



XIV CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA

Universidade Federal de Uberlândia
Faculdade de Engenharia Mecânica



CONTROLE DOS PROCESSOS DE ENCOLHIMENTO E TINGIMENTO DE TECIDOS ATRAVÉS DE SISTEMA DE AQUISIÇÃO E ELABORAÇÃO DE IMAGEM NA FAIXA DO VISÍVEL

Francisco Ribeiro Fonseca Reis

Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG, Ave. Antônio Carlos, 6.627, Campus Pampulha,
CEP:31.270-901, , Belo Horizonte – MG, Brasil
e-mail: lequi69@hotmail.com

Gustavo Dumont Braga

e-mail: gustaudb@hotmail.com

Dalton Cozac Tanos Jorge

CEDRO, Rua Paraíba 337, Funcionários, CEP: 30.130-140, Belo Horizonte/MG
e-mail: dcozac@cedro.ind.br

Prof. Roberto Márcio de Andrade

Departamento de Engenharia Mecânica da UFMG, Ave. Antônio Carlos, 6.627, Campus Pampulha,
CEP: 31.270-901, , Belo Horizonte – MG, Brasil
e-mail: rma@ufmg.br

RESUMO: *Este trabalho apresenta três metodologias baseadas no tratamento digital de imagem para controle de qualidade na indústria têxtil, sendo duas relacionadas ao controle dimensional, e uma relacionada ao controle de coloração do tecido. O controle dimensional é necessário durante a sanforização, etapa na qual ocorre o pré-encolhimento do tecido, ao passo que o controle de coloração é necessário durante o tingimento. A primeira metodologia consiste em contar o número de pixels entre duas marcas feitas no tecido antes da sanforização e comparar com o número de pixels entre as mesmas marcas após o processo. Dessa forma determina-se o percentual de encolhimento do tecido pela diferença do número de pixels entre as marcações nas duas imagens. A segunda metodologia utiliza a transformada rápida de Fourier (FFT) para analisar as imagens no domínio da frequência. Pela diferença das frequências das imagens antes e depois de passar da sanforizadeira determina-se o percentual de encolhimento do tecido. Esta mesma FFT também pode ser utilizada para contar o número de tramas do tecido presentes na imagem. A terceira metodologia consiste na análise comparativa dos histogramas de saturação, matiz e intensidade (HSI) ou de cores(RGB) de amostras de uma mesma vizinhança para verificar a homogeneidade da coloração do tecido.*

Palavras-chave: *imagem digital, controle de qualidade, transformada rápida de Fourier, sanforização, tingimento de tecido.*

1. INTRODUÇÃO

Todos os fabricantes de tecido devem fornecer a especificação técnica de seus produtos, tais como, a variação permitida para o encolhimento residual, ou seja, a variação dimensional permitida do encolhimento do tecido após o primeiro ciclo de lavagem. Quaisquer valores acima ou abaixo dos permitidos, significam prejuízos para quem vende ou para quem compra estes produtos. Trata-se de um processo final em que o tecido é submetido a esforços significativos gerando grandes transformações. Qualquer falha pode resultar em perda de uma longa cadeia produtiva a que este

tecido foi submetido anteriormente, gerando prejuízos significativos principalmente para as grandes Fábricas que processam montantes que chegam à ordem de 10 milhões de metros lineares de tecido/mês. Este trabalho apresentou duas metodologias baseadas no tratamento digital de imagem para controle de qualidade dimensional na indústria têxtil durante a sanforização, etapa na qual ocorre o pré-encolhimento do tecido.

O processo convencional de fabricação de tecidos pode ser representado pelos fluxogramas da Figura 1 (Araújo, M. de.; Castro, 1984):

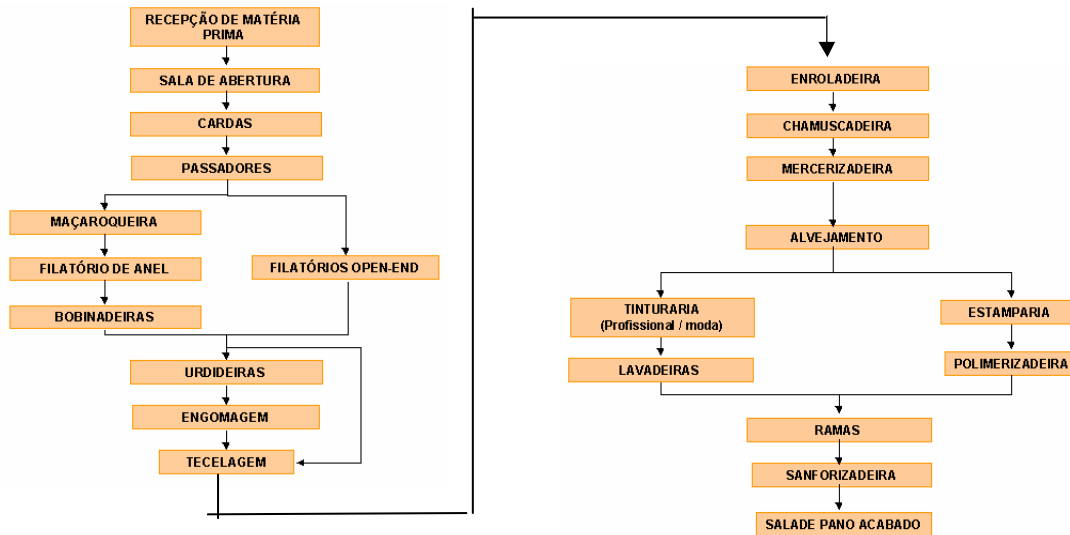


Figura 1 – Fluxograma do processo de produção de tecidos.

O tecido é produzido em um equipamento denominado tear. Esta máquina executa uma série de movimentos cíclicos, efetuando o entrelaçamento dos fios (trama e urdume), (Cunha, Renato Teixeira.2004), Figura 2.

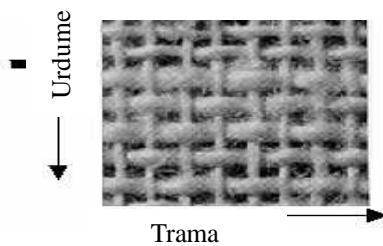


Figura 2 - Detalhe do entrelaçamento dos fios de urdume e trama em um tecido plano

A Sanforização é o processo utilizado para dar um pré-encolhimento dos tecidos evitando assim que o mesmo encolha ao ser lavado pela primeira vez pelos clientes. Ele tem a função também de proporcionar melhores brilhos e toque aos tecidos, Figuras 3 e 4.

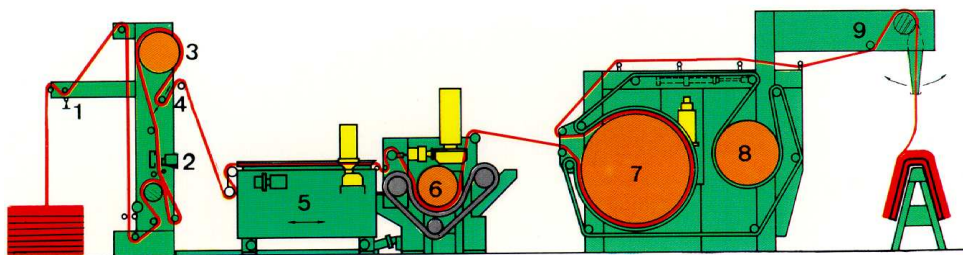


Figura 3 - Detalhe do processo de sanforização. Em destaque: (1) o manchão de borracha,

(2) cilindro aquecido, (3) cilindro de pressão.

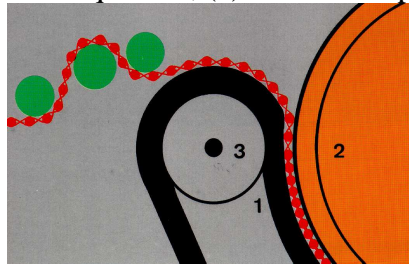


Figura 4 - Detalhe do processo de sanforização. Em destaque: (1) o manchão de borracha, (2) cilindro aquecido, (3) cilindro de pressão.

O processo de encolhimento ocorre entre o manchão de borracha (1) e o cilindro aquecido (2). O cilindro de pressão (3) pressiona o manchão de borracha contra o cilindro aquecido provocando, desta forma, uma compressão no manchão. Quando a pressão do cilindro de pressão é aliviada o manchão retorna a sua condição normal. O tecido, que por sua vez está entre o manchão e o cilindro aquecido, tende a acompanhar a retração (compressão) do manchão de borracha e então encolhe. Cada alteração de pressão no manchão corresponde a uma respectiva alteração no encolhimento do tecido. Quanto maior esta pressão, maior o encolhimento.

Neste processo ocorre uma aproximação na distância entre as tramas do tecido. A imprecisão na determinação do encolhimento, acima ou abaixo dos valores permitidos, implica em prejuízos para quem vende ou compra estes produtos. Por exemplo, se for medido um encolhimento de 8% sendo o valor real 9%, 1% da produção seria fornecida sem custo para o comprador. Grandes fábricas processam montantes que chegam à ordem de dez milhões de metros lineares de tecido/mês, assim o prejuízo seria de cem mil metros de tecido/mês.

Os métodos de medição do encolhimento mais comumente utilizados são (Indigo Denims;1983):

- a) medição manual com gabarito (lenta e pouco precisa);
- b) medição com contadores de trama (sistema muito instável e com custo elevado);
- c) medição através da utilização de encoders antes e depois do manchão de sanforização (medição também muito instável gerando grandes erros nas leituras).

Este artigo apresenta duas metodologias baseadas em um sistema da aquisição e tratamento de imagens, para o controle do processo de sanforização. Este sistema tem a vantagem de ser confiável nos aspectos de controle dimensional, de baixo custo, baixo índice de manutenção e de simples operação.

Outro processo que merece atenção diferenciada na cadeia produtiva têxtil é o tingimento do tecido. Neste processo, o tecido é imerso em um banho de corantes. Nesta etapa do processo torna-se fundamental o controle da cor em relação aos padrões desejados e da sua regularidade em toda a extensão longitudinal e transversal. O teste realizado para se apurar as diferenças de tonalidades no sentido transversal do tecido é conhecido como “ourela-centro-ourela”. Normalmente, este teste é realizado após o final do processo de tingimento e, caso existam diferenças significativas de tonalidades de cores, o tecido deverá ser reprocessado ou vendido como segunda qualidade, quando não for possível o reprocessamento destes tecidos não-conformes. Portanto, é também de suma importância a necessidade de um controle em tempo real, que permita a correção das diferenças de cores durante o processo, bem como a reprodução do padrão desejado destas cores, evitando assim maiores prejuízos.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Método de medição direta

O método de medição direta avalia a distância entre dois pontos da imagem, a partir do número de pixels entre os pontos considerados. Para uma melhor identificação do número de pixels, a imagem foi adequadamente tratada, com conversão em escala de cinza e binarização.

Primeiramente, foi feita a calibração da imagem para a quantificação da dimensão do pixel, utilizando-se bloco padrão de 100 mm. Foram avaliadas as melhores condições de distância entre o objetivo e a superfície do bloco padrão, iluminação e contraste que permitisse minimizar os erros de calibração. A imagem obtida do bloco padrão foi binarizada e o número de pixels contidos em uma linha ao longo do bloco padrão foi avaliado. A resolução da imagem foi calculada pela relação entre a dimensão do bloco padrão e o número de pixels avaliado pela Equação 1:

$$p = \frac{100}{n} \quad (1)$$

Após uma análise do bitmap da imagem verificou-se a existência de 525 pixels entre as duas extremidades do bloco padrão. Assim:

$$p = \frac{100}{n} = \frac{100}{525} = 0,19mm \quad (2)$$

A repetitividade, a incerteza do bloco padrão e a resolução limitada são utilizadas para o cálculo da incerteza expandida ($U_{95\%}$) do sistema de medição. A repetitividade foi obtida por meio de dados experimentais com a medida do bloco padrão. A incerteza do bloco padrão foi fornecida pelo fabricante e a resolução do sistema de medição analisado é 1 pixel. Assim, a incerteza expandida foi obtida multiplicando a incerteza combinada por uma constante $k = 2$, para 95% de confiabilidade. Assim, a incerteza expandida foi $U_{95\%} = 0,22$ mm, bastante pequena.

Em seguida, marcou-se o tecido antes de passar pelo manchão de sanforização a uma distância pré-determinada (D). Foi obtida uma imagem digital do tecido marcado nas mesmas condições de distância e iluminação relativas ao processo de calibração. Após o tecido ser submetido ao processo de sanforização, uma nova imagem foi adquirida. As imagens foram devidamente tratadas, tendo o número de pixels entre as marcas das imagens antes (n_1) e depois da sanforização (n_2) avaliados. Desta forma, o encolhimento (E) pode ser calculado pela Equação 3:

$$E = (n_1 - n_2) p \quad (3)$$

Também é importante para indústria o encolhimento relativo, ou seja:

$$E_{\%} = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} 100 \quad (4)$$

2.2 - Método de medição baseado na Transformada Rápida de Fourier (FFT)

O uso da Transformada Rápida de Fourier, FFT, permite avaliar a distribuição em frequência de objetos em uma imagem. Este método permite a contagem precisa do número de tramas do tecido bem como uma estimativa do encolhimento (Brigham, E.1974).

O primeiro passo foi obter imagens do tecido antes e depois da passagem pelo manchão de sanforização, com a câmera colocada a uma mesma distância do tecido nas duas situações. A câmera foi também posicionada de tal forma que as tramas ficassem na direção horizontal. A distância de aquisição foi ajustada de modo que a área de tecido fotografado fosse a maior possível,

porém sem prejudicar a resolução. Em seguida as imagens foram convertidas para escala de cinza, utilizando resolução de 8, 12 e 16 bits. Não houve variação considerável do resultado com a resolução resultante da conversão. Logo, foi utilizado a conversão em 8 bits. O terceiro passo foi obter o bitmap dessas imagens usando um software editor de imagem. Aplicou-se, então, a FFT a cada coluna das matrizes, obtendo-se uma FFT média de cada matriz (Gonzalez, R. C., and Woods, R. E.1993). Por diferença da média das frequências dos picos de cada imagem, calculou-se o encolhimento percentual, através da Equação 5:

$$E\% = \frac{(f_{depois} - f_{antes})}{f_{depois}} 100 \quad (5)$$

O número de tramas presentes na imagem foi determinado através do produto da frequência da harmônica pelo número de linhas da matriz da imagem. Assim:

$$N_T = fm \quad (6)$$

2.3 - Método do controle de cor baseado em histogramas (HSI)

Consiste em fotografar partes do tecido com as quais se deseja fazer uma comparação de cores. Deve-se adotar uma amostra do tecido fotografado como padrão e todas as comparações serão feitas com este padrão. Ao realizar as fotografias, deve-se posicionar a máquina sempre à mesma altura com a mesma iluminação. Com as imagens das amostras em análise, efetua-se através do histograma a comparação das intensidades de cores, obtendo-se com clareza de detalhes as possíveis diferenças existentes entre as amostras em questão. Pode-se utilizar o histograma com as funções RGB (Red, Green, Blue) ou HSI (Hue, Saturation, Intensity). A partir da avaliação experimental em laboratório, diferenças superiores à 5% são significativas e, portanto, a amostra deve ser reprovada.

3 - RESULTADOS OBTIDOS

3.1 - Método de medição direta

Foi analisado um tecido tinto com trama Stretch. As imagens adquiridas antes e depois da sanforização são apresentadas nas Figuras 5, onde pode ser verificado, qualitativamente, o encolhimento do tecido.

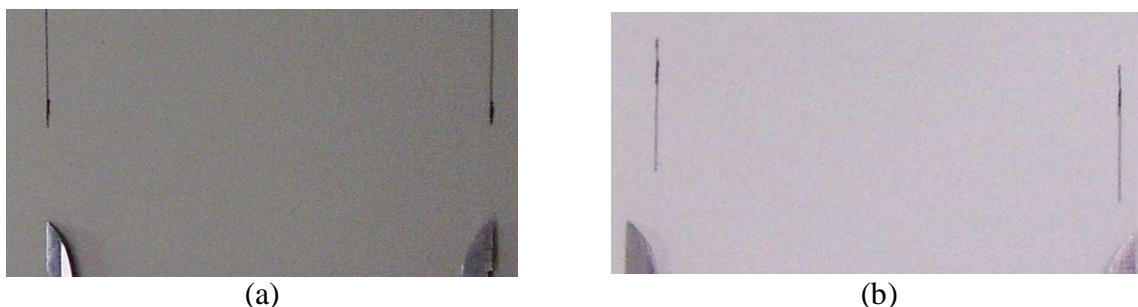


Figura 5: Marcas no tecido comparado com paquímetro de 100 mm, (a) antes e (b) depois da sanforização

Após análise, a distância entre as duas marcas na imagem antes e depois da sanforização foi, respectivamente, 99,25 mm e 91,37 mm, com uma incerteza expandida $U_{95\%}$ de 0,11 mm. Logo o encolhimento relativo foi:

$$E = \frac{99,25 - 91,37}{99,25} 100 = 7,93\% \quad (7)$$

Por medição manual com gabarito das marcas nas Figuras 5 e 6, 4 técnicos obtiveram valores entre 7% e 9% de encolhimento. Uma análise em laboratório revelou um encolhimento de 8%, significando uma diferença relativa de 0,5%. Desta forma, o resultado foi devidamente validado por comparação direta.

3.2 - Método de medição baseado na Transformada Rápida de Fourier (FFT)

Para avaliar o método de medição baseado em FFT, foi utilizado o índigo (jeans), Figuras 5, por se tratar de um tecido bastante comum.

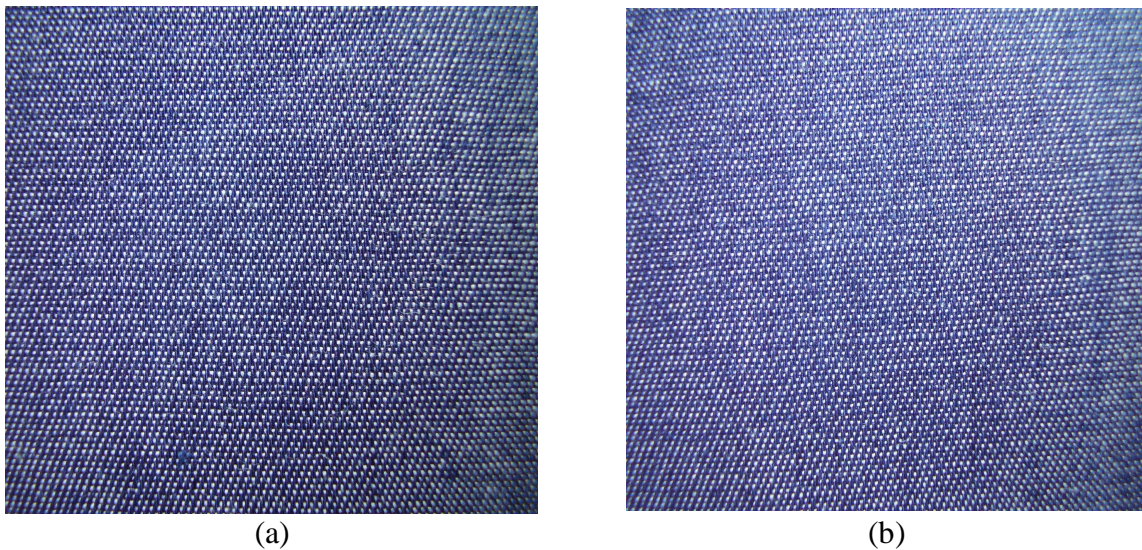


Figura 5: Tecido índigo 14 oz (jeans), (a) antes e (b) depois da sanforização

a) Cálculo do encolhimento

O resultado da aplicação do método baseado em FFT na medição do processo de encolhimento é apresentado na Figura 7. Na ordenada são apresentadas as amplitudes, enquanto na abscissa estão representadas as frequências médias.

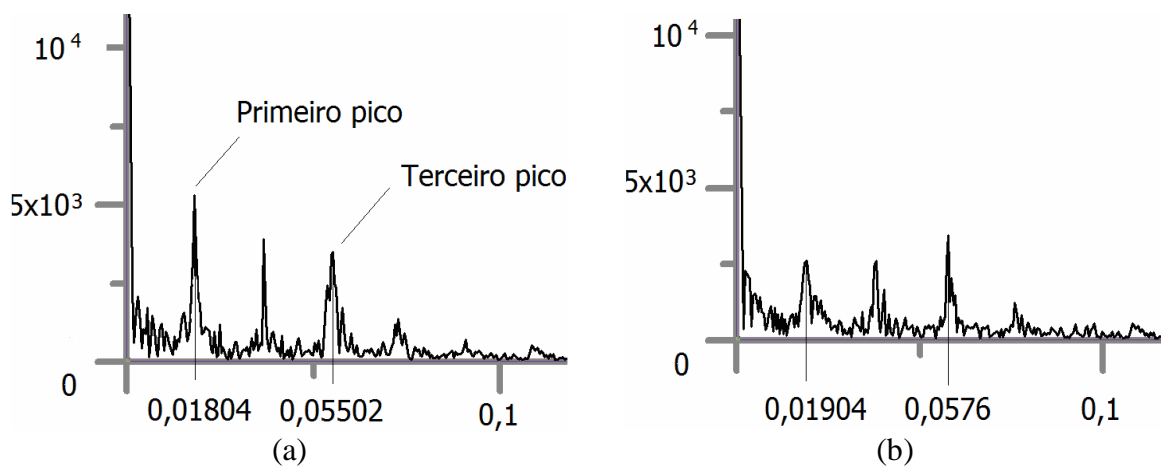


Figura 7: Resultado análise FFT do índigo (a) antes e (b) depois de passar pela sanforização

Considerando os resultados para este caso, o encolhimento médio foi determinado usando três picos. Assim calculou-se o encolhimento tomando como referencia o primeiro pico (E1) o e o terceiro pico (E3), Equação 8:

$$E_1 = \left(\frac{0,01904 - 0,01807}{0,01904} \right) * 100 = 5,09\% \quad (8.a)$$

$$E_3 = \left(\frac{0,05760 - 0,05502}{0,05760} \right) * 100 = 4,48\% \quad (8.b)$$

$$E = \frac{5,09 + 4,48}{2} = 4,78\% \quad (8.c)$$

A análise em laboratório do tecido índigo revelou um encolhimento de 4,80%, significando uma diferença relativa de 0,40%, diferença equivalente ao método de medição direta, e validando o método FFT na medição do encolhimento de tecidos.

b) Cálculo do número de tramas do índigo

A análise da aplicação em índigo indicou que o terceiro pico da FFT esta associado com o número de tramas. O número de linhas da matriz foi 1.536. Assim, o número de tramas antes e depois da sanforização foi, respectivamente:

$$N_{T1} = 0,05502 \times 1536 = 84,5 \quad (9.a)$$

$$N_{T2} = 0,05760 \times 1536 = 88,5 \quad (9.b)$$

Uma avaliação manual do número de tramas antes e depois da sanforização forneceu, respectivamente, os valores 84 e 88, significando uma diferença relativa de, pelo menos 0,05%, e validando o método FFT na contagem do número de tramas.

3.3 – Método de controle de cor baseado em histogramas (HSI)

A Figura 8 apresenta um resultado da aplicação do método de controle de cor, para avaliar a homogeneidade na qualidade do tingimento. Foram utilizadas quatro amostras de índigo, que foram previamente aprovada em teste de homogeneidade realizado em laboratório.

A diferença máxima entre os canais foi de 4,93%, validando assim a teoria. Os resultados obtidos com o método de comparação de histogramas foram bastante satisfatórios. Todos os tecidos aprovados em testes de laboratório, apresentaram diferença inferior a 5% entre os histogramas. Por outro lado, todos os tecidos reprovados apresentaram diferenças superiores a 5% entre os histogramas.

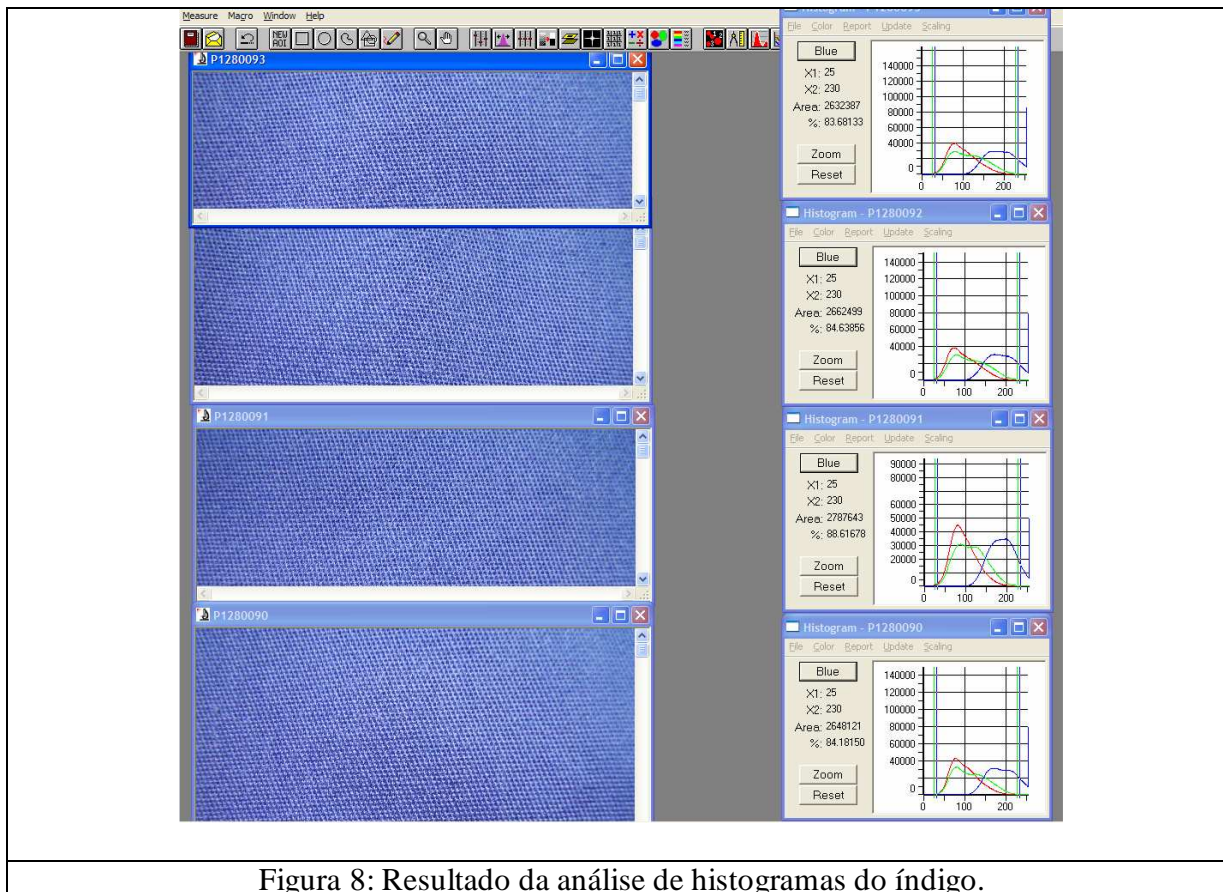


Figura 8: Resultado da análise de histogramas do índigo.

4 - CONCLUSÕES

Foi proposta uma metodologia de aquisição e elaboração de imagem para mensuração do encolhimento de tecidos durante o processo de sanforização. Foi projetado e construído um sistema de medição constituído de uma câmara digital no visível e um software de análise de imagem, de baixo custo e adequado para o controle em linha de produção. A calibração do sistema, confrontado com um bloco padrão forneceu um valor de 0,19 mm e uma incerteza expandida de 0,22 mm, com 95% de confiabilidade.

Os resultados obtidos com o método de medição direta são mais exatos que os obtidos por marcação com gabarito, apresentando erros relativos inferiores a 0,40% comparado com análises de laboratório. O método utilizando a FFT apresentou, também, erro relativo inferior a 0,5%, comparado com análise de laboratório. Além disso, este método possibilitou a contagem de tramas do tecido sem necessidade de processos adicionais.

Ambos os métodos permitem a montagem de um sistema de controle em tempo real, necessário na indústria têxtil, e são mais viável economicamente, em relação aos outros métodos utilizados.

Os o método de comparação de histogramas apresentou-se adequado para o controle de uniformidade de cores. Todos os tecidos aprovados em testes de laboratório, apresentaram diferença inferior a 5% entre os histogramas. Por outro lado, todos os tecidos reprovados apresentaram diferenças superiores a 5% entre os histogramas.

Constatou a ausência de interferência do operador nos resultados, o que garantiu melhor repetitividade e reprodutibilidade de ambos os métodos.

4 – REFERÊNCIAS

- Araújo, M. de.; Castro, 1984 “Manual de engenharia têxtil.” Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, . v.1.
 Brigham, E.1974”The Fast Fourier Transform. Prentice Hall”, New Jersey, .

Cunha, Renato Teixeira, 2004 “Processos e Sistemas de Beneficiamento Têxtil II”, Senai-Cetiqt, Rio de Janeiro, p. 1-9,
Gonzalez, R. C., and Woods, R. E., 1993 “Digital Image Processing,” 2nd ed. Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, .
Indigo Denims;1983 “the practical side. Textile Chemist and Colorist”, Research Triangle Park, v.15, n° 6, jun.

CONTROL OF SHRINKING AND DYEING PROCESSES OF FABRICS THROUGH ACQUISITION AND ELABORATION IMAGE SYSTEM IN THE VISIBLE RANGE

Francisco Ribeiro Fonseca Reis

Department of Engineering Mechanics of the UFMG Ave. Antônio Carlos, 6.627, Campus Pampulha, CEP:31.270-901, , Belo Horizonte – MG, Brazil
e-mail: lequi69@hotmail.com

Gustavo Dumont Braga

e-mail: gustaudb@hotmail.com

Dalton Cozac Tanos Jorge

CEDRO, Rua Paraíba 337, Funcionários, CEP: 30.130-140, Belo Horizonte/MG
e-mail: dcozac@cedro.ind.br

Prof. Roberto Márcio de Andrade

Department of Engineering Mechanics of the UFMG Ave. Antônio Carlos, 6.627, Campus Pampulha, CEP: 31.270-901, , Belo Horizonte – MG, Brasil
e-mail: rma@ufmg.br

ABSTRACT: *This work presents three methodologies based on the digital treatment of image for quality control in the textile industry, being two related to the dimensional control, and one related to the control of coloration of the fabric. The dimensional control is necessary during the sanforization, stage in which occurs the daily pay-shrinking of the fabric, to the step that the coloration control is necessary during the Coloration. The first methodology consists of counting the number of pixels between two made marks in the fabric before the sanforization and to compare with the number of pixels between the same marks after the process. Of this form the percentage of shrinking of the fabric can be calculated from the difference of the number of pixels between the markings in the two images. The second methodology uses the fast Fourier transformed (FFT) to analyze the images in the domain of the frequency. By the difference of the frequencies of the images before and after the process the percentage of shrinking of the fabric is determined. This same FFT also can be used to count the number of trams of the fabric in the image. The third methodology consists on the comparative analysis of the histograms of saturation, Hue and intensity (HSI) or of colors (RGB) of samples of one same neighborhood to verify the homogeneity of the coloration of the fabric.*

Keywords: image digital, quality control, fast Fourier transformed, sanforization, dyeing.