+80,82	+11,02	-25,14	-26,79	-37,40	-3,04

Consumos (cm)					
Absoluto			Por ponto		
Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa	Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa
8,23	6,66	24,62	0,41	0,33	1,23
	-19,00	+199,33		-19,00	+199,33

Tabela 4.3.3.6 – Valores médios de tensão máxima nas várias zonas e respectivo consumo

A figura 4.3.3.9 e tabela 4.3.3.7 mostram as diferenças obtidas nos vários ensaios realizados. Ao compararmos com o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1), os valores de tensão médios são ligeiramente inferiores. Em relação aos valores de consumo obtidos são ligeiramente inferiores, para o ajustado, para a tensão elevada a diferença foi de 4,3% e para a tensão baixa de 4,6%.

Este tecido varia na massa por unidade de superfície, na composição e na estrutura.

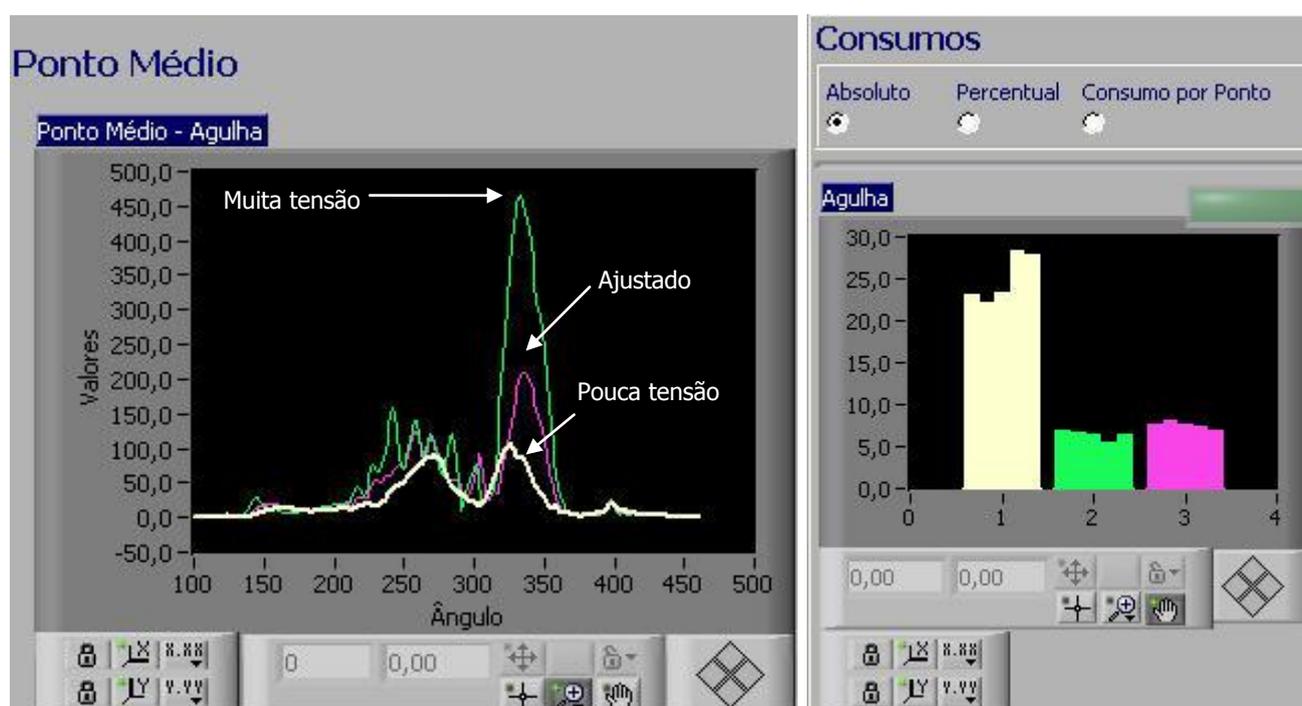


Figura 4.3.3.9. – Variação média da tensão e respectivo consumo para o tecido 7 (200g/m<sup>2</sup>; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Tafetá)

Valores de tensão (cN) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)											
Ajustado				Tensão Elevada				Tensão B aixa			
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
29,58	138,88	262,03	25,40	37,14	171,54	471,08	26,15	21,43	103,20	157,87	22,52
				+25,55	+23,52	+79,78	+2,96	-27,55	-25,69	-39,75	-11,35

Consumos (cm)					
Absoluto			Por ponto		
Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa	Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa
7,56	6,36	24,92	0,38	0,32	1,25
	-15,84	+229,62		-15,84	+229,62

Tabela 4.3.3.7 – Valores médios de tensão máxima nas várias zonas e respectivo consumo

A figura 4.3.3.10 e tabela 4.3.3.8 mostram as diferenças obtidas nos vários ensaios realizados.

Ao compararmos com o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1), os valores de tensão médios são superiores, para a tensão elevada e para a tensão baixa, são inferiores. Neste tecido, os resultados de valores de consumo são muito semelhante para o ajustado, 5,8% para a tensão elevada e 36,6% para a tensão baixa. Este tecido varia na massa por unidade de superfície, na composição e na estrutura.

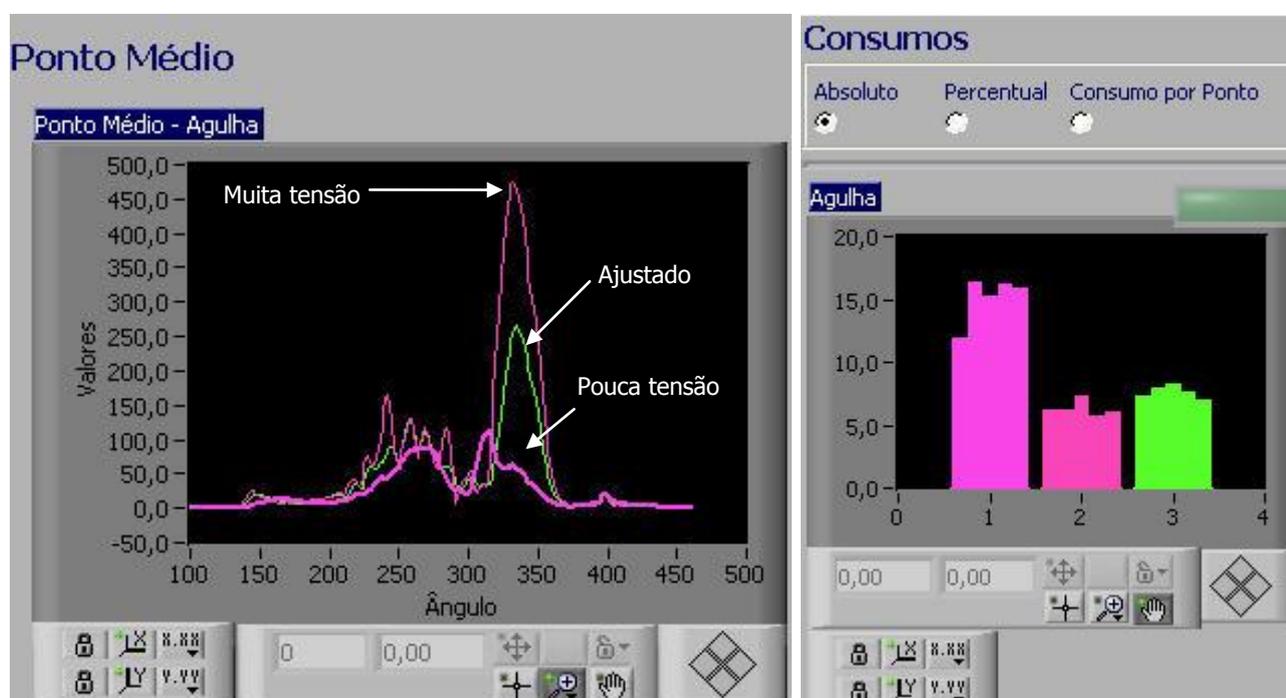


Figura 4.3.3.10. – Variação média da tensão e respectivo consumo para o tecido 8 (200g/m<sup>2</sup>; 44 Lã/54Poliéster/2Elastano; Tafetá)

<b>Valores de tensão (cN) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)</b>											
<b>Ajustado</b>				<b>Tensão Elevada</b>				<b>Tensão Baixa</b>			
<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>
30,24	143,79	276,26	22,79	34,34	171,43	477,62	23,78	19,65	104,45	195,91	21,66
				+13,56	+19,22	+72,89	+4,35	-35,01	-27,35	-29,09	-4,99

<b>Consumos (cm)</b>					
<b>Absoluto</b>			<b>Por ponto</b>		
<b>Ajustado</b>	<b>Tensão Elevada</b>	<b>Tensão Baixa</b>	<b>Ajustado</b>	<b>Tensão Elevada</b>	<b>Tensão Baixa</b>
7,62	6,26	15,11	0,38	0,31	0,76
	-17,76	+98,40		-17,76	+98,40

Tabela 4.3.3.8 – Valores médios de tensão máxima nas várias zonas e respectivo consumo

A figura 4.3.3.11 e tabela 4.3.3.9 mostram as diferenças obtidas nos vários ensaios realizados.

Ao compararmos com o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1), os valores de tensão médios são superiores, para a tensão elevada e para a tensão baixa, são inferiores. Os valores de consumo obtidos são neste tecido, variam de 7,5% para o ajustado, 1,7% para a tensão elevada e para a tensão baixa 39,9%.

Este tecido varia na massa por unidade de superfície e na composição.

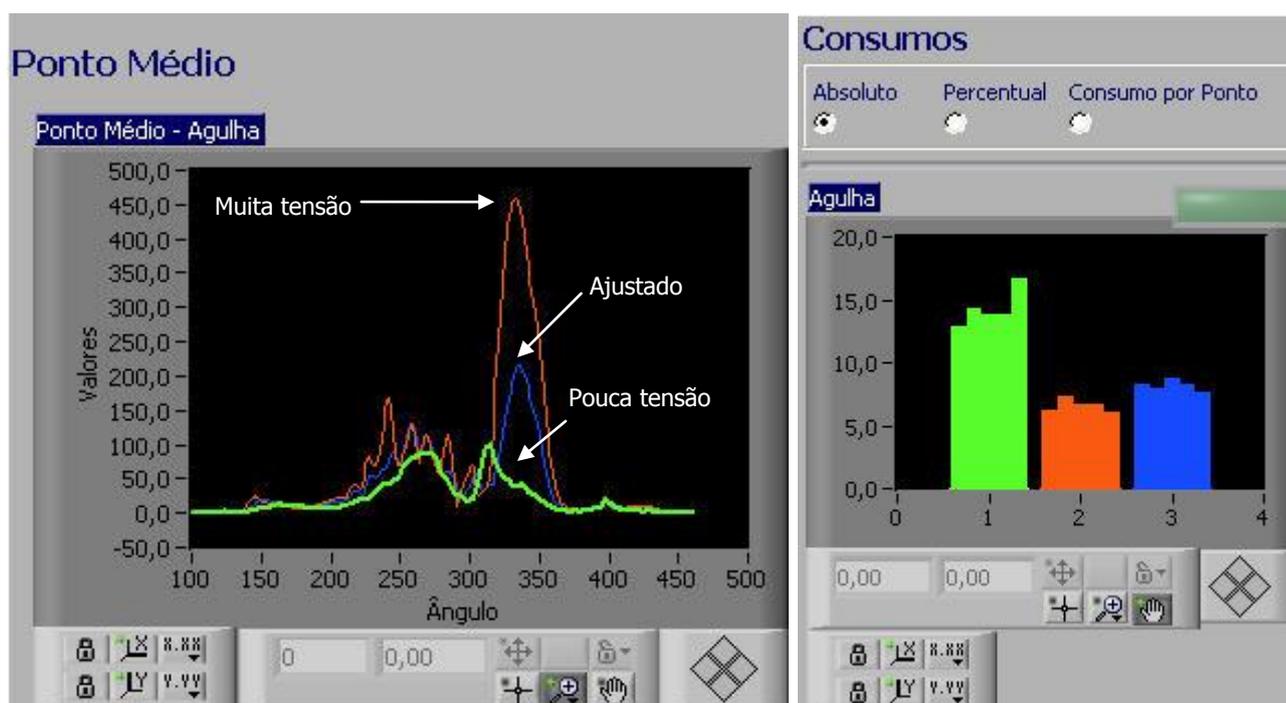


Figura 4.3.3.11. – Variação média da tensão e respectivo consumo para o tecido 9 (250g/m<sup>2</sup>; 44 Lã/54Poliéster/2Elastano; Sarja 2/1)

Valores de tensão (cN) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)											
Ajustado				Tensão Elevada				Tensão Baixa			
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
30,13	143,31	247,01	22,77	33,05	174,82	474,27	23,68	16,68	103,62	158,33	19,78
				+9,70	+21,99	+92,01	+4,02	-44,64	-27,69	-35,90	-13,12

Consumos (cm)					
Absoluto			Por ponto		
Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa	Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa
8,19	6,54	14,32	0,41	0,33	0,72
	-20,16	+74,83		-20,16	+74,83

Tabela 4.3.3.9 – Valores médios de tensão máxima nas várias zonas e respectivo consumo

A figura 4.3.3.12 e tabela 4.3.3.10 mostram as diferenças obtidas nos vários ensaios realizados.

Os valores de tensão médios são inferiores, para a tensão elevada e para a tensão baixa, são superiores, tendo como base de comparação o tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1) Este tecido varia na massa por unidade de superfície e na composição.

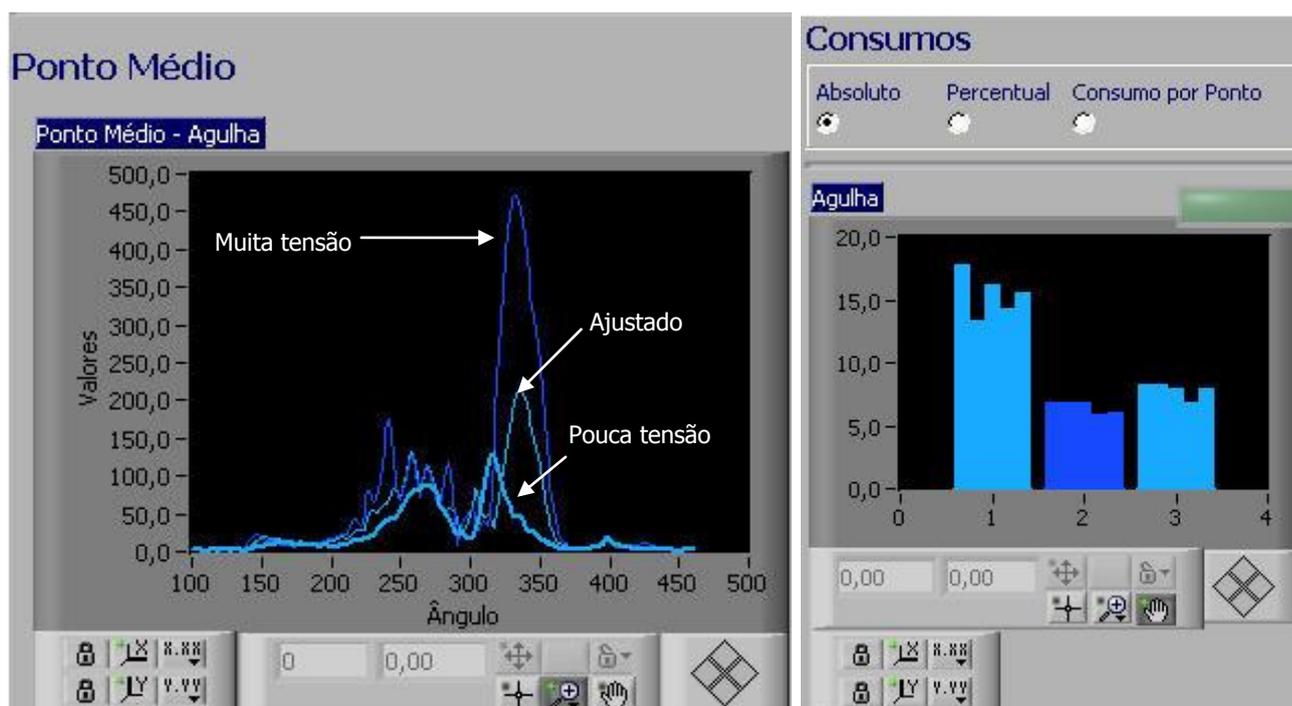


Figura 4.3.3.12. – Variação média da tensão e respectivo consumo para o tecido 10 (250g/m<sup>2</sup>; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Sarja 2/1)

Valores de tensão (cN) e Percentagem de variação em relação ao Ponto Ajustado (%)											
Ajustado				Tensão Elevada				Tensão Baixa			
Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
27,74	144,66	267,02	21,91	32,31	182,38	477,16	21,96	17,67	101,41	203,49	18,85
				+16,48	+26,08	+78,70	+0,24	-36,31	-29,90	-23,79	-13,94

<b>Consumos (cm)</b>					
<b>Absoluto</b>			<b>Por ponto</b>		
<b>Ajustado</b>	<b>Tensão Elevada</b>	<b>Tensão Baixa</b>	<b>Ajustado</b>	<b>Tensão Elevada</b>	<b>Tensão Baixa</b>
7,84	6,46	15,43	0,39	0,32	0,77
	-17,54	+96,89		-17,54	+96,89

Tabela 4.3.3.10 – Valores médios de tensão máxima nas várias zonas e respectivo consumo

As tabelas anteriores mostram os valores médios de tensão máxima obtidos nas tensões (pico máximo) dos vários tecidos com o respectivo consumo em zonas pré-determinadas e diferenças percentuais em relação ao ponto ajustado.

A tabela 4.3.3.11 ilustra os valores descritos anteriormente, os vários tecidos testados nas respectivas zonas com as várias tensões de linha exercida em cada ensaio, bem como as diferenças existentes em relação ao ponto ajustado.

A tabela 4.3.3.12 ilustra os valores de consumo (absoluto e por ponto) de cada tecido com a respectiva tensão exercida e as diferenças entre o ponto ajustado.

Tecidos	Valores de tensão (cN)							
	Tensão Elevada				Tensão Baixa			
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
(213g/m <sup>2</sup> ; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1)	31,13	183,52	492,13	23,28	21,26	100,62	131,51	19,34
Diferenças (%) em relação ao ajustado	<b>+7,53</b>	<b>+32,44</b>	<b>+69,87</b>	<b>+4,93</b>	<b>-26,56</b>	<b>-27,39</b>	<b>-54,61</b>	<b>-12,83</b>
(227g/m <sup>2</sup> ; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1)	33,54	191,18	504,84	23,97	20,80	103,04	157,85	22,45
Diferenças (%) em relação ao ajustado	<b>+19,92</b>	<b>+36,63</b>	<b>+95,73</b>	<b>+3,68</b>	<b>-25,62</b>	<b>-26,36</b>	<b>-38,80</b>	<b>-2,91</b>
(167g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	34,76	178,19	504,69	22,83	21,15	103,64	146,45	22,02
Diferenças (%) em relação ao ajustado	<b>+27,45</b>	<b>+37,15</b>	<b>+77,48</b>	<b>+3,33</b>	<b>-22,46</b>	<b>-20,23</b>	<b>-48,50</b>	<b>-0,30</b>
(187g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	33,45	183,27	489,92	26,38	20,72	106,16	142,37	24,02
Diferenças (%) em relação ao ajustado	<b>+10,19</b>	<b>+27,73</b>	<b>+77,92</b>	<b>+5,25</b>	<b>-31,75</b>	<b>-26,01</b>	<b>-48,30</b>	<b>-4,18</b>
(213g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	33,47	184,62	484,21	21,71	16,65	90,56	113,73	16,82
Diferenças (%) em relação ao ajustado	<b>+11,68</b>	<b>+30,57</b>	<b>+73,07</b>	<b>+10,54</b>	<b>-44,44</b>	<b>-35,95</b>	<b>-59,35</b>	<b>-14,39</b>
(227g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	35,76	180,25	476,51	22,71	20,23	100,06	164,98	19,84
Diferenças (%) em relação ao ajustado	<b>+32,33</b>	<b>+31,88</b>	<b>+80,82</b>	<b>+11,02</b>	<b>-25,14</b>	<b>-26,79</b>	<b>-37,40</b>	<b>-3,04</b>
(200g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Tafetá)	37,14	171,54	471,08	26,15	21,43	103,20	157,87	22,52
Diferenças (%) em relação ao ajustado	<b>+25,55</b>	<b>+23,52</b>	<b>+79,78</b>	<b>+2,96</b>	<b>-27,55</b>	<b>-25,69</b>	<b>-39,75</b>	<b>-11,35</b>
(200g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Tafetá)	34,34	171,43	477,62	23,78	19,65	104,45	195,91	21,66
Diferenças (%) em relação ao ajustado	<b>+13,56</b>	<b>+19,22</b>	<b>+72,89</b>	<b>+4,35</b>	<b>-35,01</b>	<b>-27,35</b>	<b>-29,09</b>	<b>-4,99</b>
(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Sarja 2/1)	33,05	174,82	474,27	23,68	16,68	103,62	158,33	19,78
Diferenças (%) em relação ao ajustado	<b>+9,70</b>	<b>+21,99</b>	<b>+92,01</b>	<b>+4,02</b>	<b>-44,64</b>	<b>-27,69</b>	<b>-35,90</b>	<b>-13,12</b>
(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Sarja 2/1)	32,31	182,38	477,16	21,96	17,67	101,41	203,49	18,85
Diferenças (%) em relação ao ajustado	<b>+16,48</b>	<b>+26,08</b>	<b>+78,70</b>	<b>+0,24</b>	<b>-36,31</b>	<b>-29,90</b>	<b>-23,79</b>	<b>-13,94</b>

Tabela 4.3.3.11 – Valores máximos de tensão nas várias zonas e diferenças percentuais em relação ao ponto ajustado

Consumos (cm)						
Tecidos	Absoluto			Por ponto		
	Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa	Ajustado	Tensão Elevada	Tensão Baixa
(213g/m <sup>2</sup> ; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1)	7,62	6,65	23,82	0,38	0,33	1,19
Diferenças (%) em relação ao ajustado		<b>-12,73</b>	<b>+212,58</b>		<b>-12,73</b>	<b>+212,58</b>
(227g/m <sup>2</sup> ; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1)	7,90	6,31	25,01	0,40	0,32	1,25
Diferenças (%) em relação ao ajustado		<b>-20,20</b>	<b>+216,41</b>		<b>-20,20</b>	<b>+216,41</b>
(167g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	7,80	6,56	25,10	0,39	0,33	1,25
Diferenças (%) em relação ao ajustado		<b>-15,91</b>	<b>+221,59</b>		<b>-15,91</b>	<b>+221,59</b>
(187g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	8,25	7,05	23,79	0,41	0,35	1,19
Diferenças (%) em relação ao ajustado		<b>-14,52</b>	<b>+188,44</b>		<b>-14,52</b>	<b>+188,44</b>
(213g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	7,68	6,36	21,27	0,38	0,32	1,06
Diferenças (%) em relação ao ajustado		<b>-17,17</b>	<b>+176,91</b>		<b>-17,17</b>	<b>+176,91</b>
(227g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	8,23	6,66	24,62	0,41	0,33	1,23
Diferenças (%) em relação ao ajustado		<b>-19,00</b>	<b>+199,33</b>		<b>-19,00</b>	<b>+199,33</b>
(200g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Tafetá)	7,56	6,36	24,92	0,38	0,32	1,25
Diferenças (%) em relação ao ajustado		<b>-15,84</b>	<b>+229,62</b>		<b>-15,84</b>	<b>+229,62</b>
(200g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Tafetá)	7,62	6,26	15,11	0,38	0,31	0,76
Diferenças (%) em relação ao ajustado		<b>-17,76</b>	<b>+98,40</b>		<b>-17,76</b>	<b>+98,40</b>
(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Sarja 2/1)	8,19	6,54	14,32	0,41	0,33	0,72
Diferenças (%) em relação ao ajustado		<b>-20,16</b>	<b>+74,83</b>		<b>-20,16</b>	<b>+74,83</b>
(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Sarja 2/1)	7,84	6,46	15,43	0,39	0,32	0,77
Diferenças (%) em relação ao ajustado		<b>-17,54</b>	<b>+96,89</b>		<b>-17,54</b>	<b>+96,89</b>

Tabela 4.3.3.12 – Valores médios de consumo e diferenças percentuais em relação ao ponto ajustado

Analisando as tabelas anteriores (Tabela 4.3.3.11 e Tabela 4.3.3.12), podemos referir que, para todos os tecidos, os valores máximos de tensão para os principais picos de tensão na linha da agulha e os valores médios de consumo variam de acordo com o valor de pré-tensão

aplicado no pré-tensor da linha da agulha. Como seria de esperar, quanto maior o valor de pré-tensão maior são os picos de tensão e menor é o consumo de linha da agulha; quanto menor o valor de pré-tensão menores são os picos de tensão e maior é o consumo de linha da agulha.

#### 4.3.4. Análise da variação da tensão e do consumo na linha de agulha com a variação das características dos tecidos

Neste sub-capítulo irão ser comparados tecidos com a mesma estrutura e que as restantes características sejam diferentes, conforme é descrito no capítulo 3, na tabela de caracterização dos materiais utilizados (Tabela 3.1.1 – Caracterização dos tecidos).

Os gráficos apresentados, correspondem aos valores médios de tensão da linha de agulha.

A primeira estrutura é uma Sarja 2/1 cujos respectivos tecidos são:

- Tecido 1 (213g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1);
- Tecido 2 (227g/m<sup>2</sup>; 98 Lã/2Elastano; Sarja 2/1);
- Tecido 3 (167g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/1);
- Tecido 4 (187g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/1);
- Tecido 9 (250g/m<sup>2</sup>; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Sarja 2/1);
- Tecido 10 (250g/m<sup>2</sup>; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Sarja 2/1);

A segunda estrutura é uma Sarja 2/2, correspondente aos tecidos 5 (213g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/2) e tecido 6 (227g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/2).

A terceira estrutura é um tafetá, correspondente aos tecidos 7 (200g/m<sup>2</sup>; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Tafetá) e tecido 8 (200g/m<sup>2</sup>; 44 Lã/54Poliester/2Elastano; Tafetá).

**Estrutura (Sarja 2/1)**

Os tecidos utilizados nestes ensaios, têm em comum a estrutura usada, variando as restantes características.

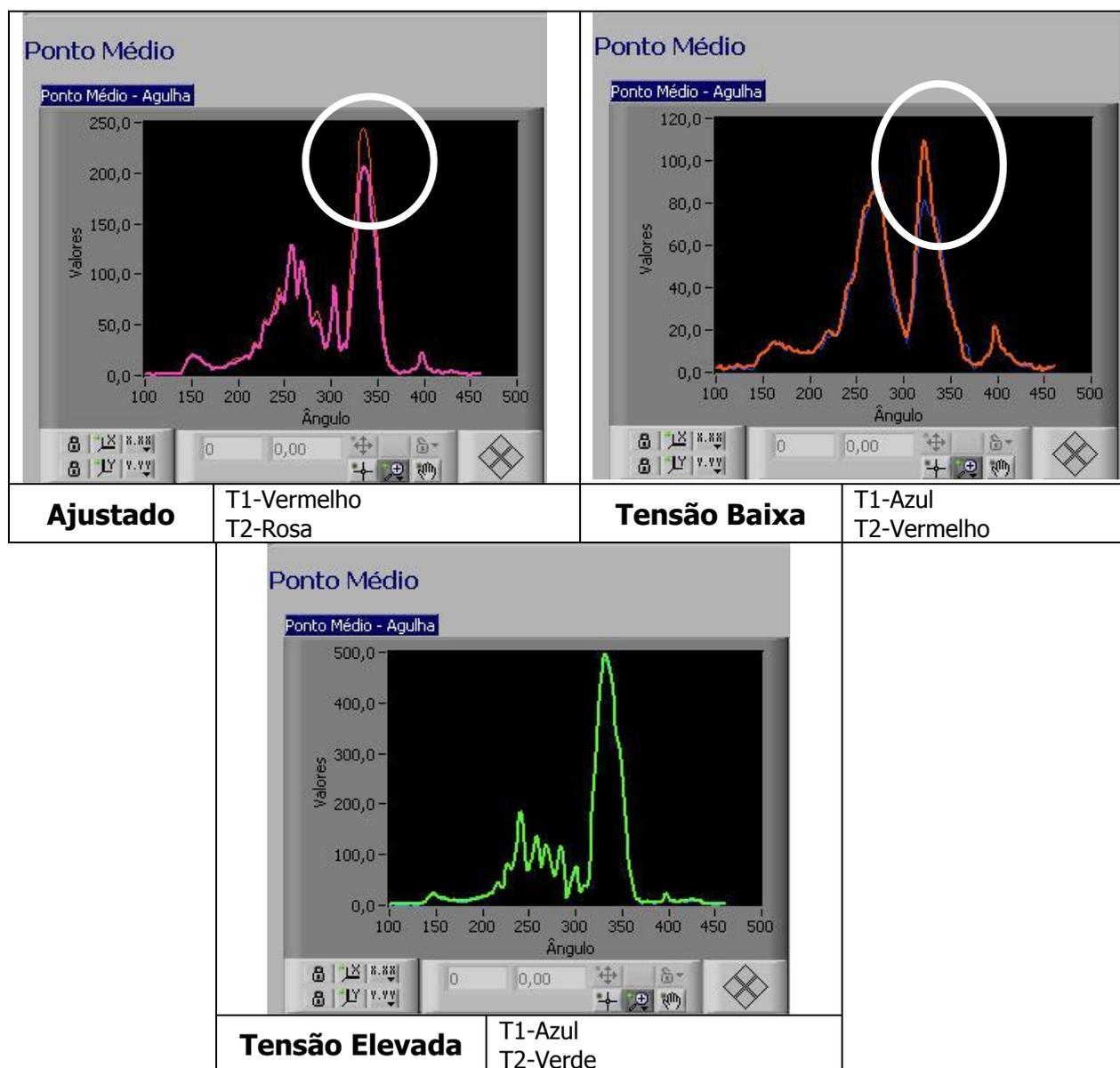


Figura. 4.3.4.1. – Variação média da tensão para os tecidos 1 e 2

Na figura 4.3.4.1, podemos verificar que os picos de tensão correspondentes à zona 3 apresentam diferentes valores para as situações de ponto ajustado e tensão baixa.

Os valores de consumo, conforme descrito na tabela 4.3.3.12, para o tecido 2, são superiores no ponto ajustado e com tensão baixa, sendo inferiores na tensão elevada.

Neste caso, os tecidos têm a mesma estrutura e a mesma composição e variam na massa por unidade de superfície e no acabamento.

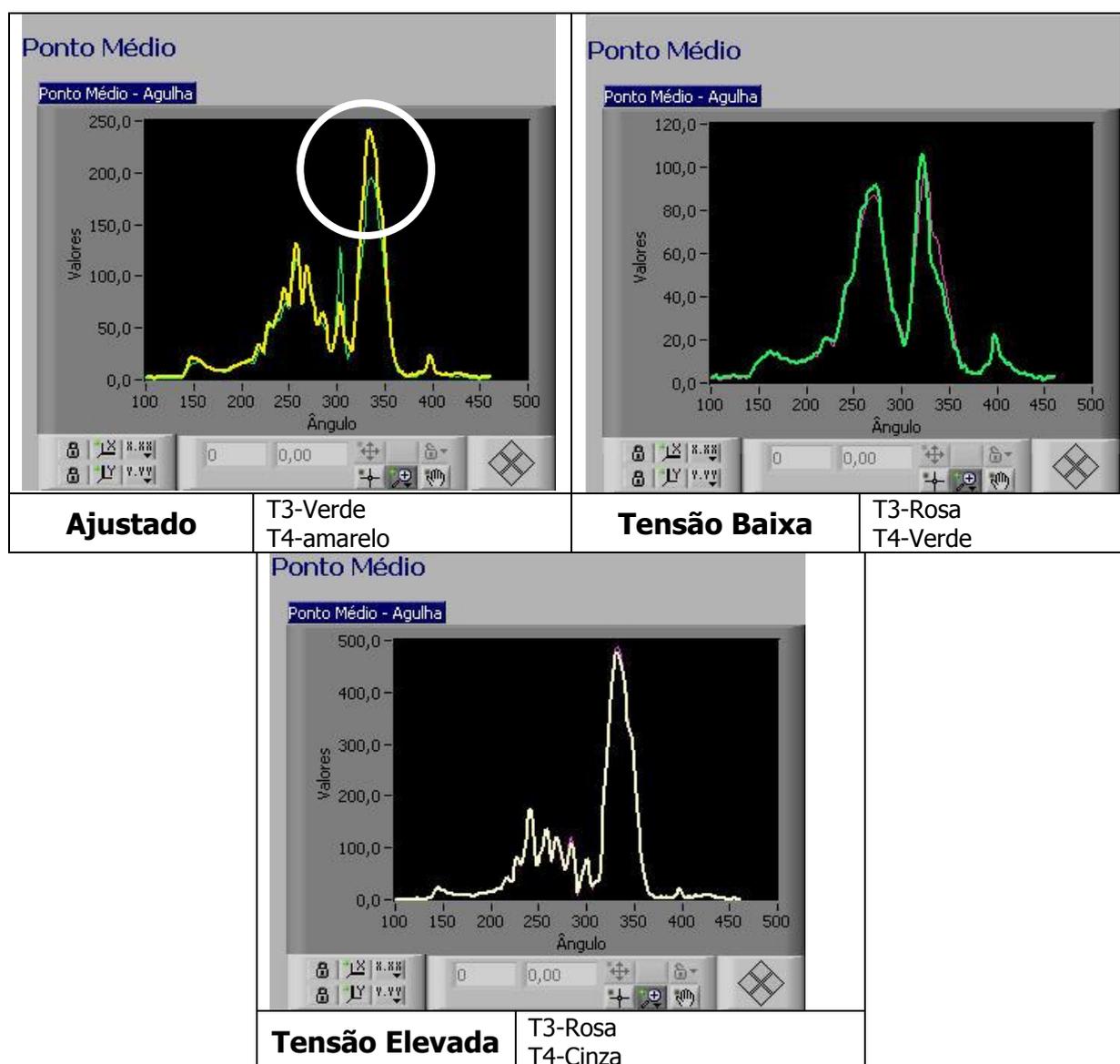


Figura 4.3.4.2. – Variação média da tensão para os tecidos 3 e 4

Na figura 4.3.4.2, podemos salientar (no ponto ajustado), que existem diferenças entre os 2 tecidos. O tecido 4 tem valores de tensão superiores ao tecido 3. Na zona assinalada (zona 3) é notória essa diferença.

Os valores de consumo, para o tecido 2, são superiores no ponto ajustado e com tensão elevada, sendo inferiores na tensão baixa.

Podemos realçar a diferença obtida na costura com ponto ajustado na zona 3 (conforme assinalado na figura), onde vem demonstrar que pequenas diferenças, neste caso na massa por unidade de superfície, poderão ser detectados por este método de medição de tensão das linhas de costura. Estes tecidos têm a mesma estrutura e a mesma composição e variam na massa por unidade de superfície.

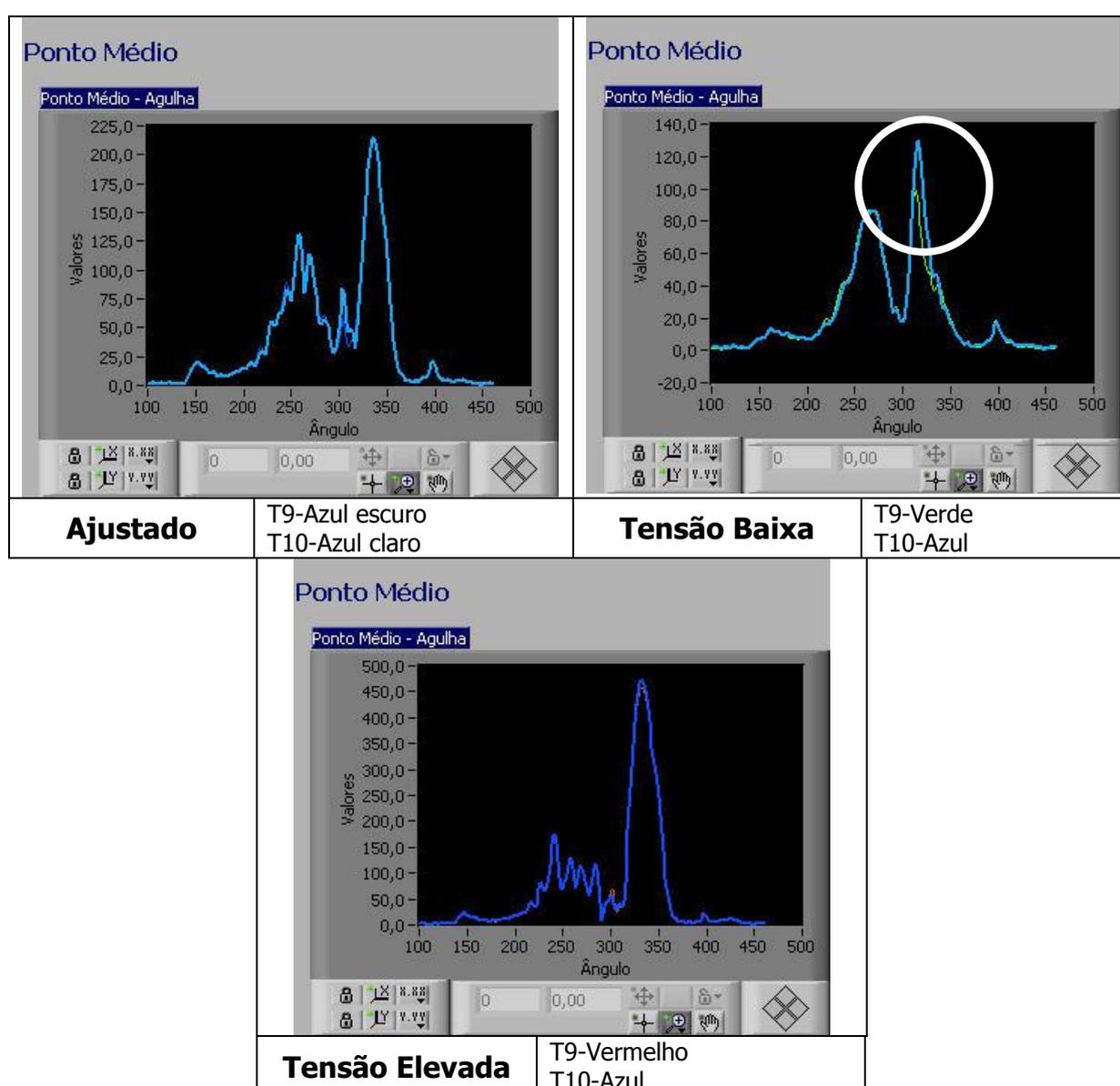


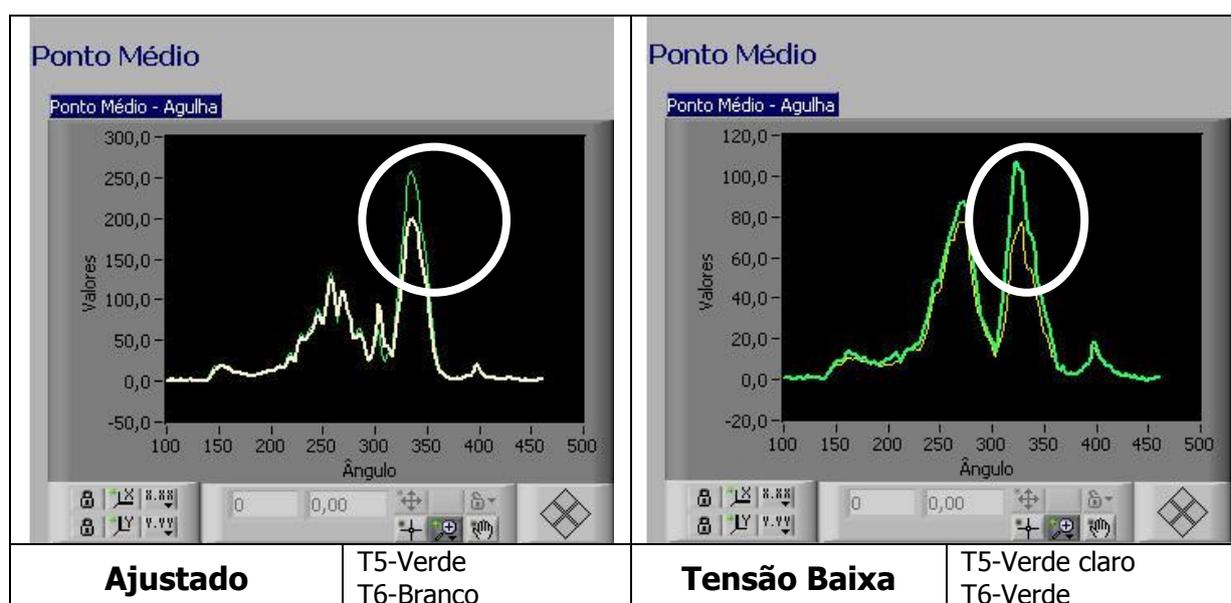
Figura 4.3.4.3. – Variação média da tensão para os tecidos 9 e 10

Observando os gráficos da figura 4.3.4.3, podemos dizer que neste caso, existem diferenças na zona 3 para tensão baixa. Nas restantes tensões (ajustada e tensão elevada), não existem diferenças significativas a salientar.

Os valores de consumo, para o tecido 9, são superiores no ponto ajustado e com tensão elevada, sendo inferiores na tensão baixa.

Neste caso, os tecidos têm a mesma estrutura, a mesma composição, a mesma massa por unidade de superfície e variam no acabamento.

### Estrutura (Sarja 2/2)



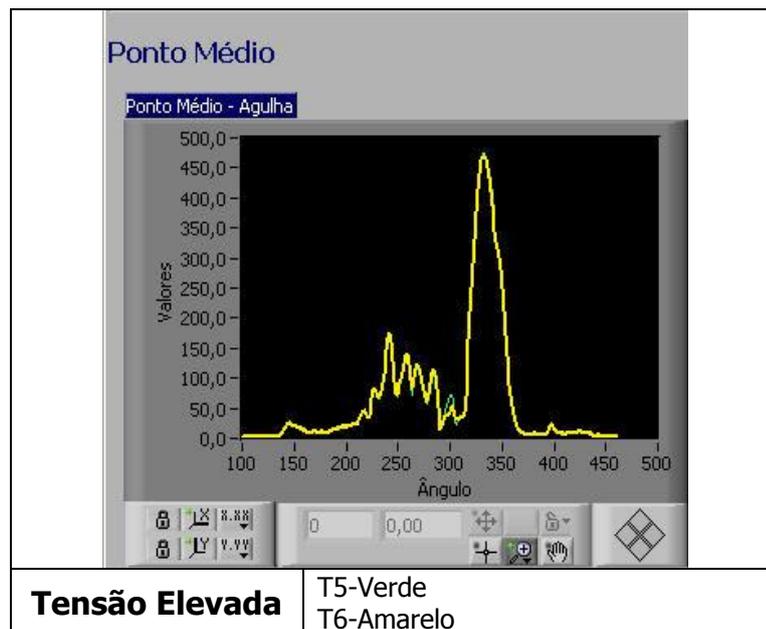


Figura 4.3.4.4. – Variação média da tensão para os tecidos 5 e 6

Para os tecidos analisados com a estrutura de tecido sarja 2/2 (tecidos 5 e 6), existem diferenças nos valores de tensão ajustada e com tensão baixa na zona 3. Os valores de tensão para o tecido 5, são superiores aos do tecido 6.

Os valores de consumo, para o tecido 6, são superiores no ponto ajustado, com tensão baixa e com tensão elevada.

Neste caso, os tecidos têm a mesma estrutura e a mesma composição e variam na massa por unidade de superfície e no acabamento.

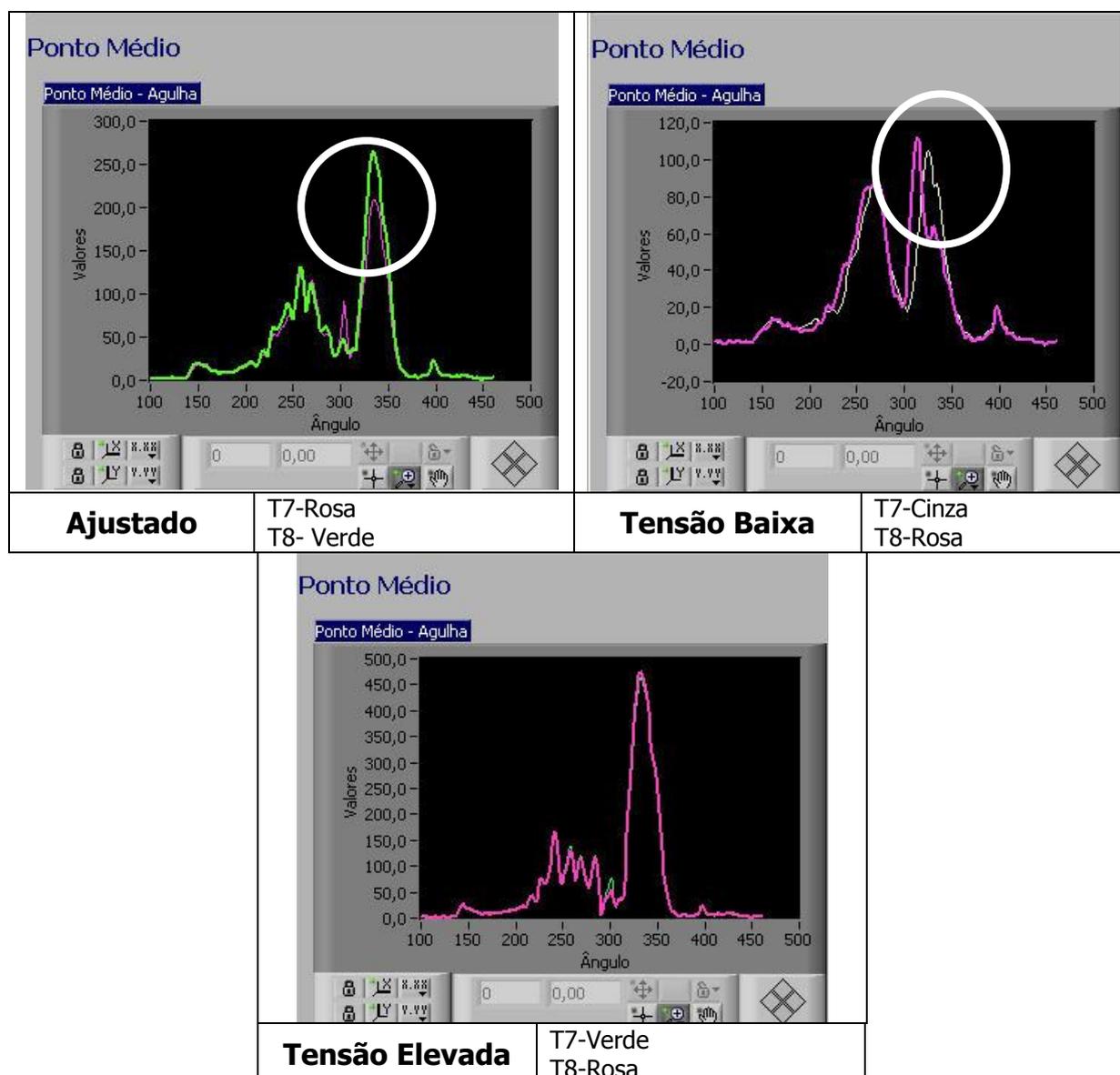
**Estrutura (Tafetá)**

Figura 4.3.4.5. – Variação média da tensão para os tecidos 7 e 8

A figura 4.3.4.5 ilustra o comportamento das costuras nos tecidos com estrutura tafetá. Existem diferenças entre a costura ajustada e com tensão baixa. Os valores de tensão para o ponto ajustado e para tensão baixa, são superiores no tecido 8. Na costura com tensão elevada, os resultados são bastante similares. Os valores de consumo, para o tecido 8, são superiores apenas no ponto ajustado.

Neste caso, os tecidos têm a mesma estrutura, a mesma composição e a mesma massa por unidade de superfície, variando apenas no acabamento.

Se compararmos os vários gráficos, podemos salientiar alguma regularidade nos resultados apresentados.

#### 4.4. Estudo da relação entre picos de tensão e relação entre picos de tensão e consumo de linha

A avaliação da qualidade de uma costura é normalmente efectuada através de uma análise visual do seu aspecto, não existindo ainda um parâmetro objectivo que permita garantir que a costura apresenta uma boa qualidade. Podemos determinar a sua resistência e deslizamento, mas não quantificar a qualidade. Neste capítulo será efectuada uma tentativa de quantificação da qualidade da costura.

##### 4.4.1. Estudo da relação entre picos de tensão

Neste sub-capítulo será analisada a relação existente entre os principais picos de tensão de linha da agulha na zona 3, durante a formação do ponto de costura.

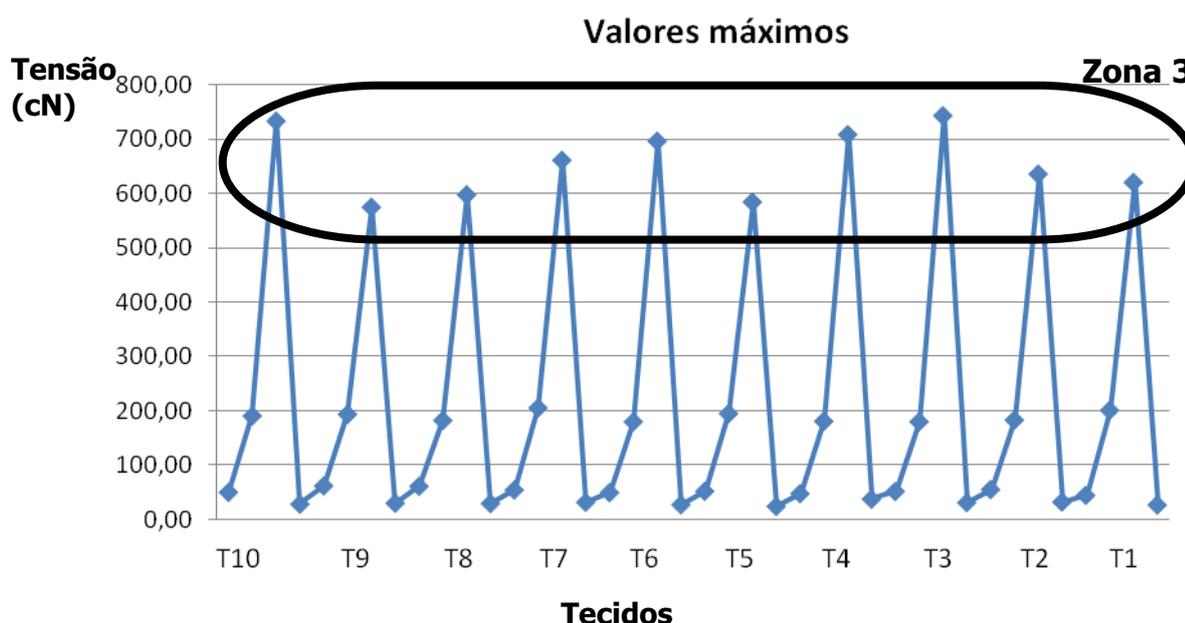


Figura. 4.4.1.1 – Relação entre os valores máximos dos vários picos existentes nos vários tecidos

A figura 4.4.1.1 ilustra os valores máximos obtidos aquando das várias leituras efectuadas nos vários tecidos.

Como referido no sub-capítulo 4.2.1, é na zona 3 (quando o freio atinge a sua posição mais elevada) que se verificam os maiores valores de tensão na linha da agulha e onde se registam as maiores diferenças de tensão em diferentes condições de costura. Podemos verificar que nesta zona, a variação de tensão nos vários tecidos é maior do que nas restantes.

Assim, o pico máximo calculado nesta zona é de extrema importância para a avaliação de diferentes condições de costura.

Na figura 4.4.1.2, podemos ver a representação da relação entre os picos máximos referentes às zonas 2 e 3, para as três situações de ajuste da pré-tensão de linha da agulha: Ponto Ajustado, Tensão baixa e Tensão elevada.

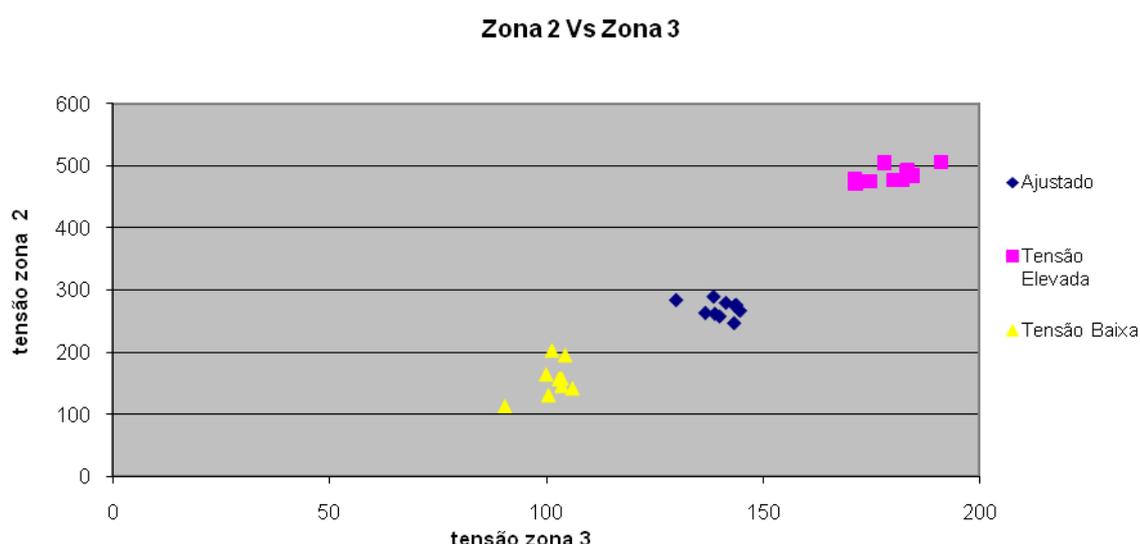


Figura. 4.4.1.2 – Relação entre os valores máximos (médios) entre a zona 2 e a zona 3 dos vários tecidos com as tensões ajustada, com tensão elevada e com tensão baixa

A escolha desta relação (zona 2 e zona 3), deve-se ao facto de se verificarem variações consideráveis da tensão na linha da agulha na zona 3 para diferentes condições de costura e a zona 2 ser uma das mais estáveis, isto é, os valores de tensão não oscilarem muito em diferentes condições de costura.

Esta relação torna-se relevante numa situação de controlo automático da qualidade da costura, uma vez que cada condição de costura ocupa uma zona bem definida.

Se relacionarmos as duas zonas em questão (zona 2 e zona 3), obtemos uma relação que poderá ser utilizada na avaliação da qualidade da costura.

Como se pode ver pela tabela 4.4.1.1., a relação obtida entre a zona 2 e a zona 3 para cada situação (Ajustada, Tensão Elevada e Tensão Baixa) foi feita, dividindo os valores da zona 2 pelos valores da zona 3. No caso do ponto ajustado, temos uma diferença entre os vários tecidos de 0,12, para a tensão elevada 0,03 e para a tensão baixa de 0,30.

Tecidos	Ponto Ajustado			Tensão Elevada			Tensão Baixa		
	Zona2 (cN)	Zona3 (cN)	Relação	Zona2 (cN)	Zona3 (cN)	Relação	Zona2 (cN)	Zona3 (cN)	Relação
<b>T1</b>	138,57	289,71	0,48	183,52	492,13	0,37	100,62	131,51	0,77
<b>T2</b>	139,93	257,93	0,54	191,18	504,84	0,38	103,04	157,85	0,65
<b>T3</b>	129,92	284,36	0,46	178,19	504,69	0,35	103,64	146,45	0,71
<b>T4</b>	143,48	275,36	0,52	183,27	489,92	0,37	106,16	142,37	0,75
<b>T5</b>	141,40	279,77	0,51	184,62	484,21	0,38	90,56	113,73	0,80
<b>T6</b>	136,67	263,52	0,52	180,25	476,51	0,38	100,06	164,98	0,61
<b>T7</b>	138,88	262,03	0,53	171,54	471,08	0,36	103,20	157,87	0,65
<b>T8</b>	143,79	276,26	0,52	171,43	477,62	0,36	104,45	195,91	0,53
<b>T9</b>	143,31	247,01	0,58	174,82	474,27	0,37	103,62	158,33	0,65
<b>T10</b>	144,66	267,02	0,54	182,38	477,16	0,38	101,41	203,49	0,50

Tabela 4.4.1.1 – Valores médios de tensão máxima na linha da agulha para as zonas 2 e zona 3 e a respectiva relação (T2/T3)

A utilização desta relação potencia as diferenças entre diferentes condições de costura, permitindo que o ponto ajustado ocupe uma zona bem definida e distinta das situações de ponto tensionado e frouxo.

O conhecimento dos valores de tensão na linha da bobina seria de extrema importância e relevância na definição desta relação de controlo.

#### 4.4.2. Relação entre picos de tensão – relação entre picos de tensão e consumo de linha

Neste sub-capítulo, será analisada a relação existente entre os principais picos de tensão de linha durante a costura e os respectivos consumos.

Tal como efectuado no capítulo 4.4.1, será estudada uma relação que relacione as tensões da linha de costura e consumo de linha.

Tecidos	Ponto Ajustado				Tensão Elevada				Tensão Baixa			
	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4	Zona1	Zona2	Zona3	Zona4
<b>T1</b>	1,32	0,28	0,13	1,72	1,07	0,18	0,07	1,54	5,60	1,18	0,91	5,12
<b>T2</b>	1,41	0,28	0,15	1,71	0,94	0,16	0,06	1,32	6,01	1,21	0,79	5,30
<b>T3</b>	1,43	0,30	0,14	1,77	0,94	0,18	0,07	1,44	5,93	1,21	0,86	5,70
<b>T4</b>	1,36	0,29	0,15	1,65	1,05	0,19	0,07	1,57	5,74	1,12	0,84	4,95
<b>T5</b>	1,28	0,27	0,14	1,96	0,95	0,17	0,07	1,47	6,39	1,17	0,94	6,33
<b>T6</b>	1,67	0,30	0,16	2,01	0,93	0,18	0,07	1,47	6,09	1,23	0,75	6,21
<b>T7</b>	1,28	0,27	0,14	1,49	0,86	0,19	0,07	1,27	5,81	1,21	0,79	5,53
<b>T8</b>	1,26	0,26	0,14	1,67	0,91	0,18	0,07	1,32	3,84	0,72	0,39	3,49
<b>T9</b>	1,36	0,29	0,17	1,80	0,99	0,19	0,07	1,38	4,29	0,69	0,45	3,62
<b>T10</b>	1,41	0,27	0,15	1,79	1,00	0,18	0,07	1,47	4,37	0,76	0,38	4,09

Tabela 4.4.2.1 – Relação entre os valores médios de tensão máxima na linha da agulha e o consumo de linha de costura por ponto

A Tabela 4.4.2.1 ilustra as relações entre as várias tensões nas várias zonas e o consumo de linha. Este tipo de relação é mais fiável do que apenas a relação entre as tensões de linha (conforme descrito anteriormente), pois a quantidade de linha utilizada na formação do ponto de costura está directamente ligada à qualidade visual e funcional do ponto de costura, devendo por isso ser incluído em qualquer relação de controlo.

Ao estabelecer-se este tipo de relações, pretende-se criar uma constante, de modo a que quando se efectuarem novos ensaios, seja possível avaliar a qualidade da costura, isto é, que esta esteja a ser efectuada correctamente, segundo parâmetros definidos inicialmente.

O conhecimento dos valores relativos a cada situação de costura poderá ainda contribuir para, numa situação de controlo, actuar directamente no tensor de linha da agulha, de modo a ajustar o valor da relação tensão/consumo para um intervalo pré-definido.

## 4.5. Outros ensaios realizados

### 4.5.1. Condições de Costura

A Tabela 4.5.1.1. apresenta as condições de costura utilizadas em todos os ensaios.

Máquina de Costura / Ensaios	
Marca	PFAFF 1183
Velocidade	1500, 2800 e 3000 rpm
Número pontos por centímetro	3,5 pontos/cm
Agulha	80 e 100 - <i>GROZ - BECKERT</i>
Tipo de Ponto	301
Material	
Estrutura	Sarja 2/1, Sarja 2/2, Tafetá
Composição	Lã, Lã/Poliéster/Elastano, Lã/Elastano
Peso	Tecidos com diferentes massas por unidade de superfície
Linha de Costura	
Tipo	100% Poliéster
Número	120 tex

Tabela 4.5.1.1. Condições de costura

Neste sub-capítulo, serão avaliados os efeitos na variação da tensão e consumo na linha da agulha durante a utilização de diferentes tipos de agulhas e diferentes velocidades de costura em diferentes tipos de tecidos.

Mantendo constantes as condições de costura foram utilizados dois tipos de agulha - agulha 80 (cor verde no gráfico) e agulha 100 (cor rosa no gráfico).

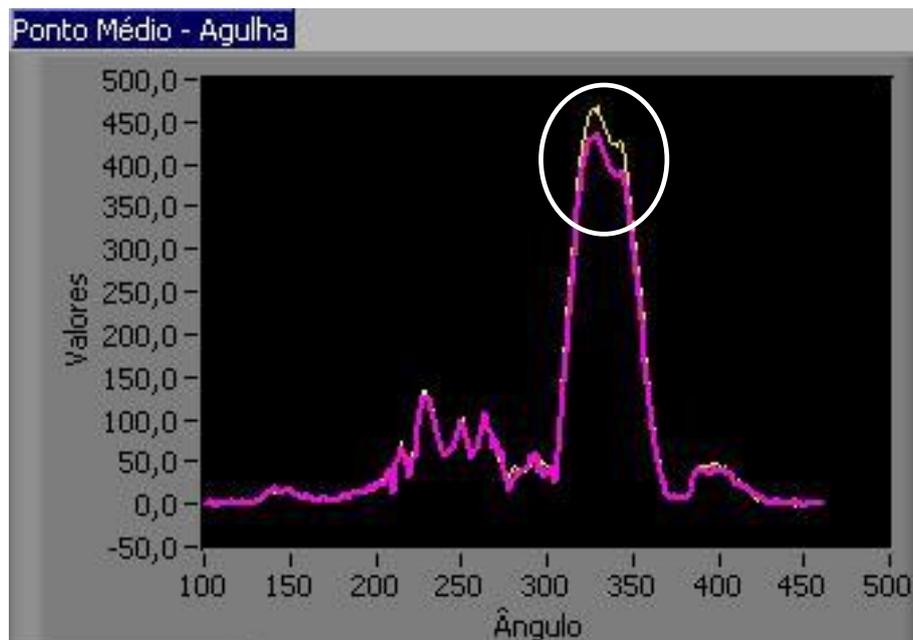


Figura 4.5.1.1 – Tecido 5 (213g/m<sup>2</sup>; 100 Lã; Sarja 2/2) com velocidade de 3000 rpm, agulhas 80 e 100 e linha 120 Poliéster

A figura 4.5.1.1. mostra que a tensão desenvolvida na linha da agulha é influenciada pelo tipo de agulha. Podemos ver que na zona assinalada (zona 3) existem diferenças entre os dois ensaios.

A tabela 4.5.1.1. mostra os valores de tensão na linha da agulha para os diferentes tipos de materiais utilizados nos ensaios realizados.

Tipos de tecido	Valores de tensão (cN)	Condições de costura
	Pico máximo – Zona 3	
<b>T5</b> - (213g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	498,202	Agulha 100; velocidade 3000; linha 120 pes
<b>T7</b> -(200g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Tafetá)	663,518	
<b>T3</b> -(167g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	604,906	
<b>T10</b> -(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Sarja 2/1)	527,258	
<b>T9</b> -(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Sarja 2/1)	599,646	
<b>T6</b> -(227g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	563,828	
<b>T4</b> -(187g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	577,103	
<b>T5</b> - (213g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	428,319	Agulha 100; velocidade 1500; linha 120 pes
<b>T7</b> -(200g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Tafetá)	579,608	
<b>T3</b> -(167g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	486,931	
<b>T10</b> -(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Sarja 2/1)	505,216	
<b>T9</b> -(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Sarja 2/1)	506,468	
<b>T6</b> -(227g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	491,690	
<b>T4</b> -(187g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	507,971	
<b>T5</b> - (213g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	596,891	Agulha 80; velocidade 3000 linha 120 pes
<b>T7</b> -(200g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Tafetá)	708,558	
<b>T3</b> -(167g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	662,016	
<b>T10</b> -(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Sarja 2/1)	538,780	
<b>T9</b> -(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Sarja 2/1)	738,662	
<b>T6</b> -(227g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	741,167	
<b>T4</b> -(187g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	676,794	
<b>T5</b> - (213g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	543,289	Agulha 80; velocidade 2800; linha 120 pes
<b>T7</b> -(200g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Tafetá)	525,004	
<b>T5</b> - (213g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	539,030	Agulha 80; velocidade 1500; linha 120 pes
<b>T7</b> -(200g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Tafetá)	481,921	
<b>T3</b> -(167g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	550,803	
<b>T10</b> -(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Sarja 2/1)	501,459	
<b>T9</b> -(250g/m <sup>2</sup> ; 44 Lã/54Poliester/2Elast; Sarja 2/1)	488,434	
<b>T6</b> -(227g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/2)	431,826	
<b>T4</b> -(187g/m <sup>2</sup> ; 100 Lã; Sarja 2/1)	537,277	

Tabela 4.5.1.1. Valores máximos de tensão na linha da agulha na zona 3 em diferentes condições de costura

Comparando os ensaios da Tabela 4.5.1.1. relativos ao tecido 5 (Agulha Nº 100; Velocidade 3000 rpm) com o tecido 5 (Agulha Nº 80; Velocidade 3000 rpm), verificamos que quanto menor for o número da agulha (agulha mais espessa) maiores são os valores de tensão na linha da agulha, tendo sido verificada para o tecido 5 diferenças de cerca de 16.5%.

Em relação à influência da variação da velocidade de costura, podemos verificar que à medida que reduzimos a velocidade de costura os valores de tensão na linha da agulha diminuem. Comparando os ensaios relativos ao tecido 5 (Agulha Nº 100; Velocidade 3000 rpm) com o tecido 5 (Agulha Nº 100; Velocidade 1500 rpm), verificamos uma variação na tensão da linha de agulha de cerca de 14%.

Uma escolha errada do tipo de agulha, terá influência na dinâmica da costura, afectando a costurabilidade do material. Os ensaios realizados mostram ser possível comparar o efeito da utilização de diferentes agulhas.

Por outro lado, como seria de esperar, o aumento da velocidade de costura resulta também no desenvolvimento de valores de tensão de linha superiores e consequentemente no aumento da probabilidade de desenvolver defeitos na costura.

## 5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS, CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

### 5.1. Discussão de resultados

No início da era da indústria têxtil, muita gente pensou em dar às máquinas de costura uma melhor performance, já que a indústria de confecção era uma indústria com processos de produção ainda um pouco artesanais. Com o intuito de tentar colmatar este facto, tem sido feito um esforço para a incorporação de novas tecnologias para melhorar o sistema produtivo, nomeadamente no que diz respeito à eficiência, flexibilidade e capacidade de resposta, bem como a qualidade final dos produtos [20] [21].

Nos últimos anos tem-se assistido a um aumento da automatização dos equipamentos do processo central da confecção, a costura. No entanto, a nível do processo de costura, pouca investigação tem sido feita, ou seja, o que se conhece sobre este processo foi adquirido em grande parte através da prática acumulada ao longo dos anos. Uma boa afinação de uma máquina de costura está muito dependente da experiência e motivação do mecânico e/ou operadora da máquina.

Resultado da globalização, a indústria de vestuário actual vive uma nova realidade: uma grande variedade de modelos, pequenas séries de produção e uma constante inovação em termos de matérias-primas e acabamentos dos materiais utilizados. Neste ambiente de forte competitividade, a produtividade das empresas assume um papel extremamente importante, na medida em que as margens de lucro são cada vez mais reduzidas.

Foi neste contexto que surgiu o trabalho aqui desenvolvido, com o título “Estudo da dinâmica de costura numa máquina de costura de ponto preso”, com o qual se pretende evoluir nos conhecimentos entretanto adquiridos na máquina de costura corta-e-cose.

Na proposta de desenvolvimento deste estudo foram identificados vários pontos-chave, destacando:

- Caracterização do processo de formação do ponto de costura tipo 301, durante um ciclo de costura;
- Caracterização do ponto ajustado em termos de variação da tensão e consumo de linha de costura;
- Relação entre os valores de tensão nas linhas de costura com os valores de força estáticos aplicados no tensor;
- Compreensão do efeito na tensão e no consumo de linha da agulha com a variação da pré-tensão de linha no tensor, tipo de agulha de costura, velocidade de costura e material utilizado na costura;

Foram definidas experiências para cada situação de costura, de forma a verificar e estabelecer as relações existentes entre diferentes parâmetros de controlo da máquina de costura, diferentes propriedades dos materiais e diferentes condições de afinação da máquina.

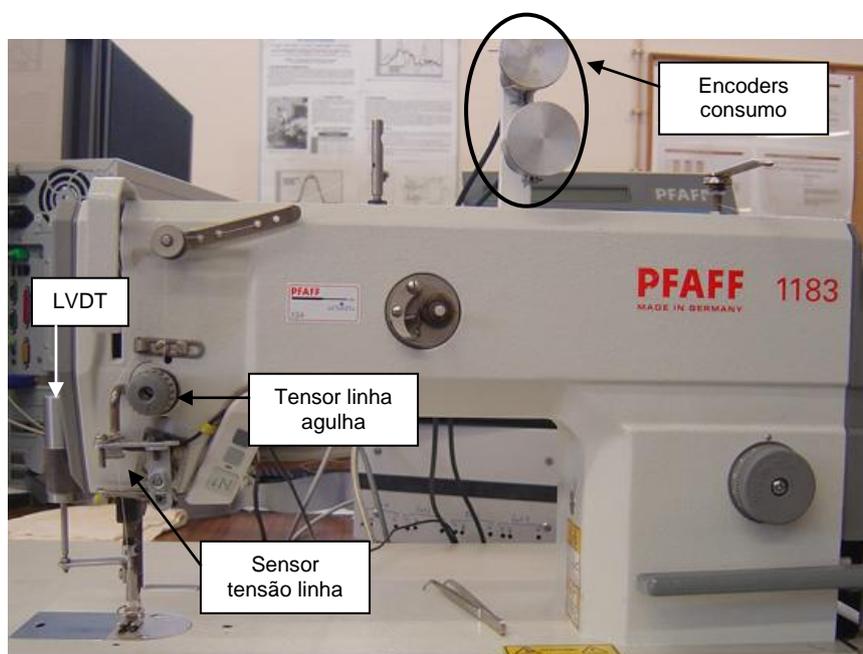


Figura 5. 1 - Posicionamento dos dispositivos na máquina de ponto-preso

## 5.2. Conclusão

Utilizando o sistema de aquisição descrito nos capítulos anteriores foi estudado o comportamento dos principais picos de tensão na linha de costura da agulha, tendo sido identificados cinco picos de tensão durante a formação do ponto de costura, sendo a sua forma e a fase de ocorrência no ciclo do ponto repetidas nos vários ensaios.

O primeiro pico de tensão na linha da agulha ocorre aos 40°, no momento em que a agulha penetra no material.

O segundo pico de tensão ocorre aos 150°, no momento em que a agulha se encontra no seu movimento ascendente.

O terceiro pico de tensão ocorre aos 260°, no momento em que o freio inicia o seu movimento ascendente.

O quarto pico de tensão ocorre aos 305°, no momento em que o arrastador está empurrar o tecido durante a sua alimentação.

O quinto pico de tensão ocorre aos 335°, no momento em que o freio atinge a sua posição mais elevada.

Pela análise dos resultados obtidos é possível concluir que o sistema de medição desenvolvido é eficaz na detecção da variação da tensão gerada na linha de costura da agulha e no respectivo consumo de linha, durante a formação do ponto de costura. Por outro lado, é possível constatar a reprodutibilidade dos diferentes picos, existindo um padrão constante da forma e da periodicidade, sendo detectadas variações em valor absoluto de acordo com o tipo de ensaio efectuado.

Relativamente ao estudo da influência dos diferentes factores nos sinais de tensão gerada na linha de costura e no consumo de linha, durante o ciclo de formação do ponto, foi possível concluir que:

- A pré-tensão de linha da agulha é um dos factores de afinação da máquina de costura que influencia a qualidade da costura.
- A estrutura do material a ser costurado tem influência sobre a qualidade da costura.
- A aplicação de diferentes valores de pré-tensão na linha da agulha, provoca uma variação directamente proporcional nos picos de tensão gerados durante o ciclo de costura da respectiva linha. A uma maior pré-tensão aplicada, corresponderá a geração de picos de tensão de maior magnitude.
- A variação da estrutura apenas influenciou significativamente o pico 3 (zona 3) de tensão gerados na linha da agulha.
- A velocidade de costura influencia os valores de tensão da linha de agulha. Quanto maior for a velocidade de costura maior serão os picos de tensão.
- O tipo de agulha de costura influencia os valores de tensão da linha de agulha. Quanto menor for o número da agulha (agulha mais espessa) maiores são os valores de tensão na linha da agulha.
- O sistema desenvolvido para a medição do consumo de linha da agulha é bastante rigoroso, tendo sido verificado que este é inversamente proporcional à pré-tensão aplicada no tensor de linha da agulha.
- O valor de consumo está directamente relacionado com os valores de pré-tensão. Quanto maior o valor de pré-tensão menor será o consumo da linha da agulha e quanto menor o valor de pré-tensão maior é o consumo de linha da agulha.

Foi seleccionado o terceiro pico de tensão como o mais importante para o estabelecimento de relações que permitam a quantificação da qualidade da costura, pelo facto de ocorrer numa importante fase da formação do ponto de costura tipo 301 e ter sido o pico que mostra o efeito na tensão de linha da variação das condições de costura.

A necessidade de estabelecer uma adequada relação entre as tensões de linha e os consumos de linha para a obtenção de um ponto de costura equilibrado foi realçada. No entanto, por não ter sido possível medir a variação da tensão na linha da bobina e o respectivo consumo de linha, não será possível no âmbito deste trabalho propor um factor de controlo da qualidade da costura.

No entanto, foi possível verificar que o ponto ajustado, onde o cruzamento e o tensionamento das linhas garante um nível de qualidade aceitável, tem um determinado posicionamento, em termos de relação entre os picos 2 e 3 que é distinto dos vários tipos de pontos desajustados.

Por outro lado, verificou-se que para cada ponto desajustado (tensionado e frouxo na linha da agulha), a relação entre estes dois picos de tensão adquire um valor específico e distinto.

Apesar do desconhecimento dos valores relativos à linha da bobina, é possível quantificar a qualidade da costura para um determinado material, apenas com a análise dos valores de tensão de linha da agulha, pois serão sempre situações completamente distintas e facilmente identificáveis (por exemplo: ponto tensionado na linha da agulha ou ponto frouxo na linha da agulha).

Assim, com o sistema já disponível na máquina de costura ponto preso, é já possível definir para cada tipo ou grupos de estruturas, valores ideais de tensão na linha da agulha (relacionados com o respectivo valor de ajuste nos pré-tensores de linha) e consumo de linha, e a partir daí detectar situações de desajuste do ponto.

Uma máquina de costura assim equipada trará sem dúvida grandes benefícios em termos produtivos, pois não só permitem a detecção de defeitos de costura, nomeadamente pontos falsos, como também reduzir a intervenção de um mecânico no ajuste da costura, contribuindo para a melhoria da qualidade e produtividade da nossa indústria do vestuário.

### 5.3. Perspectivas Futuras

Os resultados obtidos permitem prever um desenvolvimento futuro deste trabalho, que com um universo mais alargado de parâmetros a serem medidos e a serem analisados, nomeadamente a variação da tensão na linha da canela e respectivo consumo de linha por ponto de costura, possibilitarão uma maior compreensão dos fenómenos em análise e o estabelecimento de correlações entre os diferentes factores, e a possível definição de condições de controlo, na procura de uma maior qualidade e eficiência do processo de formação da costura.

O banco de ensaios está a ser utilizado no âmbito de alguns trabalhos de mestrado e doutoramento, onde se pretende avaliar outras variáveis e assim inferir sobre as suas reais potencialidades, nomeadamente:

- Criar relações entre picos de tensão e consumo para se conseguir avançar para um controlo automático das máquinas de costura.
- Avaliar outros tipos de acabamentos dos materiais e respectiva influência no desempenho da costura.
- Estudar as melhores relações número agulha / linha de costura.
- Estudar outros diferentes tipos de linha de costura e sua influência na costurabilidade.
- Identificar situações de costura que originem defeitos na costura.

**6. BIBLIOGRAFIA**

- [1] - Carvalho, M.A.F.; Ferreira, F.B.N.; Ferreira, A.M. - *The effect of the sewing threads in seam quality and machine set-up - Objective evaluation*. Proceedings of the International Fiber Conference 2006 - Extreme and Aesthetic Textiles, Seoul National University, Seoul, Korea, May 30-Jun 3, 2006. Texto completo.
- [2] - Carvalho, M.A.F.; Ferreira, F.B.N.; Ferreira, A.M. - *Study of the Thread Tension and Consumption in a Lockstitch Sewing Machine*. Proceedings of 6th World Textile Conference AUTEX 2007, Tampere, Finland; 26-27 de Junho, 2007. (texto completo).
- [3] - Araújo, M. D.; "*Tecnologia da Confecção*", Curso de Formação, Nov. 1995.
- [4] - NP 3800, "*Tipos de Costuras - Classificação e Terminologia*", 1991.
- [5] - NP 3801, "*Tipos de Pontos de Costura - Classificação e Terminologia*", 1991.
- [6] - Manual da máquina de ponto preso, G.M. PFAFF KAISERSLAUTERN, INDUSTRIEMASCHINEN AG
- [7] - *Apontamentos teóricos da disciplina Aparelhos e Acessórios em Confecção*, do curso Engenharia de Vestuário, 2003-2004.
- [8] - Deery, W.A.; Chamberlain, N.H.; "*A Study of Thread Tension Variation during the Work Cycle in a Lockstitch Sewing Machine*", Technical Report No. 15, The Clothing Institute, 1964.
- [9] - Kamata, Y.; Kinoshita, R.; Ishikawa, S.; Fujisaki, K.; "*Disengagement of needle thread from rotating hook, effects of its timing on tightening tension on an industrial single needle lockstitch machine*", J. Text. Mach. Soc. Japan, vol. 30, n. 2, 1984.
- [10] - Horino, T.; Miura, Y.; Ando, Y.; Sakamoto, K.; "*Simultaneous measurements of needle thread tension and check spring motion of lockstitch sewing machine for industrial use*", J. Text. Mach. Soc. Japan, vol. 2, 1982, p. T30-37.
- [11] - Greenberg, N. G.; "*An instrument for measurement of thread dynamic tension characteristics during the sewing operation - Part 2*", Clothing Research Journal, 1975, 3, Nº 2, p. 77.
- [12] - Onoue, M.; "*Influences of the sewing conditions of the lockstitch sewing machine for industrial use on the needle thread tension*", J. Soc. Fib. Sci. Tech., Japan, vol. 10, 1984, p. T395-401

- [13] – Ferreira, F.B.N.; "A Study of Thread Tensions on a Lockstitch Sewing Machine", PhD thesis, University of Leeds, 1991.
- [14] – Ferreira, F.B.N.; Harlock, S.C.; Grosberg, P.; "A Study of Thread Tensions on a Lockstitch Sewing Machine (Part I)", International Journal of Clothing Science and Technology, Volume 6, Number 1, pp. 14-19, 1994, MCB University Press, U.K.
- [15] – Ferreira, F.B.N.; Harlock, S.C.; Grosberg, P.; "A Study of Thread Tensions on a Lockstitch Sewing Machine (Part II)", International Journal of Clothing Science and Technology, Volume 6, Number 5, pp. 26-29, 1994, MCB University Press, U.K.
- [16] – Ferreira, F.B.N.; Harlock, S.C.; Grosberg, P.; "A Study of Thread Tensions on a Lockstitch Sewing Machine (Part III): Further Stitch Formation Analysis", International Journal of Clothing Science and Technology, Volume 6, Number 5, pp. 39-42, 1994, MCB University Press, U.K.
- [17] – Carvalho, H., Monteiro, J., Ferreira, F. B. N., "Measurements and Feature Extraction in High-Speed Sewing", Proceedings of The IEEE: ISIE'97 - International Symposium on Industrial Electronics, Vol. 3, pp. 961-966, University of Minho, July, 1997.
- [18] – M.A.F. Carvalho - *Study of the Relationship between Control Parameters, Material Properties and Set-up Conditions in an Overlock Sewing Machine*, PhD Thesis, University of Minho, Braga, Portugal (2003).
- [19] – M.A.F. Carvalho, F.B.N. Ferreira - *High Performance. In Sewing – Guaranteeing Seam Quality Through Control Of Sewing Dynamics*, FAO/SCORENA, Port Elizabeth, South Africa (2005).
- [20] – Carvalho, H. (2003). *Optimisation and Control of Process in Apparel Manufacturing*. Tese de doutoramento. Portugal: Universidade do Minho.
- [21] – Demitto, P. R. D. (2004). *Estudo da costurabilidade em Tecidos de Diversas Propriedades*. Tese de Mestrado. Portugal: Universidade do Minho.