



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Departamento de Engenharia Mecânica
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

DALTON COZAC TANOS JORGE

**TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO NÃO
INVASIVA DO ENCOLHIMENTO E
HOMOGENEIDADE DE CORES EM
PROCESSOS TÊXTEIS**

Belo Horizonte

2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

DALTON COZAC TANOS JORGE

**TECNOLOGIA DE MEDIÇÃO NÃO
INVASIVA DO ENCOLHIMENTO E
HOMOGENEIDADE DE CORES EM
PROCESSOS TÊXTEIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Calor e Fluidos.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Márcio de Andrade.

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG

2007

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus e pela intercessão de Nossa Senhora de Aparecida e São Geraldo, por me fortalecerem e aliviarem nos momentos difíceis em que a carga se torna pesada demais para que eu possa carregá-la sozinho; e também pela vida, pela família, pela saúde, pela alegria e por terem me guiado ao encontro de pessoas como estas, a quem agradeço:

Ao meu caríssimo amigo e orientador, Prof. Roberto Márcio, fonte inesgotável de conhecimento, a quem parabeno pela competência e pela orientação centrada, dinâmica, tranqüila e eficiente.

Aos companheiros de estudo, Francisco e Gustavo, pela ajuda e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Em especial, ao meu amigo e colega de trabalho, Francisco Cavalcanti, que está sempre disposto a me ajudar e dar força em todos os momentos. Sua amizade e lealdade são muito importantes na minha vida.

Ao companheiro Hermelindo Mascarenhas, que me auxiliou e incentivou no desenvolvimento de meus estudos no curso de Mestrado.

Aos companheiros da Cedro, pela boa vontade e colaboração com que ajudaram na realização deste trabalho e em especial na obtenção de amostras de tecido sanforizados e tecidos tintos.

À Diretoria da CEDRO, por permitir minha participação no curso de Mestrado.

À minha mãe, que, em sua sabedoria, dedicação e carinho, ensinou-me que é possível adquirir conhecimento e desenvolvimento espiritual em qualquer momento da vida, seja na alegria ou na tristeza.

Ao meu pai (que Deus o tenha ao Seu lado), meu exemplo de trabalho e honestidade, que me permitiu e auxiliou a ir à luta pela realização dos meus desejos profissionais, intelectuais e materiais.

À Viviane, minha esposa dedicada e fiel, sempre ocupada com os deveres da casa e da educação de nosso filho, dando-me segurança para a realização das tarefas de minha vida profissional. Também, nos momentos difíceis, por sempre ter uma palavra de conforto e esperança a dar.

Ao meu filho, Matheus, pela ajuda na solução dos assuntos de informática deste trabalho e por sua existência, que me dá força para prosseguir sempre.

Ao meu sogro e minha sogra, por sua atenção e generosidade comigo, sempre dispostos a ajudar e dar força. Agradeço-os também pelo entusiasmo e orgulho por minhas conquistas.

“ ... na verdade, estamos todos indo para o mesmo lugar, apenas por caminhos diferentes.”

Autor desconhecido

“ ... portanto, eu vos digo, pedi e recebereis; procurai e encontrareis; batei e vos será aberto. Pois quem pede recebe; quem procura encontra; e, para quem bate, se abrirá.

Será que algum de vós que é pai, se o filho pedir um peixe, lhe dará uma cobra? Ou, ainda, se pedir um ovo, lhe dará um escorpião? Ora, se vós, que sois maus, sabeis dar coisas boas aos vossos filhos, quanto mais o Pai do céu dará o Espírito Santo aos que O pedirem.”

Lucas 11, 1 -13

RESUMO

Este trabalho apresenta três metodologias baseadas na aquisição e tratamento digital de imagem para controle de qualidade na indústria têxtil, sendo duas relacionadas ao controle dimensional e uma relacionada ao controle de tingimento 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 pela sanforizadeira determina-se o percentual de encolhimento do tecido. Essa 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 cores nos canais *Red*, *Green* e *Blue* (RGB) de amostras de uma mesma vizinhança para verificar a homogeneidade da coloração do tecido. Todos os métodos em questão apresentaram resultados bastante satisfatórios, com elevada confiabilidade metrológica, principalmente se comparados às técnicas atuais, demonstrando também alto potencial de empregabilidade na indústria, por sua fácil adaptação em linhas de acabamento de tecidos para monitoramento e controle *on-line* de processos.

Palavras-chave: Imagem digital. Controle de qualidade. Transformada rápida de Fourier. Sanforização. Tingimento de tecido.

ABSTRACT

This work presents three methodologies based on the digital acquisition and treatment of image for quality control in the textile industry, being two related to the dimensional control, and one related to the control of the fabric dye. 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 colors (RGB) of samples of one same neighborhood to verify the homogeneity of the coloration of the fabric. All the methods in subject presented quite satisfactory results, with high reliability metric, mainly if compared to the current techniques, also demonstrating a high use potential in the industry for its easy adaptation in lines of fabric finishing for monitor and control on-line of processes.

Keywords: Image digital. Quality control. Fast Fourier transformed. Sanforization. Fabric dye.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cálculo da incerteza expandida do sistema de medição proposto neste trabalho.....	74
---	----

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Figura 1 - Fluxograma do processo de produção do tecido cru – processo convencional.....	17
Figura 2 - Fluxograma de produção do tecido acabado.....	18
Figura 3 - Fluxograma de produção do tecido índigo acabado.....	19
Figura 4 - Padrão Universal de Classificação de Algodão.....	20
Figura 5 - Detalhe das puas do grande cilindro das cardas.....	21
Figura 6 - Representação esquemática de um passador.....	22
Figura 7 - Detalhe de uma maçarqueira.....	22
Figura 8 - Representação esquemática de um filatório.....	23
Figura 9 - Entrelaçamento dos fios de urdume e trama em um tecido plano.....	29
Figura 10 - Representação esquemática da chamuscagem do tecido.....	26
Figura 11 - Vista lateral de <i>foulard</i> de tingimento.....	28
Figura 12 - Tingimento e lavagem de tecidos/ linha profissional.....	28
Figura 13 - Vista geral de uma sanforizadeira Texima.....	30
Figura 14 - Diagrama esquemático de uma sanforizadeira.....	30
Figura 15 - Detalhe da unidade de pré-encolhimento / sanforizadeira.....	31
Figura 16 - Sistema integrado para acabamento de índigos.....	33
Figura 17 - Marcação do tecido antes da sanforização.....	34
Figura 18 - Medição do percentual de encolhimento.....	34
Figura 19 - <i>Encoder</i> localizado na entrada da sanforizadeira.....	36
Figura 20 - <i>Encoder</i> localizado na saída da sanforizadeira.....	36
Figura 21 - Detalhes dos sensores óticos – emissor e receptor – entrada da sanforizadeira	38
Figura 22 - Detalhe do sensor ótico na saída da sanforizadeira.....	38
Figura 23 - <i>Display</i> com as leituras de número de tramas, percentual de encolhimento, velocidade da máquina, etc.....	39
Figura 24 - Vista do tecido na saída do <i>foulard</i> de tingimento.....	41

Figura 25 - Foto de um profissional examinando amostras em uma cabine iluminada.....	42
Figura 26 - Laboratório de colorimetria e uma estação de trabalho com um operador realizando a classificação.....	43
Figura 27 - <i>Display</i> com leitura do processamento da imagem do espectrofotômetro.....	44
Figura 28 - Dispositivo para aquisição de imagem do espectrofotômetro.....	45
Figura 29 - Visualização dos <i>pixels</i> numa imagem digitalizada.....	47
Figura 30 - Imagem sem alteração de brilho, imagem com o brilho aumentado e imagem com o brilho diminuído.....	51
Figura 31 - Imagem sem alteração de contraste, imagem com o contraste aumentado e imagem com o contraste diminuído.....	52
Figura 32 - Imagem sem correção de gama e imagem com aumento da correção de gama.....	53
Figura 33 - Imagem sem correção de gama e imagem com diminuição da correção de gama.....	53
Figura 34 - Sistema generalizado de medição.....	63
Figura 35 - Sistema de medição por aquisição e tratamento de imagem no visível.....	69
Figura 36 - Base magnética com hastes ajustáveis acopladas à máquina fotográfica.....	72
Figura 37 - Histograma de uma amostra de tecido índigo 14 oz.....	79
Figura 38 - Marcas no tecido depois de sanforizado, comparado com paquímetro cravado em 100 mm.....	80
Figura 39 - Imagem binarizada do tecido depois de sanforizado, com a calibração do paquímetro ajustada em 100 mm.....	81
Figura 40 - Imagem binarizada do tecido depois de sanforizado, com a determinação da distância em pixels entre as marcas.....	82
Figura 41 - Tecido índigo 7 oz (jeans), antes e depois da sanforização.....	85
Figura 42 - Tecido índigo 14 oz, antes e depois da sanforização.....	88
Figura 43 - Tecido sarja tinto, antes e depois da sanforização.....	94

Figura 44 - Resultado da análise de histogramas do índigo – canal <i>Blue</i> (diferença máxima 4,93%).....	94
Figura 45 - Resultado da análise de histogramas do índigo – canal <i>Green</i> (diferença máxima 0,14%).....	95
Figura 46 - Resultado da análise de histogramas do índigo – canal <i>Red</i> (diferença máxima 0,18%).....	96
Figura 47 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto – canal <i>Blue</i> (diferença máxima 0,66%).....	97
Figura 48 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto – canal <i>Green</i> (diferença máxima 0,13%).....	98
Figura 49 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto – canal <i>Red</i> (diferença máxima 0,48%).....	99
Figura 50 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto profissional – canal <i>Blue</i> (diferença máxima 0,17%).....	100
Figura 51 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto profissional – canal <i>Green</i> (diferença máxima 0,67%).....	101
Figura 52 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto profissional – canal <i>Red</i> (diferença máxima 4,17%).....	102

Gráficos

Gráfico 1 - Exemplo de um caso de sobreposição espectral.....	61
Gráfico 2 - Resultado da análise FFT do índigo antes e depois de passar pela sanforização.....	86
Gráfico 3 - Resultado da análise FFT do índigo antes e depois de passar pela sanforização.....	88
Gráfico 4 - Resultado da análise FFT de um tecido sarja tinto antes e depois de passar pela sanforização.....	91

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BPP	<i>Bits-per-pixel</i>
CCD	<i>Charge couple device</i>
CMOS	<i>Complementary metal oxide semiconductor</i>
CMY	<i>Cyan, magente, yellow</i>
DFT	Transformada discreta de Fourier
DIF	Dizimação em frequência
E	Encolhimento do tecido, em milímetro
$E_{\%}$	Encolhimento do tecido, em percentual
f	Frequência
FFT	Transformada rápida de Fourier
HSI	<i>Hue, saturation, intensity</i>
HSV	<i>Hue, saturation, value</i>
m	Número de linhas da matriz da imagem
n	Número de <i>pixels</i> contidos em uma linha
N_T	Número de tramas da imagem
p	Dimensão do <i>pixel</i> , milímetro
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivo geral.....	16
1.2 Objetivos específicos.....	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
2.1 Processo produtivo.....	17
2.1.1 Processo de produção de tecidos crus.....	19
2.1.2 Processo de produção do acabamento de tecidos.....	25
2.1.3 Processo de produção do acabamento de tecidos índigos.....	32
2.2 Controle do processo de pré-encolhimento do tecido	33
2.3 Controle de cor no tingimento dos tecidos.....	40
2.4 Imagem como meio de informação metrológica	46
2.5 Procedimento de tratamento de sinais.....	50
2.6 Análise de intensidade	56
2.7 Sistema de formação de imagem por sensores CCD <i>versus</i> CMOS.....	56
2.8 Transformada rápida de Fourier.....	59
2.8.1 Sinais discretos.....	59
2.8.2 Transformada discreta de Fourier.....	61
2.8.3 Transformada rápida de Fourier propriamente dita.....	62
2.9 Considerações referentes à medição.....	62
3 METODOLOGIA.....	66
3.1 Sistema de aquisição e tratamento de imagens no visível para controle dimensional - metodologia proposta.....	66
3.1.1 Sistema com utilização de medição direta.....	66
3.1.2 Sistema com utilização de transformada rápida de Fourier (FFT) aplicada à imagem.....	66
3.2 Sistema de aquisição e tratamento de imagens no visível para controle de cores - metodologia proposta.....	67

3.3 Sistema de aquisição e tratamento de imagem no visível – recursos envolvidos.....	68
3.4 Avaliação da incerteza do resultado (ISO GUM).....	73
3.5 Procedimento experimental.....	74
3.5.1 Método de medição direta.....	74
3.5.2 Método de medição baseado na transformada rápida de Fourier (FFT).....	76
3.5.3 Método do controle de cor baseado em histogramas.....	78
4 RESULTADOS.....	80
4.1 Método de medição direta.....	80
4.2 Método de medição baseado na transformada rápida de Fourier (FFT)..	84
4.3 Método de controle de cor baseado em histogramas (RGB).....	93
5 CONCLUSÕES.....	103
6 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS.....	106
REFERÊNCIAS.....	108

1 INTRODUÇÃO

Na indústria têxtil, um dos processos que devem merecer importância substancial, entre todos, é o de sanforização. Trata-se de um processo final em que o tecido é submetido a esforços significativos e grandes transformações e qualquer falha pode resultar na perda de uma longa cadeia produtiva a que o tecido foi submetido anteriormente. Está-se falando, portanto, de prejuízos significativos, principalmente para as grandes fábricas, que processam montantes da ordem de até 10 milhões de metros lineares de tecido/mês.

Nessa abordagem, destaca-se o controle dimensional do encolhimento do tecido. Todos os grandes fabricantes de tecido devem fornecer a especificação técnica de seus produtos, fazendo constar, entre outros, a variação permitida para o encolhimento residual (variação dimensional permitida após o primeiro ciclo de lavagem). Quaisquer valores acima ou abaixo dos permitidos significam, portanto, prejuízos para quem vende ou para quem compra esses produtos (ARAÚJO; CASTRO, 2004).

A técnica largamente empregada para a medição e controle do encolhimento, a medição manual com gabarito, apresenta deficiências, como: dificuldade na realização da marcação do tecido antes do manchão e erros do operador na leitura do encolhimento na saída da máquina, gerando, com isto, muita incerteza na leitura do encolhimento, incompatível com a responsabilidade e o alto custo

envolvido no processo (ARAÚJO; CASTRO, 2004).

Outra técnica utilizada, os *encoders*, também apresentam deficiências, por se tratar de um sistema de medição muito instável, sujeito à grande possibilidade de deslizamento e desgaste das roldanas, causando, com isso, erros nas leituras (ARAÚJO; CASTRO, 2004).

Um outro ponto importante de controle na cadeia de produção têxtil é o processo de tingimento. Nele, é fundamental a regularidade da cor nos sentidos transversal e longitudinal do tecido, bem como a conformidade da cor segundo padrões preestabelecidos em laboratórios. A dificuldade está em repetirem-se esses padrões em produção contínua bem como em manter sua regularidade em toda a extensão do tecido.

Uma das técnicas muito utilizadas pela indústria é o controle visual de cores ou mais comumente conhecido como “controle de nuances”, que é feito a partir da coleta de amostras do tecido a ser inspecionado, submetidas à cuidadosa análise por uma pessoa experiente e acostumada a tal tipo de técnica (ASPLAND, 1994). Normalmente, são profissionais treinados e com muitos anos de trabalho nessa função, com muita facilidade em perceber pequenas diferenças de tonalidades entre um padrão preestabelecido e os tecidos em análise. As amostras são analisadas em uma pequena cabine com iluminação adequada.

Entretanto, essa técnica apresenta desvantagens, como, por exemplo, o fato de

ser realizada após o tecido já estar processado em bobinas contendo até seis mil metros de tecido, gerando repetição de trabalhos e grandes prejuízos. Outra desvantagem é a dependência de um reduzido número de pessoas para essa tarefa bem como a larga possibilidade de erro humano nas avaliações entre profissionais diferentes. O cansaço humano, o estresse e a fadiga também são fatores contribuintes para aumentar o nível de falhas dessa técnica.

1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por finalidade desenvolver um sistema de medição para controle dimensional e de avaliação de cores, baseado na aquisição e tratamento de imagem no visível, que possa ser aplicado na indústria têxtil, nos processos de sanforização e tingimento de tecidos.

1.2 Objetivos específicos

Os seguintes objetivos também serão buscados:

- Estabelecer parâmetros para comparação dos sistemas desenvolvidos com os sistemas atuais mais comumente utilizados.
- Desenvolver um sistema de baixo custo, robusto, confiável, que apresente baixo índice de manutenção e de simples operação.
- Que os mesmos possam ser implantados em linhas de produção contínua.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Processo produtivo

O processo convencional de fabricação de tecidos pode ser representado pelos fluxogramas das FIG. 1 a 3 (CETIQT, 2004; COMPANHIA CEDRO CACHOEIRA, 2007).

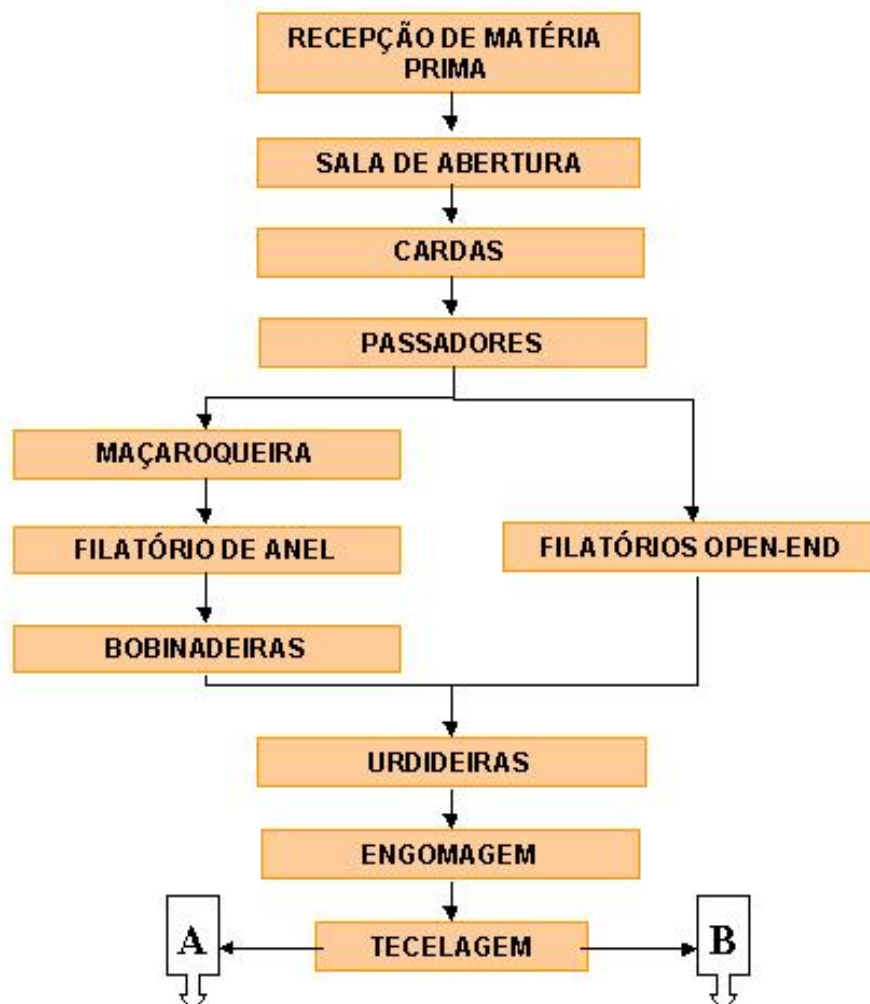


FIGURA 1 - Fluxograma do processo de produção do tecido cru – processo convencional.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

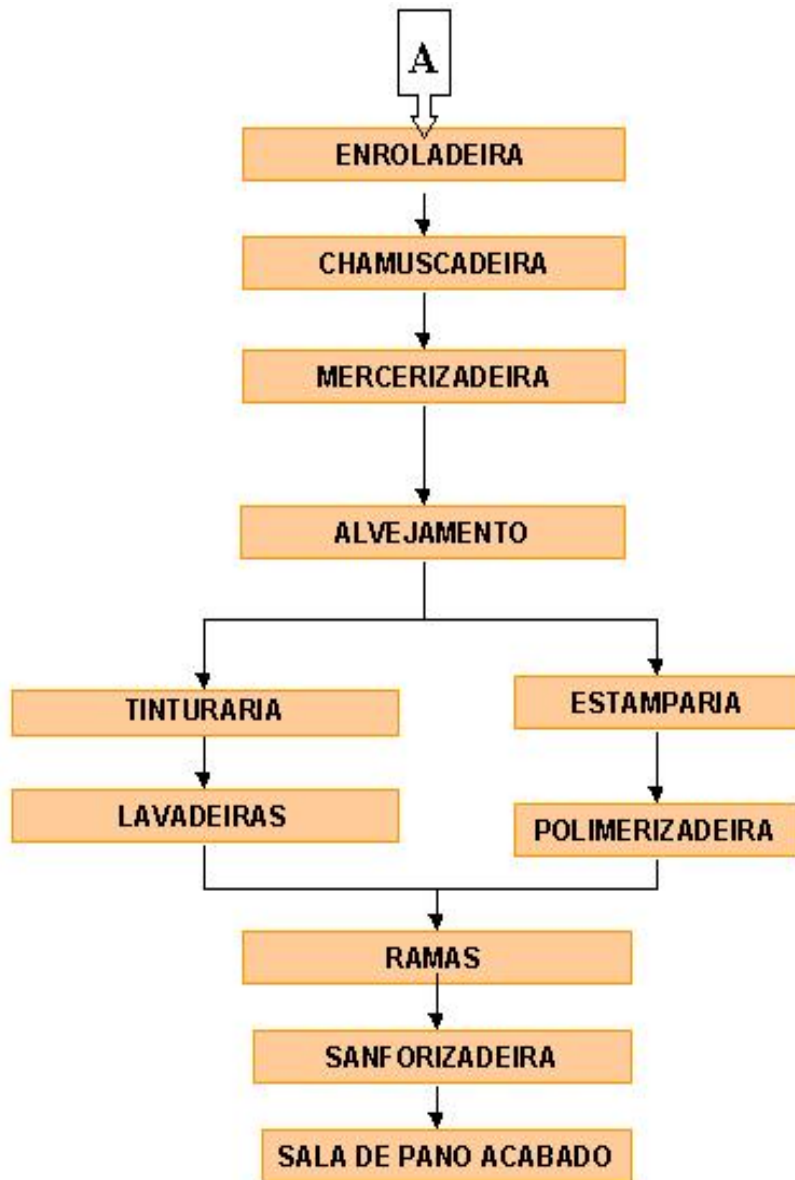


FIGURA 2 - Fluxograma de produção do tecido acabado.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

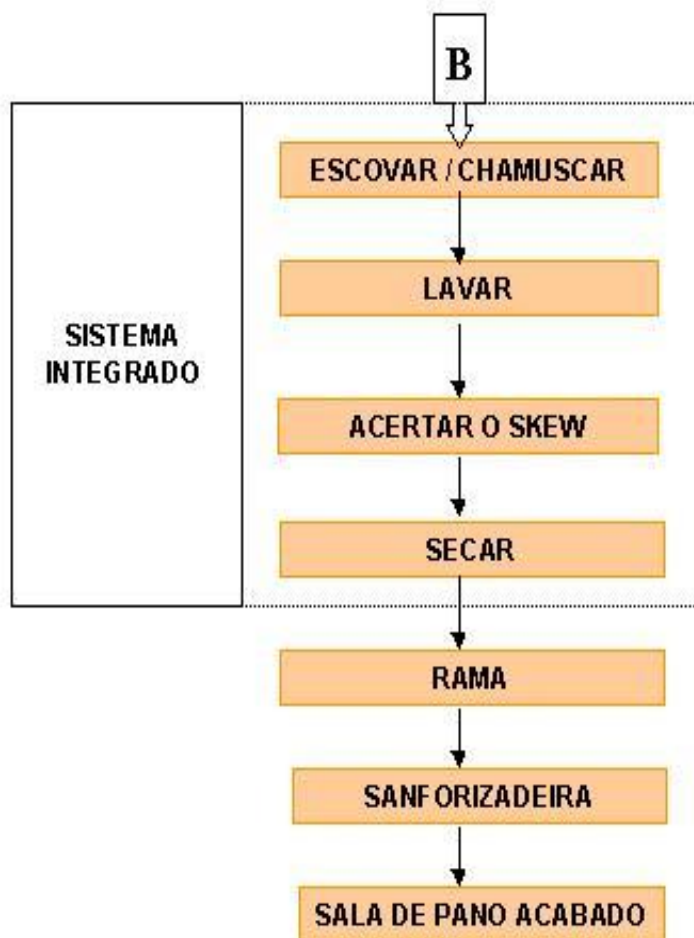


FIGURA 3 - Fluxograma de produção do tecido índigo acabado.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

2.1.1 Processo de produção de tecidos crus

O recebimento de todo o algodão utilizado no processo produtivo é feito pelo laboratório, que classifica os lotes do produto conforme o Padrão Universal de Classificação de Algodão. Como pode ser visto na FIG. 4, esse padrão leva em conta o tipo e o comprimento das fibras, sendo que o primeiro será determinado

considerando-se a cor das fibras, a presença de folhas e o modo de beneficiamento do algodão.

Classificação de um Padrão

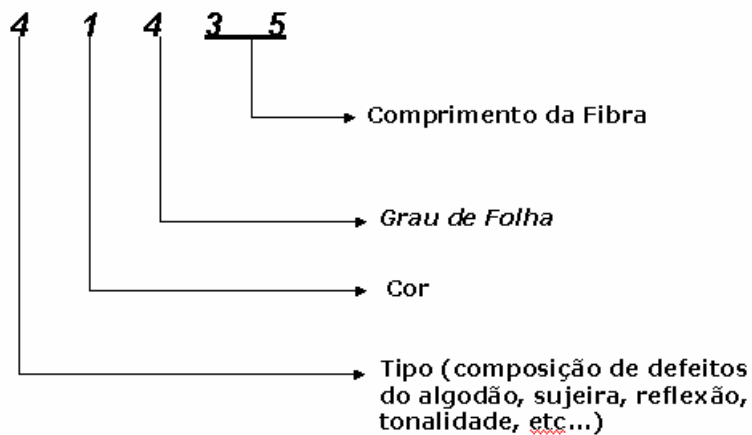


FIGURA 4 - Padrão Universal de Classificação de Algodão.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

Após sua classificação, o produto é enviado para um depósito, onde será armazenado separadamente, conforme suas características apuradas pelo laboratório (KLEIN 1993).

Na abertura e órgãos de limpeza, as fibras naturais são submetidas a uma quantidade máxima possível de separação, objetivando facilitar os processos subseqüentes. As fibras serão abertas, limpas e homogeneizadas, sendo preparadas para a etapa seguinte, a cardagem.

As cardas têm por finalidade transformar uma fina camada (véu) de fibras em uma forma de fita. Além disso, objetiva-se também paralelizar as fibras a partir da estiragem e remover suas impurezas.

Uma carda tem centenas de dentes (puas) finos (FIG. 5) que separam as fibras quase que individualmente, paralelizando-as (ROMANO, 2003).

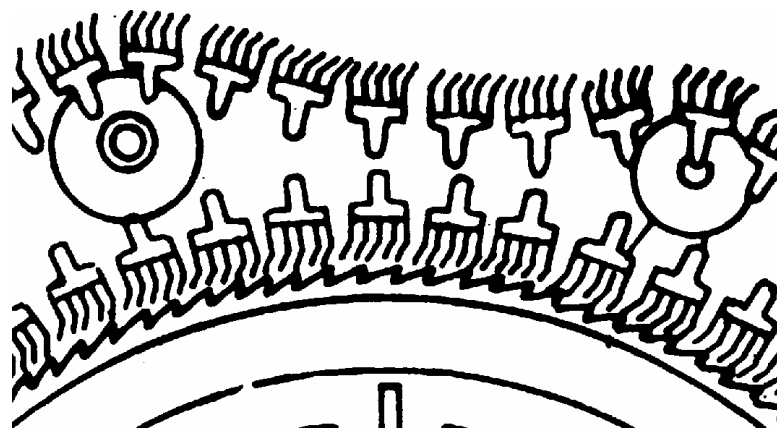


FIGURA 5 - Detalhe das puas do grande cilindro das cardas.

Fonte: Cetiqt (2004).

Os passadores têm a função de reunir várias latas de fita proveniente das cardas, (FIG. 6), dando continuidade ao processo de afinamento. Misturas de diversas fibras podem ser obtidas no passador. As finalidades desta operação são: a) uniformizar o peso/unidade de comprimento das fibras; b) afinar o produto, paralelizando as fibras; c) misturar. O produto de saída nesta etapa é a fita de passador (CUNHA, 2004).

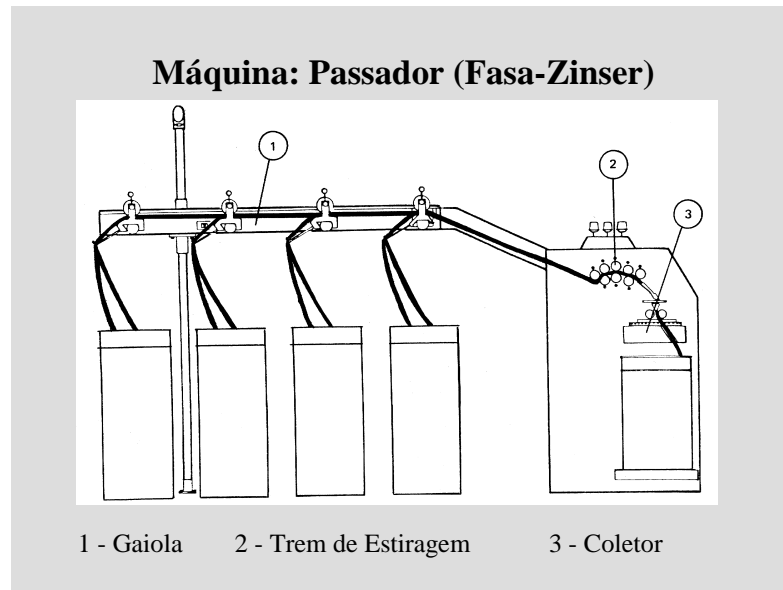


FIGURA 6 - Representação esquemática de um passador.

Fonte: Cetiqt (2004).

A maçarqueira transforma as fitas dos passadores em pavios.

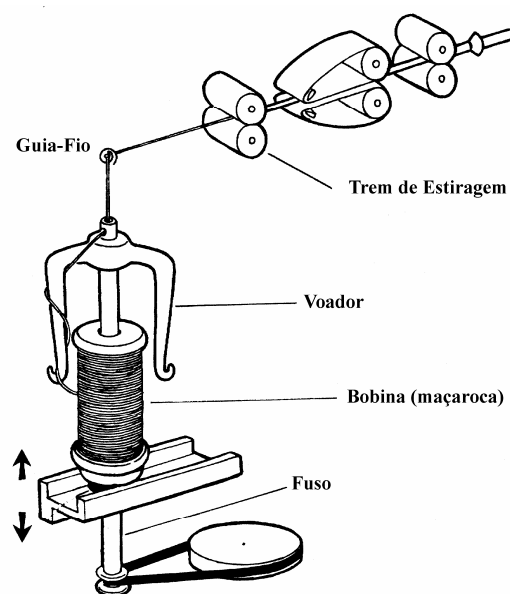


FIGURA 7 – Detalhe de uma maçarqueira.

Fonte: Cetiqt (2004).

Conforme pode ser visto na FIG. 7, a fita é puxada pelo trem de estiragem e enrolada na bobina após passar pelo viajante, formando, assim, a maçaroca.

Os filatórios de anel têm a função de: a) estirar o pavio produzido pela maçarqueira até a densidade final do fio linear; b) aplicar a torção final ao produto; c) enrolar o fio singelo (ROMANO, 2003).

O produto de saída dos filatórios é a espula de fios (FIG. 8).

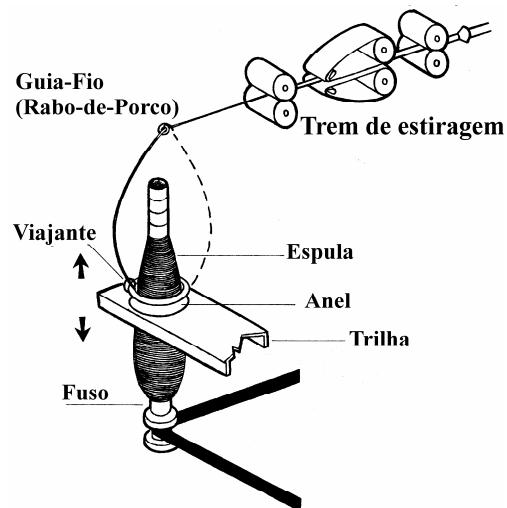


FIGURA 8 – Representação esquemática de um filatório.

Fonte: Cetiqt (2004).

As bobinadeiras transformam as espulas provenientes dos filatórios em bobinas de fios.

Os filatórios *open-ends* têm as seguintes finalidades/características:

- fabricação do fio diretamente da fita do passador;
- sem a necessidade de o pavio ser produzido pela maçarqueira;
- rotações do rotor até 150.000 rpm;
- velocidade de trabalho da ordem de 3,3 m/s;
- produto de saída: bobina de fio singelo.

A formação do fio no processo filatório de anel se dá pela combinação estiragem/torção, na qual as fibras deslizam umas sobre as outras, recebendo logo em seguida a torção que fará a amarração das mesmas, que se encontram paralelizadas (ARAÚJO; CASTRO, 1984).

No processo *open-end*, a formação do fio se dá pela combinação aglutinação/torção, na qual as fibras após serem desagregadas são conduzidas por sucção até o rotor, aglutinam-se e logo em seguida recebem a torção, sendo amarradas. Dessa forma, a grande maioria das fibras encontra-se desorientada (KLEIN, 1993).

As urdideiras têm a função de reunir os fios provenientes das bobinas produzidas nas bobinadeiras ou *open-ends* em rolos, denominados “rolos de urdume”.

O objetivo primário das engomadeiras é preparar o fio de urdume para suportar o regime de estresse do processo de tecelagem, quais sejam: os esforços de tensão, flexão, alongamento, abrasão e impacto. O objetivo secundário é modificar as características dos tecidos, tais como peso, flexibilidade e toque.

O processo de engomagem é não produtivo. A goma é adicionada ao fio durante a engomagem em um determinado tempo. Depois da tecelagem, o material engomante é retirado do tecido durante a etapa denominada “desengomagem”.

Na tecelagem, os rolos de fios obtidos na engomadeira são convertidos em tecidos. Esse processo é feito por máquinas chamadas teares (ARAÚJO; CASTRO, 1984). Uma máquina de tecer executa uma série de movimentos cíclicos para formar o tecido, efetuando o entrelaçamento dos fios (trama e urdume), conforme representado na FIG. 9.

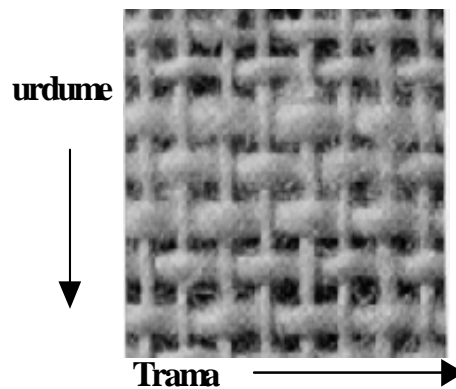


FIGURA 9 - Entrelaçamento dos fios de urdume e trama em um tecido plano.

Fonte: Cetiqt (2004).

2.1.2 Processo de produção do acabamento de tecidos (CUNHA, 2004; HIRSCHLER, 2002)

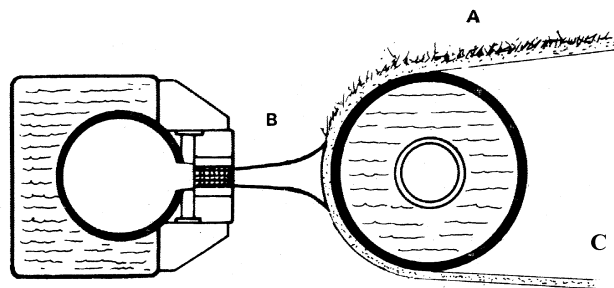
As enroladeiras têm a função de:

- a) agrupar as peças de tecido da tecelagem;

- b) escovar o tecido;
- c) revisar a qualidade do tecido cru.

No processo de chamuscagem, ocorrem as seguintes transformações no tecido:

- a) queima das fibras soltas na superfície do tecido (FIG. 10);
- b) remoção da goma aplicada anteriormente ao processo de tecelagem, na engomagem dos fios de urdume.



Queima dos pêlos superficiais de fios e de tecidos

B: Chama

A: Tecido antes da chamuscagem

C: Tecido após a chamuscagem

FIGURA 10 - Representação esquemática da chamuscagem do tecido.

Fonte: Cetiqt (2004).

A mercerização geralmente ocorre após a chamuscagem e tem como objetivo alterar a estrutura físico-química da fibra de algodão a partir da ação da soda cáustica, proporcionando ao tecido mais brilho e melhorando seu toque e sua absorção de líquidos.

O alvejamento vem geralmente após a mercerização e tem a função de branquear

o tecido com a remoção dos pigmentos naturais da fibra e outros corpos estranhos (casca de semente de algodão), por meio da reação de oxidação proporcionada pelo peróxido de hidrogênio, e de promover a hidrofiliidade dos tecidos.

A tinturaria é o processo que torna os materiais têxteis coloridos imergindo-os num banho de corantes (ASPLAND, 1994). Normalmente, verifica-se após o alvejamento e tem as seguintes funções:

- impregnação de banho de tingimento com corantes reativos;
- repouso a frio para reação do corante com a fibra;
- impregnação simultânea de corantes à tina e dispersos;
- termofixação do corante disperso tingindo o poliéster;
- redução e vaporização do corante à tina tingindo o algodão;
- oxidação do corante.

A FIG. 11 exibe um *foulard* de tingimento, equipamento normalmente utilizado para dar cor aos tecidos.

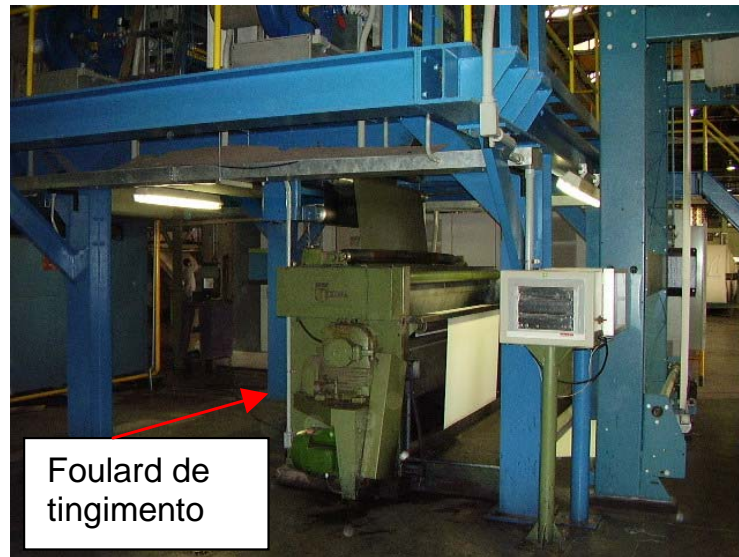


FIGURA 11 - Vista lateral de *foulard* de tingimento.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

Após o tingimento, o tecido é submetido a uma bateria de lavadeiras para a retirada do corante que não reagiu com a fibra (FIG. 12).

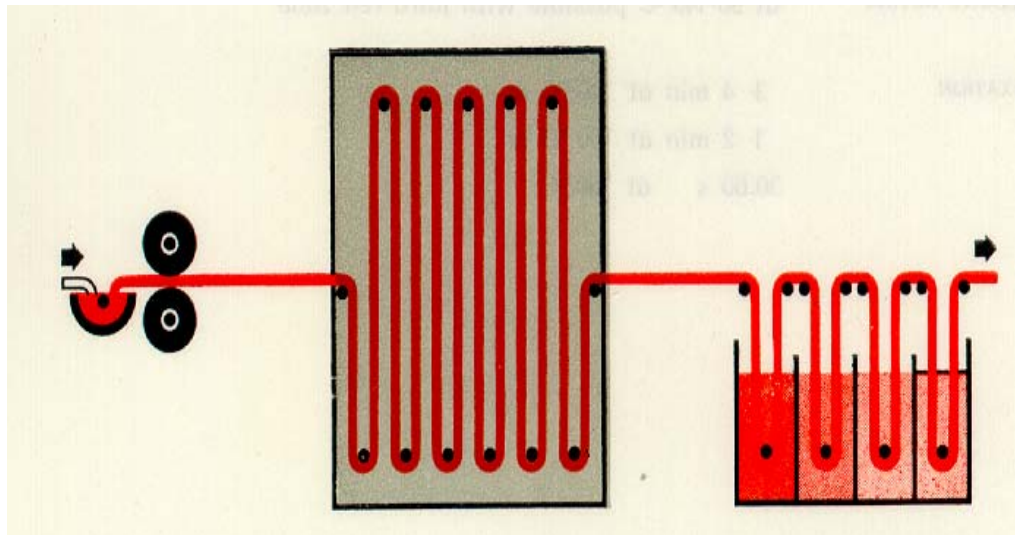


FIGURA 12 - Tingimento e lavagem de tecidos/ linha profissional.

Fonte: Cetiqt (2004).

Estamparia ou estampagem é o processo utilizado para aplicar corantes ou pigmentos nos tecidos usando chapas ou matrizes. Pode ser manual, com a utilização de quadros, ou mecanizado, a partir da adoção de cilindros rotativos.

A polimerizadeira fixa a estampa sobre o tecido por meio da permanência do mesmo durante determinado tempo dentro de uma estufa aquecida em torno de 200°C.

A rama (rameuse, ramosa) é um equipamento composto geralmente de quatro a oito câmaras aquecidas por um conjunto de correntes equipadas com pinças (garras) ou agulhas que prendem o tecido pelas ourelas. Tem a função de aplicar produtos químicos que favorecem o toque e a costurabilidade e definir a largura final do tecido.

A sanforizadeira é utilizada para dar o pré-encolhimento nos tecidos, evitando que ele encolha ao ser lavado pela primeira vez pelos clientes. Tem a função também de proporcionar-lhe melhor brilho e toque. Na FIG. 13 é mostrada a vista panorâmica de uma sanforizadeira, com destaque para o manchão de sanforização ou unidade de pré-encolhimento com manchão de borracha.



FIGURA 13 - Vista geral de uma sanforizadeira Texima.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

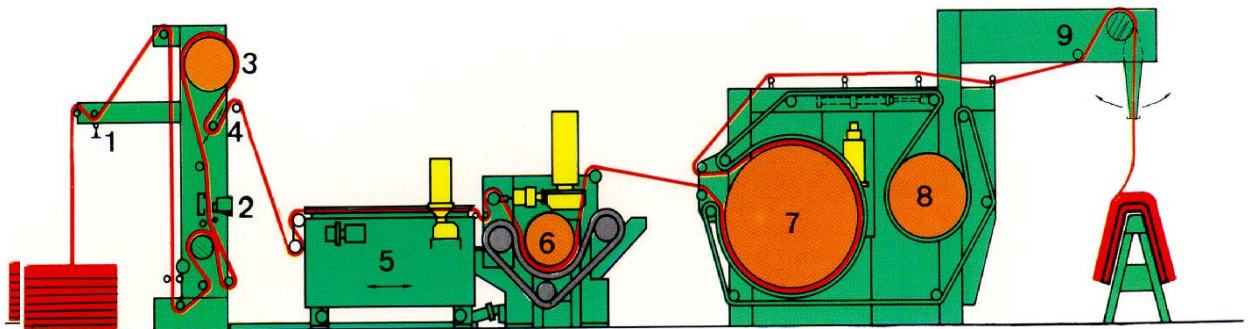


FIGURA 14 - Diagrama esquemático de uma sanforizadeira.

1: Entrada do tecido; 2: Jato de água; 3: Tambor vaporizador; 4: Endireitador de trama; 5: Rama de 1,2 ou 2,4 m com pinças; 6: Unidade de encolhimento com manchão de borracha; 7: Calandra de feltro; 8: Tambor para secar o feltro; 9: Saída do tecido em fralda.

Fonte: Cetiqt (2004).

A FIG. 14 mostra um diagrama esquemático contendo todos os componentes usualmente utilizados em uma sanforizadeira. A FIG. 15 apresenta um detalhe da Unidade de encolhimento indicada no número 6 da FIG. 14.

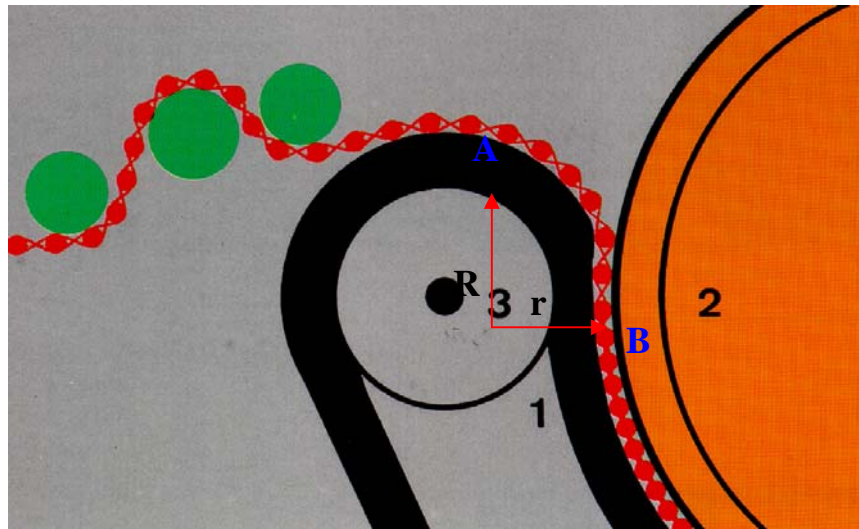


FIGURA 15 – Detalhe da unidade de pré-encolhimento / sanforizadeira.

(1) Manchão de borracha, (2) cilindro aquecido, (3) e cilindro de pressão.

Fonte: Cetiqt (2004).

Conforme mostrado na FIG. 14, 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 no ponto “B”. Quando a pressão do cilindro de pressão é aliviada, o manchão retorna à sua condição normal. O tecido, que está entre o manchão e o cilindro aquecido, encolhe devido à diferença de velocidade tangencial existente entre os pontos “A” e “B”, pois “R” é maior que “r” e, portanto, a velocidade tangencial em “A” é maior que a velocidade tangencial

em “B”, fazendo assim com que haja o encolhimento. Cada alteração de pressão no manchão corresponde a uma alteração no encolhimento do tecido. Quanto maior essa pressão, maior o encolhimento. Quanto menor, menor também o encolhimento. O aquecimento do cilindro atua como facilitador do processo.

A calandra de feltro (7), mostrada na FIG. 14, tem a função de fixar o encolhimento. Na sala de pano, os tecidos são inspecionados, pontuando-se os defeitos de acordo com a norma de classificação utilizada e, então, finalmente são enrolados e embalados.

2.1.3 Processo de produção do acabamento de tecidos índigos (LIMA; FERREIRA, 2004)

Os tecidos índigos têm o fluxo de acabamento muito mais simples do que os tecidos tintos. O sistema integrado tem a função de dar acabamento, *skew* (corrigir o entortamento das tramas), e dar estabilidade dimensional aos tecidos índigos. A FIG. 16 exibe uma linha integrada para processamento de índigos.



FIGURA 16 - Sistema integrado para acabamento de índigos.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

Os processos relativos às ramas, sanforzadeiras, sala de pano e revisão são os mesmos já descritos para os tecidos tintos.

2.2 Controle do processo de pré-encolhimento do tecido

De todos os processos descritos dessa longa cadeia produtiva, um que deve merecer importância substancial, sem preterir os outros, é a sanforização. Trata-se, conforme já mencionado no capítulo 1 desta pesquisa, de um processo final em que o tecido é submetido a esforços significativos e grandes transformações e qualquer falha pode resultar em perda de uma longa cadeia produtiva a que o tecido foi submetido e, conseqüentemente, em prejuízos.

As técnicas de medição atualmente empregadas são:

Medição manual com gabarito:

Esse método consiste na utilização de um gabarito que deverá ser manuseado de forma bastante cuidadosa e habilidosa pelo operador, pois, com o tecido em movimento à velocidade que varia entre 0,7 e 0,8 m/s, normalmente o gabarito deverá efetuar uma marca nas ourelas do tecido batendo-se contra este, utilizando um anteparo reto para suportar o tecido contra si (FIG. 17).

O gabarito deve ser previamente pincelado por giz comum, a fim de que essa marca seja reproduzida no tecido. Tal operação é feita antes de o tecido entrar no manchão de sanforização. Como a medida do gabarito já é conhecida, o operador deverá apenas localizar a marca quando o tecido estiver em repouso no *pallet* de saída da máquina e efetuar a medição por meio de uma régua já calibrada para dar o valor do encolhimento (FIG. 17, 18).



FIGURA 17 – Marcação do tecido antes da sanforização.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).



FIGURA 18 – Medição do percentual de encolhimento.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

As vantagens deste método são a simplicidade e o baixíssimo custo de investimento. Suas desvantagens são:

- Dificuldade para a realização da marcação do tecido antes do manchão.
- Larga possibilidade de erro humano na leitura do encolhimento, na saída da máquina.
- Total dependência do operador.
- Grande intervalo de leituras (mínimo 15/15 minutos).
- Baixo controle das dimensões do tecido acabado.

Medição com a utilização de *encoders*:

Consiste na utilização de *encoders* antes e depois do manchão de sanforização (FIG. 19, 20). Esses *encoders* nada mais são do que geradores de pulsos

elétricos que são convertidos em velocidade linear do tecido, pois os mesmos são acionados por meio de uma roldana em contato com o próprio tecido. Desta forma, há associação entre as velocidades instantâneas do tecido antes e após o manchão, podendo-se, assim, obter a medida do encolhimento pela diferença de velocidades.



FIGURA 19 - *Encoder* localizado na entrada da sanforizadeira.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).



FIGURA 20 – *Encoder* localizado na saída da sanforizadeira.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

As vantagens deste método são:

- Simplicidade.
- Controle em tempo real.
- Baixo custo de investimento.

As desvantagens são:

- Sistema de medição muito instável.
- Larga possibilidade de deslizamento das roldanas, gerando erros nas leituras.
- Desgaste rápido das roldanas, gerando erros nas leituras e até mesmo a desativação do sistema (FIG. 19, 20).

Medição com contadores de trama:

Na entrada e na saída da máquina, há um conjunto de leitores óticos compostos de um emissor e um receptor de luz (FIG. 21, 22). Conforme pode ser visto, o tecido está entre o emissor e o receptor de luz. Desta forma, o feixe de luz que atravessa o tecido e chega ao receptor gera um fluxo luminoso que se associa a determinada densidade ou número de tramas por polegadas. A medida final do encolhimento será dada pela diferença dessas leituras na entrada e na saída da máquina. Uma outra forma de utilizar esse método é no controle da densidade de trama que o tecido deve ter, conforme sua especificação técnica, na saída da sanforizadeira (FIG. 23).



FIGURA 21 – Detalhes dos sensores óticos – emissor e receptor – entrada da sanforizadeira.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).



FIGURA 22 – Detalhe do sensor ótico na saída da sanforizadeira.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).



FIGURA 23 - *Display* com as leituras de número de tramas, percentual de encolhimento, velocidade da máquina, etc.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

Vantagens do método:

- Mais exatidão na medição.
- Menor intervalo entre leituras.
- Maior controle do processo de sanforização.
- Maior controle das dimensões do tecido acabado.
- Menor dependência do operador para o processo de medição do encolhimento.

Desvantagens do método:

- Alto custo de investimento.
- Equipamento importado.
- Maior dificuldade na aquisição de peças e assistência técnica.
- Sistema instável (dificuldades de ajustes).

2.3 Controle de cor no tingimento dos tecidos

Outro processo que merece atenção diferenciada na cadeia produtiva têxtil é o tingimento, em que o tecido é imerso em banho de corantes.

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 apurarem-se as diferenças de tonalidades no sentido transversal do tecido é conhecido como “ourela-centro-ourela”. Normalmente, esse 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 material de segunda qualidade, quando não for possível o seu reprocessamento (tecidos não conformes). Portanto, é também de suma importância a necessidade de um controle *on-line* que permita a correção das diferenças de cores durante o processo bem como a reprodução do padrão desejado dessas cores, evitando-se, assim, elevados prejuízos.



FIGURA 24 - Vista do tecido na saída do *fouldard* de tingimento.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

O controle atual é feito por meio das seguintes técnicas descritas a seguir:

Controle visual:

O controle de cores ou mais comumente conhecido como “controle de nuances”.

Quando executado de forma visual, é feito conforme apresentado na FIG. 25.



FIGURA 25 - Foto de um profissional examinando amostras em uma cabine iluminada.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

As vantagens são a simplicidade e o baixíssimo custo de investimento (necessária apenas a cabine de iluminação). Por outro lado, apresenta desvantagens, como:

- A análise é feita após o tecido já estar processado, gerando retrabalhos.
- Muita dependência de um reduzido número de pessoas para esta tarefa.
- Larga possibilidade de erro humano nas avaliações.
- Grande possibilidade de erros devido ao cansaço humano, ao estresse e à fadiga.
- Muita variação nas classificações.

Espectrofotômetro de laboratório:

Esse método é realizado em laboratório e classifica as cores (nuanças) instrumentalmente de acordo com as diferenças colorimétricas entre o padrão e as amostras (FIG. 26).



FIGURA 26 - Laboratório de colorimetria e uma estação de trabalho com um operador realizando a classificação.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

As vantagens:

- Mais exatidão na medição.
- Menor dependência do operador para o processo de classificação de cores.

As desvantagens deste método são:

- Alto custo de implantação.

- A análise é feita após o tecido já estar processado, gerando retrabalhos.
- Perda de produção, enquanto se aguardam os testes de laboratório.
- Grande variação nas classificações, devido à pequena amostragem.

Espectrofotômetro *on-line*:

É constituído de um sistema de aquisição e tratamento de imagem, conforme pode ser visto nas FIG. 27, 28. Esse conjunto tem a função de avaliar a cor durante a realização do tingimento, em toda a extensão do tecido, possibilitando a correção imediata das variações detectadas (ourela-centro-ourela).



FIGURA 27 - *Display* com leitura do processamento da imagem do espectrofotômetro.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

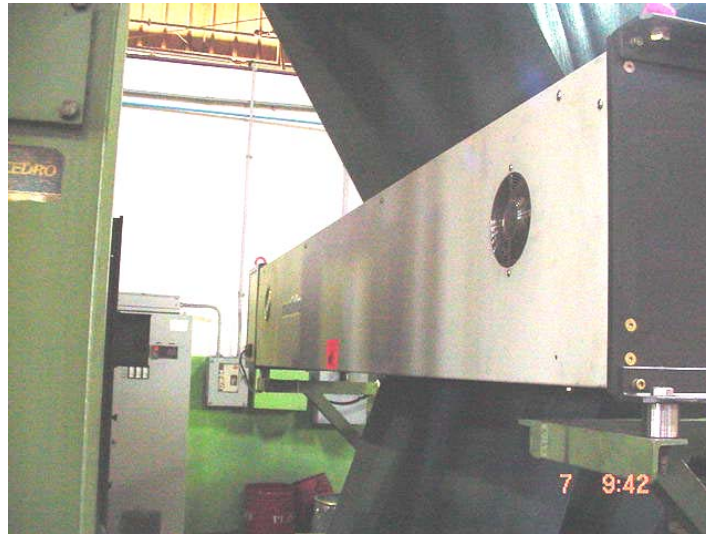


FIGURA 28 - Dispositivo para aquisição de imagem do espectrofotômetro.

Fonte: Companhia Cedro Cachoeira (2007).

As vantagens:

- Maior exatidão na medição.
- Menor intervalo entre leituras.
- Maior controle do processo.
- Menor dependência do operador para a classificação de cores.

As desvantagens:

- Alto custo de investimento.
- Equipamento importado.
- Maior dificuldade na aquisição de peças e assistência técnica.
- Sistema instável (dificuldades de ajustes).

2.4 Imagem como meio de informação metrológica (GROB, 1989; JAIN, 1989; WEEK, 1996)

A imagem é um instrumento utilizado em todas as tarefas do cotidiano, sendo essencial para a vida humana. É uma representação visual de um objeto ou um grupo de objetos. Um sistema de tratamento de imagem é conhecido como um processo que trabalha as informações dentro da própria imagem para torná-las mais evidentes. Como exemplo, tem-se o sistema de imagem digitalizada, que é processada por computador.

O processo de digitalização da imagem consiste na divisão da imagem em várias linhas horizontais, cada uma contendo vários pequenos quadrados, denominados elementos de desenho ou "*pixels*". Juntos, esses elementos contêm as informações visuais da cena. Se são transmitidos e reproduzidos com o mesmo grau de luz ou sombra e nas mesmas posições, então a imagem completa pode ser reproduzida. No processo de digitalização, a imagem é representada no computador por grades ou bitmaps. Cada *pixel* no bitmap é identificado por sua posição na grade, cuja referência são as posições no eixo horizontal x e no eixo vertical y . A posição de cada *pixel* verifica-se de acordo com a posição de um *pixel* de referência, localizado na parte superior da grade digitalizada, denominado *pixel* 0,0 (linha 0, coluna 0). Esta representação pode ser vista na FIG. 29.

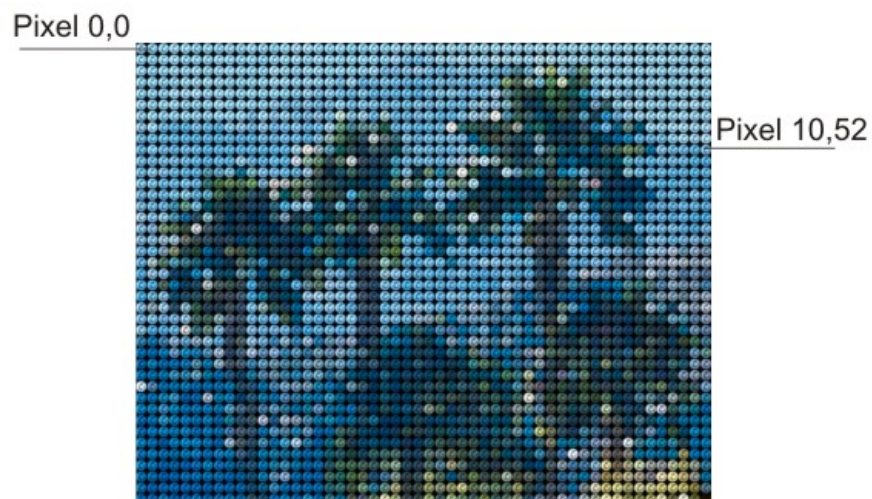


FIGURA 29 – Visualização dos *pixels* numa imagem digitalizada.

Fonte: Grob (1989).

Quando uma imagem fotográfica é digitalizada, ela é examinada no padrão de grade, ou seja, cada *pixel* é separado individualmente e o seu brilho é medido e quantificado. Essa medida resulta em um valor de *pixel* usualmente integral, que representa a intensidade luminosa da imagem naquele ponto específico. Esse valor é armazenado no correspondente *pixel* da imagem no computador.

Esses valores de *pixel* são expressos numa unidade de medida denominada *bit*. Uma imagem de 24 *bits* representa cerca de 16 milhões de níveis de cores, uma capacidade bem maior do que o corpo humano pode diferenciar. O número de *bits* usado para representar os valores dos *pixels* é comumente chamado de BPP (*bits-per-pixel*). O BPP que representa o valor de cada *pixel* determina em qual

classe a imagem está inserida. As classes de imagens existentes são:

- Binária.
- Escala de Cinza (*Gray Scale*).
- RGB.
- Palheta de cores.

A seguir, cada classe de imagem é descrita separadamente.

- Binária: uma imagem desta classe armazena seus dados com apenas um BPP. Esse *pixel* é interpretado como sendo completamente preto (BPP=0) ou completamente branco (BPP=1).
- Escala de cinza: o valor da escala de cinza representa o nível de cinza, ao mudar-se de completamente preto para completamente branco. Numa imagem de 8 *bits*, por exemplo, um *pixel* com valor zero é completamente preto, enquanto um *pixel* com valor 255 é completamente branco. Isto quer dizer que são possíveis 2^8 (256) níveis de cinza entre o branco e o preto.
- RGB: a classe de imagem RGB, referida às três cores do sistema de imagem, utiliza o caminho mais direto de representação de imagens coloridas. A sigla provém das três cores primárias da luz: vermelho, verde e azul (R = *red*, G = *green* e B = *blue*). Qualquer cor pode ser representada pela mistura de vários níveis de tonalidade de vermelho, verde e azul.
- Palheta de cores: esta classe de imagem utiliza 8 BPPs para

armazenar as informações sobre a coloração. O formato de palheta é um conveniente e eficiente caminho para armazenar imagens que têm menos de 256 cores. Diferentemente de outras classes de imagens, o valor de cada *pixel* na imagem da palheta não representa um valor de brilho. A palheta, que é armazenada junto com a imagem, é uma tabela de entrada de 256 valores de RGB. Uma observação importante é que os valores numa imagem de *palette* não têm significado em termos de intensidade; não se pode assumir que um *pixel* de valor zero representa preto, por exemplo.

Embora os *softwares* utilizados para tratamento mantenham internamente a imagem colorida na forma RGB, ela pode expressar um valor de cor em termos de outros modelos de cores. Um modelo de cor é simplesmente um caminho padrão de representar cor em termos matemáticos. A maioria dos modelos usa um sistema de três coordenadas. Cada ponto nesse sistema representa uma única cor. O modelo RGB, por exemplo, pode ser visualizado como um cubo no qual a coordenada *x* é vermelha, a coordenada *y* é azul e a coordenada *z* é verde. Cada uma das 16,8 milhões de cores (imagem tricolor, em que cada *pixel* contém 24 *bits*, ou seja, $2^{24} = 16.800.000$) é descrita por um único ponto do cubo.

Os modelos de cores mais utilizados ultimamente são: RGB, HSI, HSV (*hue* = coloração; *saturation* = saturação; *value* = valor) e CMY (*Cyan*, *magente*, *yellow*), sendo este último usado para descrever cores na impressão de indústrias gráficas.

O modelo de cor RGB é especialmente importante no processamento de imagem digital porque é usado na maioria dos projetos de imagens digitais (monitores, câmeras coloridas, entre outros). A cor é definida em termos da quantidade de vermelho, verde e azul que contém. Numa imagem colorida de 24 *bits*, vermelho representa 255/000/000, sendo que 255 representa o mais alto valor de vermelho possível, junto com nenhum verde (000) e nenhum azul (000).

2.5 Procedimento de tratamento de sinais (GROB, 1989; JAIN, 1989; WEEK, 1996)

Freqüentemente, uma imagem requer algum tipo de tratamento para aperfeiçoar sua resolução estética ou para ajudar na melhor extração de dados da imagem em questão. Existem basicamente três maneiras de intensificar uma imagem:

- modificando a intensidade de sinais;
- adicionando um filtro espacial;
- manipulando a freqüência da imagem.

A) Modificando a intensidade de sinais: basicamente, é a mudança de intensidade dos valores que são interpretados na imagem. Por exemplo, se uma imagem está muito escura, pode-se alterá-la pela modificação dos valores do nível de claridade. A seguir, estão listados as ferramentas existentes para modificar uma imagem a partir da alteração dos valores dos sinais.

- Brilho: é a intensidade média ou geral de iluminação na imagem

reproduzida. Elementos de imagem individuais podem variar acima ou abaixo desse nível médio. Brilho é o termo usado para descrever a quantidade total de claridade numa imagem. Esse controle afeta toda a imagem. Quando o brilho é aumentado, aumenta-se o valor de todos os *pixels* na imagem, movendo-se todos eles para um valor perto de 255, ou seja, perto do branco. Quando o brilho é diminuído, está-se reduzindo o valor de cada *pixel* para perto de zero, ou seja, preto. As imagens da FIG. 30 mostram essas alterações.

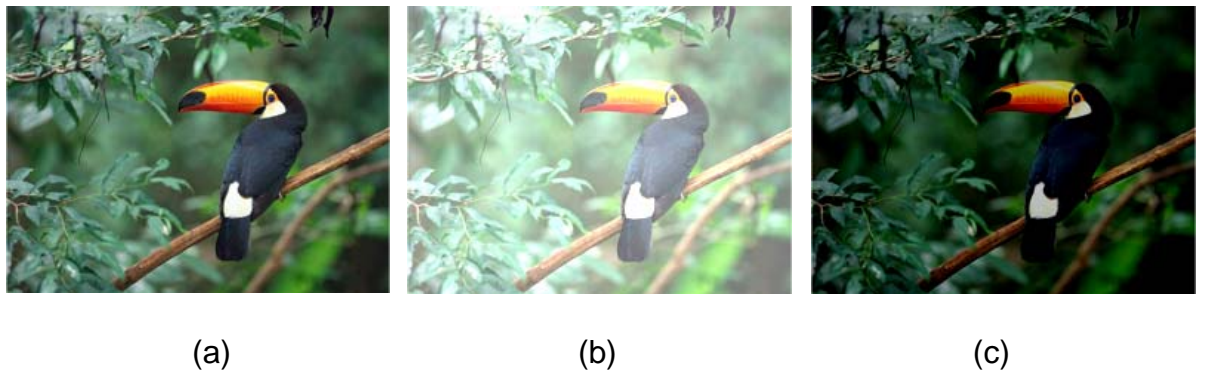


FIGURA 30 - Imagem sem alteração de brilho (a), imagem com o brilho aumentado (b) e imagem com o brilho diminuído (c).

- **Contraste:** é a diferença de intensidade entre as partes pretas e brancas na imagem reproduzida. A variação de contraste deve ser tal que produza uma imagem com um branco brilhante e o preto bem escuro, nos extremos de variação da intensidade. O contraste denota o grau de diferença entre a claridade e a escuridão de uma imagem. Durante a manipulação do contraste, cada valor de *pixel* é representado por um valor de contraste, cuja função é redistribuir a

intensidade para uma classe pequena ou grande. Conforme mostrado na FIG. 31, aumentar o contraste faz com que os valores dos *pixels* migrem para classes extensas; diminuir o contraste faz com que esses valores migrem para classes mais estreitas.

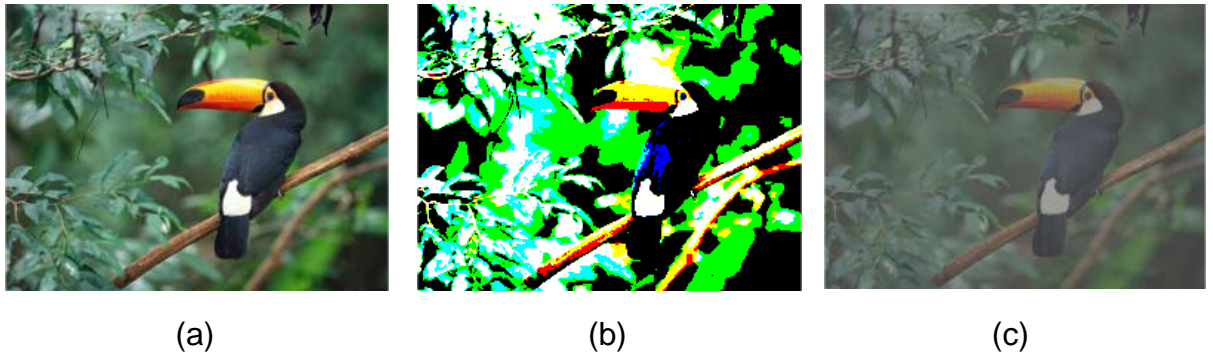


FIGURA 31 - Imagem sem alteração de contraste (a), imagem com o contraste aumentado (b) e imagem com o contraste diminuído (c).

- Correção de Gama: é a relação não linear entre os níveis de luz e os de sinal elétrico, tanto à entrada (captação) quanto à saída (imagem) do sistema. A correção de gama é uma forma específica de intensificação do contraste em áreas da imagem muito escuras ou muito claras. O controle de gama modifica a imagem aplicando um modelo de curva não linear de gama na escala de intensidade. Um valor de gama igual a um é equivalente à curva identificada e não tem efeito sobre a imagem. Um aumento no valor de gama geralmente clareia a imagem e aumenta o contraste em áreas escuras (FIG. 32). Uma diminuição no valor de gama geralmente escurece a imagem e enfatiza o contraste em áreas claras (FIG. 33).

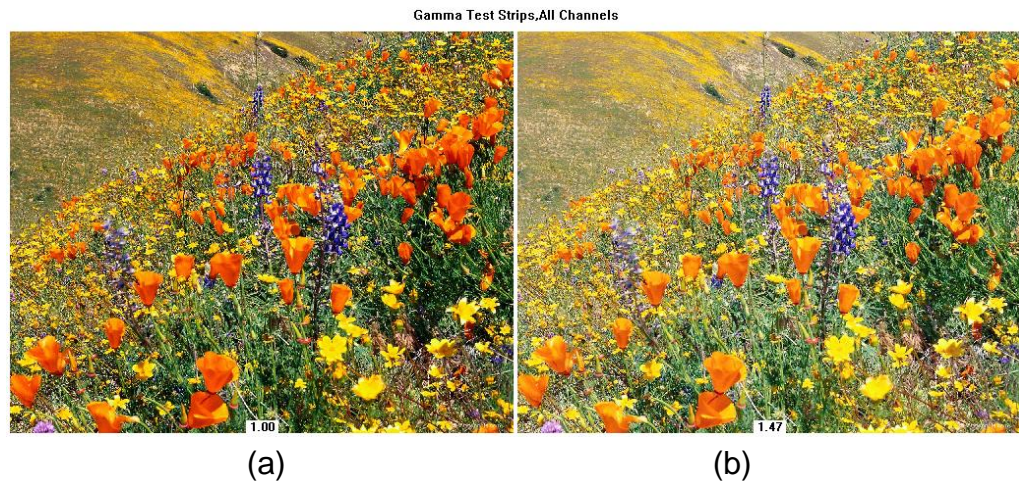


FIGURA 32 - Imagem sem correção de gama (a) e imagem com aumento da correção de gama (b).

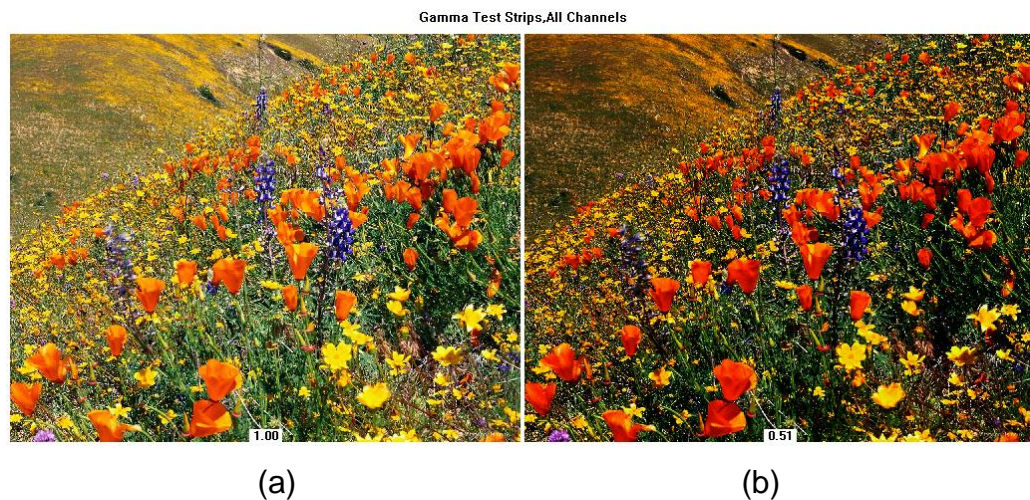


FIGURA 33 - Imagem sem correção de gama (a) e imagem com diminuição da correção de gama (b).

- Binarização: permite reduzir a imagem para apenas duas cores: preto e branco. Isto é feito especificando uma classe de intensidade para ser enfatizada (branco) e convertidas todas as outras para preto.
- Histogramas: o histograma mede e ilustra na forma gráfica o brilho e o contraste de uma imagem. Mostra que tipo de defeitos de

brilho/contraste existe na imagem. Imagens com baixo contraste têm histogramas agrupados numa porção de classe de cor. A posição do agrupamento indica onde a imagem é muito escura, muito clara ou simplesmente cinza.

a) *Histogramas acumulados*: um histograma acumulado pode ser usado para calcular o brilho e o contraste de uma imagem. Ele mede o número de *pixels* que têm valor estipulado ou mais baixo. O resultado é uma integral de uma função de distribuição regular de histograma. O histograma acumulado indica a regularidade de intensidade da distribuição.

B) Filtração espacial: a função desta operação de filtragem é reduzir ou aumentar a velocidade das mudanças que ocorrem nas transições de intensidade dentro da imagem. Áreas onde existem rápidas mudanças na intensidade aparentam ter distorções numa imagem. Áreas onde existem mudanças graduais não produzem essas distorções. A filtragem detecta e modifica a velocidade dessas mudanças. Seu efeito é produzido em virtude da modificação dos valores do *pixel* baseado nos valores dos *pixels* que o rodeiam. Sua técnica é dividida em duas categorias: filtros lineares e não lineares (FOLEY *et al.*, 1990; WATT *et al.*, 1989).

- Filtros lineares

No processo de filtragem linear, composto de três etapas, existe uma matriz de coeficientes de filtragem (valores integrais) que é chamada de *kernel*. Na primeira

etapa, cada *pixel* da imagem vizinha é multiplicado pelo elemento correspondente na matriz de filtragem descrita anteriormente. Na segunda, os resultados das multiplicações são somados e divididos pela soma dos elementos da matriz. Na última etapa, o resultado é usado para substituir o *pixel* central na imagem vizinha.

- Filtros não lineares

Os filtros não lineares trabalham também com *pixels* que rodeiam um *pixel* central; entretanto, diferentemente dos filtros lineares, eles não multiplicam os valores vizinhos por uma matriz ou coeficiente de filtragem. Em vez disso, eles trabalham apenas com os dados da vizinhança e adotam métodos estatísticos ou fórmulas matemáticas para modificar o valor do *pixel* que está sendo focado.

C) Freqüência de imagem: podem ocorrer alguns problemas quando se usa esse sistema de aproximação espacial. Um deles é a interferência de imagem que está presente como um modelo regular sobre a imagem. A melhor maneira de eliminar tal periódico é converter a imagem para um conjunto de freqüências, inibindo as freqüências causadoras do problema. Essa conversão para um conjunto de freqüências é feita a partir da transformada de Fourier (FOLEY *et al.*, 1990; WATT, 1989).

2.6 Análise de intensidade

A operação de análise de intensidade permite coletar dados da imagem baseado na intensidade dos valores que ela contém. As ferramentas de análise de intensidade são as seguintes:

- análise de histogramas: permite avaliar a dinâmica da imagem;
- análise de perfil de linha: permite plotar os valores de intensidade a partir de uma linha dada;
- análise de *bitmap*: permite dispor-se dos valores dos *pixels*.

2.7 Sistema de formação de imagem por sensores CCD *versus* CMOS

(<http://www.paixaodigital.com.br/> acessado dia 24/08/2007)

Os sistemas de sensores de imagem basicamente são os responsáveis por transformar o objeto que está sendo focado em uma imagem. Os dois tipos de sensores mais utilizados são os CCDs (*charge coupled device* ou dispositivo de carga acoplado) e CMOSs (*complementary metal oxide semiconductor* ou semicondutor metal-óxido complementar).

Um dos maiores responsáveis pela queda dos preços das câmeras digitais foi a introdução dos sensores de imagem CMOS. Os sensores CMOS são muito mais baratos para produzir do que sensores CCD.

Ambos os sensores de imagem CCD e CMOS têm que converter luz em elétrons nos *photosites*. Uma maneira simplificada de pensar no sensor usado na câmera digital é pensar nele como tendo uma disposição 2D de milhares ou milhões de fotodiódos, em que cada um transforma a luz de uma pequena porção da imagem em elétrons. Ambos os dispositivos CCD e CMOS desempenham essa tarefa utilizando uma variedade de tecnologia.

Sensores CCD versus CMOS:

Uma vez que a luz é convertida em elétrons, as diferenças entre os dois principais tipos de sensores aparecem mais. O próximo passo é ler o valor (carga acumulada) de cada célula na imagem.

Em um dispositivo CCD, a carga é transportada pelo *chip* e lida em um ponto dessa disposição da carga. Um conversor analógico para digital torna cada valor de *pixel* em um valor digital.

Na maioria dos dispositivos CMOS, existem vários transistores em cada *pixel* que aumentam e movem a carga elétrica usando ligações mais tradicionais. A característica do CMOS é mais flexível porque cada *pixel* pode ser lido individualmente.

Os CCDs usam um processo de fabricação especial, para conseguir capacidade de transportar carga elétrica através do *chip* sem qualquer distorção. Esse

processo leva à criação de sensores de alta qualidade em termos de fidelidade e sensibilidade à luz.

Os *chips* CMOS, por outro lado, usam o processo de fabricação padrão para criar o *chip*: os mesmos processos usados para fabricar a maioria dos microprocessadores.

Por causa dessas diferenças no processo de fabricação é que existem muitas diferenças visíveis entre os sensores CCD e CMOS.

Os sensores CCD, como mencionado, criam imagens de alta qualidade e resolução. Os sensores CMOS, tradicionalmente, são mais suscetíveis ao ruído.

Porque cada *pixel* em um CMOS é menor, muitos dos *photons* que atingem o *chip* atingem também os transistores ao invés do *photodiode*. Os sensores CMOS tradicionalmente consomem pouca energia.

Os CCDs utilizam um processo que consome muita energia, equivalente a 100 vezes mais energia do que um sensor CMOS.

Os *chips* CMOS podem ser fabricados em praticamente qualquer linha padrão de produção de silicone, então eles tendem a ser extremamente baratos comparados aos sensores CCD.

Os sensores CCD têm sido produzidos em massa por um longo período de tempo e por isso são mais confiáveis. Eles tendem a ter *pixels* de mais qualidade e maior número.

Baseado nessas diferenças, pode-se notar que os CCDs tendem a ser usados em câmeras que focalizam imagens de alta qualidade, com muitos *pixels* e excelente sensibilidade à luz. Os sensores CMOS geralmente têm menos qualidade, menor resolução e menos sensibilidade. Porém, as câmeras CMOS são mais baratas e têm baterias que duram mais.

2.8 Transformada rápida de Fourier (BLAHUT, 1985; BRIGHAM, 1974)

2.8.1 Sinais discretos

Um sinal discretizado é obtido a partir de um sinal contínuo no tempo, por amostragem em intervalos igualmente espaçados. Chamando de s_n o sinal discretizado, então a amostragem de $s(t)$ a cada T segundos fica sendo:

$$s_n = s(nT) \quad n = \dots -1, 0, 1, 2 \dots$$

Existe ambigüidade quando sinais contínuos no tempo são representados por um conjunto de amostras, a qual pode ser exemplificada tomando-se a amostragem de uma co-senóide de frequência igual a 2 Hz, obtida à taxa de cinco amostras por segundo; amostras idênticas poderiam ser obtidas se o sinal sob amostragem

fosse uma co-senóide de frequência 3Hz. Num conjunto de amostras associado a um sinal contínuo que teve sua banda de frequências limitada, se a taxa de amostragem de um sinal é maior que o dobro da maior frequência presente no sinal, pode-se afirmar que há somente um único sinal contínuo associado ao sinal discretizado.

O fenômeno de ter outros nomes para sinais contínuos com a mesma amostragem - como no caso em que a amostragem de uma co-senóide de frequência 2Hz e outra de uma co-senóide de 3 Hz, à taxa de cinco amostras por segundo, fornecendo os mesmos resultados - é chamado *aliasing* ou superposição espectral. Esse fenômeno está exemplificado no GRÁF. 1, o qual mostra a co-senóide de frequência 2 Hz na parte superior e a co-senóide 3 Hz na parte inferior. As quatro linhas verticais ligando as figuras em pontos a, b, c, d são os pontos de amostragem, além da origem, tomados à taxa de cinco amostras por segundo. Os valores de a, b, c, d, além da origem, são iguais para os dois gráficos e valem:

$$\text{origem:} = 1$$

$$\text{ponto a} = \text{ponto d} = -0.809$$

$$\text{ponto b} = \text{ponto c} = 0.309$$

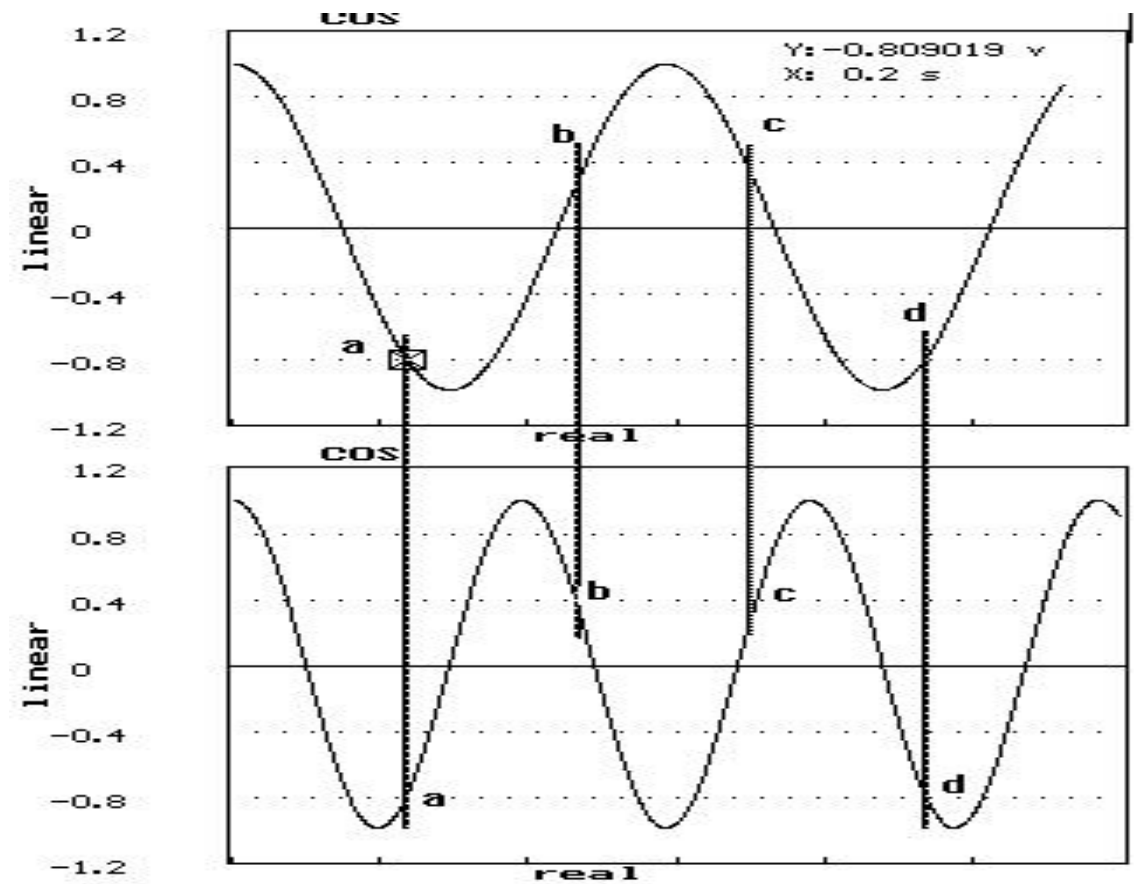


GRÁFICO 1 - Exemplo de um caso de sobreposição espectral.

2.8.2 Transformada discreta de Fourier

A transformada discreta de Fourier (DFT), juntamente com a convolução discreta, é uma das duas operações fundamentais em processamento digital de sinais. É empregada na descrição, representação e análise de sinais discretos. Também é usada juntamente com algoritmos eficientes para o cálculo rápido de convolução e correlação.

2.8.3 Transformada rápida de Fourier propriamente dita

A mais comum e a mais eficiente forma de FFT usa todas as dimensões do mesmo tamanho. Esse tamanho é chamado de raiz do algoritmo. A DFT de tamanho N é relacionada com a raiz R por:

$$N = RM$$

o qual fornece M dimensões, cada uma de tamanho R. Devido ao fato de que DFTs curtas de tamanho R=2 ou 4 não necessitam de multiplicações e aquelas para raízes 8 ou 16 requerem muito poucas, as raízes 2 ou 4, e ocasionalmente as de potência de 2, são as mais comuns.

Desta maneira, uma DFT de tamanho N pode ser calculada em termos de duas DFTs de tamanho N/2. Esta é a idéia básica atrás da FFT de raiz 2. Também é chamada de FFT por dizimação em frequência (DIF) porque as duas DFTs de meio tamanho dão amostras da DFT original. Uma dá os termos pares e outra os termos ímpares. Esse processo é repetido nas duas DFTs de meio tamanho para dar o algoritmo completo.

2.9 Considerações referentes à medição (ALBERTAZZI, 2002)

Por meio de um sistema de medição, a operação medir é efetuada: o valor momentâneo do mensurando é descrito em termos de uma comparação com a unidade padrão referenciada pelo sistema de medição. Um sistema generalizado de medição pode ser observado na FIG. 31.

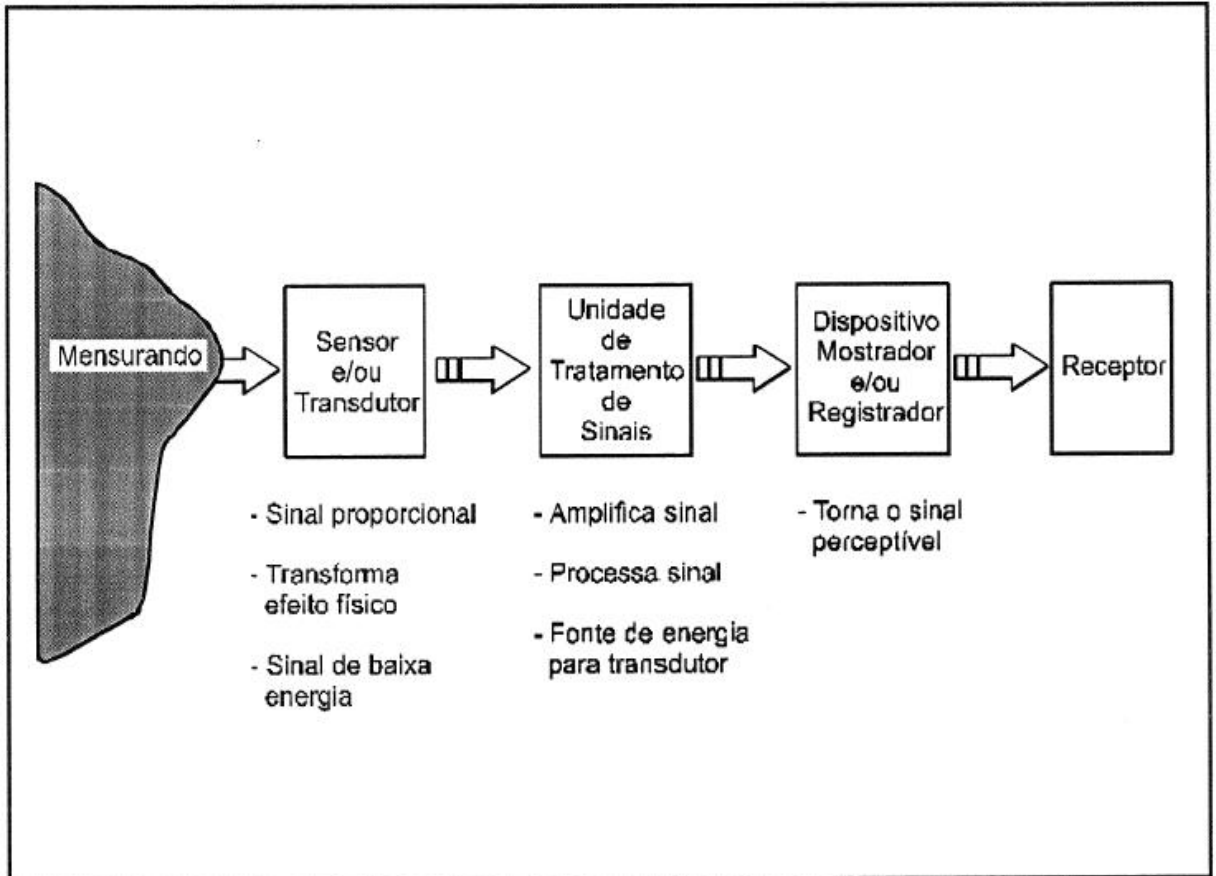


FIGURA 34 - Sistema generalizado de medição.

O mensurando é o que se deseja medir ou determinar suas dimensões. Ele fornece um sinal para o sistema de medição, que pode ser dividido basicamente em três módulos funcionais: o sensor/transdutor, a unidade de tratamento do sinal e o dispositivo mostrador. O transdutor é o módulo do sistema de medição que gera um sinal (mecânico, pneumático, elétrico) proporcional ao mensurando segundo uma função bem definida. O sinal gerado pelo transdutor, normalmente de baixa energia, é enviado à unidade de tratamento de sinal, que amplia a potência do sinal recebido, realiza funções de filtragem, compensação, integração e processamento. O dispositivo mostrador recebe o sinal tratado por meio de

recursos mecânicos, eletrônicos ou outro qualquer, e transforma-o em um número inteligível ao usuário. O número é enviado ao usuário em forma de resultado da medição.

Sabe-se que não existe um sistema de medição perfeito. Além das limitações construtivas internas, o sistema de medição é comumente afetado por efeitos diversos relacionados ao meio ambiente, à forma e à técnica de aplicação, pelas influências da própria grandeza, entre outras. Perturbações externas, como as condições ambientais, podem provocar fontes de incertezas, alterando diretamente o sistema de medição ou agindo sobre o mensurando. Isso gera alterações nos resultados e faz com que o comportamento do sistema de medição se afaste ainda mais do ideal. Porém, mesmo com um sistema de medição imperfeito, é possível obter informações confiáveis.

As incertezas de cada um dos módulos interligados se propagam de forma a compor a incerteza combinada do sistema de medição. Um sistema de medição de boa qualidade deve ser capaz de operar com pequenos erros. Seus princípios construtivos e operacionais devem ser projetados para minimizar erros sistemáticos e aleatórios ao longo da faixa de medição, nas condições de operação nominais. A repetitividade e a reprodutibilidade dos resultados, no entanto, devem ser consideradas nos princípios construtivos e operacionais. Repetitividade é a capacidade de se realizarem inúmeras medições do mesmo modo, com o menor erro possível. A reprodutibilidade é a capacidade de reprodução e obtenção de resultados equivalentes ao valor real.

A seleção do sistema de medição a empregar é uma ação de elevada importância, que deve equilibrar as necessidades técnicas, como os custos envolvidos. Para fazer uma medição com o mínimo de erros, os custos se elevam exponencialmente. O operador e a técnica empregada podem também afetar a medição. O uso de força de medição irregular ou excessiva e vícios de má utilização podem levar a erros imprevisíveis. Por meio do procedimento experimental denominado calibração é possível correlacionar os valores indicados pelo sistema de medição e sua correspondência com a grandeza a ser medida. Essa operação é extremamente importante e é realizada por um elevado número de entidades credenciadas espalhadas pelo país.

Entre os diversos fatores que influenciam a qualidade de um produto, encontra-se a metrologia, que, corretamente aplicada, aumenta a confiabilidade dos processos produtivos industriais e, conseqüentemente, o produto acabado. Para planejar os sistemas de controles e calibração de instrumentos e equipamentos, devem-se conhecer as dimensões e tolerâncias a serem avaliadas e quais instrumentos de medir a utilizar.

Portanto, a tolerância numa determinada dimensão deve ser de domínio das pessoas envolvidas no projeto, fabricação, montagem e controle, para que o produto tenha a qualidade requerida superior. Assim, por meio da metrologia, tem-se o conhecimento do comportamento das variáveis e, portanto, a previsibilidade dos resultados a serem obtidos.

3 METODOLOGIA

3.1 Sistema de aquisição e tratamento de imagens no visível para controle dimensional - metodologia proposta

3.1.1 Sistema com utilização de medição direta

Nesse sistema, uma amostra do tecido é marcada em dois pontos distantes de um valor previamente conhecido, antes do manchão de encolhimento. A amostra do tecido com as marcas é retirada na saída da sanforizadeira. Com a utilização de uma câmera fotográfica digital, faz-se a aquisição das imagens das marcas feitas nas amostras do tecido antes e depois do manchão e, por meio de *softwares* específicos, faz-se a medição do encolhimento, comparando-se os valores obtidos antes e depois da sanforização.

3.1.2 Sistema com utilização de transformada rápida de Fourier (FFT) aplicada à imagem

Esse sistema usa duas máquinas fotográficas instaladas antes e após a calandra de encolhimento da sanforizadeira. As imagens do tecido adquiridas nesses pontos são trabalhadas de forma a se obter o número de tramas por um determinado comprimento preestabelecido, chamado densidade do tecido. A

partir da utilização de FFTs associadas a essas imagens (antes e depois da sanforização), é possível obter-se a densidade do tecido relacionando-a a determinados picos obtidos por meio das FFTs. Uma vez determinado esse número para as duas posições, a relação percentual entre elas expressa o valor do encolhimento aplicado ao tecido.

Uma outra derivação desse método é adotar a diferença entre as frequências obtidas das respectivas FFTs. Novamente a relação percentual entre as frequências obtidas antes e após a sanforização determina o encolhimento aplicado ao tecido.

3.2 Sistema de aquisição e tratamento de imagens no visível para controle de cores - metodologia proposta

Consiste em fotografar as partes do tecido as quais se deseja fazer a comparação de cores. Deve-se adotar uma imagem padrão de uma amostra do tecido fotografado e todas as comparações serão feitas a partir desse padrão. Ao fazerem-se as fotografias, deve-se posicionar a máquina sempre à mesma altura e com a mesma iluminação. Com as imagens das amostras em análise, efetua-se o histograma de cada uma delas e, pela comparação desses histogramas, consegue-se perceber 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*). Quando a comparação entre os mesmos canais das imagens analisadas (padrão *versus* amostra) superar 4%, pode-se concluir que essas diferenças são significativas e, portanto, devem ser reprovadas. Caso contrário, as amostras deverão ser aprovadas. O valor de 4% foi obtido experimentalmente, a partir de comparações realizadas em laboratório, confrontando-se os resultados desse método com os obtidos com o espectrofotômetro.

3.3 Sistema de aquisição e tratamento de imagem no visível – recursos envolvidos

O sistema de medição por aquisição e tratamento de imagem no visível, proposto no presente trabalho, é apresentado na FIG. 35. O sistema foi concebido para reduzir a dependência da ação do operador e para garantir mais confiabilidade metrológica, facilidade de operação, manutenção das informações para comparações futuras e baixo custo.

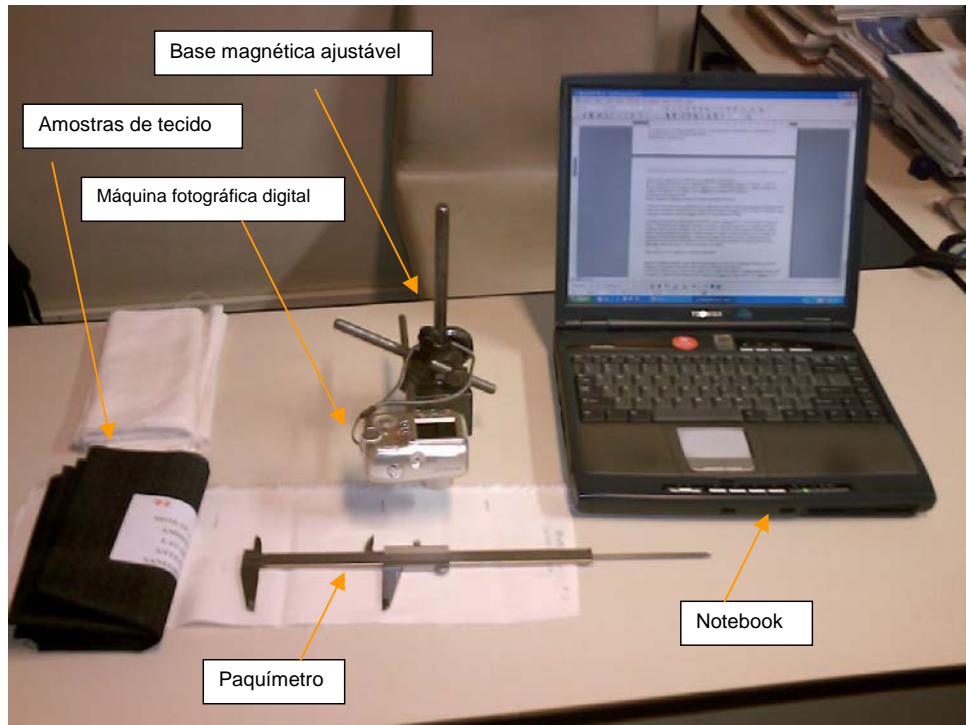


FIGURA 35 - Sistema de medição por aquisição e tratamento de imagem no visível.

O equipamento de medição da FIG. 35 foi projetado e construído no Departamento de Engenharia Mecânica (DEMEC) da UFMG. O equipamento é formado por:

- uma base magnética com hastes de aço, ajustável em três planos;
- uma câmera fotográfica marca Olympus X-715, 5.0 Megapixel, Zoom 6.2-17.4 mm 1: 3.0-5.0, sensor tipo CMOS;
- um *notebook* marca Toshiba modelo Satellite, processador Intel Celeron 1,1 GHz, contendo um *software* de aquisição de imagem e dois *softwares* de tratamento de imagem;
- diversas amostras de tecido;
- um paquímetro Mitutoyo escala 0 a 200 mm, resolução 0,05 mm.

Utilizou-se esse sistema para medição do encolhimento de tecidos por meio dos métodos de medição direta (amostras marcadas) e da aplicação da transformada rápida de Fourier (FFT) – (NUSSBAUMER, 1981) e para o controle de cores e nuances em tecidos tintos ou índigos.

O sistema é formado por uma máquina fotográfica marca Olympus X-715, com resolução máxima de 2560 x 1920 *pixels*, para captura da imagem, acoplada a uma base magnética com hastes ajustáveis (FIG. 36) Esse suporte foi projetado para permitir encontrar a melhor distância para aquisição da imagem e também garantir sempre a mesma distância entre a objetiva da máquina e as amostras fotografadas. A fixação da câmera em relação à base é fundamental para o experimento, pois essa homogeneização de procedimento para aquisição da imagem permite que a calibração realizada possa ser válida para todas as medições.

Os *set-ups* utilizados para as três metodologias foram os seguintes:

a) Método de medição direta:

- Para a câmera fotográfica as seguintes funções foram ativadas na ajustagem da mesma: estabilidade de imagem (reduzir desfoque), supermacro (para tirar a foto de muito perto), resolução HQ 2.560 x 1.920. A habilitação da função supermacro nessa câmera desabilita automaticamente o *flash*.
- Distância da face da objetiva da câmera até o objeto: 110 mm.
- Iluminação: foram feitas imagens em ambiente de laboratório

equipado com conjunto ótico composto por luminárias em corpo de aço, pintura eletrostática branca, refletor em alumínio anodizado de alto brilho, com duas lâmpadas (por conjunto) fluorescentes 32 W, tipo super 84, gerando um nível médio de iluminação de aproximadamente 500 lux. As amostras foram sempre posicionadas de modo que não gerasse sombras. O importante neste caso foi sempre posicionar uma mesma série de amostras exatamente no mesmo local (mesma posição câmera x objeto x iluminação). Para os três métodos em questão, a saber, método de medição direta, método com a utilização da FFT e para o método de controle de cor baseado em histogramas, as considerações relativas à iluminação são idênticas.

- Abertura do paquímetro na calibração do sistema: 100 mm.

b) Método utilizando a Transformada Rápida de Fourier:

- Para a câmera fotográfica as seguintes funções foram ativadas na ajustagem da mesma: estabilidade de imagem (reduzir desfoque), supermacro (para tirar a foto de muito perto), resoluções HQ 2.560 x 1.920 e SQ1 2.048 x 1.536.
- Distância da face da objetiva da câmera até o objeto: a distância de aquisição foi ajustada de modo que a área do tecido fotografado fosse a maior possível, sem prejudicar a resolução.

c) Método baseado em histogramas comparativos:

- Para a câmera fotográfica as seguintes funções foram ativadas na ajustagem da mesma: estabilidade de imagem (reduzir desfoque), supermacro (para tirar a foto de muito perto), resolução HQ 2.560 x 1.920.
- Distância da face da objetiva da câmera até o objeto: a distância de aquisição foi ajustada de modo que a área do tecido fotografado fosse a maior possível, sem prejudicar a resolução.



FIGURA 36 – Base magnética com hastes ajustáveis acopladas à máquina fotográfica.

Uma vez obtidas as imagens, elas foram descarregadas em um microcomputador Pentium, contendo *softwares* de aquisição e tratamento das imagens capturadas pela *máquina*. O *software* utilizado para a captura das imagens foi o original da máquina *Camedia Master Versão 4.10*, enquanto o *software* para tratamento das imagens foi o *Image-Pro Plus* versão 3.0 e *OriginPro 7.5 v 7*. O *software* de captura permite a aquisição da imagem a qualquer instante e a transferência da mesma para o *Image Pro Plus* e *OriginPro 7.5*, possibilitando melhor visualização dos pontos desejados para a realização do procedimento de medição.

3.4 Avaliação da incerteza do resultado (ISO GUM)

A calibração foi feita utilizando-se o critério de comparação entre o valor conhecido do paquímetro (ajustado para 100 mm) e o número de *pixels* obtidos por meio de *software*.

Para cada ponto de verificação, superior e inferior, na faixa de operação, foram realizadas quatro medições. Essas medições foram feitas colocando-se o paquímetro na mesma direção e altura dos tecidos fotografados. As leituras do paquímetro apresentaram o mesmo número de *pixels* (2.289 *pixels*), o que indica que a repetitividade do sistema de medição apresenta desvio-padrão zero.

A incerteza do paquímetro e a resolução limitada são utilizadas para o cálculo da incerteza expandida ($U_{95\%}$) do sistema de medição (TAB. 1). A incerteza do

paquímetro foi fornecida pelo fabricante e a resolução do sistema de medição analisado é 1 *pixel*.

TABELA 1

Cálculo da incerteza expandida do sistema de medição proposto neste trabalho

Paquímetro ajustado em 100 mm						
Fonte de Erro		Efeitos Aleatórios				
Tipo	Descrição	Unidade	Valor Bruto	Distribuição	Divisor	$U_{68\%}$
B	u (paquímetro)	mm	0,04	Normal	2	0,02
B	Resolução Limitada	mm	0,04	Retangular	1,73	0,02
		mm	Incerteza combinada			0,03
		mm	Incerteza expandida ($U_{95\%}$)			0,06

Assim, a incerteza expandida foi obtida multiplicando-se a incerteza combinada por uma constante K que, para 95% de confiabilidade, é 2.

3.5 Procedimento experimental

3.5.1 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 melhor identificação do número de *pixels*, a imagem foi adequadamente tratada, com

conversão em escala de cinza 12 ou 16 *bits* e binarização.

Primeiramente, foi feita a calibração da imagem para a quantificação da dimensão do *pixel*, utilizando-se um paquímetro ajustado em 100 mm. Foram avaliadas as melhores condições de distância entre a objetiva e a superfície do paquímetro, iluminação e contraste que permitissem minimizar os erros de calibração. A imagem obtida do paquímetro foi binarizada e o número de *pixels* contidos em uma linha ao longo das extremidades do paquímetro foi avaliado. A resolução da imagem foi calculada pela relação entre a dimensão cravada no paquímetro e o número de *pixels* avaliado pela Equação 1:

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

Após a análise do *bitmap* da imagem, verificou-se a existência de 2.289 *pixels* entre as duas extremidades do paquímetro:

$$p = \frac{100}{n} = \frac{100}{2.289} = 0,0437mm \quad (2)$$

A incerteza expandida foi $U_{95\%} = 0,06$ mm (TAB. 1), bastante pequena quando comparada à tolerância permitida que é de 4% ou 10 mm, pois a marca padrão utilizada é de 250 mm.

Em seguida, usando-se uma caneta esferográfica, marcou-se o tecido antes de

passar pelo manchão de sanforização, com o paquímetro ajustado em 100 mm. Foi retirada uma amostra do tecido marcado após o mesmo ser submetido à sanforização e adquirida uma imagem dessa amostra com a câmera ajustada nas mesmas condições da calibração. Essa imagem foi devidamente tratada adotando-se o mesmo procedimento da calibração, tendo sido avaliado o número de *pixels* (n_2) entre as marcas em questão. O n_1 já é conhecido, pois é o mesmo obtido na calibração com o paquímetro cravado em 100 mm.

Desta forma, o encolhimento (E) pode ser calculado pela Equação 3:

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

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

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

3.5.2 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 (NUSSBAUMER, 1981). Esse método possibilita a contagem precisa do número de tramas do tecido bem como a estimativa do encolhimento.

O primeiro passo foi obter imagens do tecido antes e depois da passagem pelo manchão de sanforização, com a câmera instalada à 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.

O segundo passo foi converter as imagens para escala de cinza, utilizando-se resolução de 8, 12 e 16 *bits*. Não houve variação considerável do resultado com as resoluções em 12 e 16 *bits*. Logo, foi utilizada a conversão em 12 *bits*.

Usando-se o *software* editor de imagem *OriginPro 7.5 v 7*, o terceiro passo foi obter o *bitmap* (matriz) dessas imagens. Foram selecionadas algumas colunas dessa matriz e aplicou-se então a FFT, obtendo-se FFT média de cada matriz (BRIGHAM, 1974; NUSSBAUMER, 1981). Verificou-se que o número de colunas selecionadas para a obtenção da FFT não interfere de maneira significativa no resultado final. O importante nesse caso foi adotar todas as linhas da matriz dessas imagens.

A diferença da média das frequências dos picos de cada imagem foi alcançada no quarto passo, calculando-se o encolhimento percentual a partir da Equação 5:

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

O número de tramas presentes na imagem foi determinado com base no produto da frequência da harmônica pelo número de linhas da matriz da imagem:

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

3.5.3 Método do controle de cor baseado em histogramas

Essa técnica consiste em fotografar partes do tecido com as quais se deseja fazer uma comparação de cores. Adotou-se uma imagem padrão de uma amostra do tecido fotografado e todas as comparações foram feitas com esse padrão. Ao produzir as fotografias, a máquina foi posicionada sempre à mesma altura e com a mesma iluminação, conforme descrito nas condições de *set-up*, páginas 70, 71 e 72. Com as imagens das amostras em análise, efetuou-se, por meio do histograma, a comparação das intensidades de cores, obtendo-se as diferenças existentes entre as amostras.

Foi utilizado o histograma com as funções RGB. A partir da avaliação experimental em laboratório, diferenças superiores a 4% em qualquer canal (conforme já descrito na página 68) são significativas e, portanto, a amostra deve ser reprovada.

O *software* utilizado foi o *Image-Pro Plus 3.0*. A FIG. 37 mostra um histograma RGB de uma imagem analisada:

- o canal analisado é o *Blue*;

- X1 e X2 representam os limites de análise nas abscissas, automaticamente estabelecido pelo *software*;
- as comparações foram feitas adotando-se sempre o mesmo intervalo X1 e X2 para todas as amostras analisadas;
- onde se mostra “%: 84,18150” está representada a relação entre as áreas compreendidas entre o X1 e X2 abaixo da curva azul e área total abaixo da curva azul. Esse valor foi a referência utilizada para comparação entre um padrão estabelecido e as amostras consideradas. Desta forma, constatou-se que diferenças superiores a 4% devem reprovar as amostras analisadas e diferenças inferiores a 4% devem aprová-las;
- a mesma análise feita para o canal *Blue* também foi feita para os canais *Red* e *Green*.

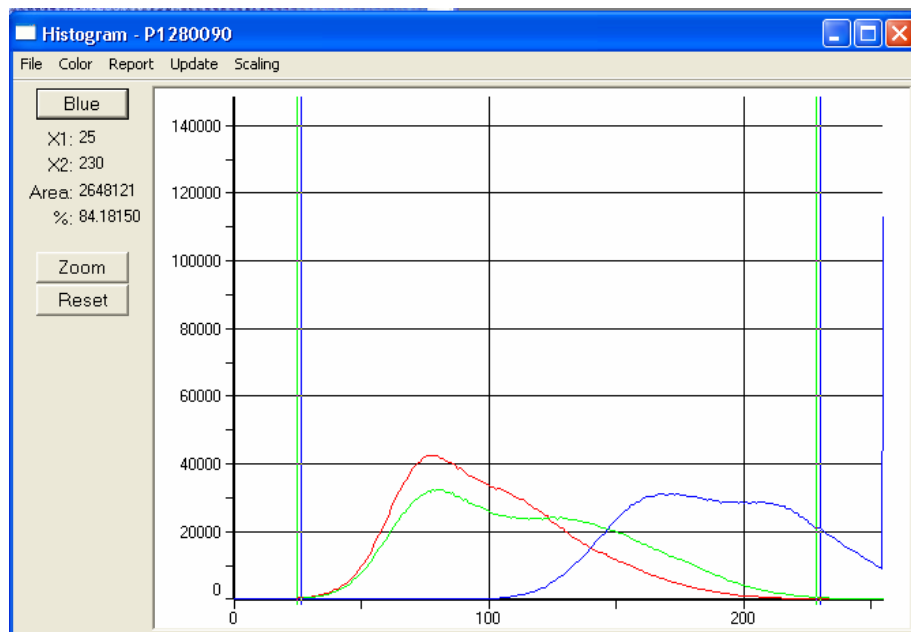


FIGURA 37 - Histograma de uma amostra de tecido índigo 14 oz.

4 RESULTADOS

4.1 Método de medição direta

Foi analisado um tecido em sarja tinto com trama *stretch*. Fez-se a marcação ajustada para 100 mm (equivalente a $n_1 = 2.289$ pixels) antes do tecido ser sanforizado. Esse valor foi comparado ao valor encontrado após a sanforização. A imagem adquirida depois da sanforização está apresentada na FIG. 38, na qual se verifica, qualitativamente, o encolhimento do tecido.



FIGURA 38 - Marcas no tecido depois de sanforizado, comparado com paquímetro cravado em 100 mm.

A imagem obtida depois da sanforização (FIG. 38) foi convertida para a escala de cinza 12 *bits* e posteriormente binarizada, conforme FIG. 39.

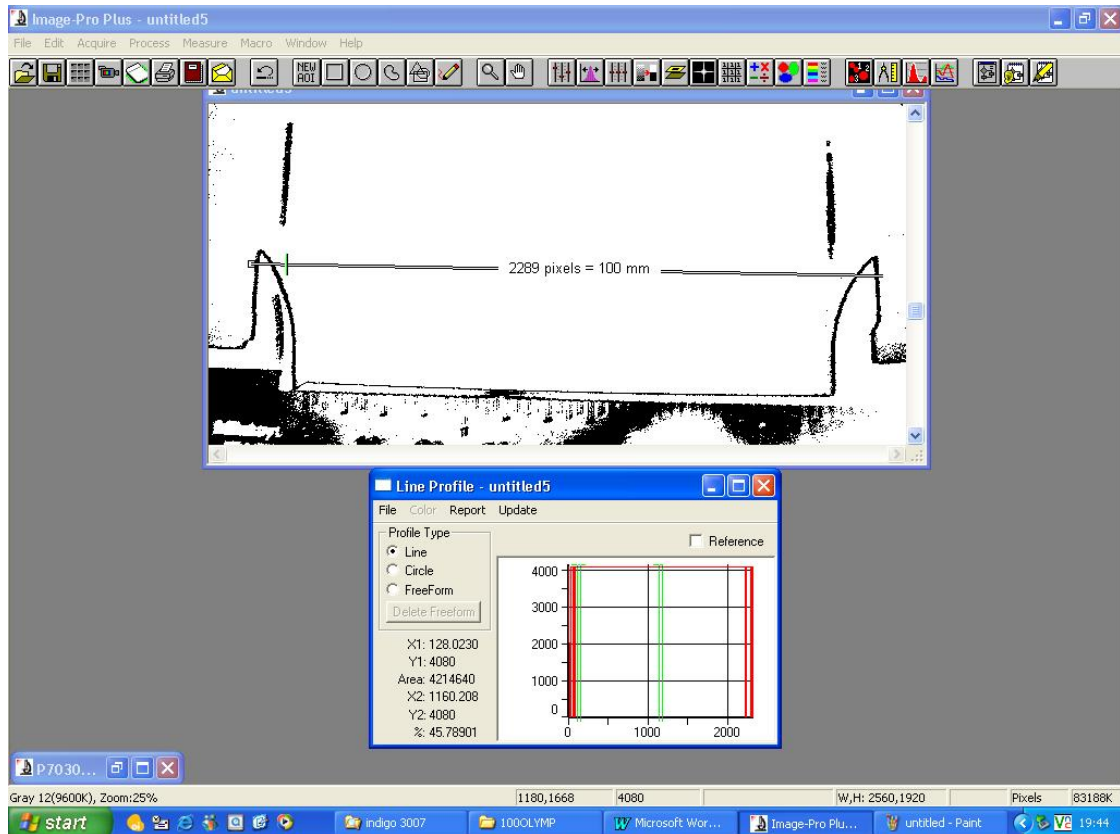


FIGURA 39 - Imagem binarizada do tecido depois de sanforizado, com a calibração do paquímetro ajustada em 100 mm.

Conforme já visto na página 75 deste trabalho, tem-se que 1 *pixel* vale:

$$p = \frac{100}{2289} = 0,0437mm \quad (7)$$

Da mesma forma, foi obtido o valor em *pixels* entre as marcas feitas no tecido (FIG. 40):

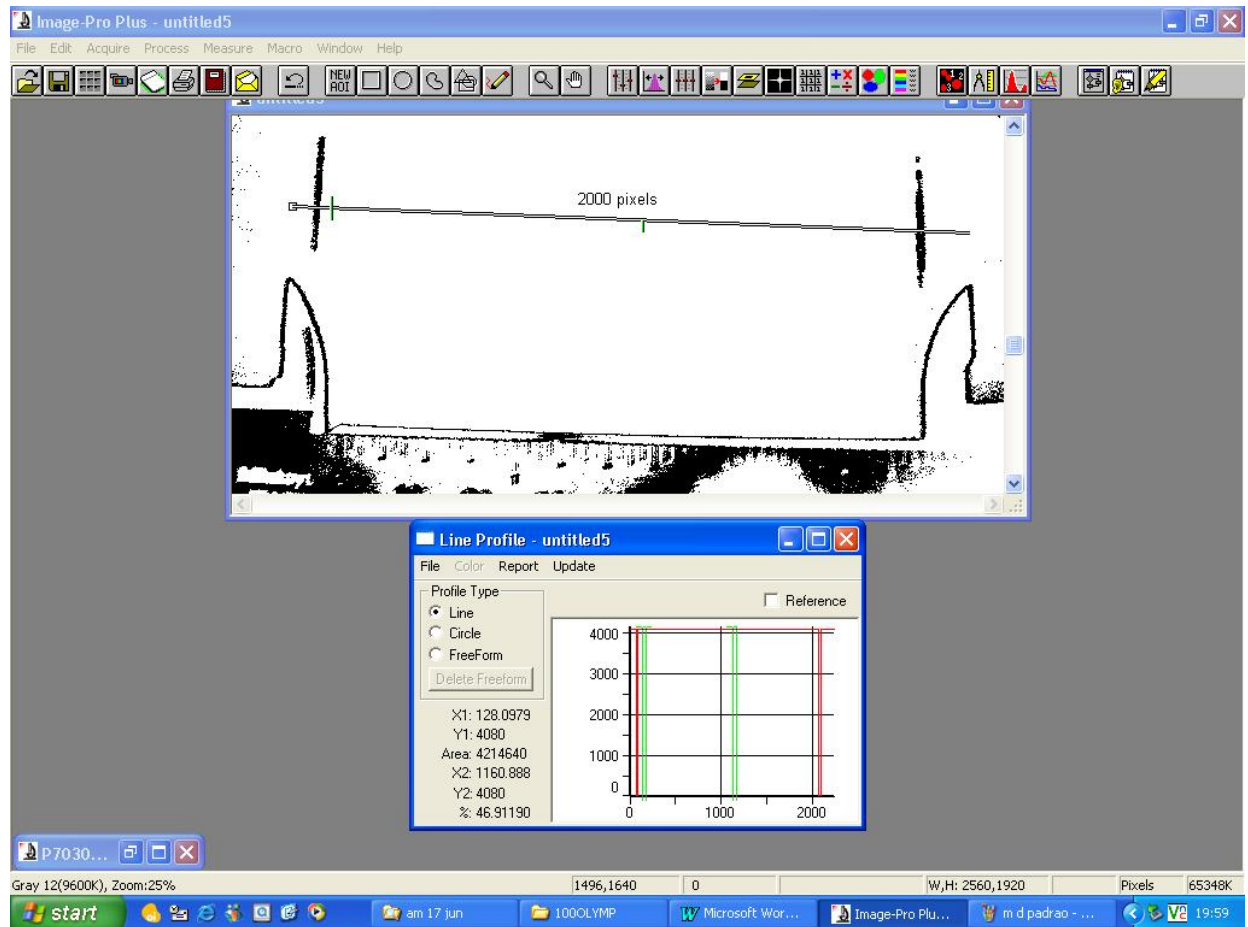


FIGURA 40 - Imagem binarizada do tecido depois de sanforizado, com a determinação da distância em *pixels* entre as marcas.

Após análise da imagem binarizada do tecido depois de sanforizado, foi apurada uma distância entre as marcas equivalente a um número n_2 de 2000 *pixels* (FIG. 40) e, portanto, constatou-se que o encolhimento absoluto em milímetro e o percentual de encolhimento foram iguais, respectivamente, a:

$$E = (n_1 - n_2)p = (2289 - 2000)0,0437 = 12,63mm \quad (8)$$

$$E_{\%} = \frac{(n_1 - n_2)}{n_1} 100 = \frac{(2289 - 2000)}{2289} 100 = 12,63\% \quad (9)$$

Por medição manual com gabarito das marcas nas FIG. 39, 40, quatro técnicos obtiveram valores entre 11 e 13% de encolhimento. Uma análise em laboratório revelou encolhimento de 12,5%, significando diferença relativa de 0,13%. Desta forma, o resultado foi devidamente validado por comparação direta.

Essa mesma amostra foi utilizada, ainda, para efetuar a comparação entre este método e o método da FFT mostrado no caso 3, na seqüência deste trabalho.

Esse método mostrou-se bastante simples e exato, tendo em vista os pequenos desvios verificados nos exemplos anteriores. Entretanto, para que tenha aplicação prática para uso *on-line*, ou seja, para o monitoramento contínuo do processo de sanforização, deve ser desenvolvido um mecanismo que possa proceder a uma marca no tecido antes do manchão de encolhimento. Essa marca deverá ser calibrada previamente com dimensão de, por exemplo, 100 mm e ser feita com tinta que seja totalmente removível após o primeiro contato com a água.

A cor da tinta deverá contrastar com a cor do tecido para o resultado satisfatório no momento da binarização da imagem. Também deverá ser desenvolvido um sistema de sincronismo para captura da marca (imagem do tecido marcado antes do manchão), de forma a permitir que as imagens dessa “marca” possam ser comparadas e mensuradas antes e depois da sanforização. O dispositivo deverá também ser capaz de efetuar esse ciclo (marcação e captura posterior das imagens) com intervalo mínimo de duas leituras (dois ciclos completos) por minuto.

As análises em laboratório utilizadas como referência para validar os resultados obtidos tanto no método direto quanto para o método da FFT seguiram o seguinte procedimento:

- Foi feita uma marcação nos tecidos em análise, antes de serem sanforizados, no valor de 100 mm. Esta marca foi feita utilizando-se o mesmo paquímetro já citado neste trabalho, no item 3.3 . As marcas foram feitas com o tecido em repouso, antes de se iniciar o processo de encolhimento.
- Após a sanforização, foram retiradas as amostras correspondentes ao tecido marcado anteriormente. Essas amostras foram levadas ao laboratório e obtidas as novas dimensões dessas marcas, com a utilização do mesmo paquímetro. Os resultados foram obtidos da comparação entre os valores encontrados antes e depois da sanforização.

4.2 Método de medição baseado na transformada rápida de Fourier (FFT)

Serão avaliados três casos representando famílias de tecidos bastante comuns e de grande aplicação na indústria têxtil. Foram feitos aproximadamente 50 testes abrangendo praticamente todas as famílias de produtos em algodão e misturas algodão/ poliéster/ fibras sintéticas em tecidos tipo sarja, tela e índigos com encolhimentos leves, médios e pesados.

Serão apresentados, portanto, dois casos aplicados aos tecidos tipo índigo com encolhimento leve e pesado e um caso com tecido tipo sarja tinto com encolhimento médio (a mesma amostra analisada pelo método de medição direta).

A) Caso 1

Para avaliar o método de medição baseado em FFT, usou-se o índigo (*jeans*),

FIG. 41:

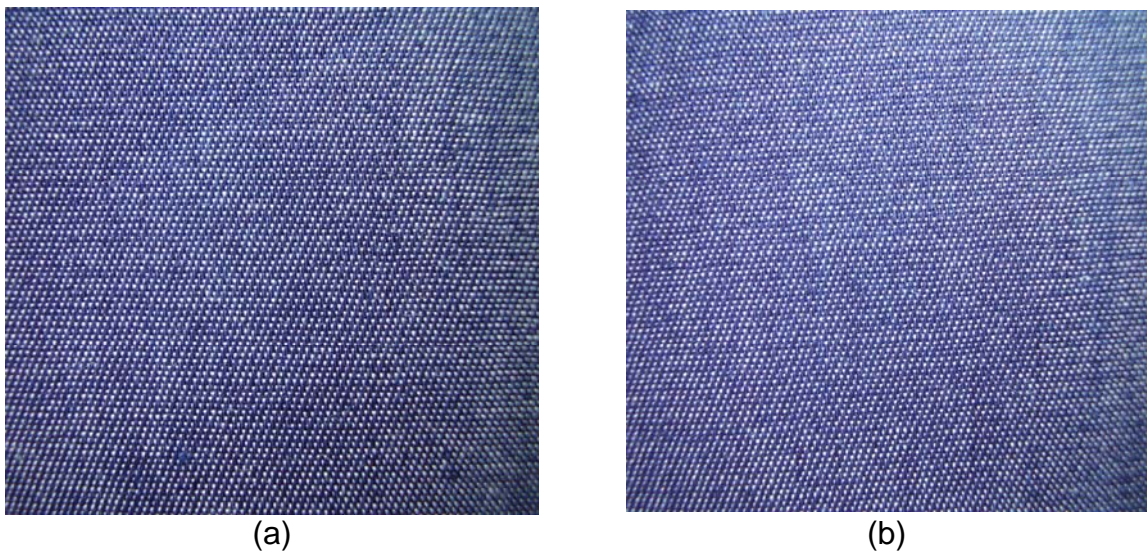


FIGURA 41 - Tecido índigo 7 oz (*jeans*), (a) antes e (b) depois da sanforização.

- Cálculo do encolhimento

O resultado da aplicação do método baseado em FFT na medição do processo de encolhimento é apresentado no GRÁF. 2. Na ordenada são apresentadas as

amplitudes (intensidade da cor), enquanto na abscissa estão representadas as frequências médias (intensidade/pixel).

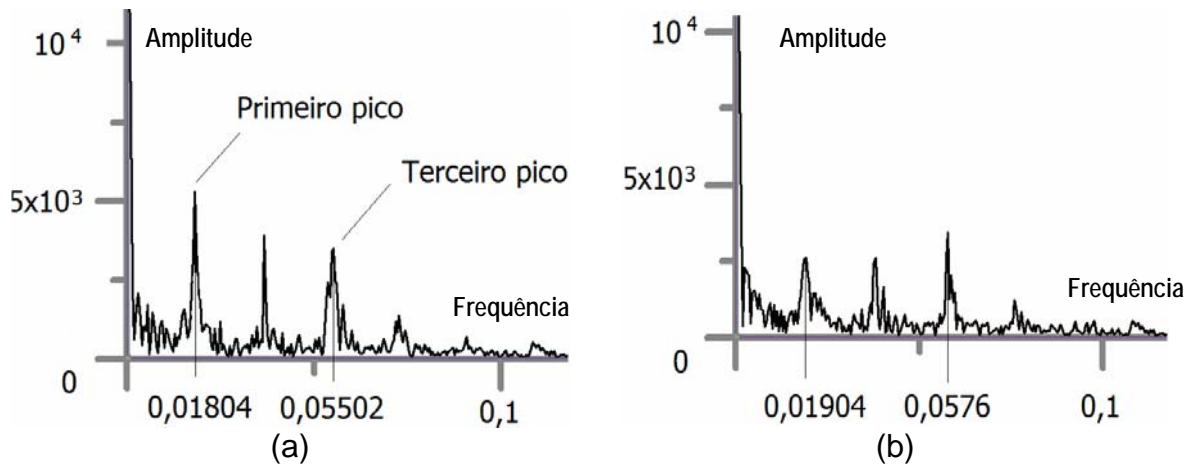


GRÁFICO 2 – Resultado da análise FFT do índigo

(a) antes e (b) depois de passar pela sanforização.

Considerando os resultados para este caso, o encolhimento médio foi determinado usando-se quatro picos. Assim, calculou-se o encolhimento tomando como referência o primeiro pico (E1) e o terceiro pico (E3), Equação 10:

$$E_1 = \left(\frac{0,01904 - 0,01804}{0,01804} \right) * 100 = 5,54\% \quad (10.a)$$

$$E_3 = \left(\frac{0,0576 - 0,05502}{0,05502} \right) * 100 = 4,69\% \quad (10.b)$$

$$E = \frac{5,54 + 4,69}{2} = 5,12\% \quad (10.c)$$

A análise em laboratório do tecido índigo revelou encolhimento de 5%, significando diferença relativa de 0,12%, equivalente ao método de medição direta, e validando o método FFT na medição do encolhimento de tecidos.

- Cálculo do número de tramas do tecido

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

$$N_{T1} = 0,05502 \times 1536 = 84,5 \quad (11.a)$$

$$N_{T2} = 0,05760 \times 1536 = 88,5 \quad (11.b)$$

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

B) Caso 2

No caso a seguir, o método da FFT foi utilizado com o índigo 14 oz, FIG. 42, por se tratar de um tecido mais pesado e de características diferentes da amostra anterior.

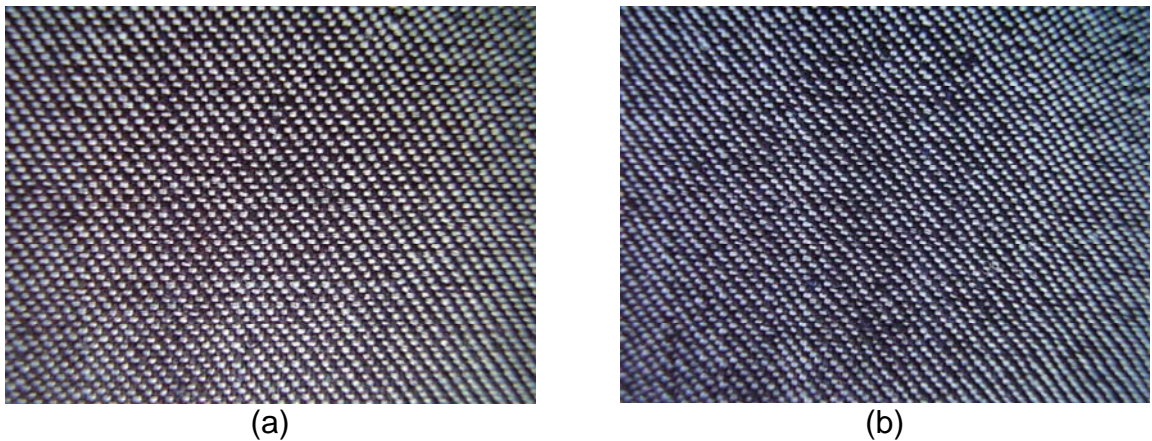


FIGURA 42 - Tecido índigo 14 oz, (a) antes e (b) depois da sanforização.

- Cálculo do encolhimento

O resultado da aplicação do método para determinação do valor do encolhimento é apresentado no GRÁF. 3. Da mesma forma que o exemplo anterior, na ordenada são apresentadas as amplitudes (intensidade da cor), enquanto na abscissa estão representadas as freqüências médias (*intensidade/pixel*).

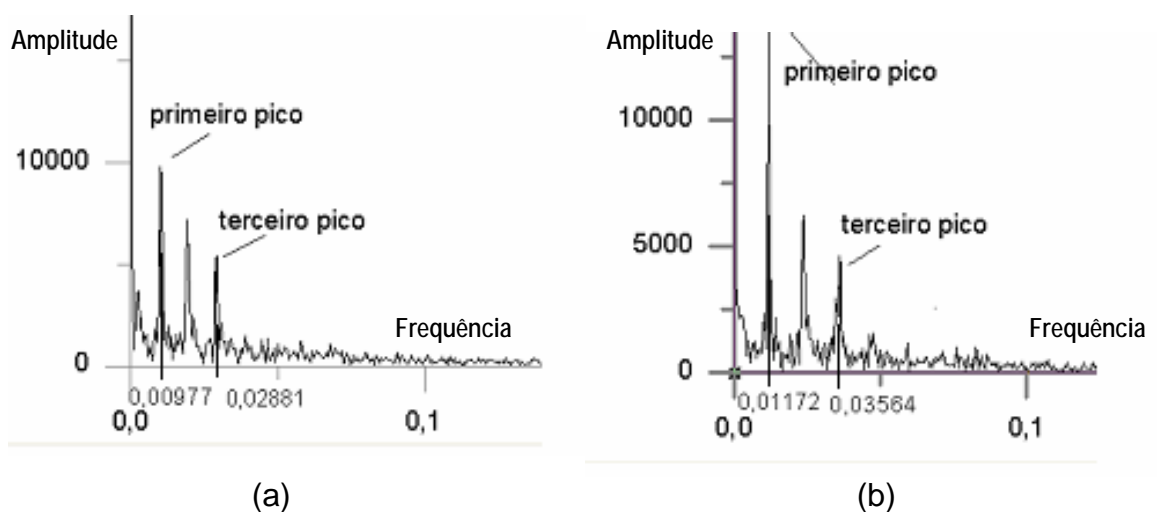


GRÁFICO 3 - Resultado da análise FFT do índigo (a) antes e (b) depois de passar pela sanforização.

Considerando-se os resultados para este caso, o encolhimento médio foi determinado usando-se quatro picos. Assim, calculou-se o encolhimento tomando-se como referência o primeiro pico (E1) e o terceiro pico (E3), Equação 12:

$$E_1 = \left(\frac{0,01172 - 0,00977}{0,00977} \right) * 100 = 19,96\% \quad (12.a)$$

$$E_3 = \left(\frac{0,03564 - 0,02881}{0,02881} \right) * 100 = 23,71\% \quad (12.b)$$

$$E = \frac{19,96 + 23,71}{2} = 21,83\% \quad (12.c)$$

A análise em laboratório do tecido índigo revelou encolhimento de 22%, significando diferença relativa de 0,17%, diferença equivalente ao método de medição direta, validando mais uma vez o método FFT na medição do encolhimento de tecidos.

- Cálculo do número de tramas do índigo

Como se trata também de um tecido índigo, foi adotado o terceiro pico da FFT associando-o ao número de tramas. O número de linhas da matriz foi 1.920. Os números de tramas antes e depois da sanforização foram, respectivamente:

$$N_{T1} = 0,02881 \times 1.920 = 55,31 \quad (13.a)$$

$$N_{T2} = 0,03564 \times 1.920 = 68,43 \quad (13.b)$$

Uma avaliação manual do número de tramas antes e depois da sanforização forneceu, respectivamente, os valores 55 e 68, significando diferença relativa de 0,5%, validando novamente o método FFT na contagem do número de tramas.

C) Caso 3

Foi utilizada a mesma amostra do tecido em sarja tinto, conforme citado anteriormente no método de medição direta. A FIG. 43 mostra duas imagens feitas antes e depois da sanforização.



FIGURA 43 - Tecido sarja tinto, (a) antes e (b) depois da sanforização.

- Cálculo do encolhimento

O resultado da aplicação do método é apresentado no GRÁF. 4. Da mesma forma, as ordenadas são as amplitudes e na abscissa estão representadas as frequências médias.

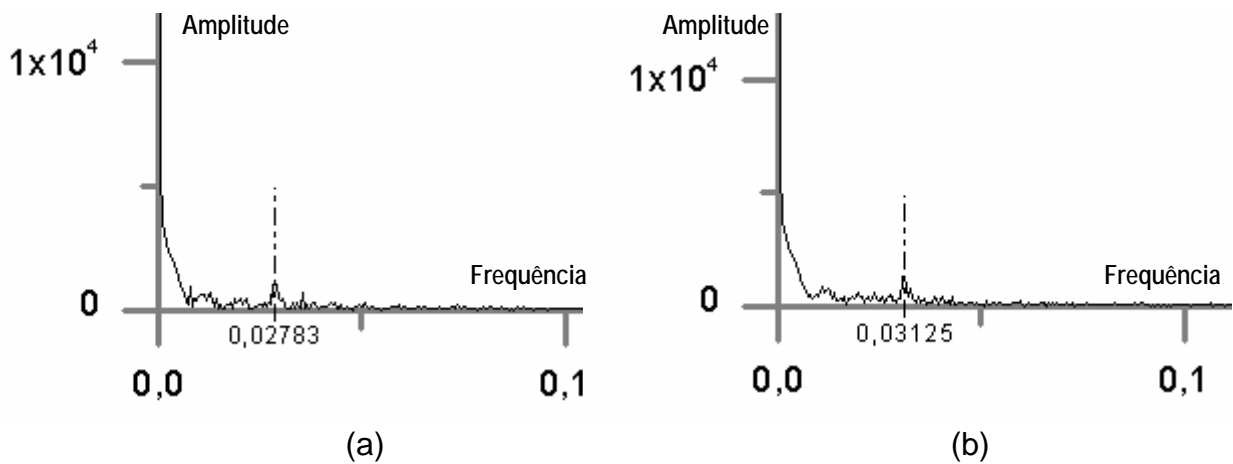


GRÁFICO 4 - Resultado da análise FFT de um tecido sarja tinto (a) antes e (b) depois de passar pela sanforização.

Considerando-se os resultados para este caso, o encolhimento médio foi determinado usando-se o primeiro pico de cada imagem. Assim, calculou-se o encolhimento tomando-se como referência o primeiro pico (E1) do GRÁF. 4, utilizando-se a Equação 14:

$$E = E_1 = \left(\frac{0,03125 - 0,02783}{0,02783} \right) * 100 = 12,29\% \quad (14.a)$$

Conforme já citado, a análise em laboratório dessa amostra revelou encolhimento de 12,5%, significando diferença relativa para este método de 0,21%. Quando comparado ao valor mensurado pelo método de medição direta (12,63%), essa diferença foi de 0,34%, validando, portanto, as duas metodologias propostas para medição do encolhimento de tecidos.

- Cálculo do número de tramas do tecido

A análise da aplicação desse tecido indicou que o primeiro pico da FFT está associado ao número de tramas. O número de linhas da matriz foi 1.920. Assim, o número de tramas antes e depois da sanforização foi, respectivamente:

$$N_{T1} = 0,02783 \times 1.920 = 53,4 \quad (15.a)$$

$$N_{T2} = 0,03125 \times 1.920 = 60,0 \quad (15.b)$$

Uma avaliação manual do número de tramas antes e depois da sanforização forneceu, respectivamente, os valores 54,0 e 60,0, significando diferença relativa de pelo menos 1%, validando novamente o método FFT na contagem do número de tramas.

O método da transformada rápida de Fourier mostrou-se também muito prático e eficiente para mensurar-se o grau de sanforização aplicado aos tecidos, a exemplo do método de medição direta.

Apesar de possuir mais complexidade na forma de cálculo, quando comparado ao método de medição direta, o mesmo possui muita simplicidade na aplicação prática de uso *on-line* em relação ao mesmo método citado, pois, com a utilização de duas câmeras, uma antes e outra depois do manchão de encolhimento, pode-se obter as respectivas imagens e, ao serem devidamente processadas a partir da utilização da metodologia proposta, apresentarão os resultados desejados.

Outro ponto importante e de grande aplicação para a indústria é a contagem do número de tramas do tecido, o que também pode ser obtido pela aplicação desse método, com grande facilidade.

4.3 Método de controle de cor baseado em histogramas (RGB)

Foram avaliados em torno de 30 amostras de tecido abrangendo os tecidos tintos tipo sarja ou tela e índigos em 100% algodão ou em misturas entre algodão e poliéster. Todos os tecidos, aprovados em testes de laboratório pelo espectrofotômetro, com a aplicação do método ora proposto, apresentaram diferença inferior a 4% entre os histogramas. Por outro lado, todos os tecidos reprovados apresentaram diferenças superiores a 4% entre os histogramas. Os resultados obtidos com o método de comparação de histogramas foram bastante satisfatórios.

A seguir, serão apresentados três exemplos que mostram a aplicação do método em tecidos índigos e tintos.

A) Exemplo 1

A FIG. 44 apresenta o 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 reprovadas em teste de

homogeneidade realizado em laboratório por meio do espectrofotômetro. A maior diferença verificada para os canais RGB foi de 4,93% (ver diferenças entre as FIG. 44 a 46). Neste caso, a amostra foi reprovada, validando, assim, o método.

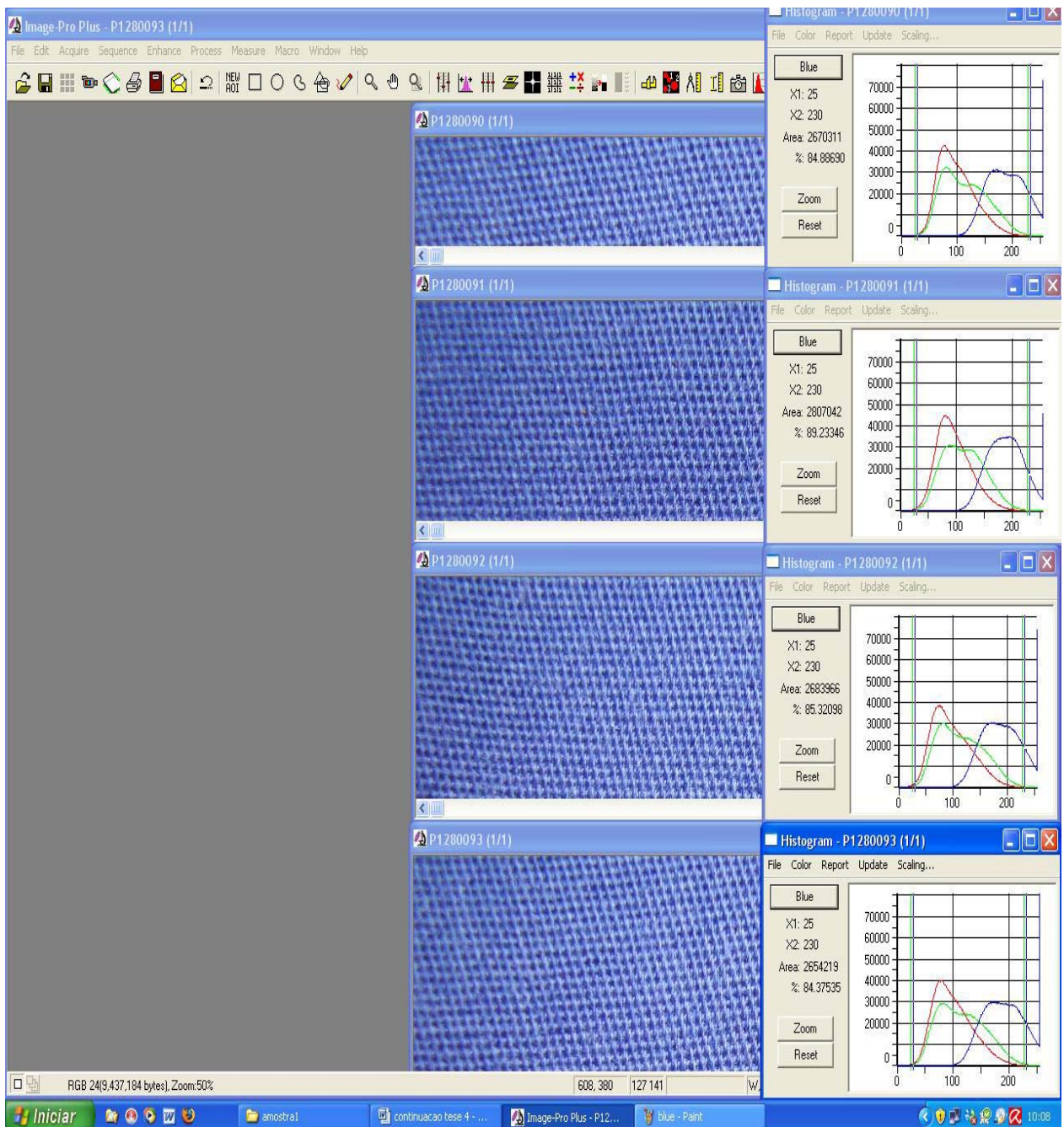


FIGURA 44 – Resultado da análise de histogramas do índigo – canal *Blue* (diferença máxima 4,93%).

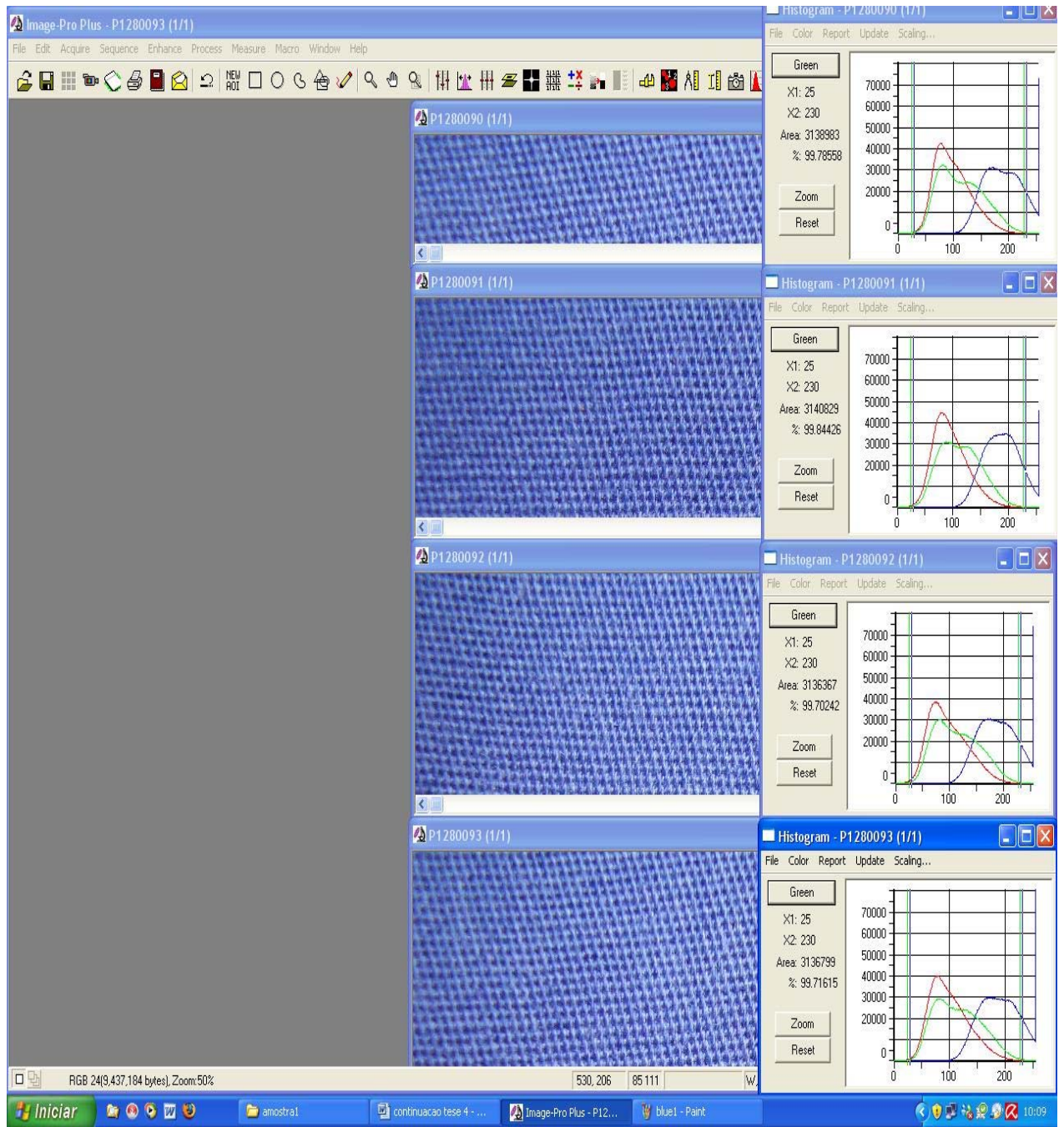


FIGURA 45 - Resultado da análise de histogramas do índigo – canal *Green*

(diferença máxima 0,14%).

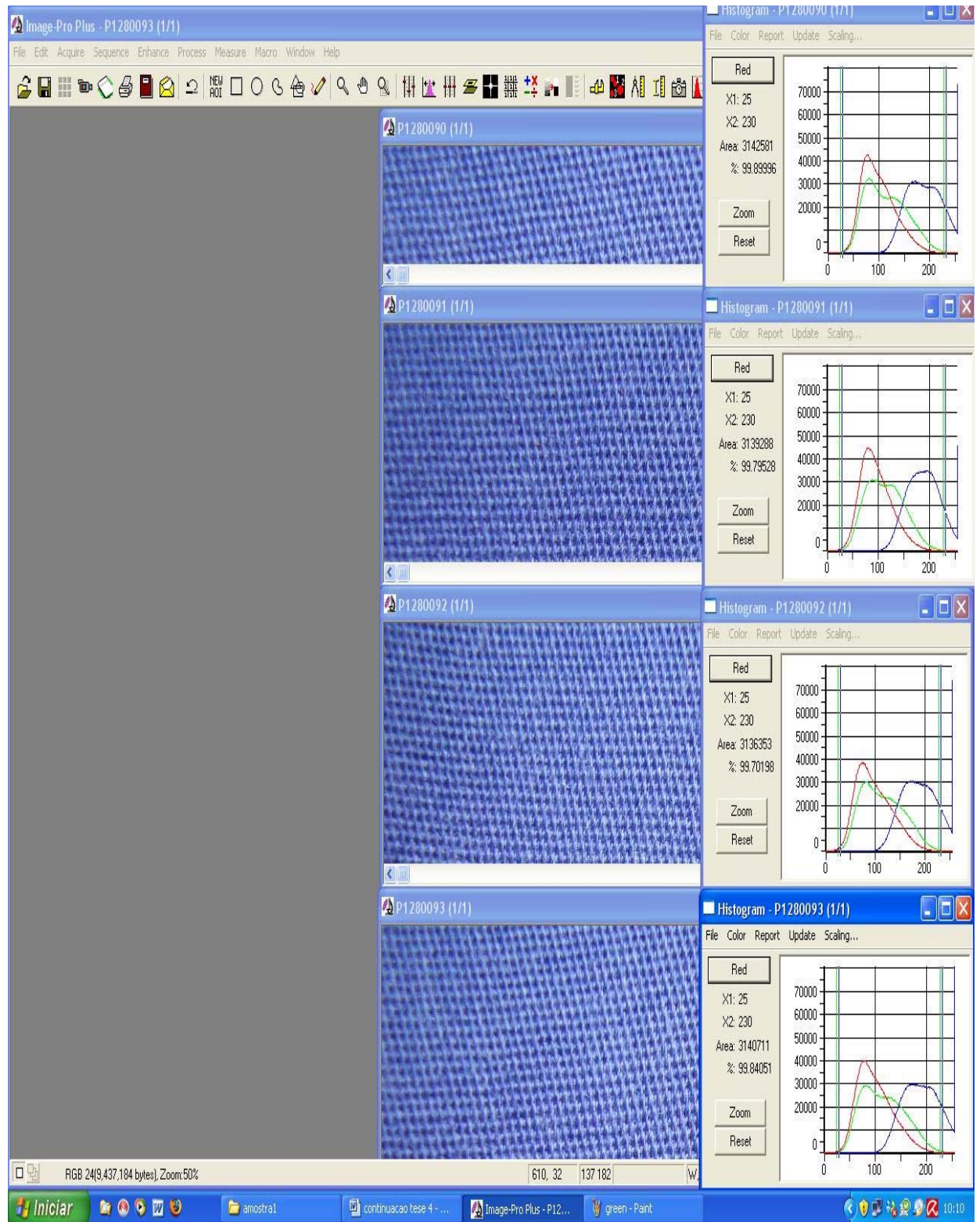


FIGURA 46 - Resultado da análise de histogramas do índigo – canal *Red* (diferença máxima 0,18%).

B) Exemplo 2

No exemplo da FIG. 47, foi analisada uma amostra do tecido tinto, sendo a diferença máxima verificada de 0,66%. A amostra foi aprovada.

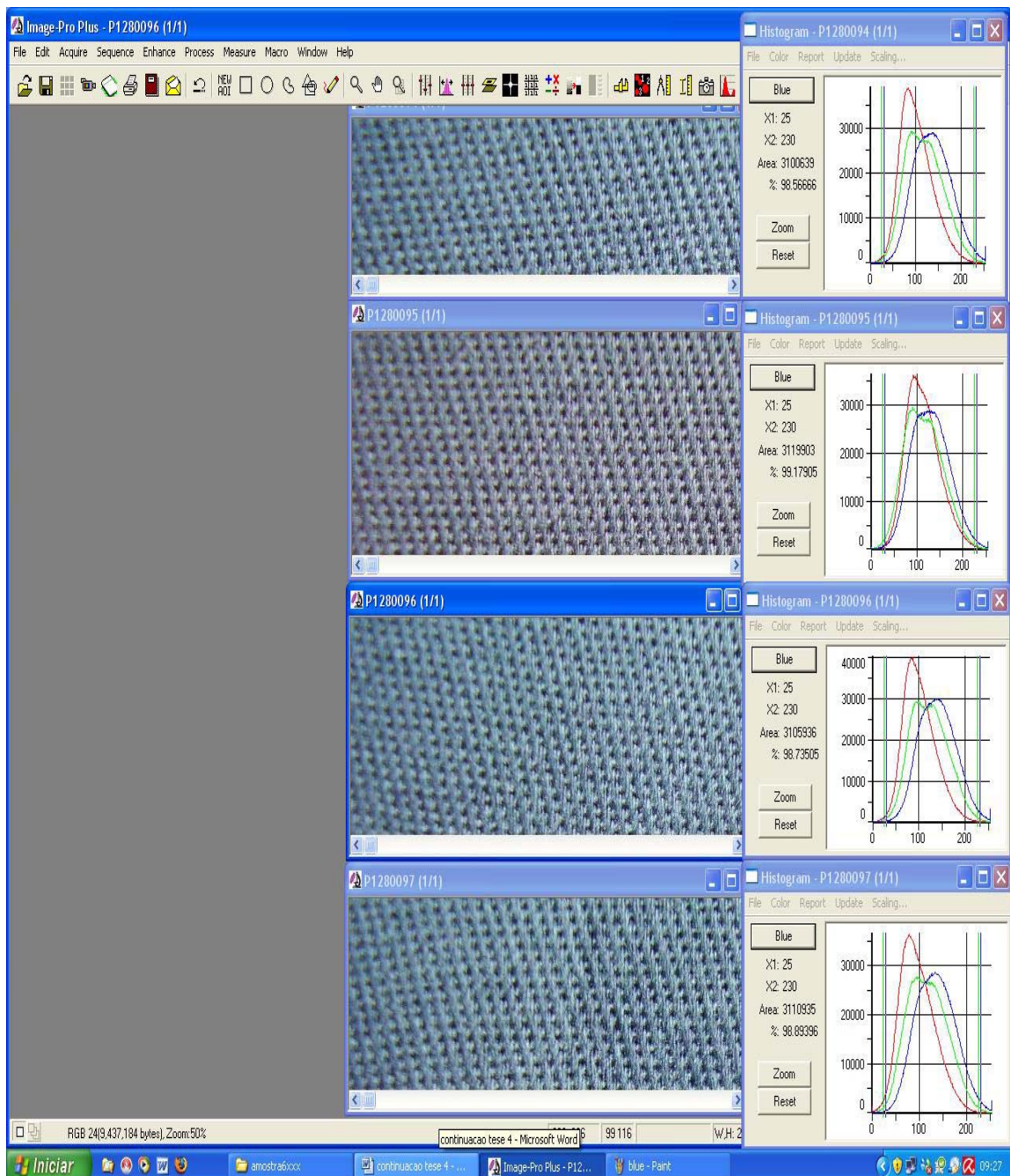


FIGURA 47 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto – canal *Blue* (diferença máxima 0,66%).

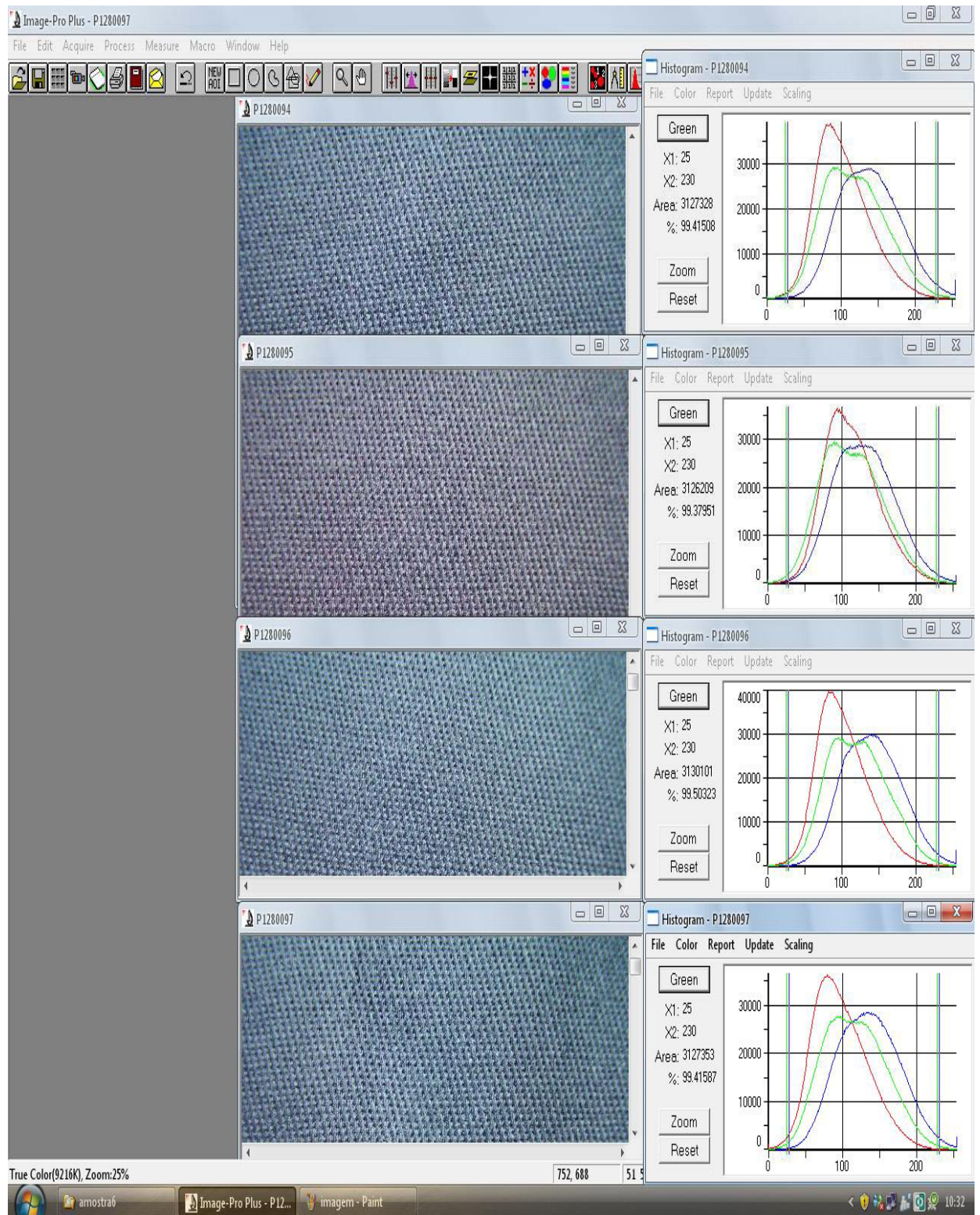


FIGURA 48 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto – canal *Green* (diferença máxima 0,13%).

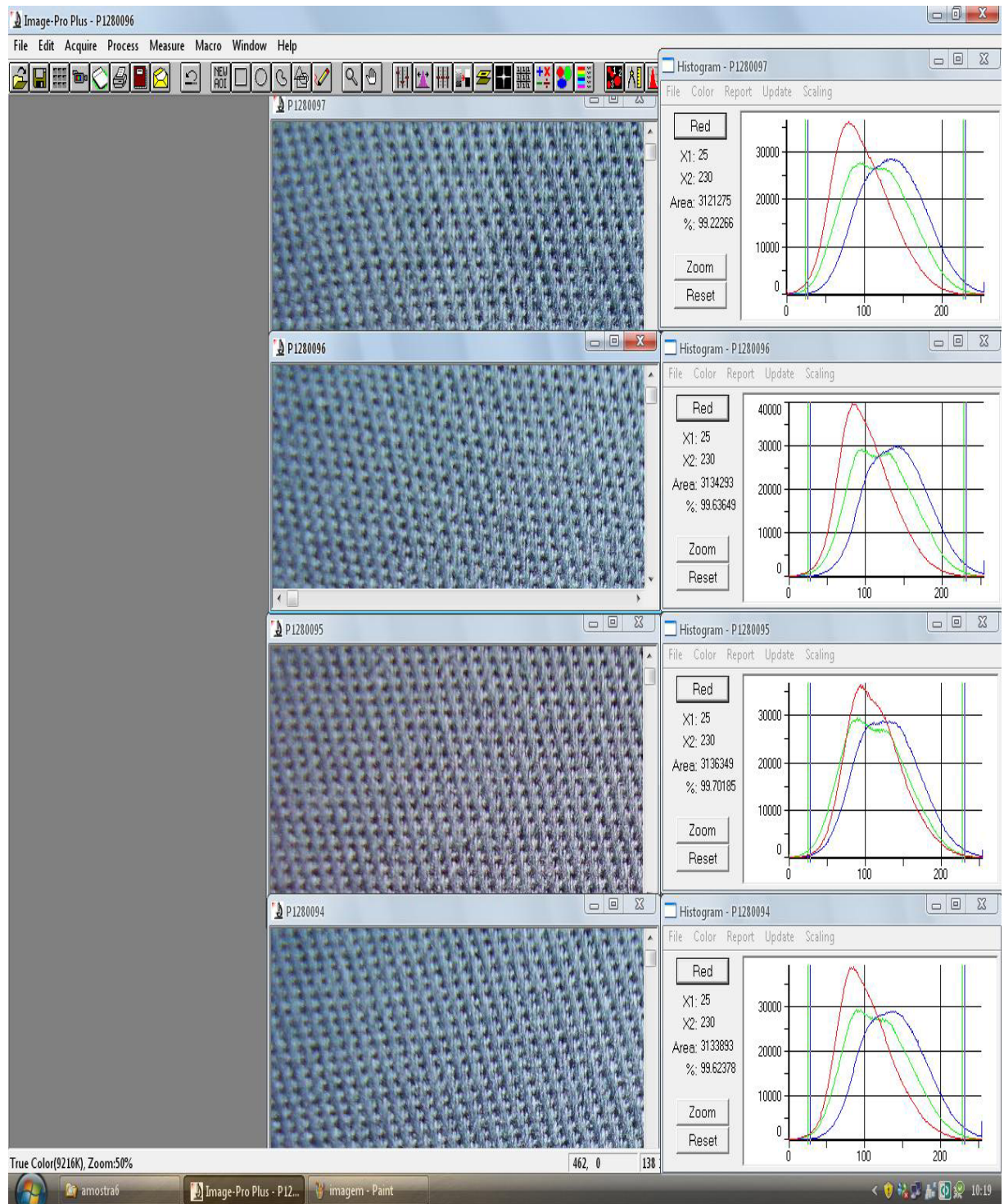


FIGURA 49 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto – canal *Red* (diferença máxima 0,48%).

C) Exemplo 3

Na FIG. 50, foi analisada uma amostra do tecido tinto profissional, sendo a diferença máxima verificada de 4,17%. Nesse exemplo, pode-se constatar a validação do método para um caso limite. A amostra foi reprovada.

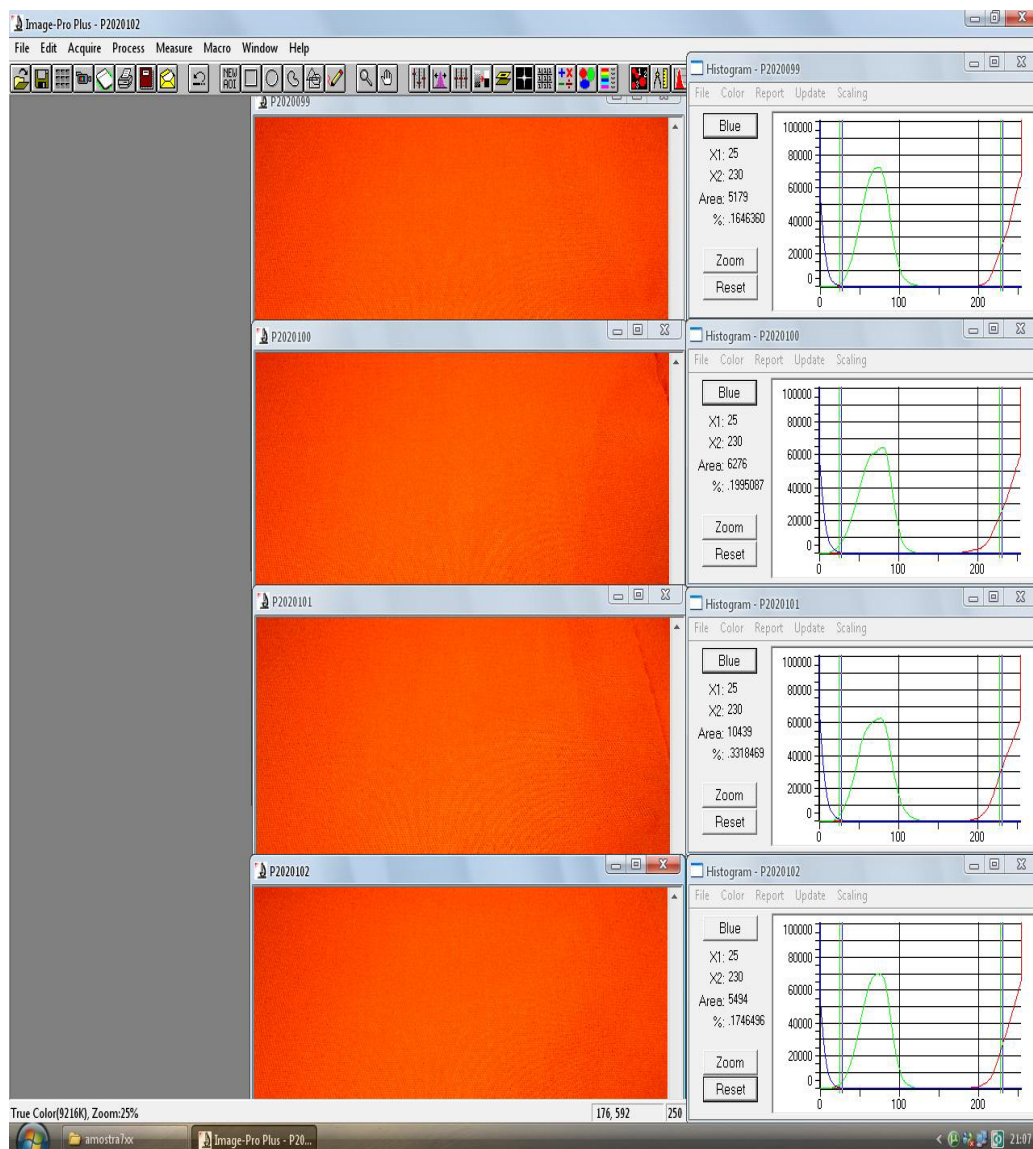


FIGURA 50 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto profissional – canal *Blue* (diferença máxima 0,17%).

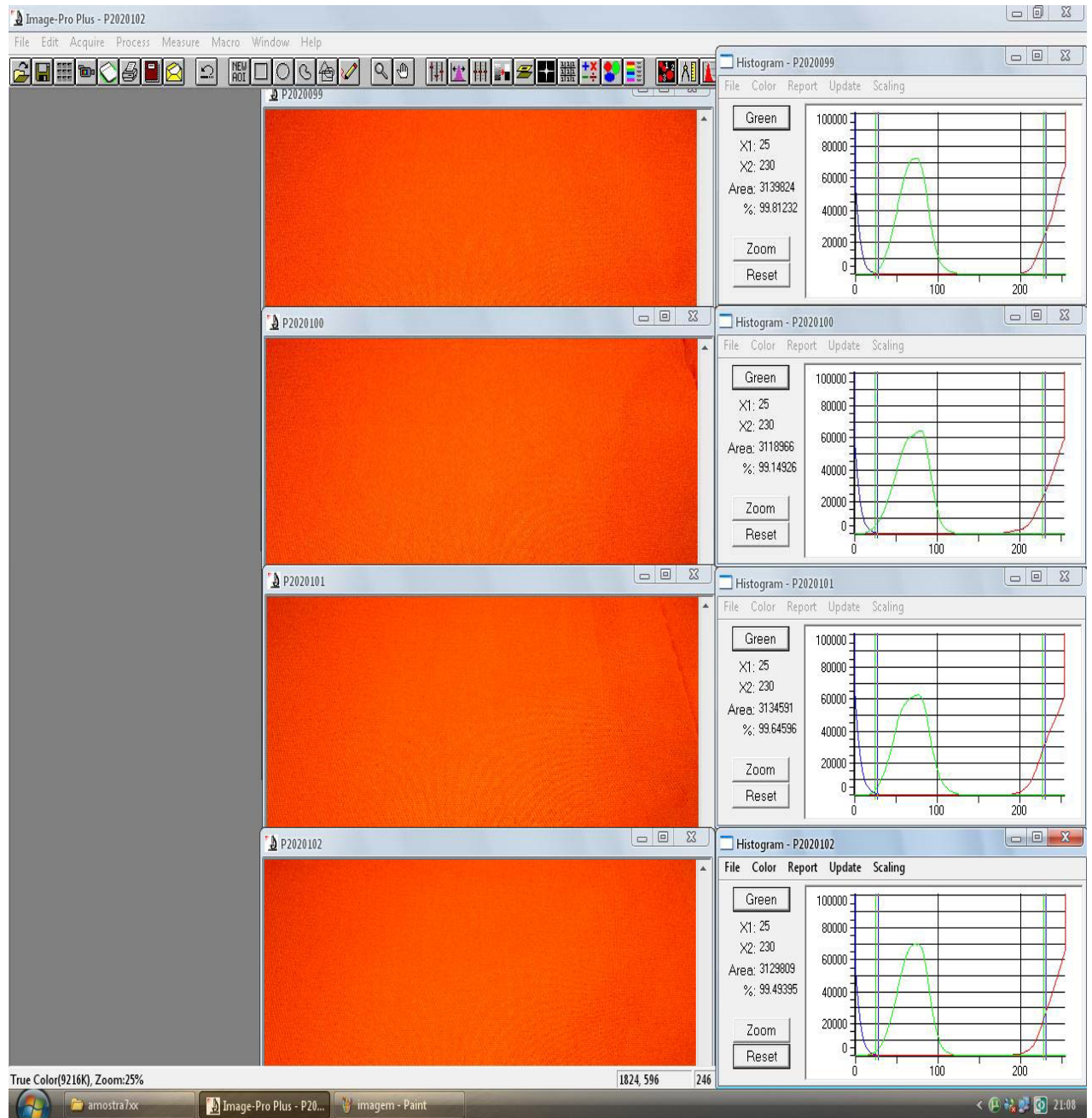


FIGURA 51 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto profissional – canal *Green* (diferença máxima 0,67%).

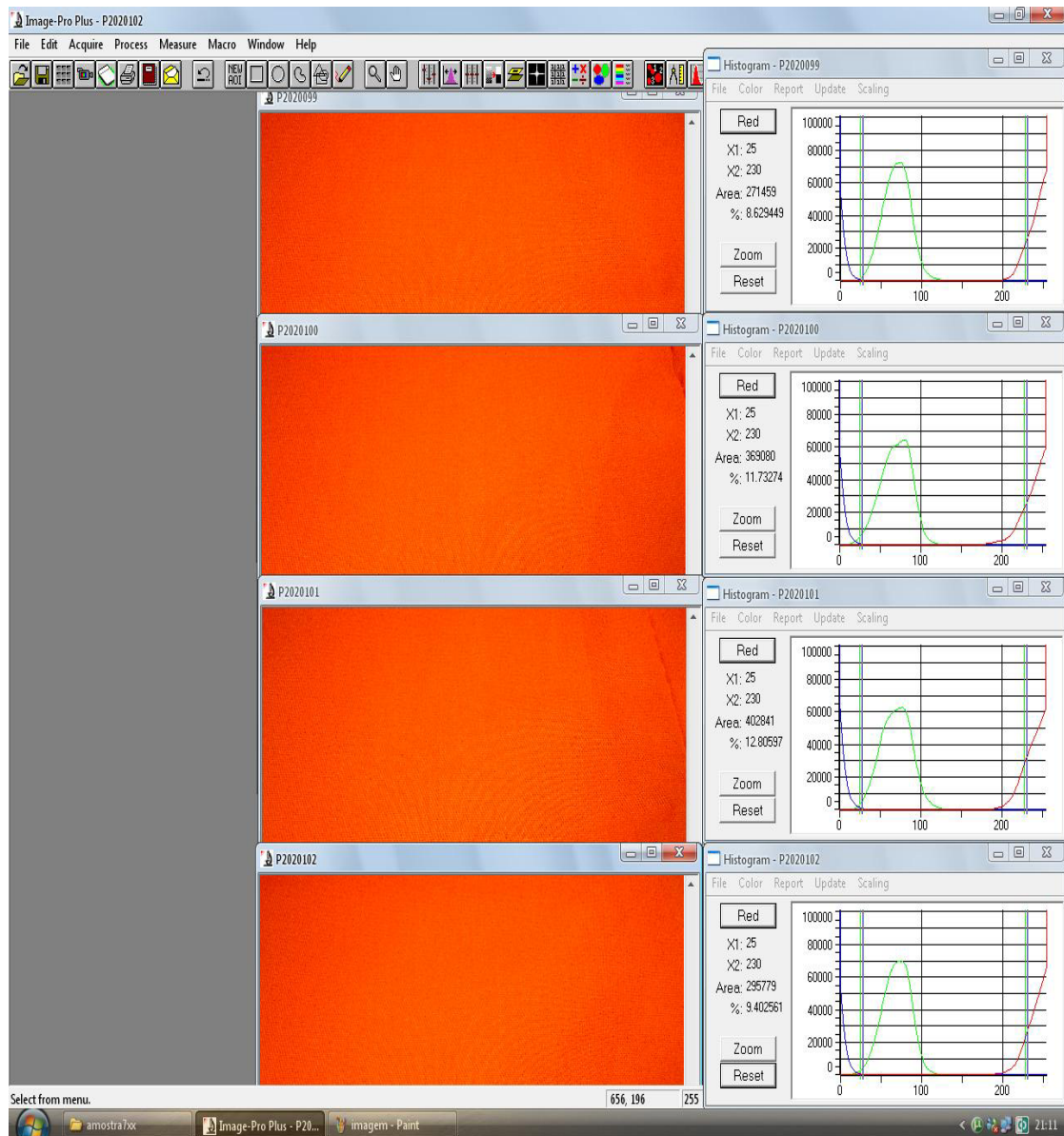


FIGURA 52 - Resultado da análise de histogramas do tecido tinto profissional – canal *Red* (diferença máxima 4,17%).

Desta forma, pode-se notar que o método é eficiente para avaliar a regularidade e reprodutibilidade de cores em processos de tingimento de tecidos. Ele pode ser aplicado com grande simplicidade e praticidade *on-line*, com muitas vantagens em relação a várias técnicas utilizadas pela indústria.

5 CONCLUSÕES

Foi proposta uma metodologia de aquisição e elaboração de imagem para mensuração do encolhimento de tecidos durante o processo de sanforização. Projetou-se e construiu-se um sistema de medição de baixo custo e adequado para o controle em linha de produção, constituído de uma câmara digital no visível e um *software* de análise de imagem. A calibração do sistema, confrontada com um paquímetro, forneceu o valor de 0,04 mm e a incerteza expandida de 0,06 mm, com 95% de confiabilidade, bastante pequena quando comparada à tolerância permitida para o processo, que é de 4% ou 10 mm, o que garante excelente qualidade metrológica.

Os resultados obtidos com o método de medição direta são mais exatos que os alcançados por marcação com gabarito, apresentando erros relativos inferiores a 0,13%, comparado com análises de laboratório. O método utilizando a FFT apresentou, também, desvio inferior a 0,2%, comparado com análise de laboratório. A confiabilidade metrológica do sistema é elevada, considerando que a tolerância permitida para o processo é de 4%.

Além disso, possibilitou a contagem de tramas do tecido sem necessidade de processos adicionais e demonstrou fácil adaptação em processos em tempo real.

Ambos os métodos permitem a montagem de um sistema de controle *on-line*,

necessário na indústria têxtil, e são mais viáveis economicamente em relação aos outros métodos utilizados.

O método de comparação de histogramas apresentou-se adequado para o controle de uniformidade e reprodutibilidade de cores. Todos os tecidos aprovados em testes de laboratório apresentaram diferença inferior a 4% entre os histogramas. Por outro lado, todos os tecidos reprovados apresentaram diferenças superiores a 4% entre os histogramas.

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

O método em questão apresenta alto potencial de empregabilidade na indústria têxtil, pois pode ser facilmente adaptado em linhas de acabamento de tecidos para monitoramento e controle *on-line*, principalmente, mas não se limitando a isto nos processos de tingimento.

Os três métodos apresentaram, portanto, as seguintes vantagens:

- Baixo custo de investimento.
- Maior exatidão nas medições.
- Medições *on-line*, evitando-se reprocessos e retrabalhos.
- Menor intervalo entre leituras.
- Maior controle dos processos de sanforização e tingimento.
- Maior controle da qualidade do tecido acabado.

- Menor dependência do operador para os processos de sanforização e tingimento.

6 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Após a validação dos sistemas de medição e controle de cores e da metodologia para realização dos experimentos propostos, podem-se indicar alguns itens a serem considerados para a melhoria dos mesmos e para a utilização em linhas de produção para monitoramento *on-line* de equipamentos.

Para a melhoria do sistema de medição e controle de cores, podem-se citar o aperfeiçoamento da qualidade da imagem a ser medida, com o uso de uma câmera com melhor resolução; iluminação mais adequada para melhoria das fotografias; iluminação mais uniforme e regular para melhorar a reprodutibilidade dos resultados; e alteração no suporte a fim de permitir mais alto grau de liberdade no posicionamento da câmera para a obtenção de melhores imagens.

Como indicação de experimentos e estudos futuros utilizando o sistema de medição e controle de cores apresentado, sugerem-se:

- avaliação do efeito cor;
- simulação da interferência da vibração do equipamento, pois os testes foram feitos em uma bancada sem a existência de vibrações;
- avaliação da velocidade do tecido, uma vez que os testes foram realizados com as amostras paradas;
- aprofundamento dos estudos para aplicação do método da FFT nos tecidos tintos, pois o sistema foi exaustivamente testado e validado

para as amostras de tecido índigo, não tendo sido efetuado o mesmo para os tecidos tintos, devido à imensa variedade de cores e tipos;

- avaliação do processo de extração e recuperação de cores utilizando câmeras fotográficas digitais de diferentes fabricantes;
- análise das metodologias submetendo as imagens à aplicação de filtros;
- aplicação da metodologia em outros pontos do processo de acabamento de tecidos, tais como alvejamento e mercerização;
- implementação do sistema em linha e avaliação dos resultados.

REFERÊNCIAS

ALBERTAZZI JR, A.G. **Metrologia**, parte I, 2002.

ANDRADE. R.M. **Tecniche di misura non invasiva per il controllo di processo e di qualità nella produzione cerâmica**, dez/1999.

ARAÚJO, M.; CASTRO, E.M.M. **Manual de engenharia têxtil**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, v.1, 1984.

ASPLAND, JR. **Uma série sobre tingimento**, v.1 [S.I], 1994.

BLAHUT, R. E. **Fast algorithms for digital signal processing**. Addison- Wesley Publishing Company, 1985.

BRIGHAM, E. **The fast Fourier transform**. Prentice Hall, New Jersey, 1974.

CETIQT. **Notas de aulas ministradas**, Rio de Janeiro, 2004.

COMPANHIA CEDRO CACHOEIRA. **Anais de Congressos** disponíveis, 2007.

CUNHA, R.T. **Processos e sistemas de beneficiamento têxtil II**, Senai-Cetiqt, Rio de Janeiro, p. 1-9, 2004.

FOLEY *et al.* **Computer graphics: principle and Practice**. 2ed, 1999.

FRANÇA, J.L. *et al.* **Manual para normalização de publicações técnico-científicas**. Belo Horizonte: editora UFMG, 8.ed, 2007.

GROB, B. **Televisão e sistemas de vídeo**. 5.ed. Editora Guanabara. Rio de Janeiro – RJ, 1989.

HIRSCHLER, R. **Processos e sistemas de beneficiamento têxtil: colorimetria aplicada na industria têxtil**, Rio de Janeiro, FaSeC–Faculdade - SENAI/CETIQT, 2002.

ISO GUM - **Guia para expressão da incerteza de medição** – 2.ed, Bras.

JAIN, A.K. **Fundamentals of digital image processing**. Prentice Hall Inc., New York, 1989.

KLEIN, W. **Novos processos de fiação**. Manchester, The Textile Institute, v.5, 1993.

LIMA, F.; FERREIRA, P. **Índigo: tecnologia – processos – tingimento – acabamento**, 2004.

NUSSBAUMER, H.J. **Fast Fourier transform and convolution algorithms.** Springer-Verlag, Berlin, 1981.

ROMANO, L.P.C.V. **Evolução tecnológica da fiação.** Disponível em: (http://www.icetiqt.senai.br/dcb/novox/port/informacao/iptm/ITMA 1. 2003_Fiacao.PDF) Acesso dia 20/12/2006.

WATT, A. **Fundamentals of three dimensional computer graphics,** 1989.

WEEKS JR., A.R. **Fundamentals of Electronic Image Processing,** SPIE/IEEE series on Edward R. Dougherty, Series Editor, 1996.

Internet Links:

Cor

Poynton's Colour FAQ - <http://home.inforamp.net/~poynton>
LittleCms - <http://www.littlecms.com/>
Adobe Color and Color Management / Technical Guides -
<http://www.adobe.com/support/techguides/color/main.html>
CIE / International Commission on Illumination -
<http://www.hike.te.chiba-u.ac.jp/ikedai/CIE/home.html>
A Standard Default Color Space for the Internet (sRGB) -
<http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB.html>
efg's Computer Lab and Reference Library - <http://www.efg2.com>

Captura

Twain - <http://www.twain.org>
Windows Image Acquisition Still Image and Video Capture
<http://www.microsoft.com/hwdev/tech/WIA/default.asp>
ScanTips - <http://www.scantips.com>

Armazenamento

LibTIFF - <http://www.libtiff.org>
LibPNG - <http://www.libpng.org>
LibJPEG - <http://www.jpeg.org>
FreeImage - <http://www.freeimage.org>
ImageMagick - <http://www.imagemagick.org>
QuickTime – <http://www.apple.com/quicktime>
Windows Media – <http://www.microsoft.com/windowsmedia>
MPEG – <http://www.mpeg.org>

Sistemas

Xite - <http://www.ifi.uio.no/~blab/Software/Xite>

GIMP - <http://www.gimp.org>

XV - <http://www.trilon.com/xv>

NIH Image - <http://rsb.info.nih.gov/nih-image>

ImageTool - <http://ddsdx.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>

Referências

Kodak Digital Learning Center -

<http://www.kodak.com/US/en/digital/dlc/index.ihtml>

HyperGraph -

<http://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/hypergraph.htm>

ShortCourses - <http://www.shortcourses.com>

Scan Tips - <http://www.scantips.com>

Electronic Photo Imaging - <http://www.epi-centre.com>

Brian Lawler Essays - <http://www.thelawlers.com>

Paixão Digital - <http://www.paixaodigital.com.br/> acessado dia 24/08/2007

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)