

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

ESCOLA DE ENGENHARIA

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO

ENGENHARIA MECÂNICA

**“SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS
OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ”**

DENIS HENRIQUE BIANCHI SCALDAFERRI

BELO HORIZONTE

FEVEREIRO DE 2000

The logo of the Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) is displayed in a stylized, bold, black font. The letters 'U', 'F', and 'M' are connected, and the 'G' is separate. The logo is set against a white background within a rectangular frame.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
Av. Antônio Carlos, 6627 - Campus Universitário
31270-901 - Belo Horizonte - MG
Tel. :+55 31 499.5145, Fax: +55 31 443.3783
E-mail: cpgmec@demec.ufmg.br

“Sistema de Aquisição e Processamento de Imagens Digitais Obtidas a partir da Técnica de Moiré”

Denis Henrique Bianchi Scaldaferrri

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos à obtenção do título de **“Mestre em Engenharia Mecânica”**, na área de concentração de **“Projeto Mecânico”**.

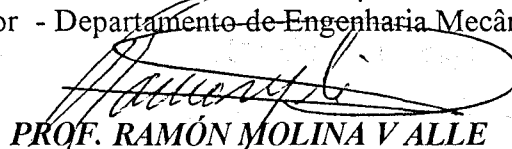
Dissertação aprovada em: 29 de fevereiro de 2000

Por:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ernani Sales Palma', is written over the printed name.

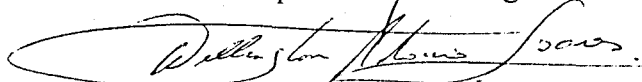
PROF. ERNANI SALES PALMA

Orientador – Doutor - Departamento de Engenharia Mecânica – E.E/UFMG

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ramón Molina Valle', is written over the printed name.

PROF. RAMÓN MOLINA VALLE

Examinador – Doutor - Departamento de Engenharia Mecânica - E.E/UFMG

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wellington Antônio Soares', is written over the printed name.

WELLINGTON ANTÔNIO SOARES

Examinador – Doutor – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Agradeço a todos que, diretamente ou indiretamente, participaram deste trabalho.
Em especial agradeço às seguintes pessoas:

à Márcia Valéria

ao Donizete Anderson

ao Geraldo de Paula

ao Ivan Braga

ao Jefferson Vilela

ao Julio Ricardo

ao Marco Antonio

ao Tanius Mansur

ao Wellington Antonio

Agradeço a todos os meus colegas da Supervisão de Ensaios e Metrologia e ao Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN, em cujas dependências foi desenvolvida a parte experimental deste trabalho.

6

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
	2.1 Introdução.....	3
	2.2 Propriedades gerais das franjas de Moiré.....	4
	2.2.1 Considerações gerais.....	4
	2.2.2 Franjas subtrativas e franjas aditivas.....	5
	2.2.3 Distância e orientação de franjas de Moiré.....	7
	2.3 Linhas isotéticas.....	11
	2.3.1 Propriedades das linhas isotéticas.....	11
	2.4 Medições de deslocamentos utilizando o método Moiré.....	13
	2.5 Moiré usado para determinar deformações.....	16
	2.5.1 Determinação gráfica das derivadas dos deslocamentos.....	16
	2.5.2 Transformação para descrição Lagrangeana.....	18
	2.5.3 Deformações de um padrão de Moiré em um ponto utilizando-se gradientes de franja de Moiré.....	19
	2.5.4 Medida de deformação normal e de deformação de cisalhamento simples.....	21
	2.5.5 Medidas de deformação em duas dimensões.....	23
	2.6 Sensibilidade.....	28
	2.6.1 Sensibilidade.....	28
	2.6.2 Parâmetros utilizados na técnica de Moiré.....	29
	2.6.3 Sensibilidade nas medições de deslocamentos.....	29
	2.6.4 Sensibilidade na medição de deformação.....	32
	2.6.5 Fontes de erro.....	33
	2.6.5.1 Erros aleatórios.....	33
	2.6.5.2 Erro de "pitch".....	33
	2.6.5.3 Erro na deformação média.....	34
	2.7 Fotografias de grades e franjas.....	35

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

2.7.1	<i>Posição da grade de referência</i>	35
2.7.1.1	Grades de referência e do corpo-de-prova uma em contato com a outra.....	35
2.7.1.2	Grade de referência sobre vidro opaco da câmera.....	36
2.8	Áreas de aplicação	36
3	METODOLOGIA E MATERIAIS	37
3.1	Metodologia	37
3.2	Anel de epóxi	39
3.3	Disco de borracha	40
3.4	Cálculo manual de deformações	42
3.4.1	Cálculo da deformação na direção X	42
3.4.2	Cálculo da deformação na direção Y	42
3.5	Programa de computador	43
3.5.1	Aquisição da imagem	43
3.5.2	Processamento da imagem.....	45
3.5.2.1	Esqueletonização.....	45
3.5.2.2	Afinamento.....	45
3.5.2.3	Rotulação.....	46
3.5.3	Cálculo de deformações com o algoritmo.....	46
3.6	Equipamentos	48
3.6.1	Sistema ótico.....	49
3.6.2	Câmera de vídeo.....	49
3.6.3	Placa digitalizadora	50
3.6.4	Microcomputador.....	50
3.6.5	Sistema de posicionamento	51
4	RESULTADOS	53
4.1	Anel de epóxi submetido à compressão	53
4.2	Disco de borracha submetido à compressão	59
5	DISCUSSÃO DE RESULTADOS	65

6	CONCLUSÕES.....	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
	ANEXO 1 - COMPARAÇÕES ENTRE RESULTADOS DE CÁLCULO MANUAL E DO CÁLCULO COM O ALGORITMO PARA O ANEL DE EPÓXI.....	74
	ANEXO 2 - COMPARAÇÕES ENTRE RESULTADOS DE CÁLCULO MANUAL E DO CÁLCULO COM O ALGORITMO PARA O DISCO DE BORRACHA... 	75
	ANEXO 3 - ALGORITMO PARA CÁLCULO DE DEFORMAÇÕES NAS DIREÇÕES X E Y A PARTIR DAS COORDENADAS DE PONTOS DAS FRANJAS DE MOIRÉ.....	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Grade típica de linhas retas paralelas (grade linear) (DURELLI, 1970).....	3
Figura 2 - Franjas de Moiré formadas em uma chapa com um furo, submetida à tração pura na direção Y (THEOCARIS, 1969).....	4
Figura 3 - Franjas de Moiré resultantes da interferência de duas superposições de grades tendo (a) diferença no "pitch" e (b) diferença na orientação (CHIANG, 1979).....	5
Figura 4 - Franjas subtrativas (DALLY, 1978).....	6
Figura 5 - Franjas observadas em função de rotação entre as grades: (a) franjas subtrativas; (b) nenhuma franja observada; (c) franjas aditivas (CHIANG, 1979).....	6
Figura 6 - Direção principal e secundária na técnica de Moiré (DURELLI, 1970).....	7
Figura 7 - Formação de franjas de Moiré sem rotação relativa entre as grades (TOLLENAAR, 1945).....	8
Figura 8 - Orientação e espaçamento entre franjas como função de interferências de grades (DURELLI, 1970).....	8
Figura 9 - Esquemática da Figura 8 (DURELLI, 1970).....	9
Figura 10 - Padrão de Moiré para deslocamentos verticais de um anel submetido a carregamento diametral (DURELLI, 1970).....	12
Figura 11 - Isotéticas (campo u) de um anel circular submetido à compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).....	13
Figura 12 - Isotéticas (campo v) de um anel circular submetido à compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).....	14

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Figura 13 - Superfície representando as componentes de deslocamentos $u(x, y)$ ou $v(x, y)$ (PARKS, 1966).....	17
Figura 14 - Construção de curvas de interseção da superfície $v(x, y)$ com o plano $x = C_2$ (PARKS, 1966).....	18
Figura 15 - Construção do círculo de Mohr para determinar deformações, utilizando-se gradientes de franjas (PARKS, 1966).....	20
Figura 16 - Determinação de deformação normal unidirecional utilizando-se franjas de Moiré (CHIANG, 1979).....	21
Figura 17 - Franjas de Moiré observadas em deformação normal (DOVE, 1965).....	22
Figura 18 - Determinação de deformação de cisalhamento simples, utilizando-se franjas de Moiré (CHIANG, 1979).....	23
Figura 19 - Padrão de franjas de Moiré no cisalhamento simples (CHIANG, 1979).....	23
Figura 20 - Isotéticas - caso unidirecional (CHIANG, 1979).....	24
Figura 21 - Isotéticas – caso bidirecional (CHIANG, 1979).....	25
Figura 22 - Procedimento geral para análise de deformação em duas dimensões utilizando-se franjas de Moiré (CHIANG, 1979).....	27
Figura 23 - Precisão na determinação da posição dos eixos de uma franja em um padrão (CHIANG, 1965).....	31
Figura 24 - Relação entre o espaçamento entre franjas e a deformação (ZANDMAN, 1965).....	35
Figura 25 - Fluxograma do algoritmo para cálculo de deformações nas direções X e Y.....	38

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Figura 26 - Curvas isotéticas do campo u de um anel de epóxi submetido a compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).	39
Figura 27 - Curvas isotéticas do campo v de um anel de epóxi submetido a compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).	40
Figura 28 - Curvas isotéticas do campo u de um disco de borracha submetido a compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).	41
Figura 29 - Curvas isotéticas do campo v de um disco de borracha submetido a compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).	41
Figura 30 - Aquisição de imagem de um disco com o padrão de franjas u	44
Figura 31 - Aquisição de imagem de um disco com o padrão de franjas v	44
Figura 32 - Máscara 3x3 para afinamento de imagem binária (SOARES, 1996).	45
Figura 33 - Fluxograma correspondente ao algoritmo da macro do Excel para cálculo de deformação nas direções X e Y.	48
Figura 34 - Sistema de aquisição de imagem.	49
Figura 35 - Sistema de posicionamento.	52
Figura 36 - Campo u do anel de epóxi sob compressão diametral.	53
Figura 37 - Campo v do anel de epóxi sob compressão diametral.	54
Figura 38 - Resultados de deformação do anel de epóxi nos pontos avaliados, na direção X.	56
Figura 39 - Diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo em função da deformação, para o anel de epóxi.	56
Figura 40 - Resultados de deformação do anel de epóxi nos pontos avaliados, na direção Y.	57

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Figura 41 - Diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo em função da deformação, para o anel de epóxi.....	57
Figura 42 – Deformação, na direção X, do anel sob compressão na direção Y.....	58
Figura 43 – Deformação, na direção Y, do anel sob compressão na direção Y.....	58
Figura 44 – Campo u do disco de borracha sob compressão diametral na direção Y.....	60
Figura 45 – Campo v do disco de borracha sob compressão diametral na direção Y.....	60
Figura 46 - Resultados de deformação do disco de borracha nos pontos avaliados, na direção X.....	62
Figura 47 - Diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo em função da deformação para o disco de borracha.....	62
Figura 48 - Resultados de deformação do disco de borracha nos pontos avaliados, na direção Y.....	63
Figura 49 - Diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo em função da deformação para o disco de borracha.....	63
Figura 50 – Deformação, na direção X, do disco sob compressão diametral na direção Y.....	64
Figura 51 – Deformação, na direção Y, do disco sob compressão diametral na direção Y.....	64

ABSTRACT

This work presents a system for acquisition and digital image processing of Moiré fringes. Examples of an epoxy ring and a rubber disk, both under diametrical compression in the Y direction, analysed under Moiré technique are presented.

From the u and v field images (isothetics family curves), the fringes central points coordinates were determined for both epoxy ring and rubber disk cases. This was done using the acquisition program Global Lab and the digital image processing software Fototran, which generates the central points coordinates of the fringes.

An Excel-based routine was developed to compute the deformation, in the X and Y directions of a specimen, from the central points coordinates of the fringes, using the Eulerian and Lagrangian deformation equations adapted to the Moiré technique. The deformations are presented in a table format and in graphs that show the deformation distribution over the specimen.

The results in terms of deformation in the X and Y directions, obtained with an Excel routine, are compared, in some points, with hand-computed results.

A small difference between the hand-computed results and those obtained with the computational routine was observed. This difference is intrinsically related with the deformation measure accuracy level using Moiré technique.

The computation of the deformation using the Moiré technique is based on very simple geometric equations. However, it would be quite laborious and time consuming to handily compute these deformations for all points on a specimen. The computational routine developed in this work makes the use of the Moiré technique feasible.

1 INTRODUÇÃO

Moiré é uma palavra usada para denominar franjas de interferência criadas pela superposição de dois ou mais padrões geométricos (DURELLI, 1970).

A técnica de Moiré é utilizada para medir deslocamentos e deformações indiferentemente de seu tamanho, temperatura, tempo, frequência ou velocidade envolvidos no experimento. É uma técnica de campo global (WELLER, 1948; DURELLI, 1970).

Nesta técnica, uma grade é fixada ou depositada sobre o componente a ser estudado, que vai se deformar, e outra fora do mesmo (sem deformação). A superposição destas grades resulta em imagens denominadas franjas de Moiré (TOLLENAAR, 1945).

Os padrões criados pela técnica de Moiré são similares aos padrões gerados pela técnica fotoelástica. Normalmente estes padrões são fotografados para análise.

O princípio do método de Moiré é o mais básico de todos os correntemente empregados em técnicas de análise experimental de tensões. Ele é, de fato, uma simples comparação entre uma grade deformada e outra não deformada, usada como uma referência de comprimento para estabelecer deslocamentos e deformações (MORSE, 1960; DURELLI, 1970). As medidas resultantes não dependem da mudança de resistência elétrica, como nos extensômetros, ou índice de refração como na fotoelasticidade. Os fundamentos de medição das deformações normais e de cisalhamento são puramente geométricos.

A técnica de Moiré, para medição de deformações, foi desenvolvida entre 1945 e 1960. Na época, esta técnica apresentava uma grande limitação na sua utilização em decorrência do grande trabalho envolvido no cálculo matemático das deformações (cálculos geométricos simples, mas repetitivos). Com a utilização de computadores, estes cálculos passaram a ser realizados de maneira rápida para qualquer ponto na superfície do corpo-de-prova.

O objetivo deste trabalho é montar um sistema que faça a aquisição e o processamento das imagens digitais (franjas) obtidas pela técnica de Moiré, gerando os dados para a análise dos campos de deslocamento e de deformação existentes no corpo-de-prova em estudo, em condições de sollicitação.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

O trabalho foi dividido em duas partes: A primeira compreendeu a montagem física e instalação de “drivers” dos componentes integrantes do sistema. A segunda foi a elaboração de um programa para cálculo de deformações com base nos dados gerados por um software de processamento de imagens digitais das franjas obtidas pela técnica de Moiré, gerando gráficos da distribuição de deformações nas direções X e Y nos corpos-de-prova em estudo, bem como tabelas de valores das deformações nas direções X e Y ponto a ponto da superfície dos corpos-de-prova.

Os valores obtidos por esse programa foram comparados a valores calculados manualmente, para os casos de deformação de um anel de epóxi e de um disco de borracha, ambos submetidos a esforços de compressão diametral.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução

Moiré é uma palavra francesa que dá nome a um tipo de tecido, uma seda fina que exhibe bandas claras e escuras. Hoje é uma palavra usada, também, para denominar franjas de interferência criadas pela superposição de dois ou mais padrões geométricos (DURELLI, 1970). Neste trabalho, o estudo é restrito às franjas de Moiré criadas pela superposição de padrões periodicamente alternados linha – espaço (grade linear).

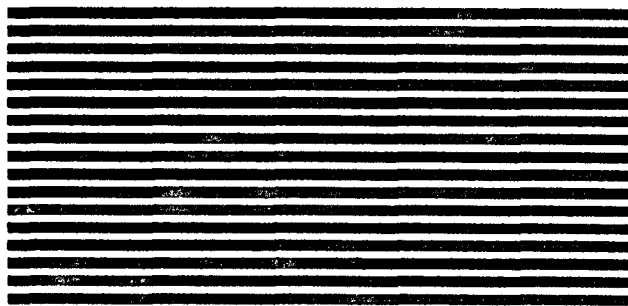


Figura 1 - Grade típica de linhas retas paralelas (grade linear) (DURELLI, 1970).

Quando se utiliza a técnica de Moiré para análise de deslocamentos e deformações, uma grade, como a mostrada na Figura 1, é fixada na estrutura que vai se deformar. Uma outra grade é mantida fora da estrutura e não sofre deformação. O resultado visual da superposição destas grades resulta nas franjas de Moiré (TOLLENAAR, 1945; DURELLI, 1970).

As grades são formadas por centenas ou milhares de linhas retas muito finas, escuras, de mesma espessura, usualmente não visíveis, tendo entre elas espaços transparentes da mesma espessura das linhas.

A técnica de Moiré é usada para medir deslocamentos ou deformações, indiferentemente do tamanho do corpo-de-prova, temperatura, tempo, frequência ou velocidade. É considerada uma técnica de campo global. Na Figura 2, são mostradas franjas de Moiré formadas em uma chapa com um furo, submetida à tração pura.

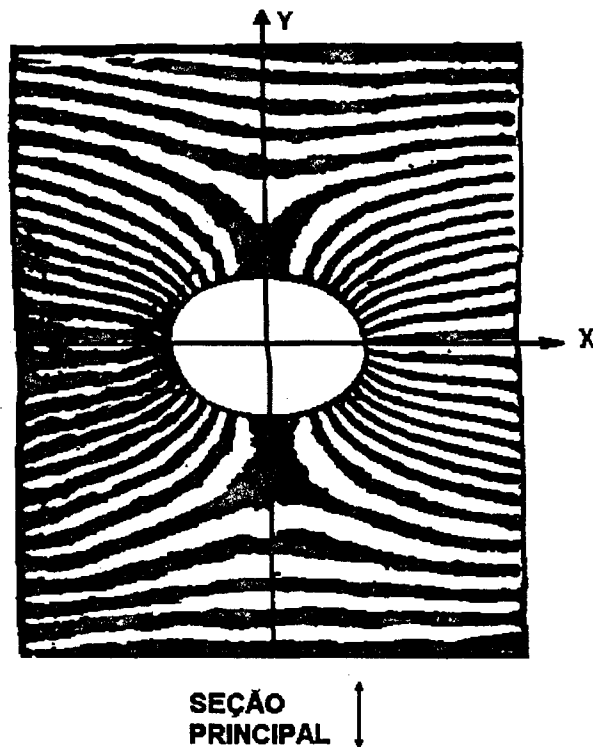


Figura 2 - Franjas de Moiré formadas em uma chapa com um furo, submetida à tração pura na direção Y (THEOCARIS, 1969).

Os padrões de franjas de Moiré são facilmente observáveis a olho nu e podem ser fotografados para análise.

2.2 Propriedades gerais das franjas de Moiré

2.2.1 Considerações gerais

Quando duas grades são superpostas, as franjas de interferência de Moiré podem resultar das seguintes situações geométricas: a) não superposição de centro de duas linhas paralelas vizinhas (*pitch*), b) grades com orientações angulares diferentes entre si. A Figura 3 mostra os dois casos. As bandas claras ou as escuras são chamadas de franjas de Moiré (TOLLENAAR, 1945).

As franjas escuras aparecem quando as linhas escuras de uma grade caem no espaço transparente da outra grade, enquanto as franjas claras são o resultado das linhas escuras

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

coincidindo entre si. Para o propósito de identificação, designa-se o centro das linhas escuras de uma grade com números de 0 a m , o centro das linhas escuras da outra grade, de 0 a n , o centro das franjas claras pelos números de 0 a N , como ilustrado na Figura 3.

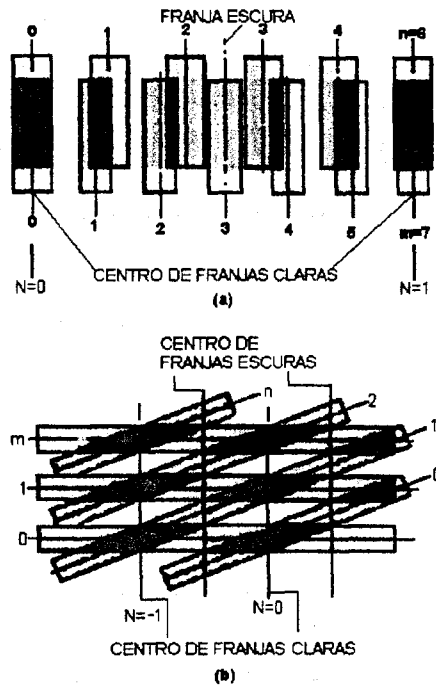


Figura 3 - Franjas de Moiré resultantes da interferência de duas superposições de grades tendo (a) diferença no "pitch" e (b) diferença na orientação (CHIANG, 1979).

2.2.2 Franjas subtrativas e franjas aditivas

Se as duas grades são paralelas e a diferença entre os "pitch" não é muito grande, pode-se ver, na Figura 4, que a franja de ordem N e os parâmetros m e n podem ser relacionados por

$$N = m - n \quad (1)$$

onde n é referente à grade fixada no corpo-de-prova e m é referente à grade de referência. Estas franjas são chamadas de franjas subtrativas (TOLLENAAR, 1945; DALLY, 1978).

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

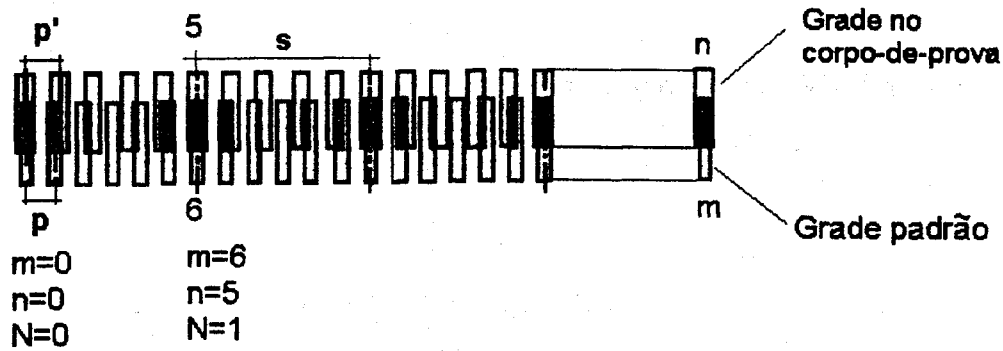


Figura 4 - Franjas subtrativas (DALLY,1978).

Se há uma rotação entre as grades, as franjas observadas poderão ser governadas por outra equação. Isto é demonstrado na Figura 5, onde são desenhadas duas grades com diferentes ângulos de rotação.

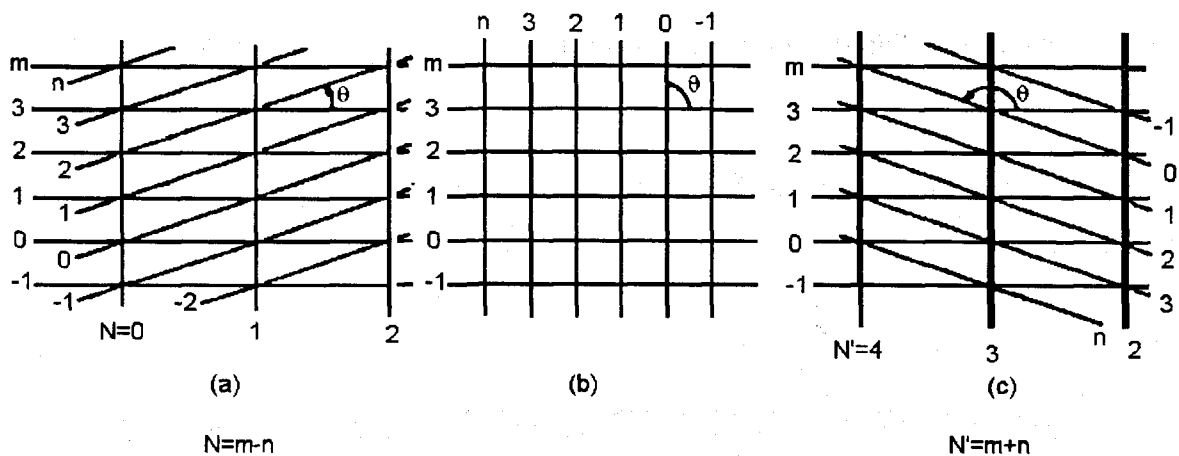


Figura 5 - Franjas observadas em função de rotação entre as grades: (a) franjas subtrativas; (b) nenhuma franja observada; (c) franjas aditivas (CHIANG, 1979).

Enquanto o ângulo θ cresce, a visibilidade das franjas diminui. O caso extremo é mostrado na Figura 5(b), onde as linhas de interseção são ângulos retos.

O local dos pontos de interseção das linhas das grades forma dois modos de franjas. Um modo representado pela Equação (1), quando o ângulo θ é menor que 90° , e outro modo representado pela Equação (2), onde N' é a nova ordem da franja, quando o ângulo θ é maior que 90° .

$$N' = m + n \quad (2)$$

Com o ângulo θ maior que 90° , a ordem de linhas governadas pela Equação (2) torna-se observável como franja e são chamadas de franjas aditivas (TOLLENAAR, 1945; CHIANG, 1979).

2.2.3 Distância e orientação de franjas de Moiré

Ao se usar o método de Moiré para medições, é necessário ter-se um sistema de coordenadas de referência, a partir do qual todas as medidas são feitas. A grade que serve a este propósito é chamada de referência ou “*master*” e a direção normal as linhas da grade é chamada de direção principal ou seção principal, e é coincidente com um dos eixos coordenados. A direção de orientação das linhas da grade é chamada de direção secundária ou seção secundária (DUNCAN, 1965; DURELLI, 1970). Na Figura 6, mostra-se uma grade típica.

A distância entre duas linhas adjacentes da grade é chamado “*pitch*”. O “*pitch*” da grade de referência é identificado pela letra p .

A grade chamada da amostra deve ser colada na superfície da estrutura cuja deformação se queira medir. O “*pitch*” da grade da amostra é identificado pela letra p' . Antes da deformação o “*pitch*” da grade da amostra p' é igual a p .

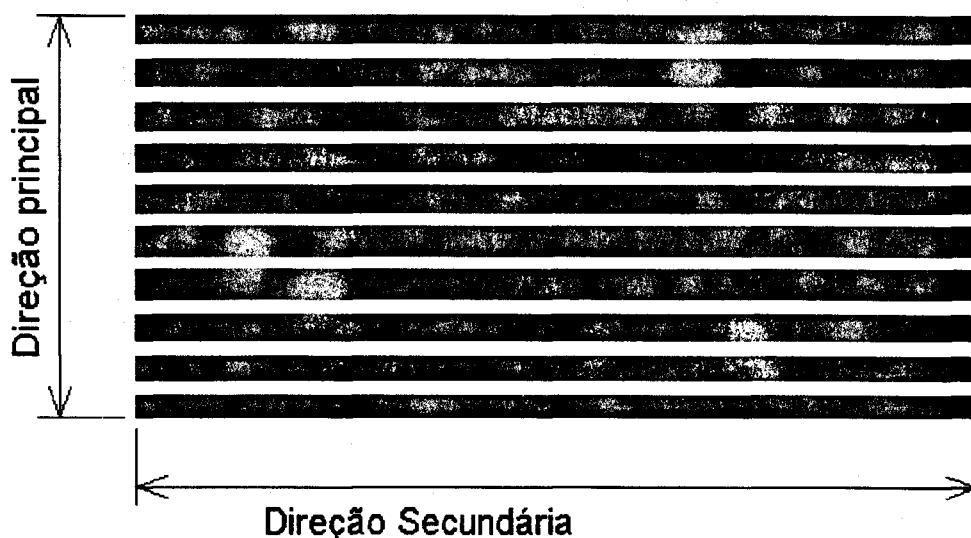


Figura 6 - Direção principal e secundária na técnica de Moiré (DURELLI, 1970).

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Na Figura 7, sem rotação relativa entre as grades, a distância entre dois centros de franja clara é identificado pela letra s .

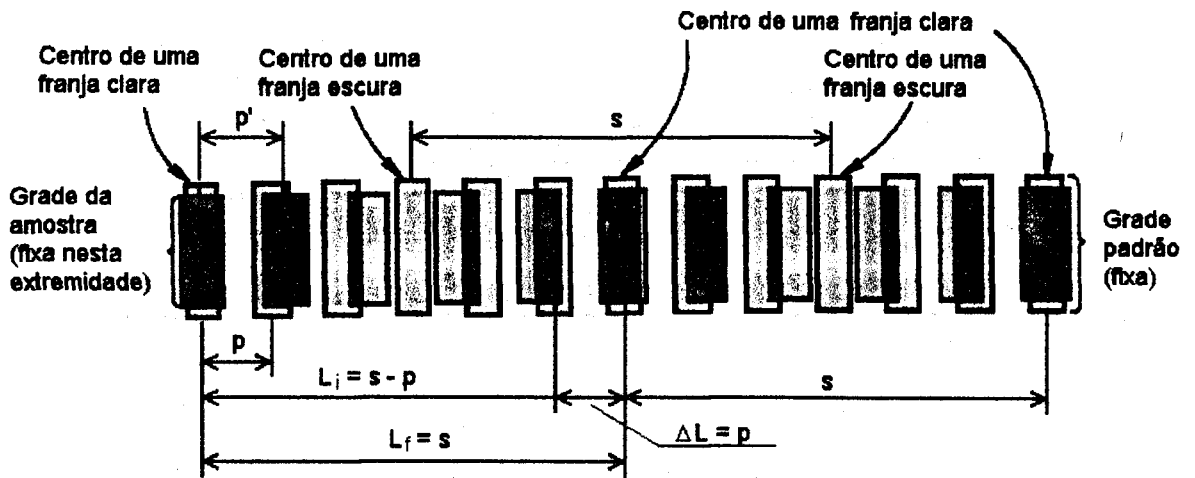


Figura 7 - Formação de franjas de Moiré sem rotação relativa entre as grades (TOLLENAAR, 1945).

Nas Figuras 8 e 9, onde existe uma rotação relativa entre as grades, θ é o ângulo medido entre a grade de referência e a grade da amostra. Ele é positivo no sentido anti-horário.

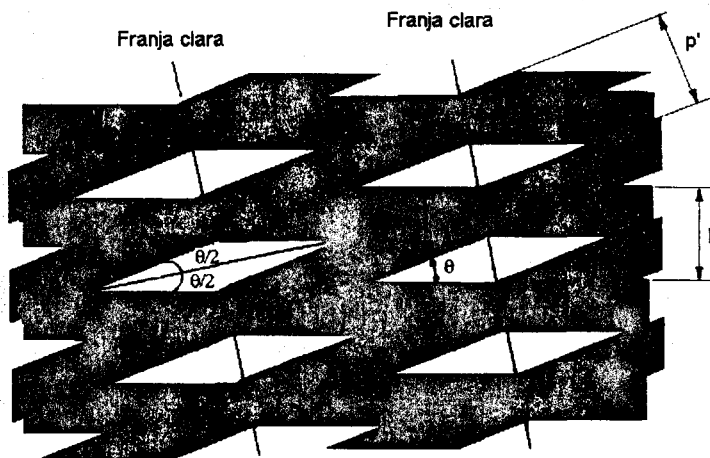


Figura 8 - Orientação e espaçamento entre franjas como função de interferências de grades (DURELLI, 1970).

A Figura 9 mostra uma esquematização da Figura 8 que irá auxiliar na dedução geométrica do espaçamento e orientação entre as franjas.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Inversamente, para uma dada grade de referência com “pitch” p e das quantidades medidas ϕ e s , pode-se deduzir o “pitch” e a deformação da grade da amostra.

$$\theta = \operatorname{tag}^{-1} \frac{\operatorname{sen} \phi}{\frac{s}{p} + \cos \phi} \quad (6)$$

e

$$p' = \frac{s}{\sqrt{1 + (s/p)^2 + 2 (s/p) \cos \phi}} \quad (7)$$

Deve-se notar que ϕ e s podem ter valores que dependem das combinações de p , p' e θ . Existem duas situações que merecem atenção:

1ª. situação: $\theta = 0$.

Da Equação (3) tem-se $\phi = 0$. Franjas paralelas às linhas da grade.

$$s = \frac{pp'}{\sqrt{p^2 \operatorname{sen}^2 0 + (p \cos 0 - p')^2}} = \frac{pp'}{\sqrt{(p - p')^2}} = \frac{pp'}{p - p'}$$

$$s = \frac{pp'}{p - p'} \quad (8)$$

Da Equação (8), pode-se deduzir que quanto maior a diferença entre os “pitch” das grades, menor é o espaçamento entre as franjas e vice versa. Quando p' tende para p , s tende ao infinito e não há franjas no campo. ©

2ª. situação: θ é muito pequeno.

Se θ é muito pequeno, pode-se aproximar o seno pelo seu ângulo e o coseno por 1 (um).

Das Equações (3) e (5), tem-se

$$\phi = \operatorname{tag}^{-1} \frac{p \cdot \theta}{p - p'} \quad (9)$$

$$s = \frac{p p'}{\sqrt{(p \theta)^2 + (p - p')^2}} \quad (10)$$

Quando p' aproxima-se de p , ϕ aproxima-se de 90° , a orientação das franjas é quase perpendicular às linhas da grade e o espaçamento das franjas é dado por

$$s = \frac{p}{\theta} \quad (11)$$

2.3 Linhas isotéticas

Linha isotética é o local geométrico dos pontos que possuem o mesmo valor da componente de deslocamento numa dada direção (SCIAMMARELLA, 1961; DURELLI, 1970). Se u e v são componentes do deslocamento de um ponto, haverá, associada ao campo de deslocamento, uma família de linhas u e linhas v (isotéticas). Cada isotética da família u corresponde a um valor particular de deslocamento na direção u . O mesmo é válido para a família v .

A diferença no valor de deslocamento de uma linha isotética para a próxima, na mesma família, como determinado pelo padrão de Moiré, é constante ($u = Np$) e será igual ao "pitch" da grade de referência.

2.3.1 Propriedades das linhas isotéticas

Os deslocamentos e componentes de deslocamentos, nos contornos de um corpo, são contínuos e em uma mesma isotética possuem o mesmo valor. Portanto, entre dois pontos quaisquer com diferentes deslocamentos, existe uma variação contínua nos valores de deslocamento. Se os deslocamentos entre dois pontos não forem contínuos, existem descontinuidades no corpo. Assim, as linhas isotéticas de diferentes valores não se interceptam.

A propriedade de continuidade ajuda na ordenação das franjas de Moiré. A fixação de um valor de deslocamento para a primeira franja pode ser completamente arbitrária, uma vez que ela define somente o plano de referência.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Franjas consecutivas terão uma diferença, no deslocamento, igual ao espaço entre as grades. Assim, para uma grade de 1000 linhas/mm, se uma franja é associada ao deslocamento 1,000 mm, as franjas contínuas serão 1,001 mm, 1,002 mm e assim por diante.

Do valor da 1ª franja, é, às vezes, possível designar valores para o padrão completo por meio de cálculos simples. Isto se cada franja aparecer uma única vez no padrão.

Às vezes, considerações de simetria e carga ajudam na determinação de valores de deslocamentos. Franjas simétricas em lados opostos ao eixo vertical, como mostrado na Figura 10, têm o mesmo deslocamento vertical. O carregamento diametral compressivo (eixo Y) produzirá deslocamento vertical negativo em todo o corpo (DURELLI, 1970).

Considerações de evidências externas são necessárias para determinar o sinal de deslocamento (Ex.: natureza da carga aplicada).

As franjas podem ser ordenadas com certa facilidade, mas o sinal não pode ser conhecido só pelo padrão de franja exigindo meios externos.

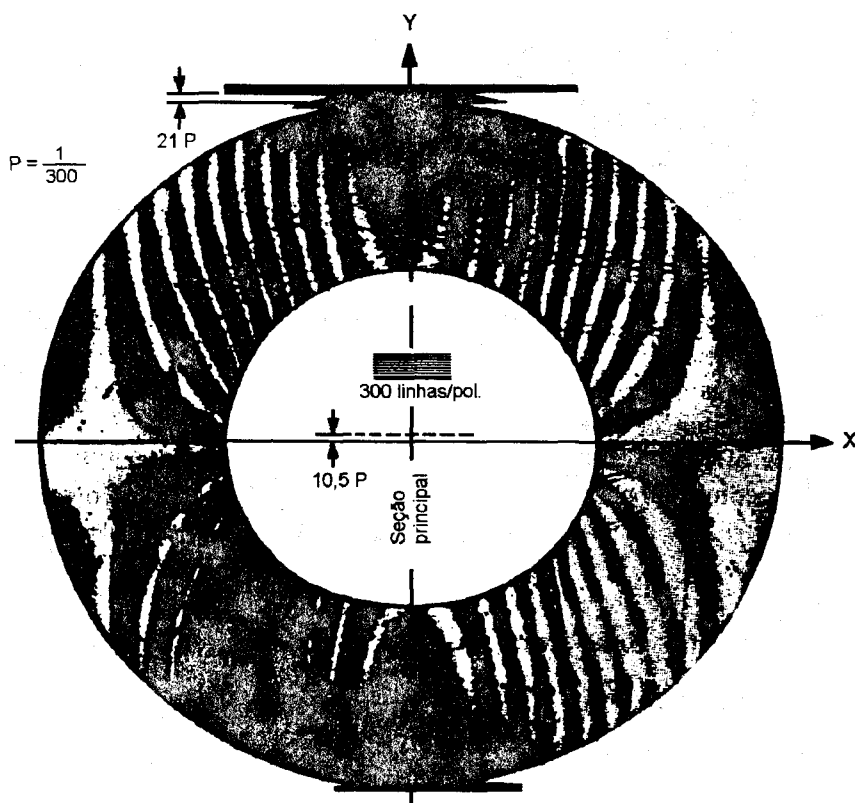


Figura 10 - Padrão de Moiré para deslocamentos verticais de um anel submetido a carregamento diametral (DURELLI, 1970).

2.4 Medições de deslocamentos utilizando o método Moiré

Neste exemplo, o objetivo é a determinação do campo de deslocamentos num anel espesso (DURELLI, 1970). Num anel espesso, pode-se esperar que a curva de deflexão da linha central e as curvas de deflexão dos contornos sejam apreciavelmente diferentes. As dimensões do anel são mostradas na Figura 11.

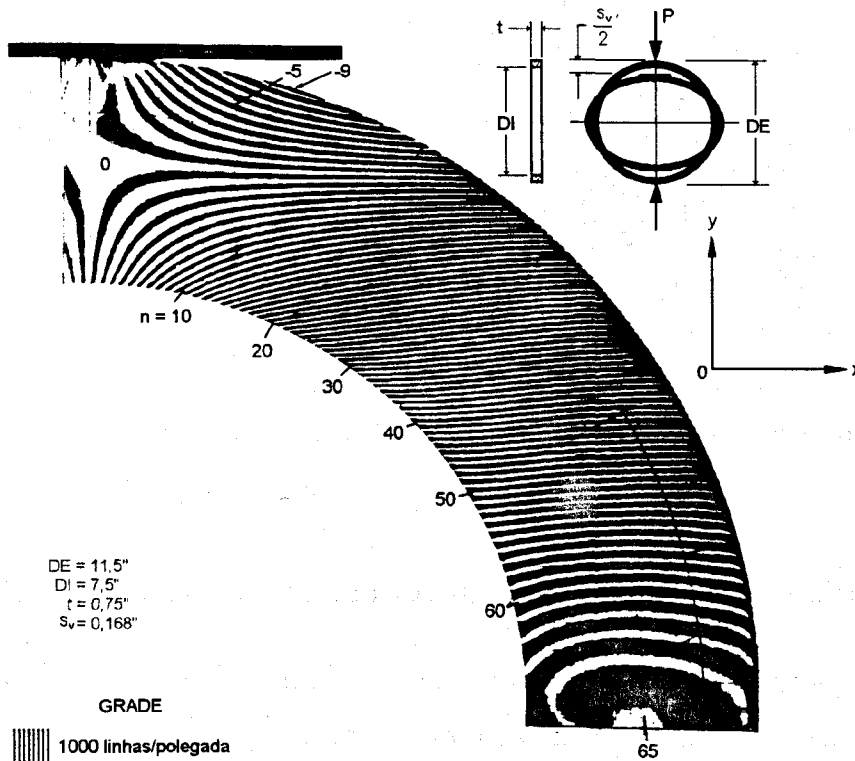


Figura 11 - Isotéticas (campo u) de um anel circular submetido à compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).

O material do anel é epóxi, tendo sido utilizada uma grade com 1000 linhas por polegada, (impressa na superfície do anel). Uma grade de 1000 linhas por polegada, impressa num filme, foi usada como grade de referência. O anel foi carregado com compressão diametral na direção Y, com as linhas da grade da amostra orientada na vertical. Na Figura 11, mostra-se também a família isotética u . O anel e a grade de referência foram girados em 90° e recarregado com as linhas da grade da amostra na horizontal. Uma fotografia da família isotética v é mostrada na Figura 12.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

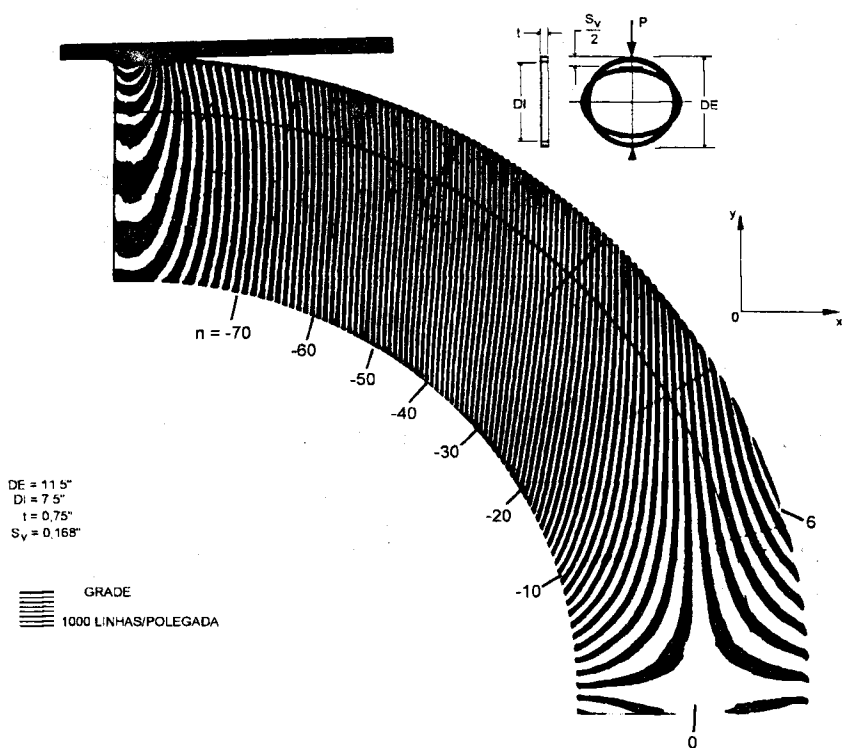


Figura 12 - Isotéticas (campo v) de um anel circular submetido à compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).

Quando se utiliza o sistema cartesiano, são necessárias duas famílias de isotéticas, u e v .

A diferença no valor de deslocamento entre pontos localizados em franjas adjacentes é igual ao "pitch" da grade (0,001 pol.). Portanto, o valor do deslocamento u ou v , em qualquer parte do anel, é dado pela ordem da franja de Moiré correspondente multiplicada pelo "pitch" da grade.

No campo das isotéticas u , a franja de ordem zero passa no ponto que não teve movimento horizontal. Por causa das condições de contorno do teste, esta franja u coincide com o eixo vertical do anel. Foi mostrado na Figura 11 que ela é uma franja branca. No campo das isotéticas v , a franja de ordem zero coincide com o eixo horizontal do anel (a placa superior da máquina de ensaio move-se para baixo, ao mesmo tempo que a placa inferior move-se para cima).

Desde que a razão entre o diâmetro externo (DE) e o diâmetro interno (DI) seja igual a 1,53 (DE/DI), que o coeficiente de Poisson seja igual a 0,385 e que o fenômeno seja linear, todos

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

os anéis, de quaisquer tamanhos, terão deslocamentos u e v dados pelas Equações (12) e (13), respectivamente (DURELLI, 1970).

$$u = 0,2 \frac{P}{Et} n \quad (12)$$

$$v = 0,2 \frac{P}{Et} n \quad (13)$$

onde n é a ordem da franja de Moiré do padrão correspondente, P é a carga concentrada aplicada, t é a espessura do anel e E é o módulo de elasticidade do material. Isto pode ser verificado substituindo-se os valores de $P = 8.010$ N e $E = 3.309,6$ MPa e, $t = 19,05$ mm (0,75 pol.) na Equação (12).

$$u = 0,2 \frac{8010}{3309,6 \times 10^6 \times 19,05} n = 0,0254 \times 10^{-6} n \text{ m (0,001} n \text{ pol.)}$$

Com relação aos deslocamentos, chamando-se s_v de deslocamento total aplicado, tem-se

$$u = 0,00595 s_v n \quad (14)$$

$$v = 0,00595 s_v n \quad (15)$$

As isotéticas u e v definem completamente o campo de deslocamento no plano do corpo.

Na Figura 12, mostra-se o campo de deslocamentos, na direção Y, v .

$$v = np \quad (16)$$

$$n = 83 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 84$$

$$2n = 84 \times 2 = 168$$

$$v = 168 \times 0,001 = 0,168 \text{ pol.}$$

$$v = s_v$$

2.5 Moiré usado para determinar deformações

O método de Moiré, no plano, é definido como um método de determinação de campo de deslocamentos num plano. Ele pode ser aplicado em condições de pequenas e grandes deformações, estáticas e dinâmicas e para a maioria dos materiais utilizados em engenharia.

Neste método, a grade pode ser impressa, colada ou de outra forma “fixada” ao objeto em estudo (corpo-de-prova) e irá acompanhar a deformação da estrutura sem deslizar e com desprezível efeito de reforço na estrutura do corpo-de-prova. A grade de referência é uma grade rígida que tem um “pitch” constante. A superposição da grade de referência com a grade do corpo-de-prova é feita ou por contato direto ou por imagem de uma sobre a outra por meio de uma objetiva (lente).

A deformação pode ser definida, de modo geral, como função das derivadas dos deslocamentos de um ponto. O fenômeno Moiré é relacionado ao campo de deslocamento de um ponto. Portanto, a determinação das derivadas dos deslocamentos obtidos do padrão de Moiré pode ser usada para calcular as deformações (MORSE, 1960).

2.5.1 Determinação gráfica das derivadas dos deslocamentos

Os campos isotéticos u e v são representados pela superfície $U_i(x, y)$ como mostrado na Figura 13. Aqui i pode assumir os valores 1 ou 2, 1 se a direção de referência é o eixo X ($U_1(x,y) = u(x,y)$) e 2 se a direção de referência é o eixo Y ($U_2(x,y) = v(x,y)$). Esta superfície pode ser representada pela projeção de suas linhas de contorno no plano XY (franjas de Moiré) (Parks, 1966). Estas linhas são as interseções da superfície com planos de equação $z = np$ (exemplos AB e CD na Figura 13).

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

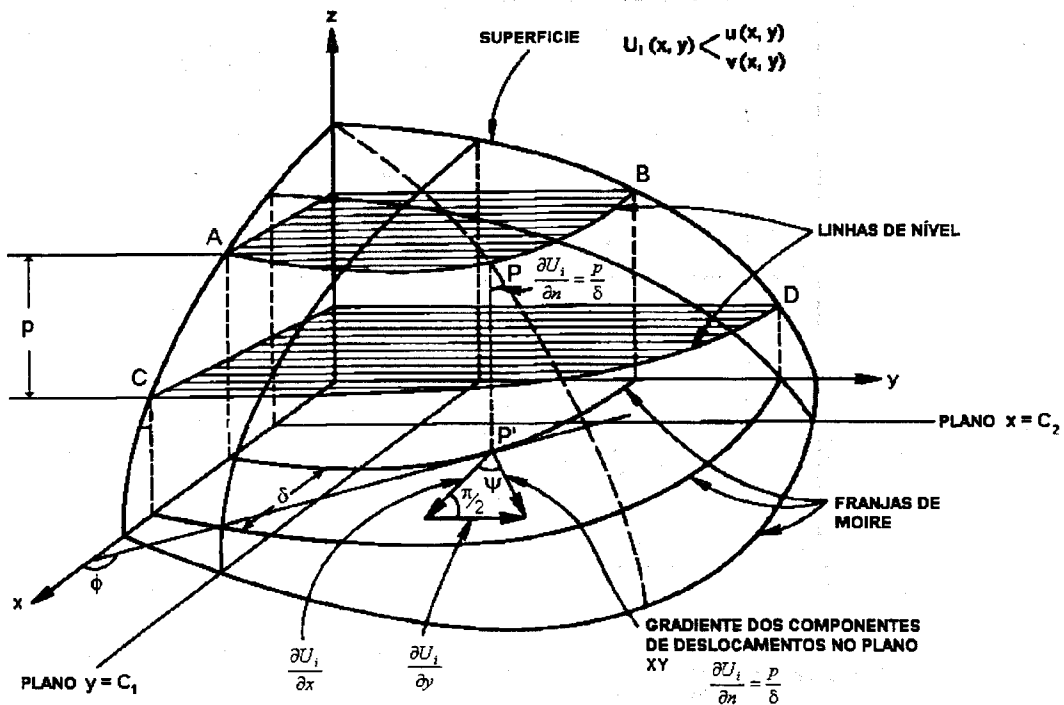


Figura 13 - Superfície representando as componentes de deslocamentos $u(x, y)$ ou $v(x, y)$ (PARKS, 1966).

Para calcular as derivadas parciais de $U_i(x, y)$, pode-se utilizar as curvas de interseção das superfícies com os planos de equações $x = C_2$ e $y = C_1$ (C_1 e C_2 são constantes) (PARKS, 1966).

O procedimento usado para se obter uma derivada parcial, a partir das franjas de Moiré, é ilustrado na Figura 14.

A posição de cada ponto da interseção das franjas de Moiré com a linha C_2 (interseção entre os planos XY e $x = C_2$, mostrado na Figura 13) é projetado sobre a linha base $Z = 0$ (Figura 14). São lidas as ordens das franjas de Moiré, e distâncias iguais a np são graduadas a partir da linha base. A curva $v(C_2, y)$ traçada através dos pontos define a seção transversal da superfície $v(x, y)$. A inclinação desta curva num ponto define a derivada $\frac{\partial v}{\partial y}$. O mesmo procedimento pode ser seguido para determinar outras derivadas parciais.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

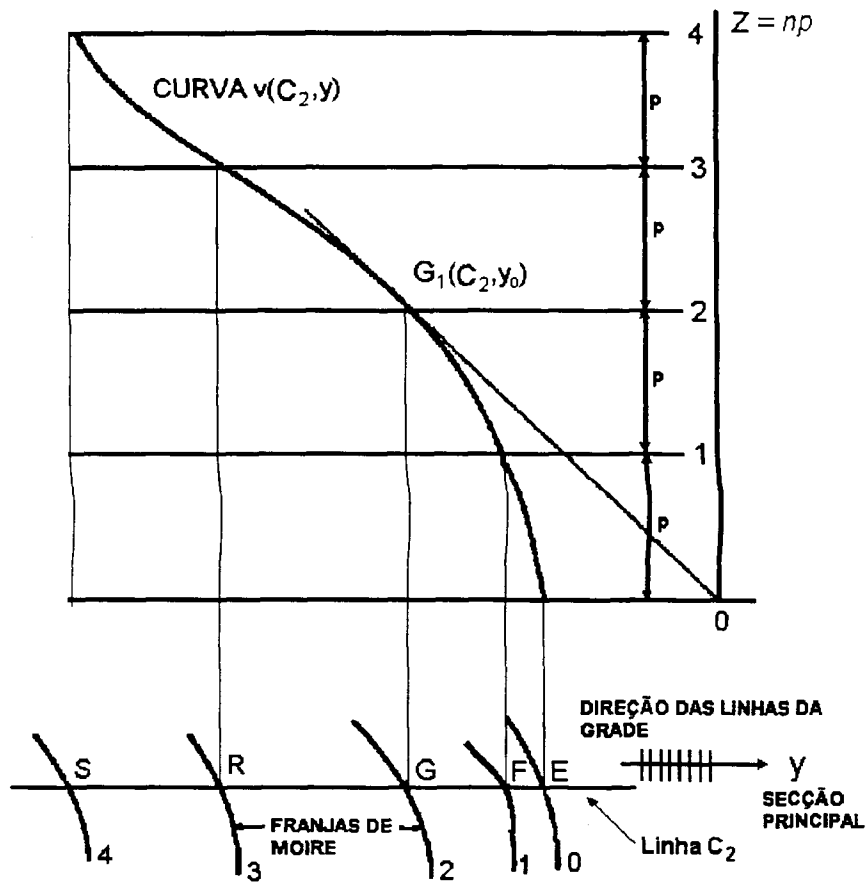


Figura 14 - Construção de curvas de interseção da superfície $v(x, y)$ com o plano $x = C_2$ (PARKS, 1966).

2.5.2 Transformação para descrição Lagrangeana

Se os dados precedentes são tratados diretamente a partir dos padrões de Moiré, os resultados obtidos correspondem à descrição Euleriana (DOVE, 1965).

$$Euler = \varepsilon^E = \frac{lf - li}{lf} \quad (17)$$

onde lf é o comprimento final do corpo e li é comprimento inicial.

Para obter-se os resultados na descrição Lagrangeana utiliza-se a Equação (18) para conversão.

$$Lagrange = \varepsilon^L = \frac{\varepsilon^E}{1 - \varepsilon^E} \quad (18)$$

2.5.3 Deformações de um padrão de Moiré em um ponto utilizando-se gradientes de franja de Moiré

No item 2.5.1, foi mostrado o método de cálculo de derivadas de deslocamento usando-se seções paralelas aos eixos coordenados. Outra possibilidade é usar gradiente de franjas. Este método pode ser usado em combinação com a construção do círculo de Mohr em um ponto, quando as deformações e rotações são pequenas.

A fim de se encontrar o gradiente em um ponto, pode-se usar uma seção da superfície de deslocamento na direção do gradiente. A direção do gradiente pode ser suposta como sendo aquela normal comum a duas franjas vizinhas. Se $\delta = s$ é a distância entre franjas medidas ao longo da normal comum, e p é o "pitch" da grade, então (PARKS, 1966)

$$|\text{Gradiente}| U_i = \frac{p}{s} \quad (19)$$

O ângulo Ψ indicado na Figura 13, pode ser medido diretamente com o transferidor. O gradiente, no ponto, é dado por $\frac{\partial u}{\partial n}$ ou $\frac{\partial v}{\partial n}$, de acordo com o caso. As derivadas, na direção dos eixos coordenados, são indicadas por

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \quad (20)$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \quad (21)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \quad (22)$$

Estas equações representam, em geral, as derivadas dos deslocamentos na direção da seção principal e a soma das derivadas na direção da seção secundária. Elas representam os componentes do tensor de deformação somente quando as deformações e rotações são pequenos. Na Figura 15, mostra-se o círculo de Mohr para deformações.

Como mostrado na Figura 13, as derivadas parciais de $U_i(x, y)$ são dadas por

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

$$\frac{\partial U_i}{\partial x} = \text{grad } U_i(x, y) \cos \psi \quad (23)$$

$$\frac{\partial U_i}{\partial y} = \text{grad } U_i(x, y) \text{sen } \psi \quad (24)$$

ψ é o ângulo entre o eixo X e o grad U_i .

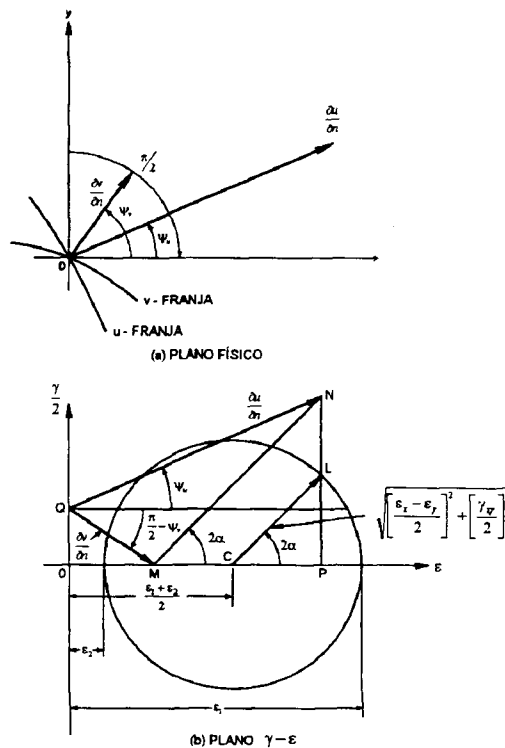


Figura 15 - Construção do círculo de Mohr para determinar deformações, utilizando-se gradientes de franjas (PARKS, 1966).

A tangente de ψ (Figura 13) é dada por:

$$\text{tg } \psi = \frac{\frac{\partial U_i}{\partial y}}{\frac{\partial U_i}{\partial x}} \quad (25)$$

$$\epsilon_x = \frac{\partial u}{\partial n} \cos \psi_u \quad (26)$$

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

$$\varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial n} \text{sen } \psi_v \quad (27)$$

2.5.4 Medida de deformação normal e de deformação de cisalhamento simples

Em medidas de deformação normal unidirecional, a grade é colada sobre a superfície do corpo-de-prova com sua direção principal paralela ao eixo longitudinal do corpo-de-prova sob tensão e a grade de referência é superposta sobre ela com a mesma orientação, conforme Figura 16.

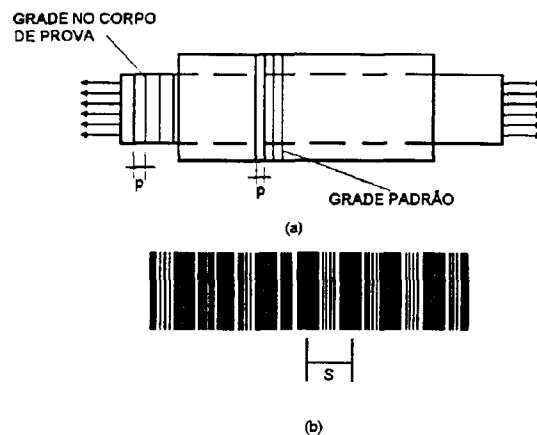


Figura 16 - Determinação de deformação normal unidirecional utilizando-se franjas de Moiré (CHIANG, 1979).

Sob carga, a grade no corpo-de-prova deforma-se e o "pitch" passa de p para p' e as franjas resultantes são uniformemente espaçadas conforme a Figura 17.

Fazendo-se $l_f = p'$ e $l_i = p$ na Equação (17) tem-se

$$|\varepsilon^E| = \left| \frac{p' - p}{p'} \right| \quad (28)$$

Multiplicando-se e dividindo-se por p o último termo da Equação (28) e substituindo-se o termo dentro do parenteses pela Equação (8) tem-se

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

$$|\varepsilon^E| = \left| \frac{p'-p}{p'} \frac{p}{p} \right| = \left| \left(\frac{p'-p}{p'p} \right) p \right| = \left| \frac{p}{s} \right| = \frac{p}{s}$$

$$|\varepsilon^E| = \frac{p}{s} \quad (29)$$

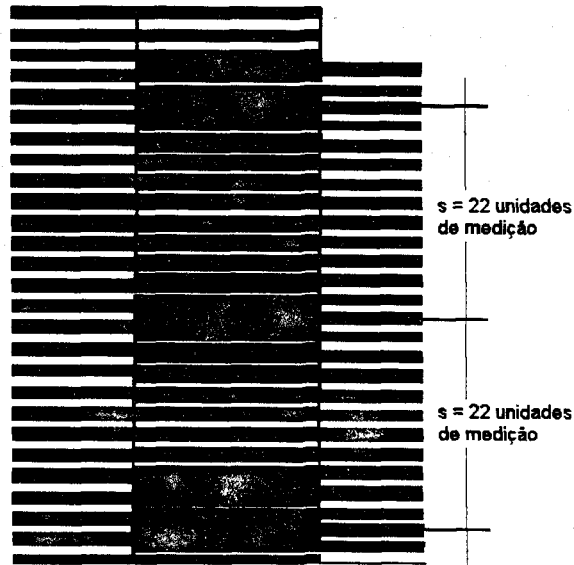


Figura 17 - Franjas de Moiré observadas em deformação normal (DOVE, 1965).

O valor absoluto é introduzido porque p e s são ambos positivos. Conseqüentemente, a forma das franjas de Moiré não irá revelar se o resultado é tração ou compressão. Este não é um problema na aplicação presente, uma vez que o sinal da deformação é conhecido à priori.

Numa aplicação do método para determinação da deformação de cisalhamento simples, as grades no corpo-de-prova deverão ser orientadas de tal maneira que sua direção principal seja paralela à direção do esforço cisalhante, como mostrado na Figura 18.

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{p}{s} \quad (30)$$

$$\gamma = \operatorname{tg} \gamma \quad (31)$$

$$\gamma = \frac{p}{s} \quad (32)$$

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

$\gamma = \theta \Rightarrow$ ângulo de p em relação a p' .

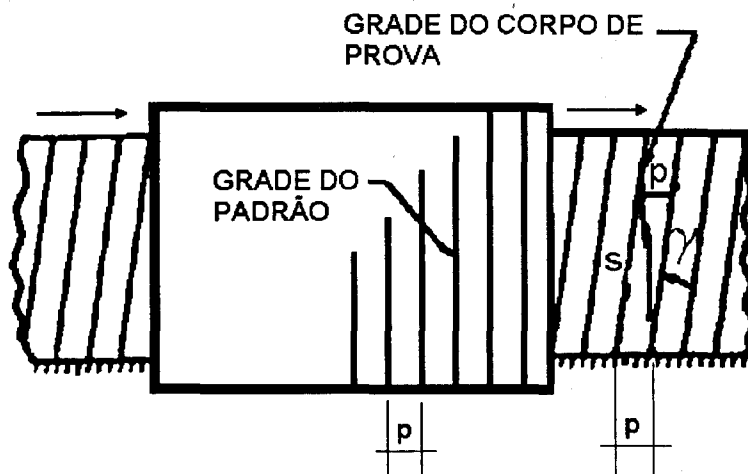


Figura 18 - Determinação de deformação de cisalhamento simples, utilizando-se franjas de Moiré (CHIANG, 1979).

Um padrão de Moiré, devido a um cisalhamento simples, é mostrado na Figura 19.

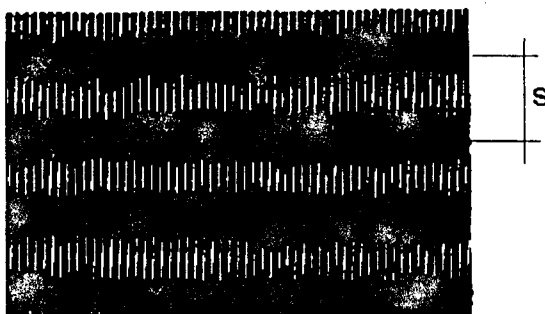


Figura 19 - Padrão de franjas de Moiré no cisalhamento simples (CHIANG, 1979).

2.5.5 Medidas de deformação em duas dimensões

Para esta aplicação, é mais conveniente descrever as franjas de Moiré como contornos (linhas de nível) de componentes de deslocamentos, chamadas de isotéticas, que são linhas com os mesmos valores de deslocamento. Isto é mostrado nas Figuras 20 e 21.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

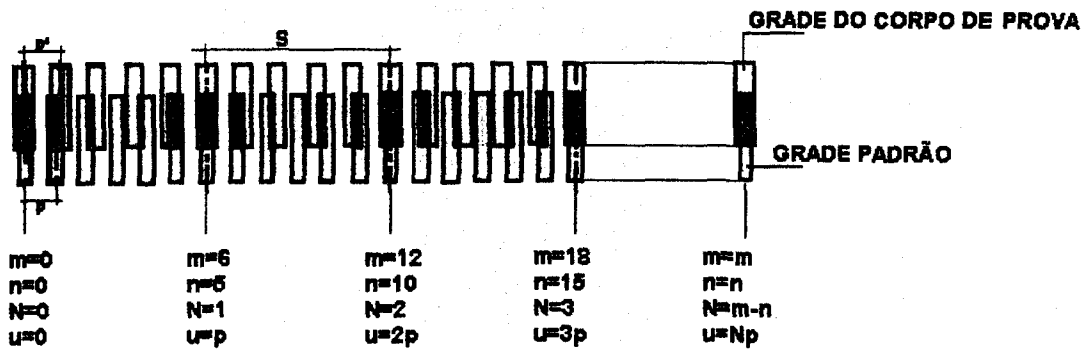


Figura 20 - Isotéticas - caso unidirecional (CHIANG, 1979).

Na Figura 20, o deslocamento é unidirecional e pode-se usar o procedimento adotado anteriormente de chamar as linhas da grade de referência como 0 a m e as linhas da grade do corpo-de-prova, como 0 a n.

As franjas observadas são subtrativas e a ordem de franja é dada por

$$N = m - n \quad (33)$$

Supondo-se que a grade do corpo-de-prova (antes da deformação) tem o mesmo "pitch" que a grade de referência e coincide exatamente com ela, e que os pontos ao longo da franja $N = 0$ não se movem durante a aplicação da carga no corpo-de-prova, pode-se ver que os pontos, ao longo da franja $N = 1$, são aqueles cujo deslocamento na direção principal é p , e para aqueles ao longo da franja $N = 2$ é $2p$, e assim por diante.

Se o deslocamento for chamado de u , tem-se

$$u = N \cdot p \quad (34)$$

onde $N = 0, 1, 2, \dots$

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

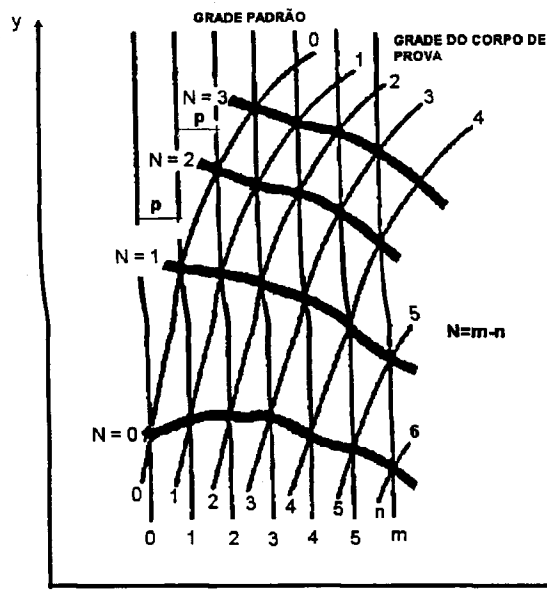


Figura 21 - Isotéticas – caso bidirecional (CHIANG, 1979).

Numa deformação bidimensional, a grade no corpo-de-prova experimenta rotação bem como mudança no “pitch”, com a magnitude variando de ponto a ponto. Esta situação é esquematicamente mostrada na Figura 21.

As franjas de Moiré são, também, franjas subtrativas representadas por $N = m - n$.

Os pontos na grade do corpo-de-prova ao longo das franjas têm, em geral, componentes de deslocamentos nas direções X e Y, chamadas de u e v , respectivamente. Enquanto a componente v é indeterminada no padrão de franjas, a componente u é representada pela franja de Moiré (direção principal paralela a X).

Na Figura 21, observa-se que a franja $N = 0$ é construída com os pontos de interseção da grade do corpo-de-prova cuja componente de deslocamento na direção principal da grade de referência é zero. A franja $N = 1$ é construída com os pontos cuja componente de deslocamento é p e assim por diante.

Então, a equação $u = Np$ com $N = 0, 1, 2, \dots$ é também aplicável a um caso geral. Na Figura 20, u representa o deslocamento total, na Figura 21, u representa a componente do deslocamento na direção X.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

A componente de deslocamento mensurável nas franjas de Moiré é a componente ao longo da direção principal da grade de referência.

Para medir campos de deslocamentos v , é necessário ter-se um par de grades (uma no corpo-de-prova e outra como referência) com a direção principal paralela ao eixo Y.

Na prática, utiliza-se uma grade cruzada (que é definida como a composição de duas grades de linhas interceptando-se em ângulo reto) fixada no corpo-de-prova.

Os dois padrões de franja de Moiré representando os campos de deslocamentos u e v , respectivamente, podem ser obtidos numa sucessão, utilizando-se uma grade de linhas de referência e girando-se esta referência de 90° após obter-se uma família de franjas.

Os padrões de franjas de Moiré podem ser obtidos, também, utilizando-se uma grade de referência cruzada.

No emprego de uma grade de referência linear, é necessário ter certeza de que a grade de referência é girada exatamente de 90° . De outro modo, poderão ocorrer grandes erros nas medidas de cisalhamento, ao passo que usando-se a grade de referência cruzada, é necessário distinguir qual franja pertence a qual família. Pode-se, ainda, usar filtros óticos para separar as duas famílias de franjas.

Após obtenção dos padrões de Moiré, pode-se, então, obter as deformações.

Suponha-se, por exemplo, que se tenha um modelo bidimensional submetido a um carregamento no plano (Figura 22).

As franjas de Moiré são obtidas com as grades de referência e do corpo-de-prova orientadas como mostrado na Figura 22. Elas representam o campo u de deslocamento.

Se deseja-se obter a deformação no ponto A, procede-se da seguinte forma:

- traçam-se duas linhas retas passando através de A e paralelas aos eixos X e Y, respectivamente;
- desenha-se curvas de deslocamento da ordem de franja versus posição ao longo das duas seções.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

A inclinação da tangente do ponto A, em ambas curvas de deslocamento, são obtidas por

$$\frac{\partial N}{\partial x} \text{ e } \frac{\partial N}{\partial y}, \text{ respectivamente.}$$

Utilizando-se a equação $u = Np$, tem-se, das duas curvas de deslocamento, as seguintes derivadas

$$\frac{\partial u}{\partial x} = p \frac{\partial N}{\partial x} \quad (35)$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = p \frac{\partial N}{\partial y} \quad (36)$$

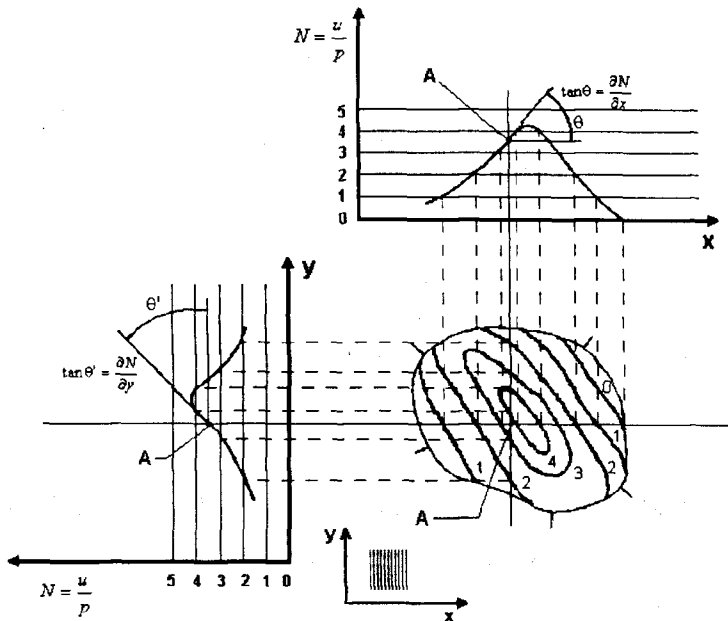


Figura 22 - Procedimento geral para análise de deformação em duas dimensões utilizando-se franjas de Moiré (CHIANG, 1979).

Similarmente, do campo v do padrão de franjas de Moiré criadas sob cargas idênticas, mas com a direção principal das grades orientadas ao longo da direção Y, tem-se as seguintes derivadas:

$$\frac{\partial v}{\partial x} = p \frac{\partial N'}{\partial x} \quad (37)$$

$$\frac{\partial v}{\partial y} = p \frac{\partial N'}{\partial y} \quad (38)$$

onde N' é a ordem de franja no ponto A do campo v do padrão de franjas.

Desta maneira, o estado de deformação no ponto é dado por

$$\varepsilon_x = p \frac{\partial N}{\partial x} \quad (39)$$

$$\varepsilon_y = p \frac{\partial N'}{\partial y} \quad (40)$$

$$\gamma_{xy} = p \left(\frac{\partial N}{\partial y} + \frac{\partial N'}{\partial x} \right) \quad (41)$$

2.6 Sensibilidade

2.6.1 Sensibilidade

É útil distinguir-se dois tipos de sensibilidade: a sensibilidade máxima e a sensibilidade unitária.

A sensibilidade máxima refere-se a menor variação da quantidade medida que irá produzir um efeito detectável no instrumento de medição (CHIANG, 1965).

A sensibilidade unitária é determinada pelo número de unidades da quantidade medida que são representadas por uma divisão da escala. Se a observação a olho nu é o fator determinante, a sensibilidade unitária pode ser tomada como cerca de 0,25 mm (CHIANG, 1965).

Normalmente, a imagem das grades é fotografada no processo de medidas e a sensibilidade máxima é limitada pela resolução do sistema ótico de obtenção das imagens.

A sensibilidade unitária é usualmente o fator determinante no caso de medidas obtidas por Moiré. Uma análise desta quantidade é apresentada nas seções seguintes.

2.6.2 *Parâmetros utilizados na técnica de Moiré*

A determinação das medidas experimentais encontradas em Moiré, envolve dois parâmetros: O valor da ordem de franja e o valor do comprimento que dá a posição do ponto onde a franja passa. A importância deste segundo parâmetro é algumas vezes negligenciado.

Em Moiré, estes parâmetros não são totalmente distintos, uma vez que um parâmetro define uma posição e o segundo define um deslocamento e ambos tem a mesma unidade dimensional.

Embora os dois parâmetros sejam menos distintos em Moiré, eles são mais relevantes, uma vez que a razão entre o deslocamento e o comprimento é requerida ($\partial u/\partial x$ ou $\partial v/\partial y$).

2.6.3 *Sensibilidade nas medições de deslocamentos*

Moiré é um meio de medição de deslocamento. Assim, a sensibilidade das medições de Moiré refere-se à sensibilidade da medição de deslocamento. Na análise por Moiré, os deslocamentos são dados por ordem de franjas. Assim, a sensibilidade de medição de deslocamentos dependerá da determinação da posição e ordem das franjas. Estas duas determinações são fontes de erro nos valores de deslocamentos.

A sensibilidade da medida do comprimento, que define posição, dependerá dos instrumentos de medição. A melhor estimativa a olho nu e uma boa escala, será em torno de $\pm 0,25$ mm (DURELLI, 1970). Se algum tipo de microscópio de medição é utilizado, podem ser feitas medidas de comprimentos da ordem de 0,0025 mm.

A sensibilidade na determinação da ordem da franja depende da capacidade de algum dispositivo de leitura, as vezes a olho nu, para especificar a ordem da franja ou a ordem da franja fracionária em algum ponto.

Usualmente, a razão entre a largura da franja e da franja fracionária é a mesma em toda a parte no padrão de Moiré. Analisando a densidade do sombreado de uma franja individual, a olho nu, pode-se provavelmente estimar uma ordem de franja inteira com uma variação de cerca de $\pm 0,05$. Na prática, a pessoa que faz as medições, utiliza alguma retícula ou indicador em linha com a franja e anota o valor total da franja.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

A sensibilidade está relacionada ao fato de que a ordem da franja sob a retícula não pode ser determinada exatamente, mas sim numa faixa. Desde que esta variação pode ser observada movendo a retícula uma quantidade específica é às vezes considerada como um erro de posição e será avaliada estatisticamente.

É mais fácil pensar neste erro como sendo um erro da ordem de franja quando o dispositivo de leitura com um fotômetro com uma escala é usado. Então, o erro da ordem de franja é visto como o erro na escala do fotômetro e o erro de posição é visto como o erro na medida do comprimento que especifica a posição e é associado ao aparelho de medição de comprimento.

Estes mesmos conceitos se aplicam quando se precisa determinar a ordem de franja fracionária. Neste caso, é comum dividir-se o campo em intervalos iguais e registrar a ordem da franja dentro de uma fração da franja em cada linha divisória.

Neste caso, o erro de posição depende novamente do instrumento de medição linear, o qual é usado para registrar a posição das linhas da grade.

Neste caso, a medição a olho nu é provavelmente menos precisa na estimativa de centros de franjas, e uma estimativa de $\pm 0,1$ franja é provavelmente realista. A franja representa incremento de 1 *pitch*.

A sensibilidade de deslocamentos, DS, pode ser especificada na forma de equação como

$$DS = \frac{P}{10} \quad (42)$$

Para fixar-se estas idéias, considere-se um sistema com um *pitch* de 0,001 pol. Supondo-se que o sistema de medição usado é altamente preciso. Isto deixa a observação da ordem da franja como fonte dominante de erro. Na Figura 23, mostra-se uma curva de ordem de franja versus posição de deslocamento.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

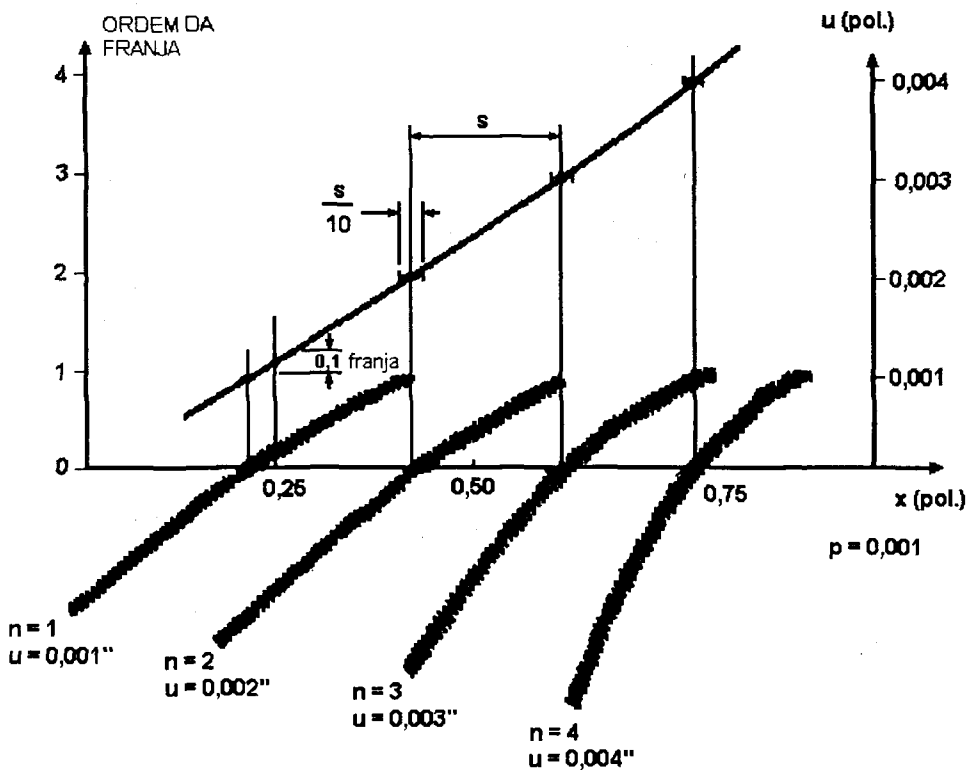


Figura 23 - Precisão na determinação da posição dos eixos de uma franja em um padrão (CHIANG, 1965).

Se a localização no eixo dos X de uma franja $n = 2$ é determinada, sua localização pode variar cerca de 0,05 do espaçamento entre franjas (s).

Se o valor da ordem de franja em $x = 0,25$ pol é determinado, ele pode variar cerca de 0,1 franja.

A curva de deslocamento obtida por qualquer método é mais ou menos a mesma, a sensibilidade ao deslocamento sendo de 1/10 a 1/20 de 0,001 pol ou, em outras palavras 0,0001 pol a 0,00005 pol. Isto é mais ou menos a mesma sensibilidade ao deslocamento como aquele de um ótimo indicador de medida. Note que, com um indicador de medida, a sensibilidade ao deslocamento não é relacionada ao deslocamento total medido. O deslocamento total pode ser, em qualquer caso, igual a 1/10 pol. ou a 10 pol.

Técnicas, que utilizam mecanismos sensíveis à intensidade da luz, tem sido desenvolvidas para determinar o deslocamento ponto por ponto (SCIAMMARELLA, 1966).

2.6.4 Sensibilidade na medição de deformação

A estimativa da sensibilidade de deformação pela técnica de Moiré é mais complexa. A sensibilidade de deformação, SS , pode ser definida como a sensibilidade do deslocamento, DS , dividida pelo comprimento base, BL . O comprimento base, na maioria dos extensômetros, é um valor fixo, para uma medida particular.

Para um Gage Huggenberger, o comprimento base é normalmente 0,5 pol. ou 1,0 pol., e para um extensômetro elétrico a base é comumente 1/8, 1/4 ou 1/2 pol.

A situação é diferente no caso das franjas de Moiré. O comprimento base pode ser definido como a distância entre franjas, e esta distância varia, ponto a ponto, e varia também com a magnitude da carga.

$$SS = \frac{DS}{BL} = \frac{\frac{1}{10}P}{s} = \frac{P}{10s} \quad (43)$$

Para o caso de deformação sem rotação, a razão $\frac{P}{s}$ é a deformação ϵ^E . Para este caso, a sensibilidade à deformação será 1/10 da deformação, independente do nível da deformação.

Se o comprimento base é definido como um comprimento fixo, então a sensibilidade de deformação será especificada pelo *pitch* e a Equação (43) se transforma em

$$SS = \frac{DS}{BL} = \frac{\frac{1}{10}P}{BL} = \frac{1}{10} \frac{P}{BL} \quad (44)$$

O erro na medição do comprimento base é suposto, aqui, ser desprezível.

Para um *pitch* de 0,001 pol. e um comprimento base de 0,025 pol. tem-se $SS = 0,0004$.

Estas considerações aplicam-se a deformação simples, para as quais as rotações podem ser desprezadas, como nas equações $\epsilon^E = +\frac{P}{s}$, $\epsilon_x^L = \frac{\partial u}{\partial x}$, $\epsilon_x^E = \frac{\partial u}{\partial x}$. Se há necessidade de se considerar as rotações, a sensibilidade de deformação será função das derivadas parciais do deslocamento.

2.6.5 Fontes de erro

Em algumas medições, a incerteza é resultado de várias fontes de erro. Destas, são consideradas aquelas que tem influência predominante num problema particular. Dois tipos de erros podem estar presentes: erros aleatórios, que podem ser avaliados estatisticamente, e erros sistemáticos.

2.6.5.1 Erros aleatórios

Os erros aleatórios podem ser avaliados analisando-se estatisticamente os valores obtidos quando a mesma quantidade é medida várias vezes. O grau de reprodutibilidade das quantidades medidas determina a repetitividade das medições.

Foi discutido nos itens anteriores que os conceitos de sensibilidade de deslocamento e sensibilidade de deformação estão associados com a escala do instrumento e que, nos casos da técnica de Moiré, é sugerido que a escala tenha unidades de aproximadamente 1/10 da franja. A incerteza das medidas não pode ser maior do que esta sensibilidade. O conceito de incerteza inclui reprodutibilidade bem como sensibilidade. A incerteza é usualmente medida por algum índice, como por exemplo desvio padrão.

2.6.5.2 Erro de "pitch"

Uma hipótese básica em toda análise de Moiré, envolvendo a medição de deslocamento e deformação, é ter-se constante o valor do *pitch*. Se os dois *pitch* (referência e corpo-de-prova) são bem casados mas tem um erro comum de 1%, o erro no deslocamento, supondo a densidade de 1000 linhas/mm, será somente 0,00001 mm., e em um comprimento de base de 0,1 mm o erro na deformação será 0,0001 (ZANDMAN, 1965; OSTER, 1964).

No caso de mau casamento do *pitch* da grade de referência (p) com o *pitch* da grade da amostra (p') não deformada, cada um tem de ser conhecido, e erros nestas imagens serão refletidos diretamente em qualquer análise. É simples obter uma estimativa total de qualquer descasamento do *pitch*, sobrepondo-se as grades de referência e da amostra não deformada e registrando-se o número total de franjas produzidas no campo.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

Um erro sistemático importante, a ser considerado, é aquele obtido supondo-se um par de grades casado e negligenciado-se o mau casamento. Assim, um mau casamento de 0,1% mostrará uma grande deformação com valor igual a 0,001. A preocupação que se deve ter na análise por Moiré, para toda variação no *pitch*, é a de anotar-se qualquer franja inicial antes do carregamento e subtrair este deslocamento e deformação fictícios. Esta mesma recomendação é feita para variação local no *pitch*. Contudo, a variação pode não ser suficiente para produzir franjas numa região particular do campo.

Estima-se que a distância entre as linhas pode variar de $\pm 1/10$ da distância entre os espaços, tal que o erro no *pitch* de uma grade de 1000 linhas/mm será da ordem de $\pm 0,00001$ mm.

Sobre um comprimento base de 0,03mm este erro no *pitch* produzirá uma deformação fictícia da ordem de

$$\varepsilon = \pm \frac{0,00001}{0,03} = \pm 0,0003 .$$

2.6.5.3 Erro na deformação média

A deformação avaliada usando o deslocamento total entre duas franjas é a deformação média sobre o comprimento base.

Deste ponto de vista, quanto mais próximas as franjas, mais precisa é a determinação da deformação, até que estas fiquem tão próximas que para estimar-se 1/10 da franja torna-se difícil.

Na Figura 24, apresenta-se o comportamento da medida da deformação $\varepsilon = \frac{P}{s}$ com o espaçamento entre franjas (*s*) usando-se *p* (*pitch*) como parâmetro.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

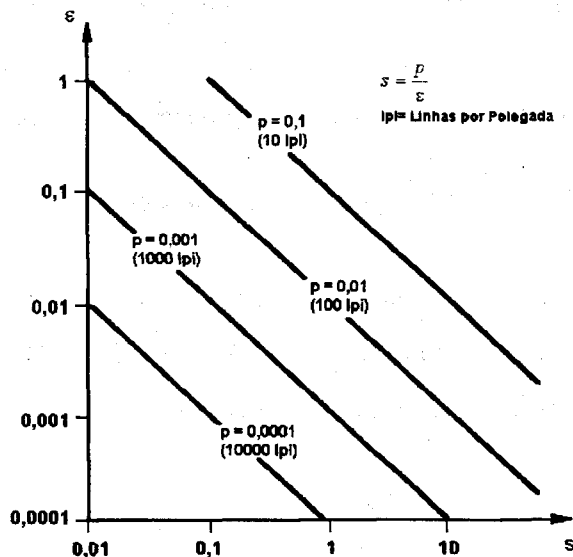


Figura 24 - Relação entre o espaçamento entre franjas e a deformação (ZANDMAN, 1965).

2.7 Fotografias de grades e franjas

2.7.1 Posição da grade de referência

A orientação da grade de referência usada para produzir um padrão de Moiré pode ter várias posições em relação à grade no corpo-de-prova. Nos subitens seguintes são apresentados exemplos extraídos da referência (OSTER, 1964).

2.7.1.1 Grades de referência e do corpo-de-prova uma em contato com a outra

O método mais usado para obter o registro de franjas de Moiré é fotografar a grade de referência e a grade do corpo-de-prova, uma em contato com a outra. As franjas são visíveis a olho nu e podem ser fotografadas facilmente. Grades com alta densidade não são visíveis na fotografia.

Para usar esta técnica, os espaços da grade de referência devem ser transparentes. A grade de referência pode ser rígida (usualmente impressa em vidro ou plexiglas) ou flexível, quando impressa num filme fotográfico.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

Normalmente, há vantagem no uso de uma grade de referência flexível, fazendo-a aderir à superfície do corpo-de-prova por meio de uma camada fina de óleo de parafina. Isto permite a utilização da técnica de Moiré em superfícies que não são absolutamente planas.

2.7.1.2 Grade de referência sobre vidro opaco da câmara

A grade de referência pode ficar localizada no vidro opaco da câmara. A imagem da grade no corpo-de-prova produz então padrões de Moiré com a grade de referência. Este método não requer que a referência seja deixado em contato com o corpo-de-prova, o que pode ser uma vantagem em estudos onde a temperatura é elevada. A posição da grade de referência, contudo, é crítica e os erros associados com o mau alinhamento devem ser considerados. Esta técnica é útil quando as franjas são desalinhadas para aumentar a qualidade da resposta. Este, é um dos métodos usados para aplicações tridimensionais, quando a grade é embutida dentro de um corpo transparente.

2.8 Áreas de aplicação

A técnica de Moiré apresenta grandes vantagens na medição de deslocamentos e deformações de grandes superfícies, em aplicações com temperaturas extremamente baixas ou em altas temperaturas e em problemas dinâmicos, a custo relativamente baixo quando comparado com outras técnicas. Assim, pode-se utilizá-la na medição de deformação em processos de soldagem e em outros processos que apresentam tensões térmicas, na medição de grandes deformações elásticas e plásticas, para testes de materiais no âmbito da mecânica de fratura, na determinação do COD (deslocamento da abertura da trinca) em dobramento e propagação de trincas e ainda para estabelecer propriedades de materiais, onde são necessárias medições estáveis a longo prazo.

3 METODOLOGIA E MATERIAIS

3.1 Metodologia

Ao iniciar-se este trabalho, partiu-se para a pesquisa de imagens de qualidade, obtidas em ensaios realizados por outros pesquisadores, onde houvesse acesso a todos os parâmetros necessários para o cálculo de deformação com o algoritmo desenvolvido.

Foram obtidos os resultados de dois ensaios: sendo um com um disco de borracha que sofreu um esforço de compressão e onde foram utilizadas grades com 300 linhas por polegada e outro, um anel de epóxi também com esforço de compressão, com grades de 1000 linhas por polegada (DURELLI, 1970). As imagens obtidas nestes ensaios são constituídas por: uma imagem do campo de linhas isotéticas u e outra do campo de linhas isotéticas v .

As imagens originais dos campos u e v possuem a mesma dimensão, bem como o mesmo referencial. Ao utilizar-se imagens extraídas de um documento técnico, depara-se com imagens com dimensões diferentes e seu referencial torna-se indeterminado.

Uma vez que os campos u e v são componentes do deslocamento nas direções X e Y respectivamente, as imagens dos campos u e v devem ter a mesma dimensão e o mesmo referencial para que os pontos de uma possam ser referenciados a outra. A fim de obter-se imagens com as mesmas dimensões e com o mesmo referencial, as imagens obtidas da referência (DURELLI, 1970) foram ampliadas em computador, para as dimensões originais do corpo-de-prova e então superpostas, até que um referencial único fosse atingido. Este referencial foi então marcado como a origem dos eixos cartesianos X e Y para determinação das deformações nas direções X e Y. Para isto, foram utilizados os programas de captura e edição de figuras: Global Lab (DATA TRANSLATION, 1996), Paint Shop e Photo Editor.

As imagens dos campos u e v foram, então, tratadas pelo programa Global Lab para que fosse acentuada sua nitidez e contraste. Os pontos onde se pretendia avaliar os valores de deformação foram realçados, a fim de se garantir o correto posicionamento destes e poder-se comparar os valores calculados manualmente com os calculados pelo algoritmo desenvolvido.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Foram feitas, então, cópias impressas destas imagens, de modo a calcular-se manualmente, através do método das derivadas dos deslocamentos, a deformação nos pontos selecionados.

Foi dado início ao processamento das imagens digitais dos campos u e v . Em primeiro lugar, foi utilizado o programa Fotofran (SOARES, 1997) através do qual foram realizados a esqueletonização, o afinamento e a rotulação das franjas de Moiré, obtendo-se um arquivo em formato texto, contendo a identificação de cada franja e as coordenadas de seus pontos.

Em segundo lugar, foi utilizada uma macro desenvolvida pelo autor em Excel que executa o algoritmo de cálculo da deformação ponto a ponto. Na Figura 25, mostra-se a síntese do fluxograma utilizado.

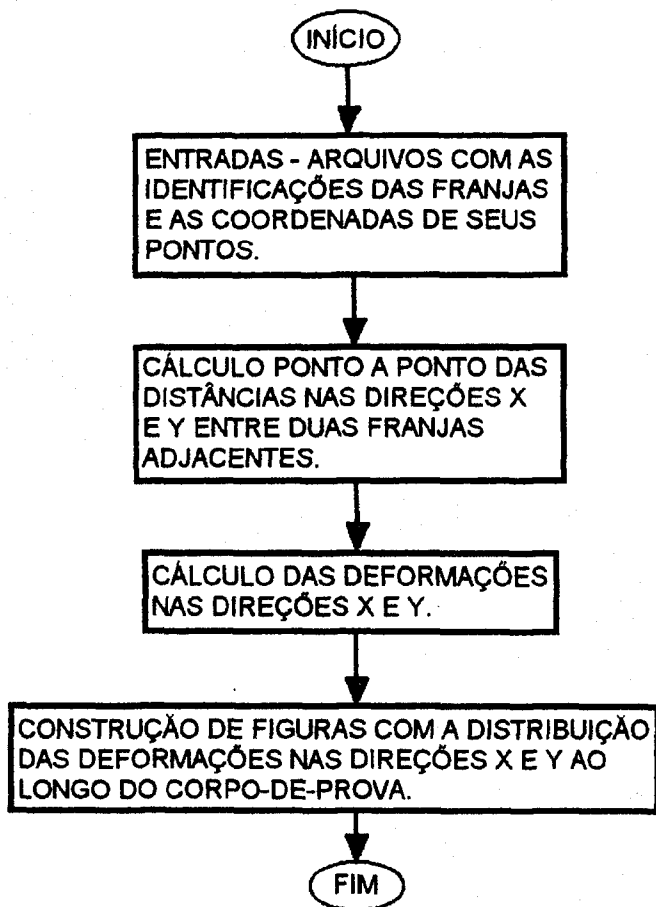


Figura 25 – Fluxograma do algoritmo para cálculo de deformações nas direções X e Y.

A listagem completa da macro para cálculo da deformação encontra-se no Anexo 3.

3.2 Anel de epóxi

No ensaio(DURELLI, 1970), foi utilizado um anel circular de epóxi, com diâmetro externo de 292,1 mm, diâmetro interno de 190,5 mm e espessura de 19,05 mm, com uma grade de 39,37 linhas/mm (1000 linhas por polegada) impressa em sua superfície. O material do anel tem módulo de elasticidade de 33.600 kgf/cm² e coeficiente de poisson igual a 0,385. Uma grade de 39,37 linhas/mm, em filme, foi utilizada como grade de referência.

O anel foi submetido a uma compressão diametral na direção Y, com as linhas das grades orientadas na direção vertical, obtendo-se a imagem das curvas isotéticas do campo u mostrada na Figura 26. O anel foi então descarregado. Este e a grade de referência foram girados de 90°, de forma que as linhas das grades fossem orientadas na direção horizontal e novamente submetido a mesma compressão diametral, obtendo-se as curvas isotéticas do campo v , mostradas na Figura 27.

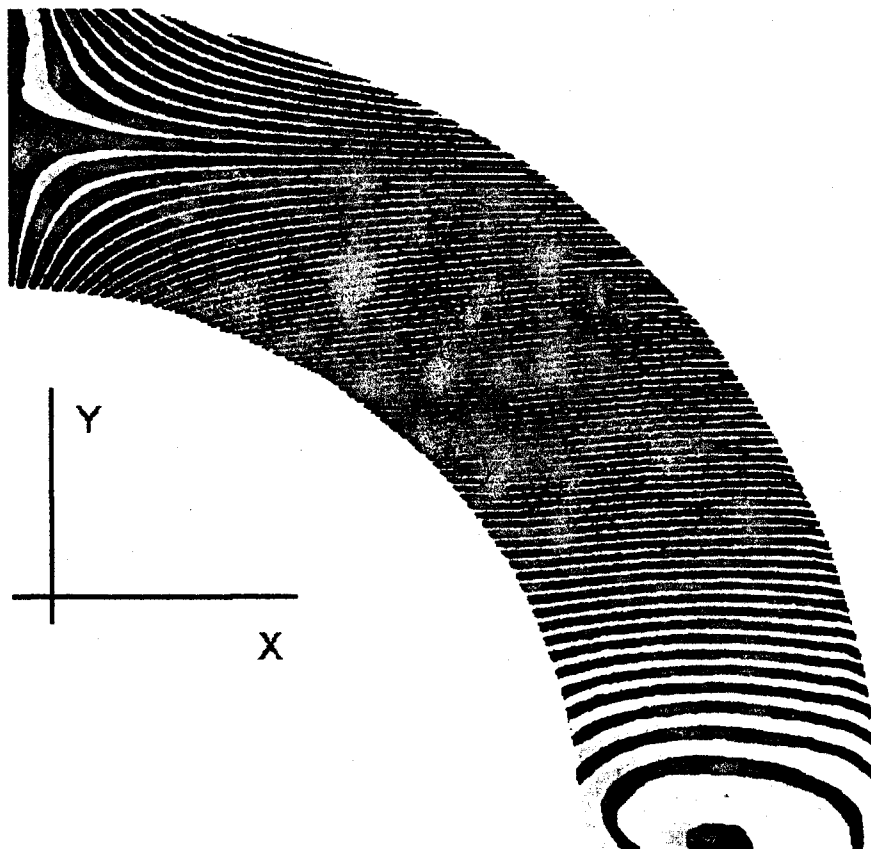


Figura 26 - Curvas isotéticas do campo u de um anel de epóxi submetido a compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).

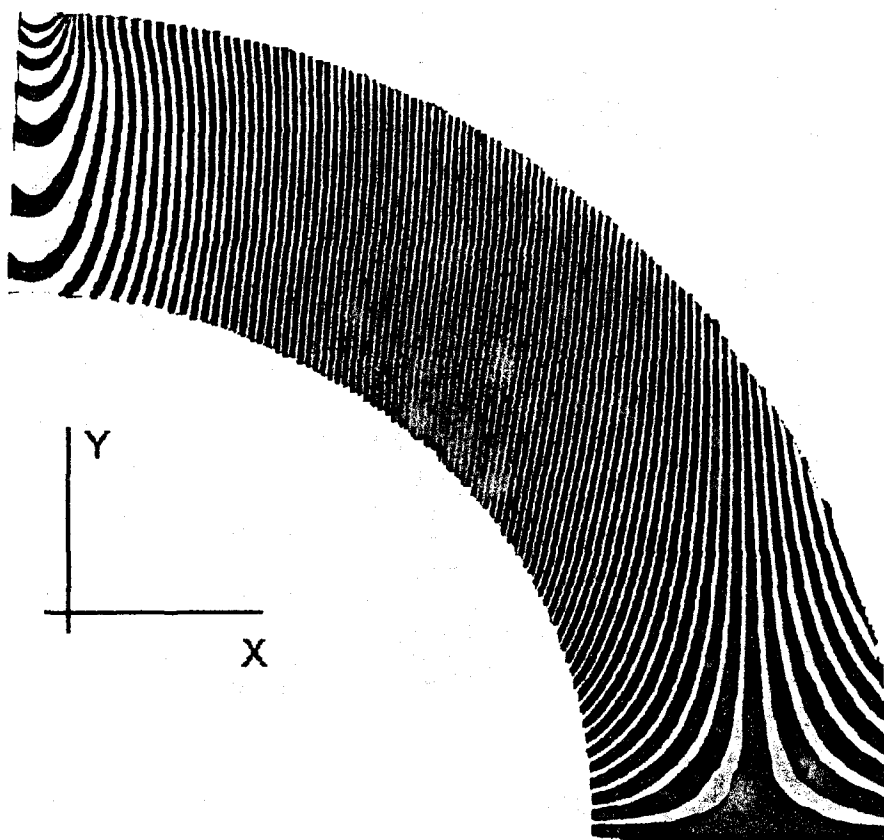


Figura 27 - Curvas isotéticas do campo v de um anel de epóxi submetido a compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).

3.3 Disco de borracha

No ensaio (DURELLI, 1970), foi utilizado um disco de borracha uretano (Hysol 8705), com diâmetro externo de 101,6 mm, espessura de 12,7 mm, com uma grade de 11,81 linhas/mm (300 linhas por polegada) gravada em sua superfície. Uma grade de 39,37 linhas/mm em filme, foi utilizada como grade de referência.

O disco foi submetido a compressão diametral na direção Y, com as linhas das grades orientadas na direção vertical, obtendo-se as curvas isotéticas do campo u mostrado na Figura 28. O disco foi, então, descarregado. Este e a grade de referência foram girados de 90° , de forma que as linhas das grades fossem orientadas na direção horizontal e novamente submetido a mesma compressão diametral, obtendo-se as curvas isotéticas do campo v mostradas na Figura 29.

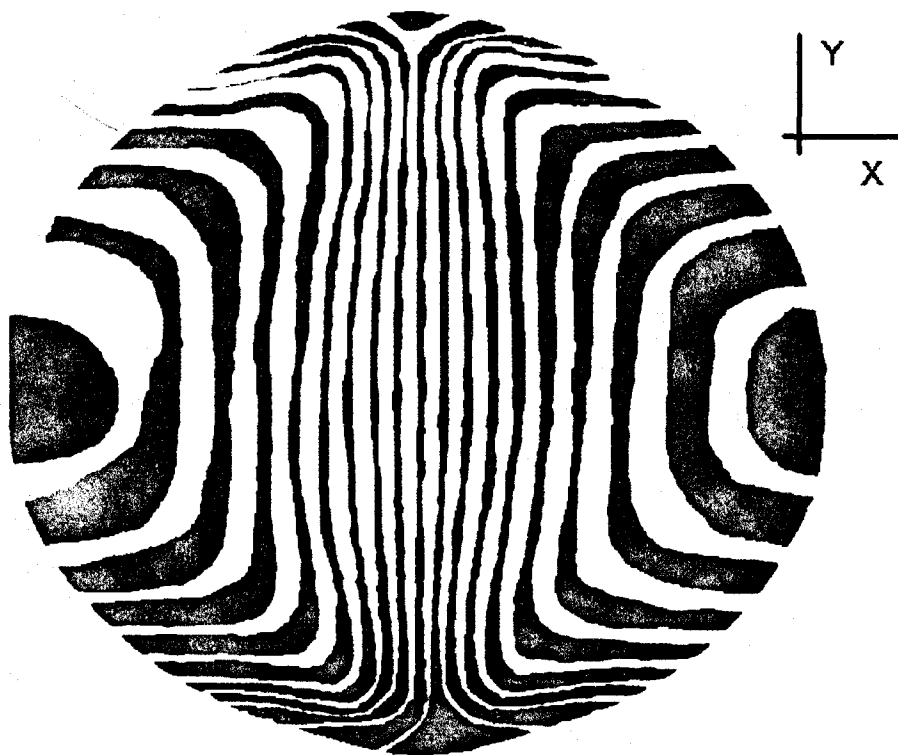


Figura 28 - Curvas isotéticas do campo u de um disco de borracha submetido a compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).

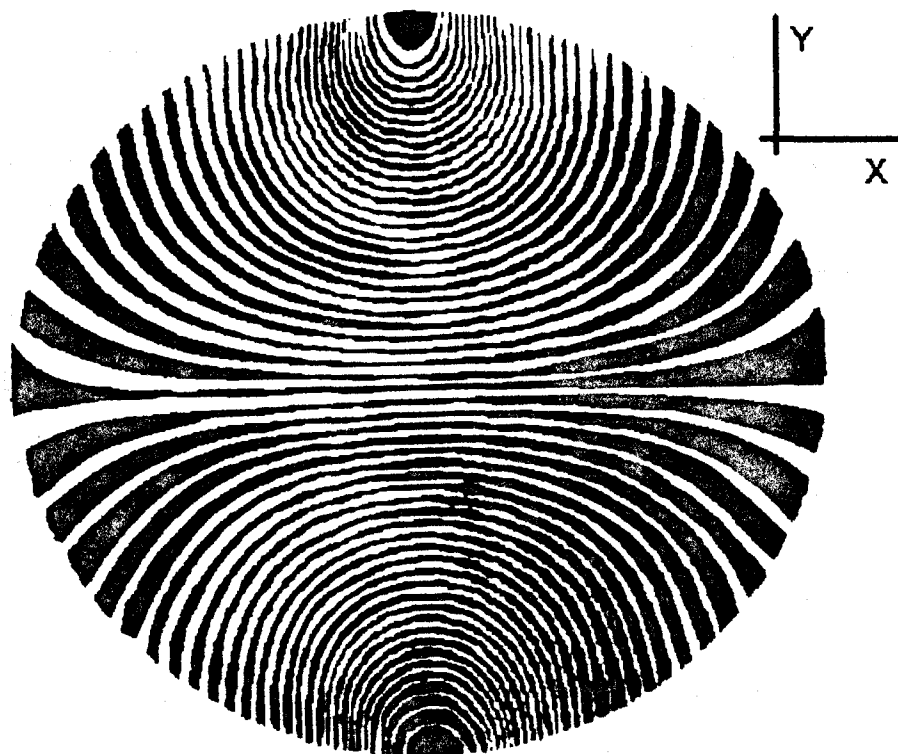


Figura 29 - Curvas isotéticas do campo v de um disco de borracha submetido a compressão diametral na direção Y (DURELLI, 1970).

3.4 Cálculo manual de deformações

Para elaboração do cálculo manual foram seguidos os passos indicados nos subitens seguintes.

3.4.1 Cálculo da deformação na direção X

- Localizar o ponto a ser avaliado sobre a imagem do campo u .
- Traçar duas linhas retas através deste ponto e paralelas aos eixos X e Y, respectivamente.
- Traçar curva de deslocamento da ordem de franjas versus posição, ao longo do eixo X, como explicado abaixo.
 - Traçar um sistema de eixos cartesianos onde na ordenada tem-se o número de franjas e o deslocamento da ordem de franjas, a partir da franja zero, e na abcissa tem-se o comprimento do disco na direção X.
 - Traçar paralelas à ordenada passando pelo centro das franjas.
 - Traçar linhas paralelas à abcissa, interceptando as linhas traçadas anteriormente nas respectivas ordens de franjas.
 - Traçar curva ligando a interseção das duas linhas traçadas anteriormente.
- Tomar os valores da ordenada (deslocamento da ordem de franjas) e da abcissa (posição sobre o disco na direção X) para duas franjas adjacentes ao ponto em estudo.
- O valor da ordenada da franja anterior ao ponto é chamado de U_1 e o valor da abcissa desta franja X_1 .
- O valor da ordenada da franja posterior ao ponto é chamado de U_2 e o valor da abcissa desta franja X_2 .
- Tem-se: $\Delta U = U_2 - U_1$ e $\Delta X = X_2 - X_1$.
- A deformação na direção X é $\varepsilon_x = \frac{\Delta U}{\Delta X}$

3.4.2 Cálculo da deformação na direção Y

- Localizar sobre a imagem do campo v o ponto a ser avaliado.
- Traçar duas linhas retas através deste ponto e paralelas aos eixos X e Y, respectivamente.
- Traçar curva de deslocamento da ordem de franjas versus posição, ao longo do eixo Y, como explicado abaixo.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

- Traçar um sistema de eixos cartesianos, onde na abcissa tem-se o número de franjas e o deslocamento da ordem de franjas, a partir da franja zero, e na ordenada tem-se o comprimento do disco na direção Y.
- Traçar paralelas à abcissa passando pelo centro das franjas.
- Traçar linhas paralelas à ordenada, interceptando as linhas traçadas anteriormente nas respectivas ordens de franjas.
- Traçar curva ligando a interseção das duas linhas traçadas anteriormente.
- Tomar os valores da abcissa (deslocamento da ordem de franjas) e da ordenada (posição sobre o disco na direção Y) para duas franjas adjacentes ao ponto em estudo.
- O valor da abcissa da franja anterior ao ponto é chamado de V_1 e o valor da ordenada desta franja Y_1 .
- O valor da abcissa da franja posterior ao ponto é chamado de V_2 e o valor da ordenada desta franja Y_2 .
- Tem-se: $\Delta V = V_2 - V_1$ e $\Delta Y = Y_2 - Y_1$.
- A deformação na direção Y é $\varepsilon_y = \frac{\Delta V}{\Delta Y}$

3.5 Programa de computador

O processamento das franjas de Moiré foi dividido em três etapas. Sendo utilizado vários programas, um em cada etapa do processamento. A seguir descreve-se cada etapa.

3.5.1 Aquisição da imagem

Na aquisição da imagem foi utilizado o programa Global Lab da empresa DATA TRANSLATION (1996). Este programa permite a visualização, em tempo real, da imagem adquirida pela câmera de vídeo e a digitalização pela placa DT3152. Desta forma, pode-se fazer a focalização e ampliação adequada das imagens. Pode-se, ainda, ajustar brilho e contraste de forma a obter-se uma imagem a mais nítida possível. Este programa permite, ainda, melhorar a qualidade da imagem através de filtros e efeitos especiais.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

São efetuadas duas aquisições de imagem, uma com o padrão u e outra com o padrão v . Estas imagens devem estar na mesma posição, para que o ponto de referência seja o mesmo no processamento.

Mostra-se esta etapa nas Figuras 30 e 31.

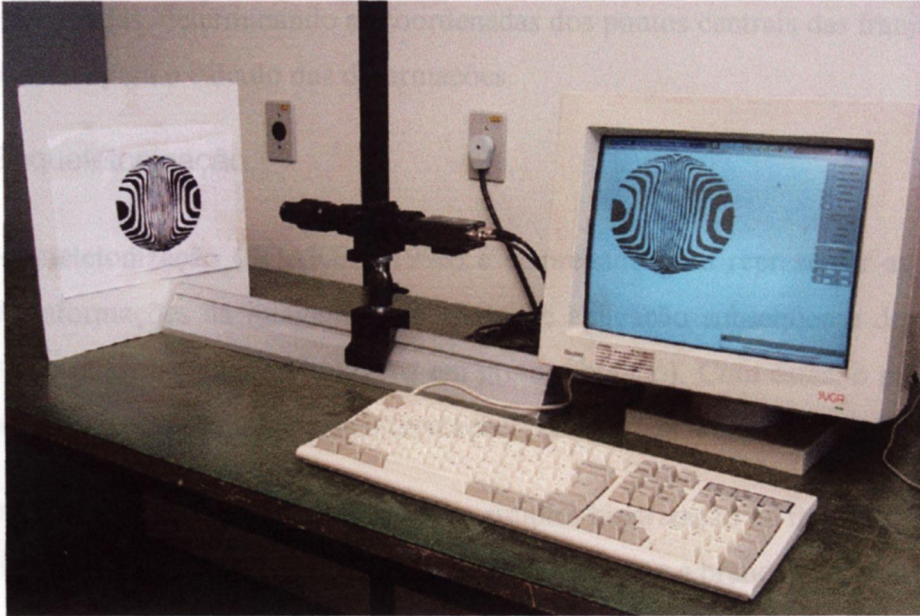


Figura 30 – Aquisição de imagem de um disco com o padrão de franjas u .

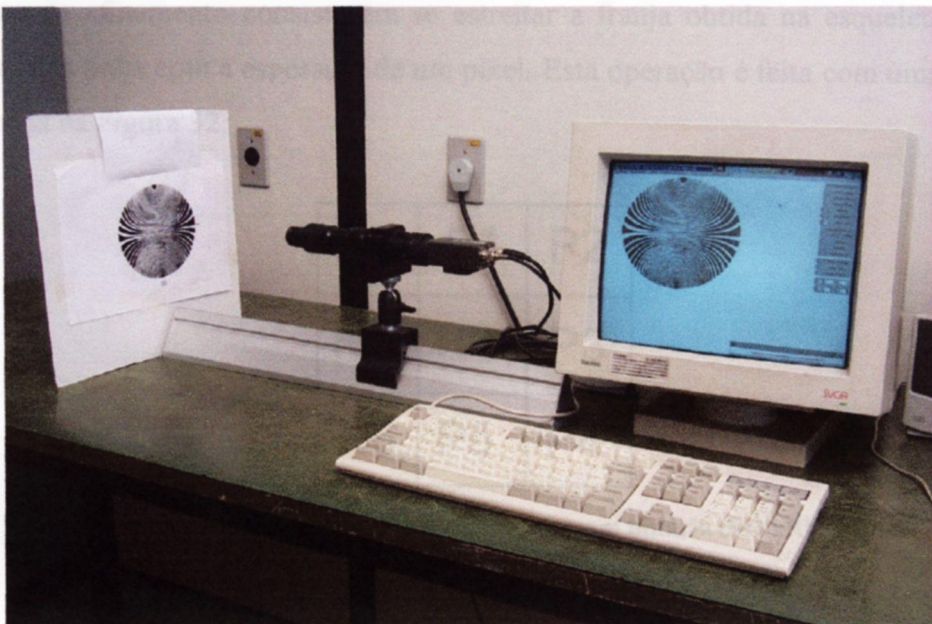


Figura 31 – Aquisição de imagem de um disco com o padrão de franjas v .

3.5.2 Processamento da imagem

Na etapa de processamento da imagem, é utilizado o programa Fotofran (SOARES, 1996), desenvolvido em linguagem C, para fotoelasticidade e perfeitamente utilizável para franjas de Moiré. Este programa é responsável pela execução da esqueletonização, do afinamento e da rotulação das franjas, determinando as coordenadas dos pontos centrais das franjas, que são os dados de entrada para o cálculo das deformações.

3.5.2.1 Esqueletonização

O termo esqueletonização (SOARES, 1996) é empregado para representar as operações de redução de informações da imagem, para efeito de aplicação subsequente de algoritmos de afinamento de imagens binárias (imagens em preto e branco). Com estes, o processamento é feito sobre uma quantidade menor de informações, comparada à imagem original.

A esqueletonização pode ser feita por meio da simples binarização da imagem, com base num nível de cinza selecionado, obtendo-se uma imagem em preto e branco com bordas grossas.

3.5.2.2 Afinamento

A operação de afinamento consiste em se estreitar a franja obtida na esqueletonização até reduzi-la a uma linha com a espessura de um pixel. Esta operação é feita com uma máscara de 3x3, ilustrada na Figura 32.

P8	P1	P2
P7	P0	P3
P6	P5	P4

Figura 32 – Máscara 3x3 para afinamento de imagem binária (SOARES, 1996).

Seja $NZ(P_0)$ o número de vizinhos não nulos de P_0 , com base na máscara da Figura 32, ao se ler valores dos níveis de cinza na imagem. Seja $Z_0(P_0)$ o número de transições 0-1 na seqüência ordenada $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_1$. O pixel P_0 é removido do esqueleto se

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

as condições (a), (b), (c) forem satisfeitas, sendo as operações repetidas até que não ocorra mais nenhuma mudança na imagem.

$$2 \leq NZ(P0) \leq 6 \text{ E } Z0(P0) = 1 \quad (a)$$

$$P1 \cdot P3 \cdot P7 = 0 \text{ OU } Z0(P1) \neq 1 \quad (b)$$

$$P1 \cdot P3 \cdot P5 = 0 \text{ OU } Z0(P3) \neq 1 \quad (c)$$

3.5.2.3 Rotulação

A rotulação consiste em se identificar as coordenadas de cada ponto de uma determinada linha e marcá-la com uma numeração conforme sua posição na imagem adquirida. Esta marcação determina que esta linha corresponde à franja de mesma numeração na imagem. Estas coordenadas são guardadas em arquivo texto para serem utilizadas no cálculo das deformações.

3.5.3 Cálculo de deformações com o algoritmo

Nesta etapa, foi utilizado o programa Excel da empresa MICROSOFT (1997). Este programa executa uma série de rotinas baseadas na teoria mostrada no capítulo 2, apresentando em forma gráfica os valores de deformação ε_x na direção X e deformação ε_y na direção Y.

Para o cálculo das deformações principais, é necessário identificar o sinal dos valores de deformação nas direções X e Y. O processo de identificação é bastante complexo e, nesta versão do programa, ainda não está disponível.

A deformação definida por Euler para a técnica de Moiré é dada por

$$E^E = \frac{p}{s}, \quad (45)$$

onde p é o “pitch” da grade (distância entre os centros de duas linhas escuras adjacentes) e s é distância entre duas franjas adjacentes ao ponto avaliado, na direção que se deseja a deformação. p é dado por

$$p = \frac{1}{LP} \quad (46)$$

onde LP é a densidade de linhas das grades de referência e do corpo-de-prova .

Para converter-se a deformação de Euler para a deformação de Lagrange, utiliza-se a Equação(47).

$$E^L = \frac{E^E}{1 - E^E} \quad (47)$$

A macro desenvolvida em Excel lê os arquivos textos gerados pelo programa Fotofran e, a partir destes, cria planilhas de dados, uma contendo as coordenadas dos pontos do contorno do corpo-de-prova, outra contendo as coordenadas dos pontos das franjas do campo u e uma terceira contendo as coordenadas dos pontos das franjas do campo v .

A partir da planilha contendo os pontos do contorno do corpo-de-prova, são determinados os limites de varredura para os valores das coordenadas X e Y dos pontos pertencentes ao corpo-de-prova. Através da varredura em X e Y dos pontos dentro dos limites definidos anteriormente na planilha contendo as coordenadas dos pontos das franjas do campo u , a macro determina, ponto a ponto, a distância entre um ponto de uma determinada franja e o ponto nas direções X e Y da franja subsequente. Com o valor da distância obtido anteriormente e as equações (45), (46) e (47), obtém-se os valores para cada ponto da deformação nas direções X e Y. Estes valores são colocados em duas planilhas, sendo uma para deformação na direção X e outra para deformação na direção Y. Finalmente, é traçado um gráfico com a distribuição por faixas dos valores de deformação para X e outro para Y. O fluxograma desenvolvido para a macro é mostrado na Figura 33. ©

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

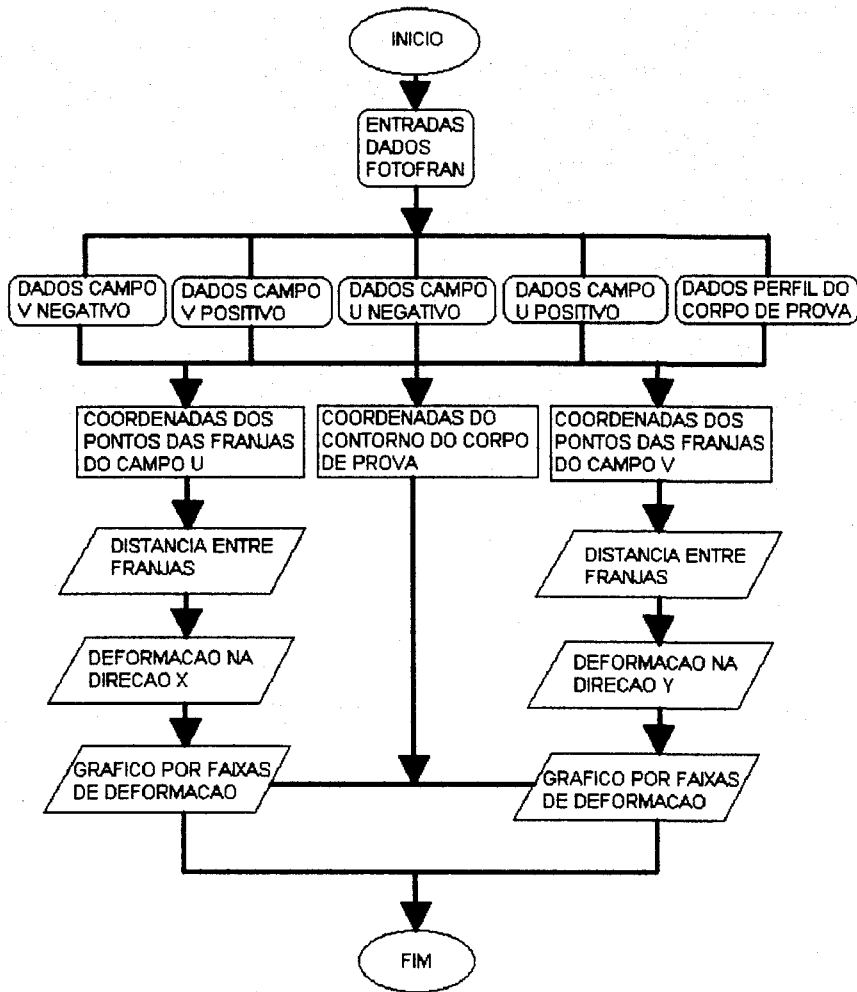


Figura 33 – Fluxograma correspondente ao algoritmo da macro do Excel para cálculo de deformação nas direções X e Y.

3.6 Equipamentos

Os equipamentos de aquisição e processamento de franjas de Moiré são mostrados na Figura 34, onde pode-se observar as suas partes constituintes, descritas a seguir.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ



Figura 34 - Sistema de aquisição de imagem.

3.6.1 Sistema ótico

Função: Ampliação e focalização da imagem.

Fabricante: Navitar

Composto por:

Lente Zoom 6000, 12 mm.

Adaptador Padrão 0,5X.

Lente Auxiliar 0,25X.

Acoplador para montagem "C".

Faixa de ampliação: 0,5X a 4X

3.6.2 Câmera de vídeo

Função : Conversão da imagem em sinal elétrico.

Fabricante: Hitachi

Modelo: KP-M1U

Tipo: CCD.

Características:

Preto e Branco.

Dispositivo de Imagem:

Numero total de pixels EIA: 818(H) x 513(V)

Numero efetivo de pixels EIA: 768(H) x 493(V)

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Área de Imagem: 8,8 x 6,6 mm

Frequência de varredura horizontal EIA: 15.734 kHz

Frequência de varredura vertical EIA: 59,94 Hz

Saída de Vídeo: 1,0 Vp-p, 75 ohms, não balanceado

Vídeo: 0,7 Vp-p

Sincronismo: 0,3 Vp-p, negativo

3.6.3 Placa digitalizadora

Função: Conversão do sinal elétrico analógico em sinal digital e interface de comunicação com o microcomputador.

Fabricante: Data Translation.

Modelo: DT 3152.

Características:

Interface de barramento PCI.

Digitaliza e sincroniza vídeo monocromático de 8 bits.

Transfere imagem em tempo real para a memória do computador.

Entradas de sincronismo vertical e horizontal separadas.

Nível de branco e preto programável.

Ganho programável para 0,5; 1; 2 e 4.

Formatos de Vídeo:

RS-170, NTSC, CCIR e PAL.

3.6.4 Microcomputador

Função: Processamento da imagem e cálculo de deformações, apresentação de resultados na forma gráfica e em tabelas, armazenamento de imagens e resultados em disco.

Fabricante: Fetech

Modelo: Pentium 200 MHz Intel.

Características:

Memória RAM 48 Mb.

Disco rígido 4,3 Gb.

Memória de vídeo 2Mb.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Acessórios:

Monitor de vídeo :

Fabricante: Samsung.

Modelo: SyncMaster 17Gli

Características :

Tamanho da diagonal: 17".

Tamanho do ponto: 0,28mm.

Resolução: Horizontal 1024 Pixels.

 Vertical 768 Pixels.

Impressora Jato de Tinta :

Fabricante: Hewlett Packard.

Modelo: Deskjet 680C.

Resolução : 300 DPI.

Scanner :

Fabricante: Genius

Modelo: Color Page – CS

Características :

Resolução : 300 DPI.

Modo de varredura : Escala de Cinza : 8 bit

3.6.5 Sistema de posicionamento

Função: Posicionamento correto da câmera e do sistema ótico (Figura 35).

Composto por:

Trilho de Medição:

Comprimento 600 mm.

Perfil Padrão 60°.

Material alumínio adonizado.

Transportador deslizante:

Comprimento 90 mm.

Braço articulado.

Grampo de Fixação.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

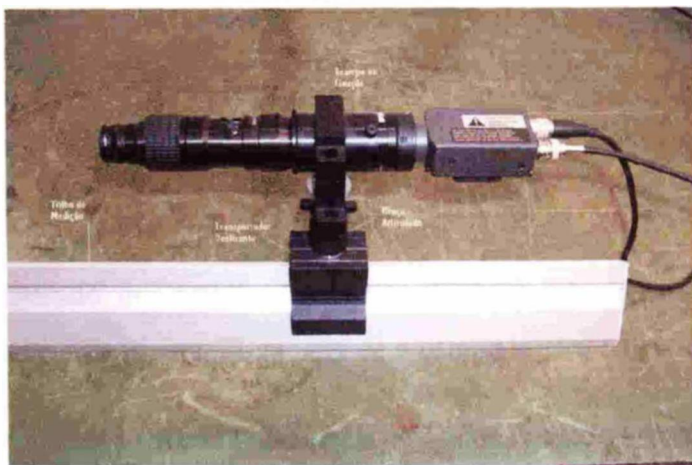


Figura 35 – Sistema de posicionamento.

4 RESULTADOS

4.1 Anel de epóxi submetido à compressão

Na Figura 36, é mostrado um padrão de franjas de Moiré (campo u) do anel de epóxi submetido à compressão. Na Figura 37, mostra-se o campo v para o mesmo anel.

A partir das franjas de Moiré apresentadas, serão calculadas as deformações de Lagrange no ponto A nas direções X e Y.

Características do corpo ensaiado:

$$E = 3.309,6 \text{ MPa}$$

$$\mu = 0,385$$

$$\text{Diâmetro externo} = 11,5 \text{ " } = 292,1 \text{ mm}$$

$$\text{Diâmetro interno} = 7,5 \text{ " } = 190,5 \text{ mm}$$

$$\text{Espessura} = 0,75 \text{ " } = 19,05 \text{ mm}$$

$$\text{"Pitch" das grades utilizadas: } 1000 \text{ linhas/polegada} = 39,37 \text{ linhas/milímetro}$$

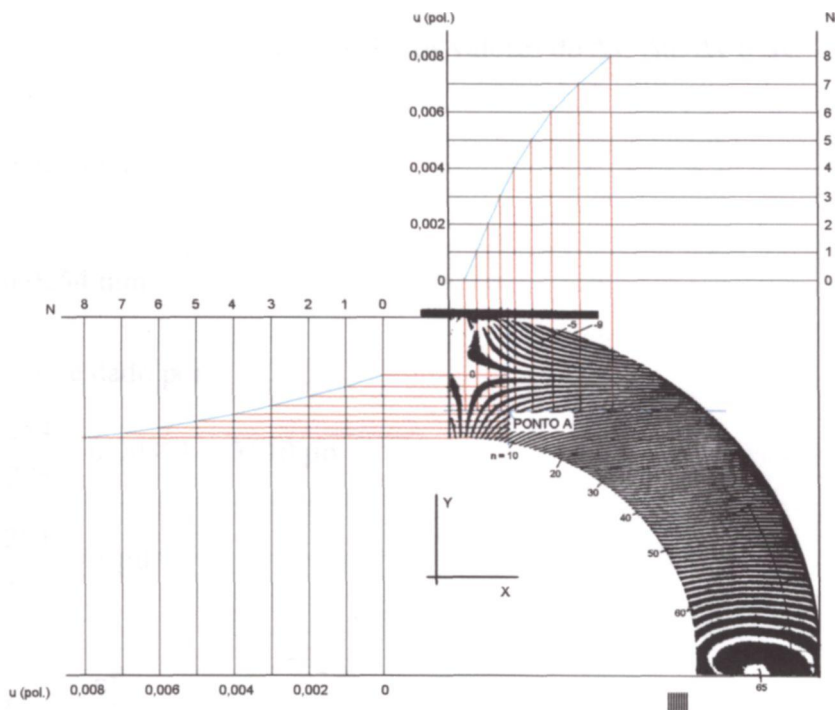


Figura 36 – Campo u do anel de epóxi sob compressão diametral.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

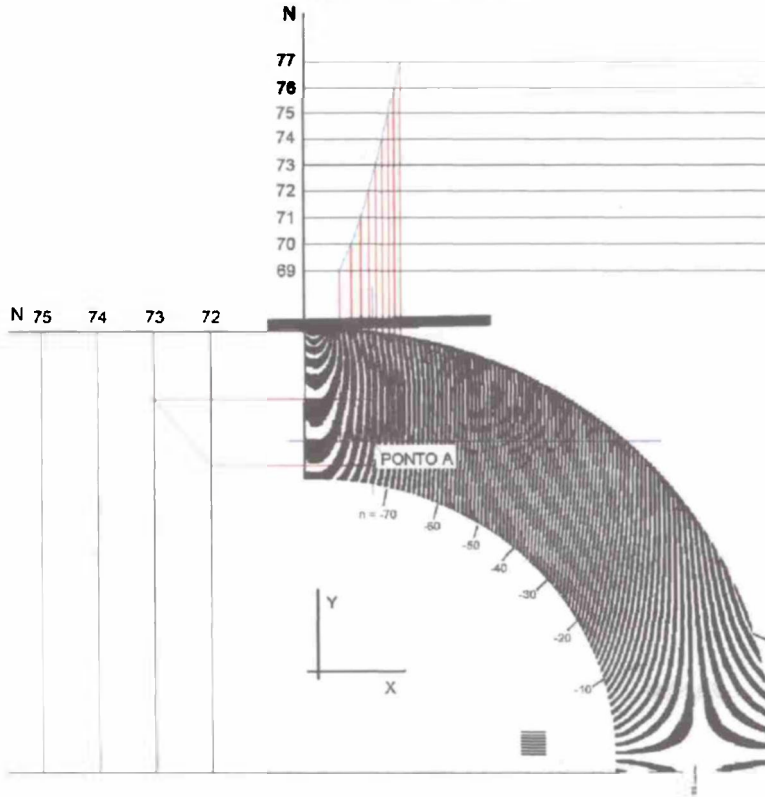


Figura 37 – Campo v do anel de epóxi sob compressão diametral.

Para realização dos cálculos manuais das deformações nas direções X e Y, obteve-se, geometricamente, a partir das Figuras 36 e 37, os valores de Δx , Δu , Δy e Δv :

$$\Delta x = 0,2846'' = 7,2288 \text{ mm}$$

$$\Delta u = 0,001'' = 0,0254 \text{ mm}$$

$$\Delta y = 0 \text{ mm}$$

$$\Delta v = 0,001'' = 0,0254 \text{ mm}$$

O calculo de ϵ_x e ϵ_y é dado por

$$\epsilon_x^E = \frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{0,0254}{7,2288} = 0,00351 = 3510 \mu d$$

$$\epsilon_y^E = \frac{\Delta v}{\Delta y} = \frac{0,0254}{0} = 0 \mu d$$

Sendo
$$\epsilon^L = \frac{\epsilon^E}{1 - \epsilon^E}$$

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Tem-se que

$$\varepsilon_x^L = \frac{\varepsilon_x^E}{1 - \varepsilon_x^E} = \frac{0,00351}{1 - 0,00351} = 0,00352 = 3520 \mu d$$

$$\varepsilon_y^L = \frac{\varepsilon_y^E}{1 - \varepsilon_y^E} = \frac{0}{1 - 0} = 0 \mu d$$

$$\varepsilon_x = 3.520 \mu d$$

$$\varepsilon_y = 0 \mu d$$

Valores obtidos com o algoritmo :

$$\varepsilon_x = 3.560 \mu d$$

$$\varepsilon_y = 0 \mu d$$

Diferença entre os valores calculados manualmente e os obtidos através do algoritmo.

$$\Delta \varepsilon_x = \frac{3560 - 3520}{3520} 100 = 1,14 \%$$

$$\Delta \varepsilon_y = 0 \%$$

Nas Tabelas 1 e 2, apresentadas no Anexo 1, tem-se os valores de deformação na direção X e Y e sua diferença para os pontos seleccionados, calculados manualmente e utilizando-se o algoritmo desenvolvido. As Figuras 38 e 40 mostram estes valores na forma de gráfico de barras. Nas Figuras 39 e 41 pode-se comparar a diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo desenvolvido em função da deformação.

Nas Figuras 42 e 43, mostra-se a distribuição de deformação nas direções X e Y, respectivamente, para o anel submetido à compressão. Pode-se observar que alguns pontos apresentam-se em branco, correspondendo a pontos onde não existe uma das franjas necessárias para o cálculo da deformação. O tratamento dos mesmos deverá ser feito como aprimoramento deste algoritmo, dando continuidade a este trabalho.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

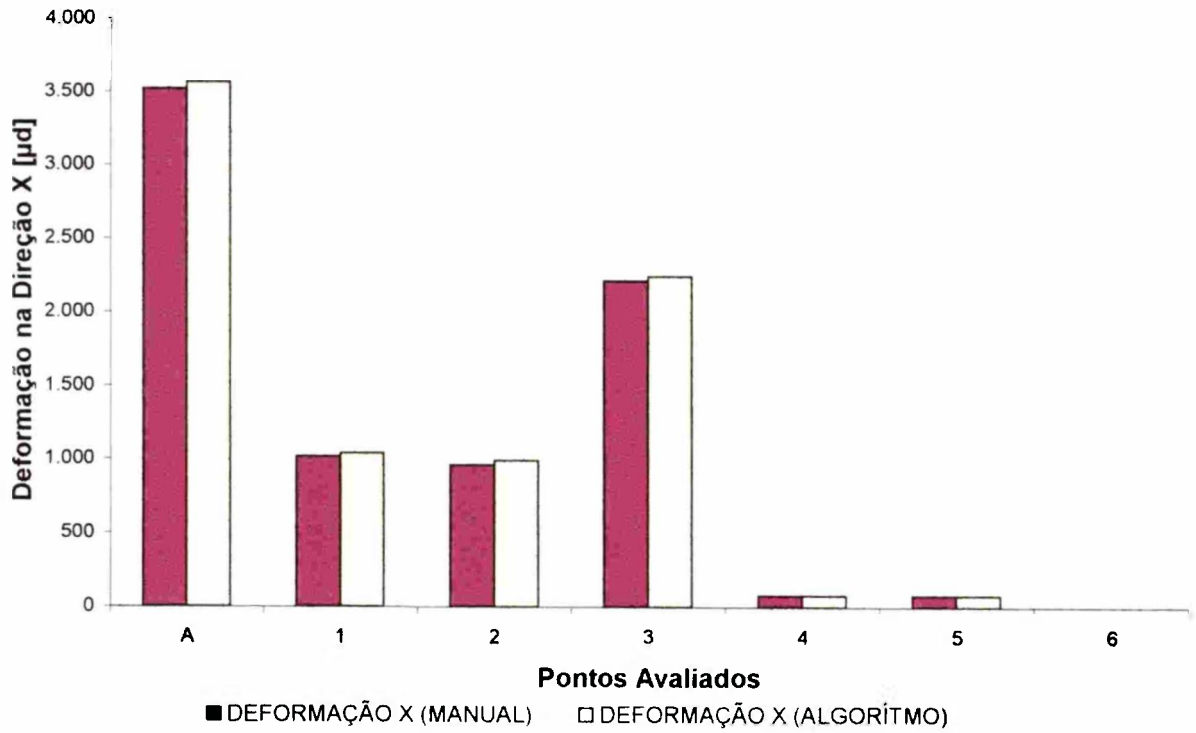


Figura 38 - Resultados de deformação do anel de epóxi nos pontos avaliados, na direção X.

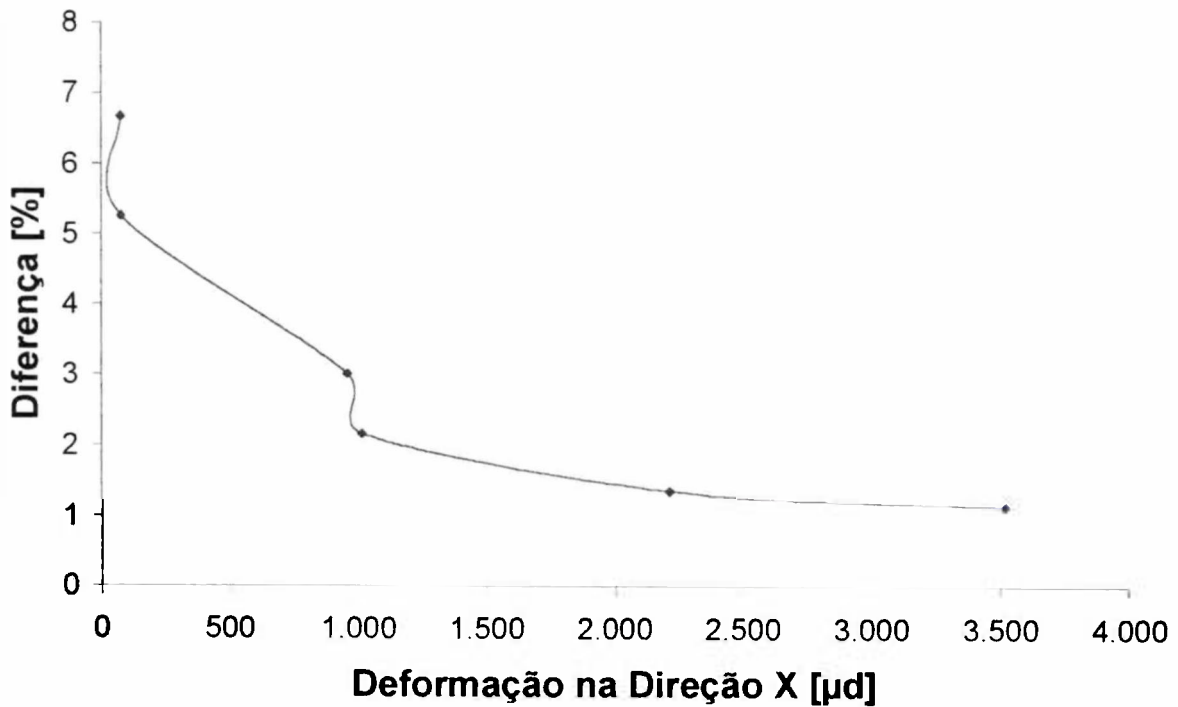


Figura 39 - Diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo em função da deformação, para o anel de epóxi.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

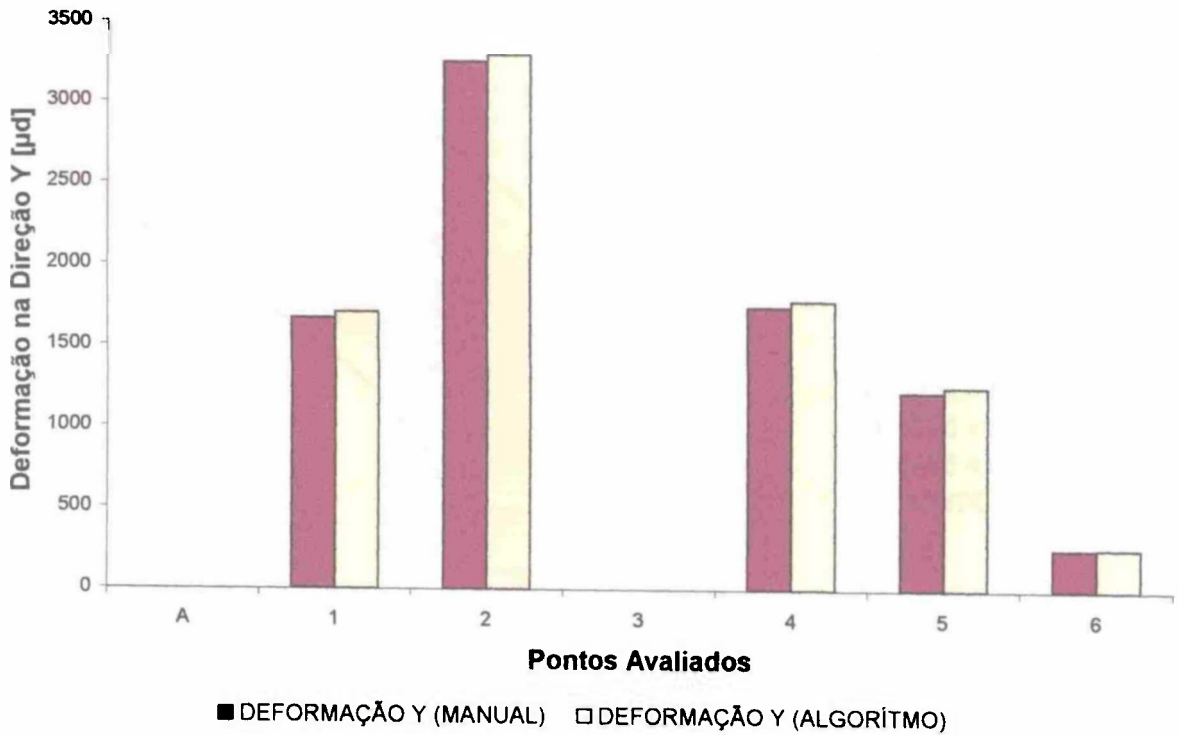


Figura 40 - Resultados de deformação do anel de epóxi nos pontos avaliados, na direção Y.

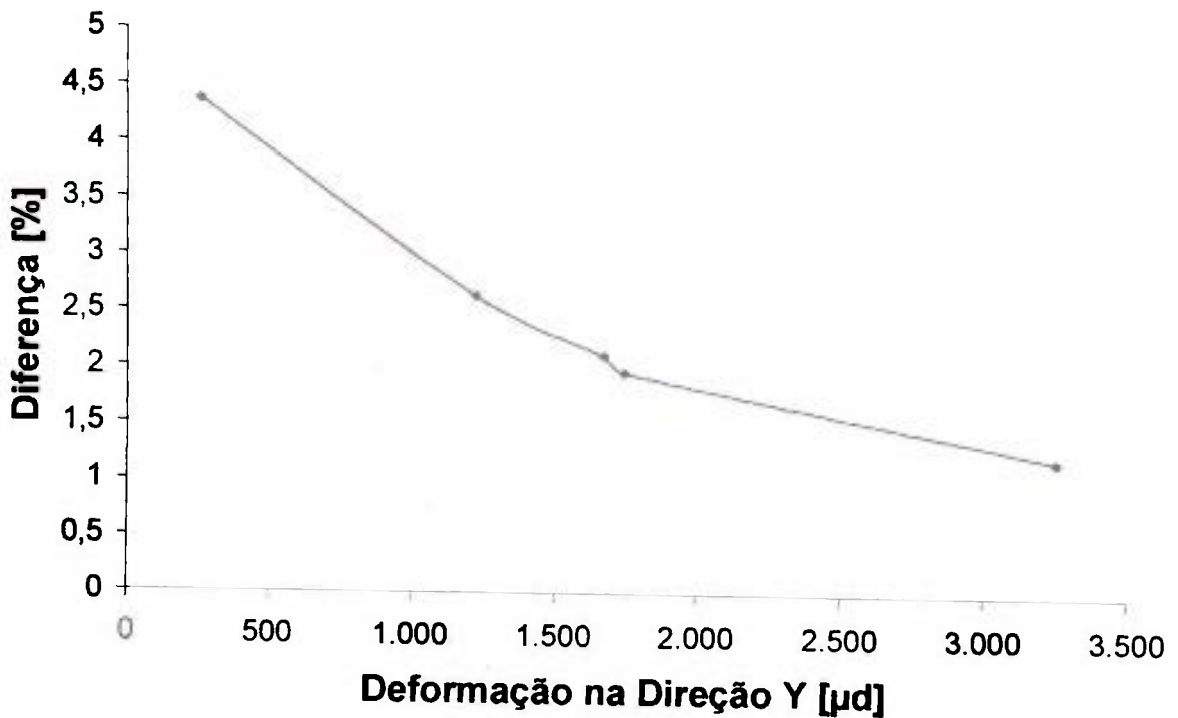


Figura 41 - Diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo em função da deformação, para o anel de epóxi.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

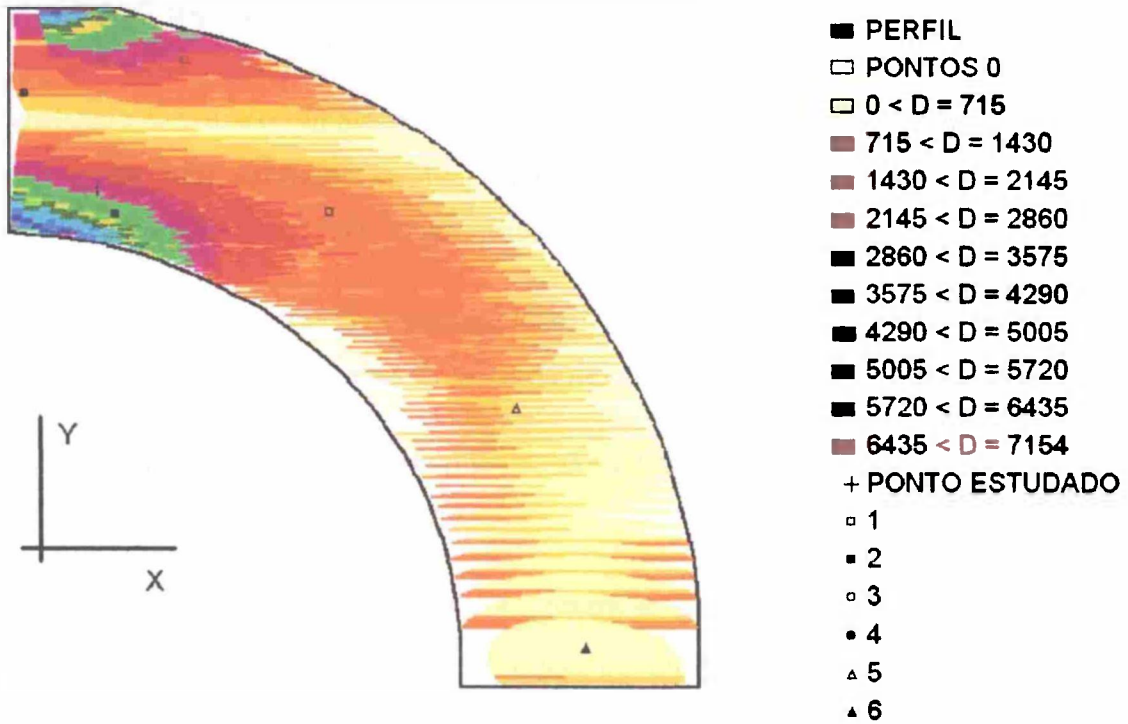


Figura 42 – Deformação, na direção X, do anel sob compressão na direção Y.

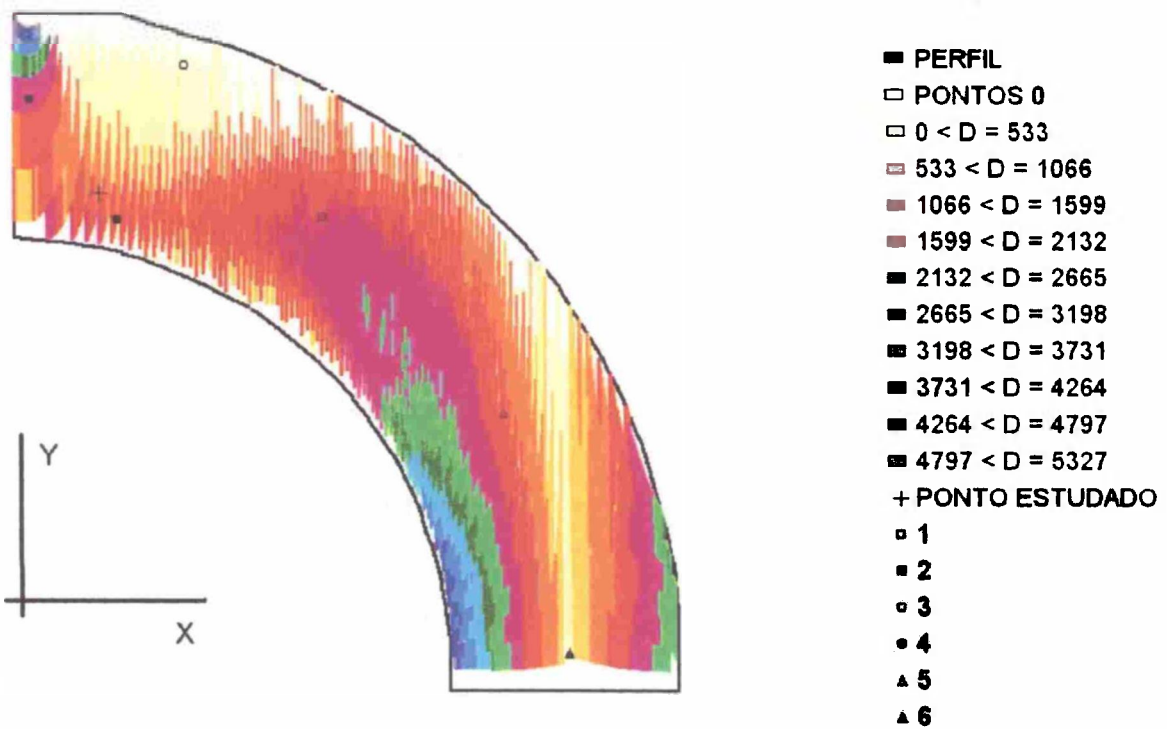


Figura 43 – Deformação, na direção Y, do anel sob compressão na direção Y.

4.2 Disco de borracha submetido à compressão

É analisado um disco submetido à compressão. Este disco é fabricado em borracha de uretano, com uma espessura de 12,7 mm (0,5") e diâmetro de 101,6 mm (4"). Nele foi aplicada uma grade com 11,81 linhas/milímetro (300 linhas/polegada).

O disco foi carregado através de placas planas, com as linhas da grade na mesma direção da carga (Figura 44) e com as linhas da grade na direção perpendicular à carga (Figura 45).

A partir das franjas de Moiré apresentadas, são calculadas as deformações de Lagrange, nas direções X e Y, para o ponto indicado.

Tomando-se como base as Figuras 44 e 45, obtém-se, geometricamente, os valores de Δx , Δu , Δy e Δv para o cálculo manual das deformações nas direções X e Y.

$$\Delta x = 0,116'' = 2,9464 \text{ mm}$$

$$\Delta u = 0,0033'' = 0,0838 \text{ mm}$$

$$\Delta y = 0,1589'' = 4,0361 \text{ mm}$$

$$\Delta v = -0,0067'' = -0,1702 \text{ mm}$$

O cálculo de ε_x e ε_y é dado por

$$\varepsilon_x^E = \frac{\Delta u}{\Delta x} = \frac{0,0838}{2,9464} = 0,0284 = 28400 \mu d$$

$$\varepsilon_y^E = \frac{\Delta v}{\Delta y} = \frac{-0,1702}{4,0361} = -0,0422 = 42200 \mu d$$

Uma vez que $\varepsilon^L = \frac{\varepsilon^E}{1 - \varepsilon^E}$, tem-se que

$$\varepsilon_x^L = \frac{0,0284}{1 - 0,0284} = 0,0292 = 29200 \mu d$$

$$\varepsilon_y^L = \frac{-0,0422}{1 + 0,0422} = -0,0405 = 40500 \mu d$$

$$\varepsilon_x = 29.200 \mu d$$

$$\varepsilon_y = -40.500 \mu d$$

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

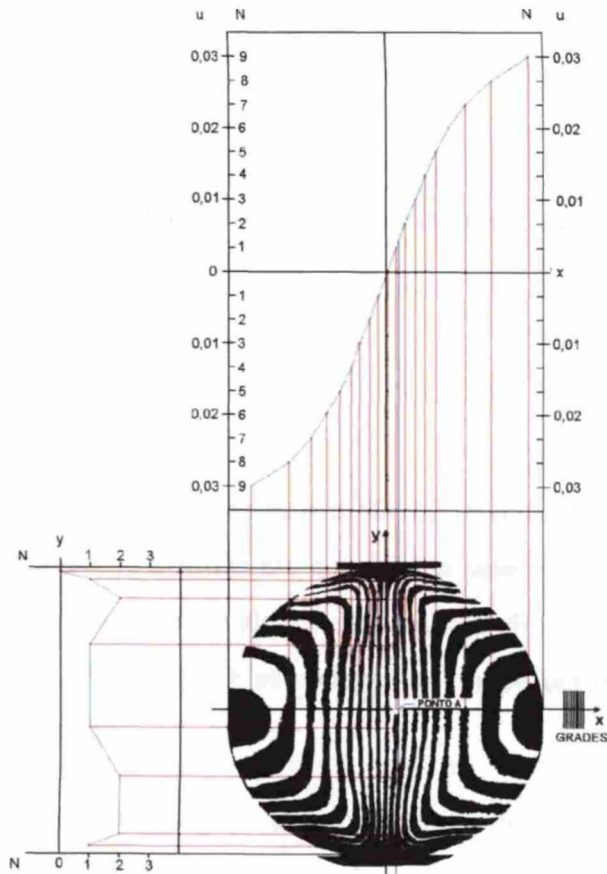


Figura 44 – Campo u do disco de borracha sob compressão diametral na direção Y.

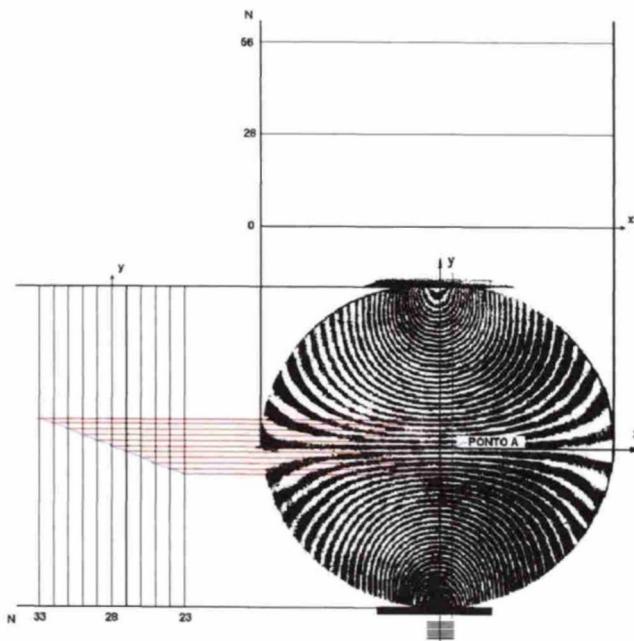


Figura 45 – Campo v do disco de borracha sob compressão diametral na direção Y.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Valores processados pelo algoritmo :

$$\epsilon_x = 30.580 \mu d$$

$$\epsilon_y = -42.439 \mu d$$

Diferença entre os valores calculados manualmente e os processados pelo algoritmo.

$$\Delta \epsilon_x = \frac{30580 - 29200}{29200} 100 = 4,73 \%$$

$$\Delta \epsilon_y = \frac{-42439 - (-40500)}{-40500} 100 = 4,79 \%$$

Nas Tabelas 3 e 4, do Anexo 2, tem-se os valores de deformação na direção X e Y para alguns pontos, calculados manualmente e utilizando o programa desenvolvido. Ainda nas Tabelas 3 e 4 apresenta-se a diferença entre estes valores. Nas Figuras 46 e 48, tem-se estes valores em um gráfico e nas Figuras 47 e 49 pode-se observar o comportamento da diferença entre os dois valores com a deformação.

Nas Figuras 50 e 51 são apresentadas as distribuições de deformações nas direções X e Y, respectivamente, do disco submetido à compressão conforme apresentado anteriormente neste trabalho. Nestas figuras, pode-se observar também a existência de pontos em branco, os quais não foram calculados pelo mesmo motivo justificado para o anel.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

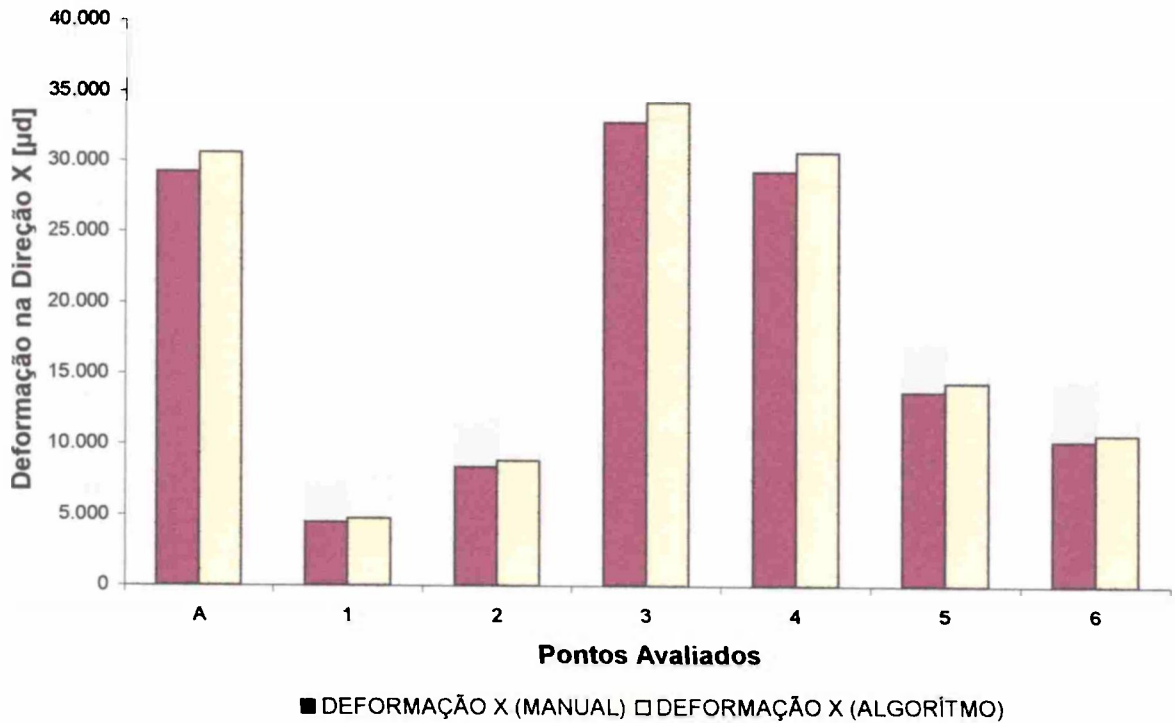


Figura 46 - Resultados de deformação do disco de borracha nos pontos avaliados, na direção X.

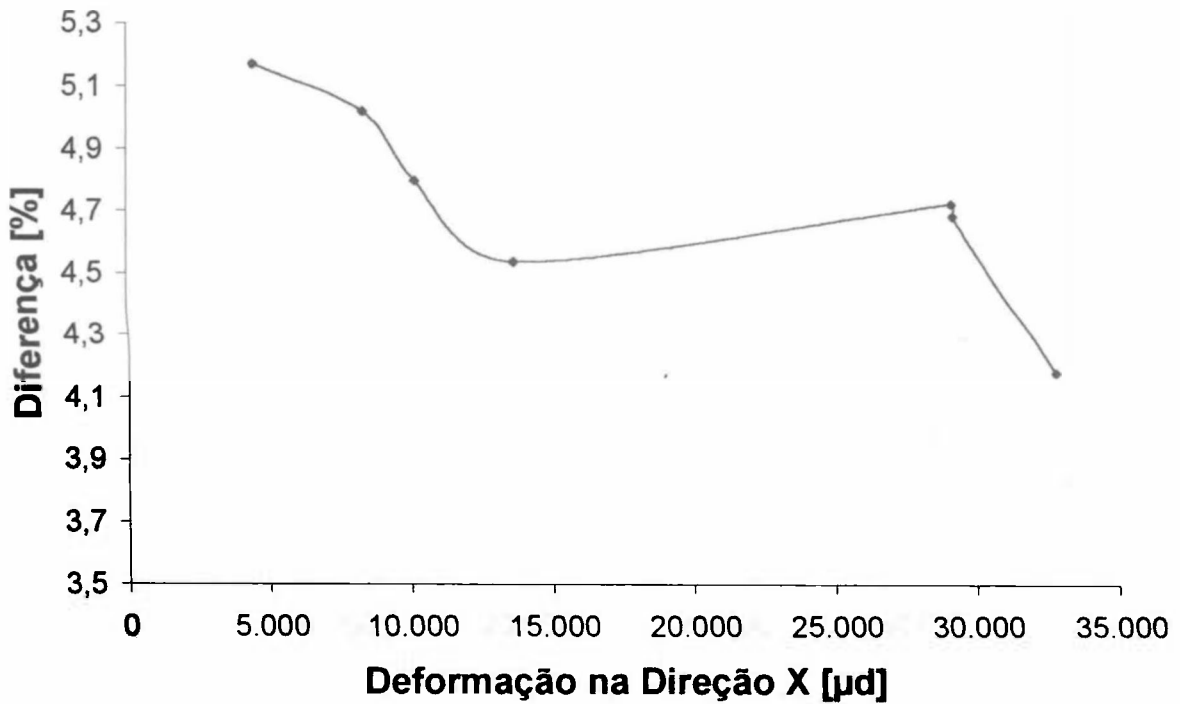


Figura 47 - Diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo em função da deformação para o disco de borracha.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

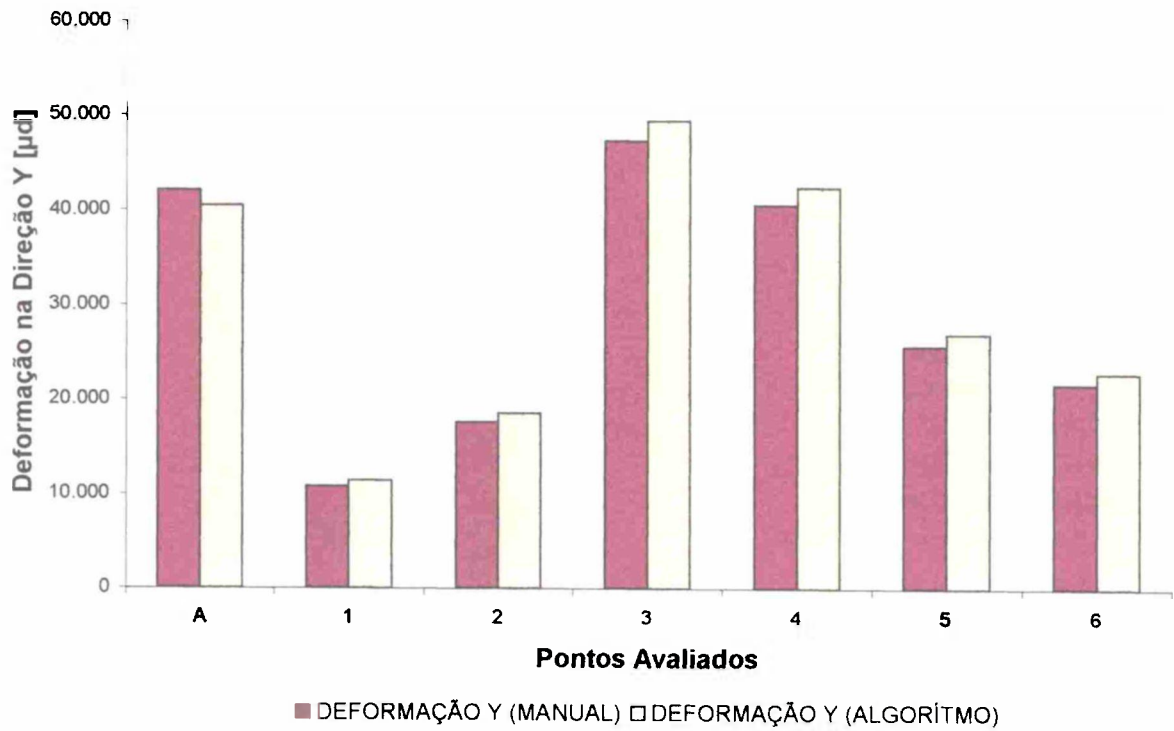


Figura 48 - Resultados de deformação do disco de borracha nos pontos avaliados, na direção Y.

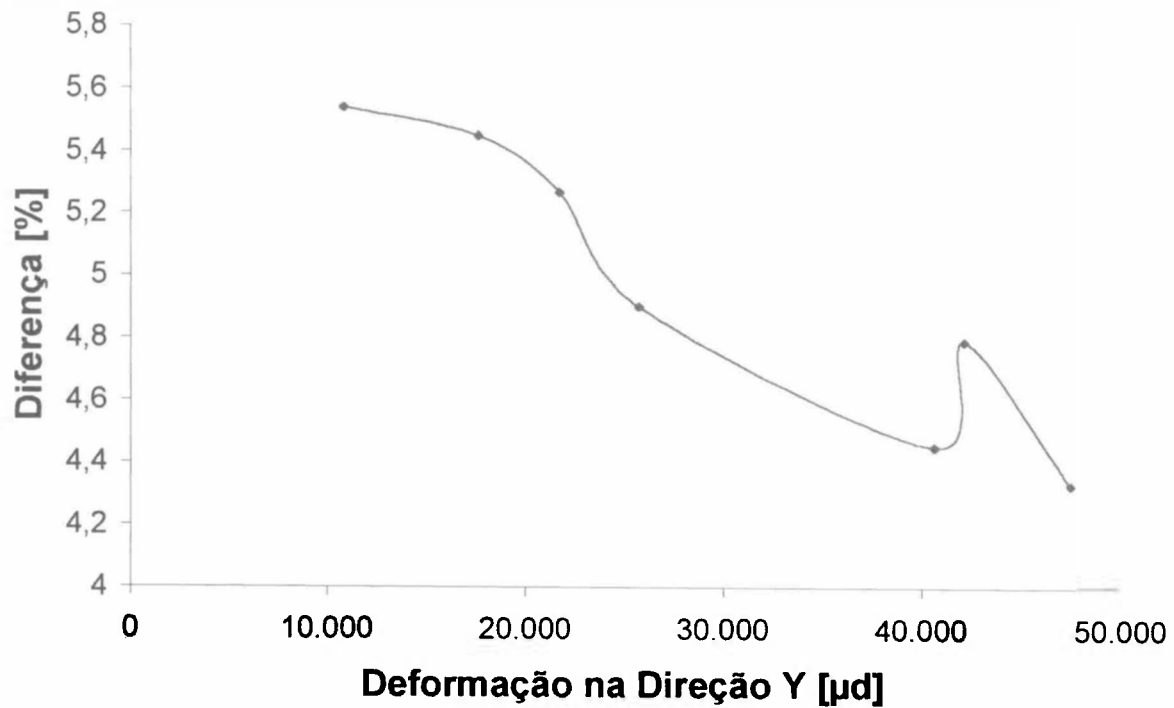


Figura 49 - Diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo em função da deformação para o disco de borracha.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

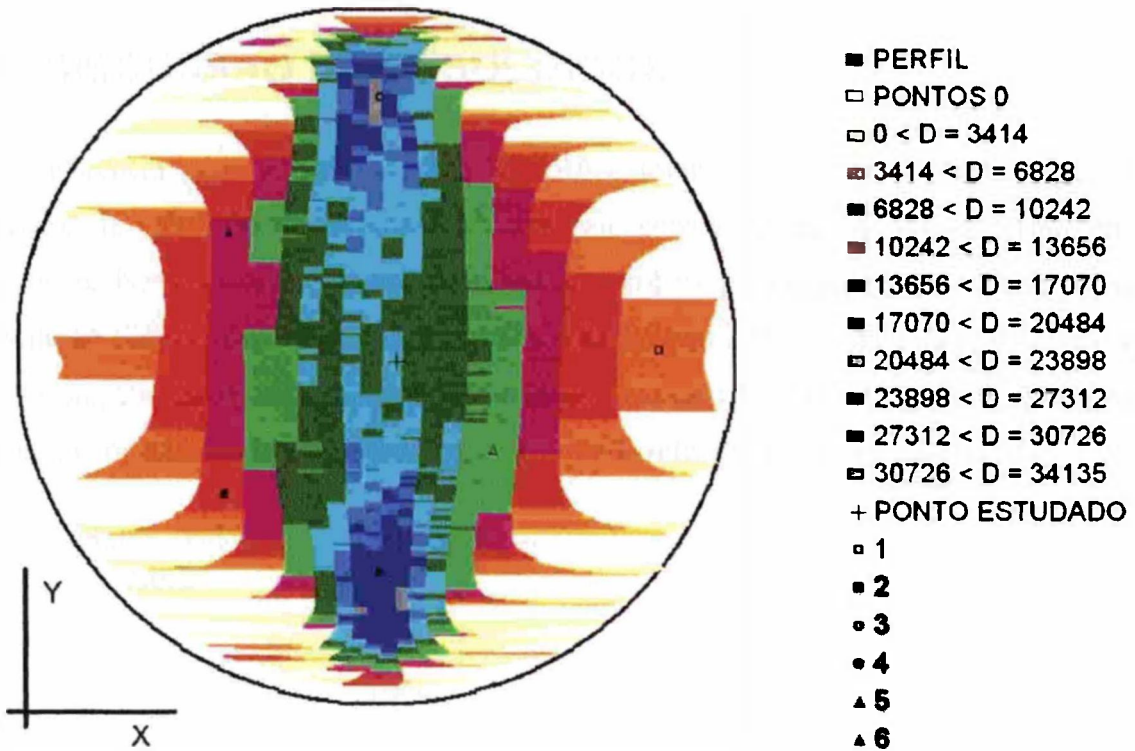


Figura 50 – Deformação, na direção X, do disco sob compressão diametral na direção Y.

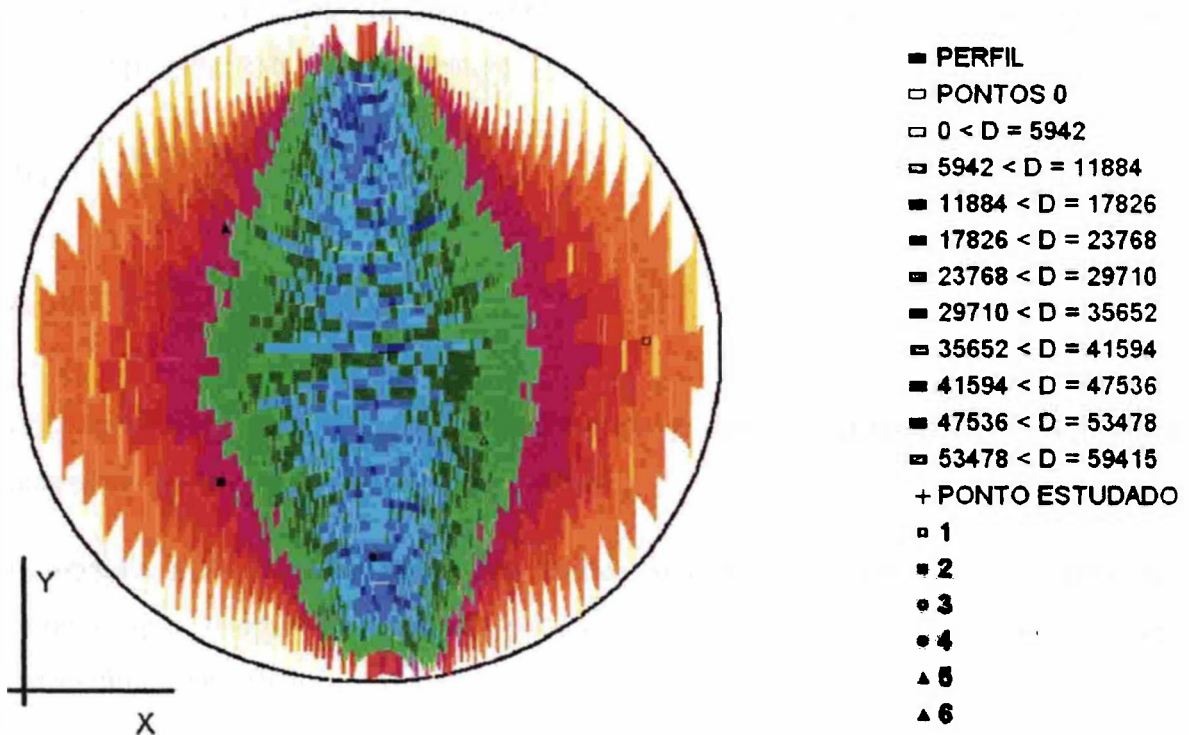


Figura 51 – Deformação, na direção Y, do disco sob compressão diametral na direção Y.

5 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Na referência bibliográfica (DURELLI, 1970), foram obtidos os resultados com cálculo manual da aplicação da técnica de Moiré para apenas um ponto, no ensaio do disco de borracha. Neste caso, foi o ponto A tomado como base para descrição do cálculo manual. O resultado obtido na referência bibliográfica é de ϵ_x igual a 29.550 μd e de ϵ_y igual a - 42.530 μd . Comparando-se com os resultados obtidos pelo cálculo manual neste trabalho, para este ponto, e tomando-se como referência os valores da referência bibliográfica tem-se

$$\Delta\epsilon_x = \frac{29200 - 29550}{29550} 100 = - 1,18 \%$$

$$\Delta\epsilon_y = \frac{- 42100 + 42530}{- 42550} = - 1,01 \%$$

O sinal negativo aparece porque os valores de referência de ϵ_x e ϵ_y são maiores em módulo que os valores obtidos pelo cálculo manual neste trabalho.

Comparando-se os valores da referência bibliográfica com os resultados obtidos pelo cálculo com o algoritmo neste trabalho, tem-se

$$\Delta\epsilon_x = \frac{30500 - 29550}{29550} 100 = 3,21 \%,$$

$$\Delta\epsilon_y = \frac{- 40500 + 42530}{- 42530} 100 = - 4,77 \%. \quad \text{©}$$

Aqui também aparece o sinal negativo em virtude do valor de ϵ_y , calculado pelo algoritmo, ser menor em módulo do que o valor de referência.

Como trata-se de apenas um ponto, não se pode estender em qualquer análise. Pode-se apenas observar que é pequena a diferença entre o valor da referência bibliográfica e os valores calculados neste trabalho.

Foi considerado como valor de referência, para as demais comparações, os resultados obtidos pelo cálculo manual neste trabalho.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

Ao observar-se os resultados (Tabelas 1 e 2 e Figuras 38 a 41) obtidos para o caso do anel de epóxi, nos pontos avaliados, tem-se uma diferença entre os valores calculados manualmente e os valores calculados com o algoritmo que vai de um a sete por cento. Pode-se, também, observar que esta diferença cresce a medida que a deformação decresce.

No caso do disco de borracha (Tabelas 3 e 4 e Figuras 46 a 49), nos pontos avaliados, tem-se uma diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo que vai de quatro a seis por cento. Pode-se observar, também, como no caso do anel de epóxi, que o comportamento desta diferença é crescente com o decréscimo da deformação.

Embora poucos pontos tenham sido avaliados, é um fato que esta diferença tende a aumentar com a redução do valor da deformação. A causa possível desta tendência é o somatório de erros tanto na execução dos cálculos manuais quanto nos cálculos com o algoritmo. Inicialmente, considera-se o fato de que ao trabalhar-se com deformações menores tem-se franjas mais largas, mais espaçadas e menos definidas. Isto provoca erros na execução dos cálculos, pois ambos os cálculos partem de um parâmetro em comum que é o centro das franjas.

O efeito descrito é largamente mencionado na literatura consultada, que recomenda, em função destes erros, a utilização da técnica de Moiré para aplicações onde ocorrem altas deformações. Contudo, alguns procedimentos podem ser adotados para minimizar estes erros quando é necessária a medição de pequenas deformações. Um deles é a utilização de um desalinhamento inicial entre as grades, provocando franjas iniciais que deverão ser consideradas no cálculo final (SCIAMMARELLA, 1967; THEOCARIS, 1966).

Quando os cálculos manuais são realizados, tem-se que inferir o centro das franjas. Portanto quanto mais largas e menos definidas forem estas, maior será o erro. Este erro varia de pessoa para pessoa, pois depende da acuidade visual de cada um, apresentando, portanto, um erro aleatório nas medidas. Daí a importância da utilização do processamento de imagens na técnica de Moiré.

A determinação do centro das franjas no cálculo com o algoritmo é realizada neste trabalho, pelo programa Fotofran (SOARES, 1996). Para realizar esta tarefa, este programa utiliza um algoritmo de esqueletonização e afinamento. Pode-se observar, neste caso, que o erro independe da pessoa que faz as medições, apresentando um erro sistemático nas medidas. Este

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

erro poderá ser minimizado com a utilização de um algoritmo de esqueletonização e afinamento mais eficiente e sofisticado.

Outro fator de erro aleatório é a preparação da imagem. Nesta fase, o operador trata a imagem para que, segundo seus critérios, a mesma esteja a mais nítida possível, o que é subjetivo. Um melhoramento no programa seria a implementação de técnicas de controle padrão, de brilho e de contraste automáticas.

Um grande problema que afeta a determinação das deformações pela técnica de Moiré é a qualidade da imagem obtida durante o ensaio. Este problema se torna maior neste trabalho, por se estar usando imagens reproduzidas graficamente e não imagens originais.

Ao comparar-se as curvas de distribuição de deformação X e Y dos ensaios do anel de epóxi (Figuras 42 e 43) e do disco de borracha (Figuras 50 e 51), vê-se que os níveis de deformação no disco de borracha são bem mais altos do que no anel de epóxi. Contudo, ao comparar-se os resultados obtidos nos pontos avaliados, observa-se que a diferença entre os valores calculados manualmente e os calculados com o algoritmo é também maior no disco de borracha. Isto ocorre porque, embora com um nível de deformação maior, no disco de borracha (grade com 300 linhas/polegada) foi impresso uma grade com uma densidade de linhas por polegada muito menor do que no anel de epóxi (grade com 1000 linhas/polegada). Portanto, tem-se uma menor densidade de franjas e conseqüentemente franjas mais largas e menos nítidas (DUNCAN, 1965).

Os erros decorrentes da determinação do centro das franjas são também afetados pela densidade de linhas da grade utilizada no ensaio. Assim, para trabalhar-se com pequenas deformações deve-se utilizar grades com altas densidades de linhas, para que se tenha uma menor diferença entre os valores.

Examinando-se os gráficos de distribuição de deformações, tanto para o caso do anel de epóxi (Figuras 42 e 43) como para o disco de borracha (Figuras 50 e 51), observa-se pontos em branco, ou seja, pontos onde a deformação não foi determinada. Isto ocorre porque o algoritmo necessita de duas franjas adjacentes ao ponto, cuja deformação esteja sendo calculada. Em alguns pontos isto não ocorre. Nestes casos, há necessidade de um estudo dos valores de deformação próximos, para inferir a deformação no ponto. Isto ainda não está implementado no algoritmo.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

A partir dos valores da deformação ε_x na direção X e ε_y na direção Y bem como das deformações de cisalhamento γ_x na direção X e γ_y na direção Y, pode-se calcular as deformações principais através das Equações (48), (49) e (50). Para isto, é necessário determinar os sinais destas componentes, o que não é direto na técnica de Moiré, necessitando de outros procedimentos e de um algoritmo mais complexo. Em alguns casos, o conhecimento das condições do carregamento facilitam esta determinação dos sinais (RILEY, 1967).

$$\gamma_{xy} = \gamma_x + \gamma_y \quad (48)$$

$$\varepsilon_{\max, \min} = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y}{2} \pm \frac{\sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + \gamma_{xy}^2}}{2} \quad (49)$$

$$\gamma_{\max} = \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + \gamma_{xy}^2} \quad (50)$$

6 CONCLUSÕES

Os fatores que influenciam a diferença de resultados entre o cálculo manual e o cálculo com o algoritmo estão relacionados à própria exatidão da medição de deformação pela técnica de Moiré, ou seja, obtendo-se franjas mais finas e nítidas, tem-se maior exatidão nas medições nos dois casos e portanto uma menor diferença entre os resultados.

A utilização de um algoritmo de esqueletonização e afinamento mais eficiente e mais sofisticado, também resultará numa determinação do centro das franjas mais exato e portanto não só implicará numa menor diferença entre os resultados mas também numa maior exatidão da medida.

Os erros cometidos nos cálculos manuais podem ser minimizados através da utilização do computador, uma vez que serão minimizados os erros inerentes a arredondamentos nas operações matemáticas e nas medições de distâncias.

O cálculo da deformação pela técnica de Moiré utiliza formulações geométricas muito simples. Entretanto, sua execução manual torna-se trabalhosa ao se tentar estendê-las para todos os pontos de um corpo-de-prova. A utilização deste algoritmo para a determinação destas deformações por computador torna viável a utilização da técnica de Moiré.

O tempo de processamento total para os dois casos examinados neste trabalho embora não seja pequeno (≈ 2 dias) é pelo menos exequível. Caso utilize-se um microcomputador com melhor performance, pode-se obter um tempo de processamento menor. A utilização de uma linguagem de programação compilada e mais eficiente irá, também, aumentar a performance do algoritmo, fazendo com que os resultados obtidos estejam à disposição dos usuários num tempo muito pequeno, podendo-se até atingir um processamento em tempo real na execução do ensaio.

O custo dos equipamentos e softwares para implementação da técnica de processamento de imagens digitais para a realização deste trabalho ficou em US\$ 20.000,00. Com a redução de preços para os equipamentos de informática e de ótica, hoje o custo ficaria em US\$ 9.000,00.

Mais ensaios poderão ser realizados em trabalhos subseqüentes, alterando-se os tipos de materiais utilizados nos corpos-de-prova, as densidades de linhas das grades, as técnicas de

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA TÉCNICA DE MOIRÉ

desalinhamento inicial das grades e tipos de algoritmos de extração das linhas centrais das franjas para comprovar o bom comportamento do algoritmo para cálculo das deformações.

A comparação de resultados de medição de deformações através da técnica de Moiré com outras técnicas, como por exemplo, extensimetria ou fotoelasticidade, poderão comprovar a eficiência do algoritmo para cálculo das deformações.

A técnica de Moiré, por ser uma técnica de campo global, ou seja, apresenta o comportamento do corpo como um todo e não em pontos localizados, é muito importante na comparação de resultados com modelos teóricos gerados por programas de elementos finitos. Executar manualmente os cálculos geométricos da técnica ponto a ponto é inviável. Assim, a implantação deste algoritmo permite sua execução e o pleno emprego desta técnica.

Uma vantagem da técnica de Moiré, que permite o estudo de uma grande área numa estrutura que sofre carregamento, é poder-se ter, ao mesmo tempo, as noções pontual e total das deformações. De posse de uma “foto” do estado de tensões, o projetista tem condições de reduzir as dimensões de uma estrutura, podendo com isto melhorar o desempenho aerodinâmico, reduzir custos e torná-la mais flexível. Outra vantagem é poder-se estudar a propagação de ondas de tensões na estrutura em estudo (ANON, 1955).

A técnica de Moiré aplica-se melhor a problemas envolvendo grandes deformações. Portanto, é de grande interesse no estudo de mecânica de fratura. Apresenta, ainda, a vantagem de ser aplicável a materiais submetidos a temperaturas muito elevadas ou muito baixas (LOW, 1962). Pode ainda ser aplicada em testes de dobramento e propagação de trincas e na determinação do parâmetro COD da mecânica de fratura.

A gravação das imagens em tempo real dos efeitos de um carregamento sobre um determinado corpo permite o estudo da velocidade de propagação de trincas, analisando-se quadro a quadro a distribuição das deformações no corpo. Pode-se, também, efetuar medidas em ensaios dinâmicos e análise a posteriori do comportamento do corpo-de-prova.

Sugere-se como novos trabalhos :

- o domínio da técnica de gravação de grades nos corpos-de-prova, para a aplicação completa da técnica de medição da deformação utilizando-se Moiré;

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

- comparação de resultados de medição de deformações através da técnica de Moiré com outras técnicas;
- elaboração do programa para cálculo das deformações utilizando uma linguagem de programação compilada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anon. Strain measurement by moiré technique. *Engineering*, v. 180, p. 116, 1955.
- Chiang, F. P. Method to increase the accuracy of the moiré method. *Proc. ASCE, J. Engng. Mech. Div.*, v. 91, EM1, p. 363-365, 1965.
- Chiang, F. P. Moiré methods of strain analysis. *Experimental mechanics*, capítulo 6, p. 290-308, agosto 1979.
- Dally, J. W.; Riley, W. F. *Experimental stress analysis*. 2 ed. United States of America: McGraw-Hill, Inc., 1978. 571p.
- Dove, R. C.; Adams, P. H. *Experimental stress analysis and motion measurement*. New Delhi: Prentice-Hall of India (Private) Ltd., 1965. 515p.
- Duncan, J. P. Grid and moiré methods of stress analysis. In: Zienkiewicz, O. C., Holister, G. S. (Ed.). *Stress analysis*. J. Wiley, New York: 1965. c.14, p. 314-345.
- Durelli, A. J., Parks, V. J. *Moiré analysis of strain*. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1970. 399p.
- GLOBAL lab image: user manual. Data Translation, 1996.
- Low, I. A. B., Bray, J. W. Strain analysis using moiré fringes. *The Engineer*, p. 566-569, 1962.
- Morse, S., Durelli, A. J., Sciammarella, C. A. Geometry of moiré fringes in strain analysis. *Proc. ASCE, J. Engng. Mech. Div.*, v. 86, EM4, p. 105-126, 1960.
- Oster, G. *The Science of Moiré Patterns*. Barrington, New Jersey: Edmund Scientific Co., 1964.
- Parks, V. J., Durelli, A. J. Moiré patterns of partial derivatives of displacement components. *J. Appl. Mech.*, v. 33, serie E, n. 4, p. 901-906, 1966.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

- Riley, W. F. Moiré method of strain analysis. In: Typenny, W. H., Kobayashi, A. S. (Ed.). *Manual on Experimental Stress Analysis*. Soc. Westport, Conn., USA: Exp. Stress Anal. Publ., 1967. c. 6.
- Sciammarella, C. A., Durelli A. J. Moiré fringes as a means of analysing strains. *Proc. ASCE, J. Engng. Mech. Div.*, v. 87, EM1, p. 55-74, 1961.
- Sciammarella, C. A. Techniques of fringe interpolation in moire patterns. *Proceedings of 2nd SESA International Congress on Experimental Mechanics*, Society for Experimental Stress Analysis. Westport, Conn., 1966.
- Soares, W. A. *Determinação de parâmetros da mecânica de fratura a partir de imagens fotoelásticas, usando processamento digital*. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN/CNEN, 1997. 166p. (Tese, Doutorado em Ciências na área de Restores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível Nuclear).
- Theocaris, P. S. Moiré fringes: a powerful measuring device. *Applied Mechanics Surveys*, Spartan Books Inc., p. 613-626, 1966.
- Theocaris, P. S. *Moiré fringes in strain analysis*. London: Pergamon Press Ltd., 1969. 426p.
- Tollenaar, D. *Moiré interferentievershijnselen bij rasterdruk*. Amsterdam: Institut voor Graphische Technik, 1945.
- Weller, R., Shepard, B. M. Displacement measurement by mechanical interferometry. *Proc. Soc. Exp. Stress Anal.*, v. 6, n. 1, p. 35-38, 1948.
- Zandman, F., Holister, G. S., Brcic, V. The influence of grid geometry on moiré fringe properties. *J. Strain Anal.*, v. 1, n. 1, p. 1-10, 1965.

ANEXO 1 - COMPARAÇÕES ENTRE RESULTADOS DE CÁLCULO MANUAL E DO CÁLCULO COM O ALGORITMO PARA O ANEL DE EPÓXI

Tabela 1 – Deformação X calculada manualmente e por computador (Figuras 38 e 39).

PONTO	DEFORMAÇÃO X (MANUAL)	DEFORMAÇÃO X (ALGORITMO)	DIFERENÇA [%]
A	3.520	3.560	1,14
1	1.018	1.040	2,16
2	962	991	3,01
3	2.218	2.248	1,35
4	76	80	5,26
5	75	80	6,67
6	0	0	0

Tabela 2 – Deformação Y calculada manualmente e por computador (Figuras 40 e 41).

PONTO	DEFORMAÇÃO Y (MANUAL)	DEFORMAÇÃO Y (ALGORITMO)	DIFERENÇA [%]
A	0	0	0
1	1670	1.705	2,1
2	3.250	3.289	1,2
3	0	0	0
4	1.742	1.776	1,95
5	1.221	1.253	2,62
6	257	263	4,37

ANEXO 2 - COMPARAÇÕES ENTRE RESULTADOS DE CÁLCULO MANUAL E DO CÁLCULO COM O ALGORITMO PARA O DISCO DE BORRACHA

Tabela 3 – Deformação X calculada manualmente e por computador (Figuras 46 e 47).

PONTO	DEFORMAÇÃO X (MANUAL)	DEFORMAÇÃO X (ALGORITMO)	DIFERENÇA [%]
A	29.200	30.580	4,73
1	4.505	4.738	5,17
2	8.394	8.815	5,02
3	32.766	34.135	4,18
4	29.246	30.617	4,69
5	13.726	14.349	4,54
6	10.233	10.724	4,80

Tabela 4 – Deformação Y calculada manualmente e por computador (Figuras 48 e 49).

PONTO	DEFORMAÇÃO Y (MANUAL)	DEFORMAÇÃO Y (ALGORITMO)	DIFERENÇA [%]
A	-42.100	-40.500	4,79
1	10.826	11.426	5,54
2	17.607	18.567	5,45
3	47.456	49.513	4,33
4	40.630	42.439	4,45
5	25.745	27.007	4,90
6	21.708	22.852	5,27

ANEXO 3 - ALGORITMO PARA CÁLCULO DE DEFORMAÇÕES NAS DIREÇÕES X E Y A PARTIR DAS COORDENADAS DE PONTOS DAS FRANJAS DE MOIRÉ.

```
Sub Auto_Open()
```

```
PrimeiraPlanilha = "Principal"  
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Select
```

```
Application.Run "Entradas"
```

```
If Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro" Then
```

```
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = ""
```

```
Else
```

```
    Application.Run "Salva_Como"
```

```
    Application.Run "Constroi_Planilha_Dados_Perfil"
```

```
    Application.Run "Constroi_Planilha_Dados_U_Positivo"
```

```
    Application.Run "Constroi_Planilha_Dados_U_Negativo"
```

```
    Application.Run "Constroi_Planilha_Dados_V_Positivo"
```

```
    Application.Run "Constroi_Planilha_Dados_V_Negativo"
```

```
    ActiveWorkbook.Save
```

```
    Application.Run "Calcula_Coordenadas_Corpo_Prova"
```

```
    Application.Run "Calcula_Coordenadas_Pontos_Franjas_U"
```

```
    Application.Run "Calcula_Coordenadas_Pontos_Franjas_V"
```

```
    ActiveWorkbook.Save
```

```
    Application.Run "Distribui_Pontos_Franjas_U"
```

```
    ActiveWorkbook.Save
```

```
    Application.Run "Distribui_Pontos_Franjas_V"
```

```
    ActiveWorkbook.Save
```

```
    Application.Run "Calcula_Deformação_U"
```

```
    ActiveWorkbook.Save
```

```
    Application.Run "Calcula_Deformação_V"
```

```
    ActiveWorkbook.Save
```

```
    Application.Run "Deformação_X"
```

```
    ActiveWorkbook.Save
```

```
    Application.Run "Deformação_Y"
```

```
    ActiveWorkbook.Save
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Sub Entradas()
```

```
PrimeiraPlanilha = "Principal"
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
' Entrada do caminho para os arquivos
Caminho = ""
Caminho = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o Caminho para o Arquivo" + Chr(10) + "(Exemplo : C:\Usuario)",
-
Default:=Caminho, Type:=2)
If Caminho = "Falso" Or Caminho = "" Then
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
GoTo Fim
End If
Caminho = UCase(Caminho)
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G3").Value = Caminho

' Entrada para o nome do arquivo para o perfil
Arquivo = ""
Arquivo = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o nome do Arquivo para o Perfil" + Chr(10) + "(Exemplo : Anel)", _
Default:=Arquivo, Type:=2)
If Arquivo = "Falso" Or Arquivo = "" Then
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
GoTo Fim
End If
Arquivo = UCase(Arquivo)
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G4").Value = Arquivo

' Entrada para o nome do arquivo para o deslocamento U positivo
Arquivo = ""
Arquivo = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o nome do Arquivo para Deslocamento U Positivo" + Chr(10) + _
"(Exemplo : AnelU)", Default:=Arquivo, Type:=2)
If Arquivo = "Falso" Or Arquivo = "" Then
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
GoTo Fim
End If
Arquivo = UCase(Arquivo)
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G5").Value = Arquivo

' Entrada para o numero de arquivos para o deslocamento U positivo
Numero = 0
Numero = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o numero de Arquivos utilizados para Deslocamento U Positivo " + _
Chr(10) + "(Exemplo : 8)", Default:=Numero, Type:=1)
If Numero = "Falso" Or Numero = 0 Then
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
GoTo Fim
End If
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G6").Value = Numero
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
' Entrada para o nome do arquivo para o deslocamento U negativo
Arquivo = ""
Arquivo = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o nome do Arquivo para Deslocamento U Negativo" + Chr(10) + _
"(Exemplo : AnelU-)", Default:=Arquivo, Type:=2)
If Arquivo = "Falso" Or Arquivo = "" Then
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
    GoTo Fim
End If
If Arquivo <> "" Then
    Arquivo = UCase(Arquivo)
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K5").Value = Arquivo

' Entrada para o numero de arquivos para o deslocamento U negativo
Numero = 0
Numero = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o numero de Arquivos utilizados para Deslocamento U Negativo " +
Chr(10) + "(Exemplo : 8)", Default:=Numero, Type:=1)
If Numero = "Falso" Or Numero = 0 Then
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
    GoTo Fim
End If
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K6").Value = Numero
Else
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K5").Value = ""
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K6").Value = ""
End If

' Entrada para o nome do arquivo para o deslocamento V positivo
Arquivo = ""
Arquivo = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o nome do Arquivo para Deslocamento V Positivo" + Chr(10) + _
"(Exemplo : AnelV)", Default:=Arquivo, Type:=2)
If Arquivo = "Falso" Or Arquivo = "" Then
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
    GoTo Fim
End If
Arquivo = UCase(Arquivo)
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G7").Value = Arquivo

' Entrada para o numero de arquivos para o deslocamento V positivo
Numero = 0
Numero = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o numero de Arquivos utilizados para Deslocamento V Positivo " +
Chr(10) + "(Exemplo : 8)", Default:=Numero, Type:=1)
If Numero = "Falso" Or Numero = 0 Then
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
    GoTo Fim
```


SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
End If
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G8").Value = Numero

' Entrada para o nome do arquivo para o deslocamento V negativo
Arquivo = ""
Arquivo = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o nome do Arquivo para Deslocamento V Negativo" + Chr(10) + _
"(Exemplo : AnelV-)", Default:=Arquivo, Type:=2)
If Arquivo = "Falso" Or Arquivo = "" Then
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
    GoTo Fim
End If
If Arquivo <> "" Then
    Arquivo = UCase(Arquivo)
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K7").Value = Arquivo

' Entrada para o numero de arquivos para o deslocamento V negativo
Numero = 0
Numero = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o numero de Arquivos utilizados para Deslocamento V Negativo " +
Chr(10) + "(Exemplo : 8)", Default:=Numero, Type:=1)
If Numero = "Falso" Or Numero = 0 Then
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
    GoTo Fim
End If
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K8").Value = Numero
Else
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K7").Value = ""
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K8").Value = ""
End If

' Entrada do NUMERO DE LINHAS POR POLEGADA
LinhasPol = 0
LinhasPol = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o numero de linhas por polegada" + Chr(10) + _
"(Exemplo : 1000)", Default:=LinhasPol, Type:=2)
If LinhasPol = "Falso" Or LinhasPol = 0 Then
    Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"
    GoTo Fim
End If
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("F9").Value = LinhasPol

' Entrada do fator de escala da imagem em milímetros por pixel
Escala = 0
Escala = Application.InputBox _
(Prompt:="Entre com o fator de escala da imagem em milímetros por pixel" + Chr(10) + _
"(Exemplo : 0,25)", Default:=Escala, Type:=2)
If Escala = "Falso" Or Escala = 0 Then
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("A2").Value = "Erro"  
GoTo Fim
```

```
End If
```

```
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("F10").Value = Escala
```

```
Fim:
```

```
End Sub
```

```
Sub Salva_Como()
```

```
Dim Msg, Estilo, Título, Resposta
```

```
Estilo = vbYesNo + vbQuestion + vbDefaultButton1 ' Define os botões.
```

```
Título = "Aviso de Salvamento" ' Define o título.
```

```
PrimeiraPlanilha = "Principal"
```

```
Arquivo1 = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G4").Value
```

```
' Entrada do nome do arquivo para salvamento
```

```
Arquivo = Application.GetSaveAsFilename(InitialFileName:=Arquivo1, FileFilter:= _  
"Arquivos do Excel (*.xls), *.xls")
```

```
' Testa se nome valido
```

```
If Arquivo <> False Then
```

```
Msg = "Deseja Salvar" + Chr(10) + Arquivo + "?" ' Define a mensagem.
```

```
Resposta = MsgBox(Msg, Estilo, Título)
```

```
If Resposta = vbYes Then ' O usuário escolheu Sim.
```

```
On Error Resume Next ' Adia a interceptação do erro.
```

```
' Salva arquivo
```

```
ActiveWorkbook.SaveAs FileName:=Arquivo, FileFormat _  
:=xlNormal, Password:="", WriteResPassword:="", ReadOnlyRecommended:= _  
False, CreateBackup:=True, AddToMru:=True
```

```
If Err.Number <> 0 Then
```

```
Err.Clear ' Limpa os campos do objeto Err
```

```
End If
```

```
End If
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Sub Constroi_Planilha_Dados_Perfil()
```

```
' Constroi_Planilha_Dados_Perfil Macro
```

```
' Macro gravada em 27/11/98 por OVDA
```

```
' Abre os arquivos c/ os dados do Perfil do corpo-de-prova
```

```
' Define variaveis
```

```
Caminho = ""
```

```
Arquivo = ""
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
PrimeiraPlanilha = "Principal"
Pasta = ActiveWorkbook.Name
Terminacao = ".txt"
Numero = 1

' Entrada do caminho para o arquivo
Caminho = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G3").Value

' Entrada para o nome do arquivo para o perfil
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G4").Value

Sheets(PrimeiraPlanilha).Select
Application.Run "Constroi_Planilha_Dados", Caminho, Arquivo, Numero, _
    Pasta, Terminacao

End Sub

Sub Constroi_Planilha_Dados_U_Positivo()
'
' Constroi_Planilha_Dados_U Macro
' Macro gravada em 11/12/98 por OVDA
' Abre os arquivos c/ os dados das franjas de Moire c/ deslocamento U
'
' Define variaveis
PrimeiraPlanilha = "Principal"
Caminho = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G3").Value
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G5").Value
Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G6").Value
Pasta = ActiveWorkbook.Name
Terminacao = ".txt"

Sheets(PrimeiraPlanilha).Select
Application.Run "Constroi_Planilha_Dados", Caminho, Arquivo, Numero, _
    Pasta, Terminacao

End Sub

Sub Constroi_Planilha_Dados_U_Negativo()
'
' Constroi_Planilha_Dados_U Macro
' Macro gravada em 11/12/98 por OVDA
' Abre os arquivos c/ os dados das franjas de Moire c/ deslocamento U
'
' Define variaveis
PrimeiraPlanilha = "Principal"
Caminho = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G3").Value
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K5").Value
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K6").Value

Pasta = ActiveWorkbook.Name

Terminacao = ".txt"

Sheets(PrimeiraPlanilha).Select

Application.Run "Constroi_Planilha_Dados", Caminho, Arquivo, Numero, _
Pasta, Terminacao

End Sub

Sub Constroi_Planilha_Dados_V_Positivo()

' Constroi_Planilha_Dados_V Macro

' Macro gravada em 11/12/98 por OVDA

' Abre os arquivos c/ os dados das franjas de Moire c/ deslocamento V

' Define variaveis

PrimeiraPlanilha = "Principal"

Caminho = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G3").Value

Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G7").Value

Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G8").Value

Pasta = ActiveWorkbook.Name

Terminacao = ".txt"

Sheets(PrimeiraPlanilha).Select

Application.Run "Constroi_Planilha_Dados", Caminho, Arquivo, Numero, _
Pasta, Terminacao

End Sub

Sub Constroi_Planilha_Dados_V_Negativo()

' Constroi_Planilha_Dados_V Macro

' Macro gravada em 11/12/98 por OVDA

' Abre os arquivos c/ os dados das franjas de Moire c/ deslocamento V

' Define variaveis

PrimeiraPlanilha = "Principal"

Caminho = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G3").Value

Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K7").Value

Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K8").Value

Pasta = ActiveWorkbook.Name

Terminacao = ".txt"

Sheets(PrimeiraPlanilha).Select

Application.Run "Constroi_Planilha_Dados", Caminho, Arquivo, Numero, _
Pasta, Terminacao

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

End Sub

Sub Calcula_Coordenadas_Corpo_Prova()

' Calcula_Coordenadas_Corpo_Prova Macro

' Macro gravada em 11/12/98 por OVDA

' Determina os limites do corpo-de-prova

' Define variaveis

PrimeiraPlanilha = "Principal"

SegundaPlanilha = "Secundaria"

Sinal = ""

Franja = 0

Numero = 1

Inicio = "A10"

' Entrada para o nome do arquivo para o perfil

Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G4").Value

Application.Run "Macro11", Arquivo, Sinal, Franja, Numero

Application.Run "Macro12", Arquivo, Sinal, Franja, Numero

Application.Run "Macro3", Arquivo

Application.Run "Macro14", SegundaPlanilha, Arquivo, Numero, Inicio

Application.Run "Macro5", Arquivo

Application.Run "Macro6", Arquivo

End Sub

Sub Calcula_Coordenadas_Pontos_Franjas_U()

' Calcula_Coordenadas_Pontos_Franjas Macro

' Macro gravada em 30/11/98 por OVDA

' Define variaveis

PrimeiraPlanilha = "Principal"

SegundaPlanilha = "Secundaria"

Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G5").Value

Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G6").Value

Inicio = "A20"

Sinal = ""

Franja = 0

' Testa se existe arquivo positivo

If Arquivo <> "" Then

Application.Run "Macro11", Arquivo, Sinal, Franja, Numero

Application.Run "Macro12", Arquivo, Sinal, Franja, Numero

Application.Run "Macro13", Arquivo, Numero

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Application.Run "Macro14", SegundaPlanilha, Arquivo, Numero, Inicio  
End If
```

```
' Define variaveis
```

```
Inicio = "A40"
```

```
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K5").Value
```

```
Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K6").Value
```

```
Sinal = "-"
```

```
Franja = 1
```

```
' Testa se existe arquivo negativo
```

```
If Arquivo <> "" Then
```

```
Application.Run "Macro11", Arquivo, Sinal, Franja, Numero
```

```
Application.Run "Macro12", Arquivo, Sinal, Franja, Numero
```

```
Application.Run "Macro13", Arquivo, Numero
```

```
Application.Run "Macro14", SegundaPlanilha, Arquivo, Numero, Inicio
```

```
End If
```

```
' Define variavel
```

```
Inicio = "A61"
```

```
Application.Run "Macro15", SegundaPlanilha, Arquivo, Numero, Inicio
```

```
End Sub
```

```
Sub Calcula_Coordenadas_Pontos_Franjas_V()
```

```
' Calcula_Coordenadas_Pontos_Franjas Macro
```

```
' Macro gravada em 30/11/98 por OVDA
```

```
' Define Variaveis
```

```
PrimeiraPlanilha = "Principal"
```

```
SegundaPlanilha = "Secundaria"
```

```
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G7").Value
```

```
Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G8").Value
```

```
Inicio = "A70"
```

```
Sinal = ""
```

```
Franja = 0
```

```
' Testa se existe arquivo positivo
```

```
If Arquivo <> "" Then
```

```
Application.Run "Macro11", Arquivo, Sinal, Franja, Numero
```

```
Application.Run "Macro12", Arquivo, Sinal, Franja, Numero
```

```
Application.Run "Macro13", Arquivo, Numero
```

```
Application.Run "Macro14", SegundaPlanilha, Arquivo, Numero, Inicio
```

```
End If
```

```
' Define variaveis
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Inicio = "A90"  
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K7").Value  
Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K8").Value  
Sinal = "-"  
Franja = 1  
  
' Testa se existe arquivo negativo  
If Arquivo <> "" Then  
    Application.Run "Macro11", Arquivo, Sinal, Franja, Numero  
    Application.Run "Macro12", Arquivo, Sinal, Franja, Numero  
    Application.Run "Macro13", Arquivo, Numero  
    Application.Run "Macro14", SegundaPlanilha, Arquivo, Numero, Inicio  
End If  
  
' Define variavel  
Inicio = "A111"  
  
Application.Run "Macro15", SegundaPlanilha, Arquivo, Numero, Inicio  
  
End Sub  
  
Sub Distribui_Pontos_Franjas_U()  
'  
' Distribui_Pontos_Franjas Macro  
' Macro gravada em 07/12/98 por OVDA  
'  
' Distribui pontos das franjas  
  
PrimeiraPlanilha = "Principal"  
SegundaPlanilha = "Secundaria"  
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G5").Value  
Arquivo1 = Arquivo  
Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G6").Value  
  
' Cria planilha  
Sheets(PrimeiraPlanilha).Select  
Sheets.Add  
ActiveSheet.Name = Arquivo + "_Pontos"  
  
' Testa se existe arquivo positivo  
If Arquivo1 <> "" Then  
    Application.Run "Macro20", SegundaPlanilha, Arquivo, Arquivo1, Numero  
End If  
  
Arquivo1 = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K5").Value  
Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K6").Value  
  
' Testa se existe arquivo negativo
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
If Arquivo1 <> "" Then  
    Application.Run "Macro20", SegundaPlanilha, Arquivo, Arquivo1, Numero  
End If
```

End Sub

```
Sub Distribui_Pontos_Franjas_V()  
,
```

```
' Distribui_Pontos_Franjas Macro  
' Macro gravada em 07/12/98 por OVDA  
,
```

```
' Distribui pontos das franjas
```

```
PrimeiraPlanilha = "Principal"  
SegundaPlanilha = "Secundaria"  
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G7").Value  
Arquivo1 = Arquivo  
Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G8").Value
```

```
' Cria planilha  
Worksheets(PrimeiraPlanilha).Select  
Worksheets.Add  
ActiveSheet.Name = Arquivo + "_Pontos"
```

```
' Testa se existe arquivo positivo  
If Arquivo1 <> "" Then  
    Application.Run "Macro20", SegundaPlanilha, Arquivo, Arquivo1, Numero  
End If
```

```
Arquivo1 = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K7").Value  
Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("K8").Value
```

```
' Testa se existe arquivo negativo  
If Arquivo1 <> "" Then  
    Application.Run "Macro20", SegundaPlanilha, Arquivo, Arquivo1, Numero  
End If
```

End Sub

```
Sub Calcula_Deformação_U()  
,
```

```
PrimeiraPlanilha = "Principal"  
SegundaPlanilha = "Secundaria"  
Indice = "G5"  
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G5").Value  
Arquivo1 = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G4").Value  
Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G6").Value
```


SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Application.Run "Macro17", PrimeiraPlanilha, SegundaPlanilha, Arquivo, Arquivo1,  
Indice
```

```
End Sub
```

```
Sub Calcula_Deformação_V()
```

```
PrimeiraPlanilha = "Principal"
```

```
SegundaPlanilha = "Secundaria"
```

```
Indice = "G7"
```

```
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G7").Value
```

```
Arquivo1 = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G4").Value
```

```
Numero = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G8").Value
```

```
Application.Run "Macro17", PrimeiraPlanilha, SegundaPlanilha, Arquivo, Arquivo1,  
Indice
```

```
End Sub
```

```
Sub Deformação_X()
```

```
' Define Variaveis
```

```
PrimeiraPlanilha = "Principal"
```

```
SegundaPlanilha = "Secundaria"
```

```
TipoEntrada = "_X"
```

```
TipoSaida = "_Tab_Def_X"
```

```
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G5").Value
```

```
IndiceMaximo = "E11"
```

```
IndiceMinimo = "G11"
```

```
Application.Run "CriaTabelas", PrimeiraPlanilha, SegundaPlanilha, Arquivo, TipoEntrada, ©
```

```
TipoSaida, IndiceMaximo, IndiceMinimo
```

```
' Define Variaveis
```

```
TipoEntrada = "_Tab_Def_X"
```

```
TipoNome = "_Graf_Def_X"
```

```
TipoTitulo = "Deformação X - "
```

```
Application.Run "TraçaGrafico", PrimeiraPlanilha, TipoEntrada, TipoNome, TipoTitulo
```

```
End Sub
```

```
Sub Deformação_Y()
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
' Define Variaveis
PrimeiraPlanilha = "Principal"
SegundaPlanilha = "Secundaria"
TipoEntrada = "_Y"
TipoSaida = "_Tab_Def_Y"
Arquivo = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G7").Value
IndiceMaximo = "E12"
IndiceMinimo = "G12"
```

```
Application.Run "CriaTabelas", PrimeiraPlanilha, SegundaPlanilha, Arquivo, TipoEntrada,
```

```
    TipoSaida, IndiceMaximo, IndiceMinimo
```

```
' Define Variaveis
TipoEntrada = "_Tab_Def_Y"
TipoNome = "_Graf_Def_Y"
TipoTitulo = "Deformação Y - "
```

```
Application.Run "TraçaGrafico", PrimeiraPlanilha, TipoEntrada, TipoNome, TipoTitulo
```

```
End Sub
```

```
Sub Macro3(Arquivo)
```

```
' Determina os valores Máximos e Mínimos de X e Y
Contador = 1
Sheets(Arquivo + CStr(Contador)).Select
```

```
' Escreve titulos
Range("G8").Select
Selection.Font.Bold = True
ActiveCell.FormulaR1C1 = "X :"
Range("G9").Select
Selection.Font.Bold = True
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Y :"
Range("H7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "MÁXIMO"
Range("I7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "MÍNIMO"
```

```
' Determina valor máximo de X
Range("H8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MAX(C[3])"
```

```
' Determina valor mínimo de X
Range("I8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MIN(C[2])"
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
' Determina valor máximo de Y  
Range("H9").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MAX(C[4])"
```

```
' Determina valor mínimo de Y  
Range("I9").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MIN(C[3])"
```

```
Range("G1").Select
```

```
End Sub
```

```
Sub Macro5(Arquivo)
```

```
' Macro5 Macro  
' Macro gravada em 11/12/98 por OVDA  
' Ordenada as coordenadas a partir de Y
```

```
Contador = 1  
Sheets(Arquivo + CStr(Contador)).Select
```

```
' Selecciona dados  
Columns("K:L").Select  
Selection.Copy
```

```
' Copia dados  
Range("N1").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False  
Range("O2").Select  
Application.CutCopyMode = False
```

```
' Ordena dados  
Selection.Sort Key1:=Range("O2"), Order1:=xlAscending, Header:=xlGuess, _  
OrderCustom:=1, MatchCase:=False, Orientation:=xlTopToBottom
```

```
Range("G1").Select
```

```
End Sub
```

```
Sub Macro6(Arquivo)
```

```
' Macro6 Macro  
' Macro gravada em 11/12/98 por OVDA
```

```
' Determina os valores máximos e mínimos de X para cada Y
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Contador = 1  
Sheets(Arquivo + CStr(Contador)).Select
```

```
' Define variaveis
```

```
YMaximo = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("H9").Value  
YMinimo = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I9").Value  
Pontos = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I6").Value
```

```
' Escreve titulos
```

```
Range("Q1").Select  
Selection.Font.Bold = True  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Y"  
Range("R1").Select  
Selection.Font.Bold = True  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "XMinimo"  
Range("S1").Select  
Selection.Font.Bold = True  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "XMaximo"
```

```
' Define variaveis
```

```
Range("Q2").Select  
ValorMaximoX = 0  
ValorMinimoX = 640  
Contador1 = 2
```

```
For Y = YMinimo To YMaximo
```

```
' Escreve valor de Y
```

```
ActiveCell.Value = Y  
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
```

```
' Lê valor de Y
```

```
ValorY = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Cells(Contador1, 15).Value
```

```
' Compara valor de Y atual e inicial
```

```
While ValorY = Y
```

```
' Lê valor de X
```

```
ValorAtualX = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Cells(Contador1, 14).Value
```

```
' Compara valor de X atual com o máximo
```

```
If ValorAtualX > ValorMaximoX Then
```

```
    ValorMaximoX = ValorAtualX
```

```
End If
```

```
' Compara valor de X atual com o mínimo
```

```
If ValorAtualX < ValorMinimoX Then
```

```
    ValorMinimoX = ValorAtualX
```

```
End If
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
' Incrementa variavel
Contador1 = Contador1 + 1

' Lê valor de Y
ValorY = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Cells(Contador1, 15).Value
Wend

' Escreve valores máximo e mínimo de X
ActiveCell.Value = ValorMinimoX
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
ActiveCell.Value = ValorMaximoX
ActiveCell.Offset(1, -2).Range("A1").Select

' Define variaveis
ValorMaximoX = 0
ValorMinimoX = 640

Next Y

Range("G1").Select

End Sub

Sub Constroi_Planilha_Dados(Caminho, Arquivo, Numero, Pasta, Terminacao)

' Testa se existe arquivo
If Arquivo <> "" Then
' Cria planilhas
  For Contador = 1 To Numero
    Sheets.Add
    ActiveSheet.Name = Arquivo + CStr(Contador)

' Abre arquivo de dados
    NomeArquivo = Caminho + Arquivo + CStr(Contador) + Terminacao
    Workbooks.OpenText FileName:=NomeArquivo, Origin:=xlWindows, _
      StartRow:=1, DataType:=xlFixedWidth, FieldInfo:=Array(Array(0, 1), Array(14, _
        , 1), Array(25, 1), Array(36, 1), Array(47, 1), Array(56, 1), Array(67, 1))

' Seleciona dados
    Columns("A:C").Select
    Selection.Copy

' Copia dados
    Windows(Pasta).Activate
    ActiveSheet.Paste

' Seleciona dados
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Windows(Arquivo + CStr(Contador) + Terminacao).Activate  
Range("D1:E1").Select  
Application.CutCopyMode = False  
Selection.Copy
```

```
' Copia dados
```

```
Windows(Pasta).Activate  
Range("D1").Select  
ActiveSheet.Paste  
Range("G1").Select
```

```
' Fecha arquivo
```

```
Windows(Arquivo + CStr(Contador) + Terminacao).Activate  
ActiveWorkbook.Close  
Next Contador
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Sub Macro11(Arquivo, Sinal, Franja, Numero)
```

```
' Determina as coordenadas da origem e o numero de pontos de cada franja  
FranjaInicial = Franja
```

```
For Contador = 1 To Numero
```

```
' Seleciona planilha
```

```
Sheets(Arquivo + CStr(Contador)).Select
```

```
' Escreve titulos
```

```
Range("G1").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "ORIGEM :"  
Range("H1").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "X"  
Range("H2").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Y"
```

```
' Escreve coordenadas da origem
```

```
Range("I1").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(RC[-5],SEARCH("S",RC[-5])-1))"  
Range("I2").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[-1]C[-4],SEARCH("T",R[-1]C[-4])-  
1))"
```

```
' Escreve titulos
```

```
Range("G4").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJAS :"
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Range("H5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "NUMERO"
Range("I5").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "PONTOS"
```

' Define numero e pontos das franjas

' Franja 0

```
Range("H6").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
Range("I6").Select
SomaPontos = 0
ActiveCell.FormulaR1C1 =
    "=IF(ISNA(MATCH("'"1P'",C[-8],0)),""",MATCH("'"1P'",C[-8],0)-1)"
If ActiveCell.Value = "" Then GoTo Fim
Franja = Franja + 1
```

' Franja 1

```
Range("H7").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
Range("I7").Select
SomaPontos = SomaPontos + Worksheets(Arquivo +
CStr(Contador)).Range("I6").Value
ActiveCell.FormulaR1C1 =
    "=IF(ISNA(MATCH("'"2P'",C[-8],0)),""",MATCH("'"2P'",C[-8],0)-1-R[-1]C)"
If ActiveCell.Value = "" Then GoTo Fim
Franja = Franja + 1
```

' Franja 2

```
Range("H8").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
Range("I8").Select
SomaPontos = SomaPontos + Worksheets(Arquivo +
CStr(Contador)).Range("I7").Value
ActiveCell.FormulaR1C1 =
    "=IF(ISNA(MATCH("'"3P'",C[-8],0)),""",MATCH("'"3P'",C[-8],0)-1-SUM(R[-
2]C:R[-1]C))"
If ActiveCell.Value = "" Then GoTo Fim
Franja = Franja + 1
```

' Franja 3

```
Range("H9").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
Range("I9").Select
SomaPontos = SomaPontos + Worksheets(Arquivo +
CStr(Contador)).Range("I8").Value
ActiveCell.FormulaR1C1 =
    "=IF(ISNA(MATCH("'"4P'",C[-8],0)),""",MATCH("'"4P'",C[-8],0)-1-SUM(R[-
3]C:R[-1]C))"
If ActiveCell.Value = "" Then GoTo Fim
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Franja = Franja + 1

```
' Franja 4
  Range("H10").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
  Range("I10").Select
  SomaPontos = SomaPontos + Worksheets(Arquivo +
CStr(Contador)).Range("I9").Value
  ActiveCell.FormulaR1C1 =
  "=IF(ISNA(MATCH("5P",C[-8],0)), "", MATCH("5P",C[-8],0)-1-SUM(R[-
4]C:R[-1]C))"
  If ActiveCell.Value = "" Then GoTo Fim
  Franja = Franja + 1
```

```
' Franja 5
  Range("H11").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
  Range("I11").Select
  SomaPontos = SomaPontos + Worksheets(Arquivo +
CStr(Contador)).Range("I10").Value
  ActiveCell.FormulaR1C1 =
  "=IF(ISNA(MATCH("6P",C[-8],0)), "", MATCH("6P",C[-8],0)-1-SUM(R[-
5]C:R[-1]C))"
  If ActiveCell.Value = "" Then GoTo Fim
  Franja = Franja + 1
```

```
' Franja 6
  Range("H12").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
  Range("I12").Select
  SomaPontos = SomaPontos + Worksheets(Arquivo +
CStr(Contador)).Range("I11").Value
  ActiveCell.FormulaR1C1 =
  "=IF(ISNA(MATCH("7P",C[-8],0)), "", MATCH("7P",C[-8],0)-1-SUM(R[-
6]C:R[-1]C))"
  If ActiveCell.Value = "" Then GoTo Fim
  Franja = Franja + 1
```

```
' Franja 7
  Range("H13").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
  Range("I13").Select
  SomaPontos = SomaPontos + Worksheets(Arquivo +
CStr(Contador)).Range("I12").Value
  ActiveCell.FormulaR1C1 =
  "=IF(ISNA(MATCH("8P",C[-8],0)), "", MATCH("8P",C[-8],0)-1-SUM(R[-
7]C:R[-1]C))"
  If ActiveCell.Value = "" Then GoTo Fim
  Franja = Franja + 1
```


SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
' Franja 8
  Range("H14").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
  Range("I14").Select
  SomaPontos = SomaPontos + Worksheets(Arquivo +
CStr(Contador)).Range("I13").Value
  ActiveCell.FormulaR1C1 =
  "=IF(ISNA(MATCH(""9P"",C[-8],0)),""",MATCH(""9P"",C[-8],0)-1-SUM(R[-
8]C:R[-1]C))"
  If ActiveCell.Value = "" Then GoTo Fim
  Franja = Franja + 1

' Franja 9
  Range("H15").Select
  If Franja = 10 Then
    Franja = 0
    Contador = Contador + 1
    ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
    Contador = Contador - 1
  Else
    ActiveCell.FormulaR1C1 = Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
  End If
  Range("I15").Select
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MATCH("""",C[-8],-1)-SUM(R[-9]C:R[-1]C)"
  GoTo Fim1

Fim:
  ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MATCH("""",C[-8],-1)"
  PontosAtual = ActiveCell.Value - SomaPontos
  ActiveCell.Value = PontosAtual

Fim1:
  Franja = FranjaInicial
  Range("K1").Select

  Next Contador

End Sub

Sub Macro12(Arquivo, Sinal, Franja, Numero)
' Determina as coordenadas dos pontos de cada franja
FranjaInicial = Franja

For Contador = 1 To Numero
  Sheets(Arquivo + CStr(Contador)).Select
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

' FRANJA 0

```
PontosFranja0 = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I6").Value
If PontosFranja0 = "" Then GoTo Fim
Range("K1").Select
Selection.Font.Bold = True
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
```

```
Range("K2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[-1]C[-9],SEARCH("Q",R[-1]C[-9])-
```

1))"

```
On Error Resume Next ' Adia o tratamento do erro.
```

```
Err.Clear
```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("K2:K" + CStr(PontosFranja0 + 1)), _
Type:=xlFillDefault
```

```
If Err.Number <> 0 Then
```

```
ActiveCell.Value = ""
```

```
GoTo Fim
```

```
End If
```

```
Range("L2").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[-1]C[-9],SEARCH("R",R[-1]C[-9])-
```

1))"

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("L2:L" + CStr(PontosFranja0 + 1)), _
Type:=xlFillDefault
```

```
SomaPontos = PontosFranja0
```

```
Franja = Franja + 1
```

' FRANJA 1

```
PontosFranja1 = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I7").Value
```

```
If PontosFranja1 = "" Then GoTo Fim
```

```
Range("M1").Select
```

```
Selection.Font.Bold = True
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja) ⑥
```

```
Range("M2").Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
+ "]C[-11],SEARCH("Q",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-11])-1))"
```

```
On Error Resume Next ' Adia o tratamento do erro.
```

```
Err.Clear
```

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("M2:M" + CStr(PontosFranja1 + 1)), _
Type:=xlFillDefault
```

```
If Err.Number <> 0 Then
```

```
ActiveCell.Value = ""
```

```
GoTo Fim
```

```
End If
```

```
Range("N2").Select
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _  
+ "]C[-11],SEARCH("R",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-11])-1))"  
Selection.AutoFill Destination:=Range("N2:N" + CStr(PontosFranja1 + 1)), _  
Type:=xlFillDefault
```

```
SomaPontos = SomaPontos + PontosFranja1  
Franja = Franja + 1
```

' FRANJA 2

```
PontosFranja2 = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I8").Value  
If PontosFranja2 = "" Then GoTo Fim
```

```
Range("O1").Select  
Selection.Font.Bold = True  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
```

```
Range("O2").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _  
+ "]C[-13],SEARCH("Q",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-13])-1))"  
On Error Resume Next ' Adia o tratamento do erro.  
Err.Clear  
Selection.AutoFill Destination:=Range("O2:O" + CStr(PontosFranja2 + 1)), _  
Type:=xlFillDefault
```

```
If Err.Number <> 0 Then  
ActiveCell.Value = ""  
GoTo Fim  
End If
```

```
Range("P2").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _  
+ "]C[-13],SEARCH("R",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-13])-1))"  
Selection.AutoFill Destination:=Range("P2:P" + CStr(PontosFranja2 + 1)), _  
Type:=xlFillDefault
```

```
SomaPontos = SomaPontos + PontosFranja2  
Franja = Franja + 1
```

' FRANJA 3

```
PontosFranja3 = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I9").Value  
If PontosFranja3 = "" Then GoTo Fim
```

```
Range("Q1").Select  
Selection.Font.Bold = True  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
```

```
Range("Q2").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _  
+ "]C[-15],SEARCH("Q",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-15])-1))"  
On Error Resume Next ' Adia o tratamento do erro.
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Err.Clear

Selection.AutoFill Destination:=Range("Q2:Q" + CStr(PontosFranja3 + 1)), _
Type:=xlFillDefault

If Err.Number <> 0 Then

ActiveCell.Value = ""

GoTo Fim

End If

Range("R2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
+ "]C[-15],SEARCH("R",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-15])-1))"

Selection.AutoFill Destination:=Range("R2:R" + CStr(PontosFranja3 + 1)), _
Type:=xlFillDefault

SomaPontos = SomaPontos + PontosFranja3

Franja = Franja + 1

FRANJA 4

PontosFranja4 = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I10").Value

If PontosFranja4 = "" Then GoTo Fim

Range("S1").Select

Selection.Font.Bold = True

ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)

Range("S2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
+ "]C[-17],SEARCH("Q",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-17])-1))"

On Error Resume Next ' Adia o tratamento do erro.

Err.Clear

Selection.AutoFill Destination:=Range("S2:S" + CStr(PontosFranja4 + 1)), _
Type:=xlFillDefault

If Err.Number <> 0 Then

ActiveCell.Value = ""

GoTo Fim

End If

Range("T2").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
+ "]C[-17],SEARCH("R",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-17])-1))"

Selection.AutoFill Destination:=Range("T2:T" + CStr(PontosFranja4 + 1)), _
Type:=xlFillDefault

SomaPontos = SomaPontos + PontosFranja4

Franja = Franja + 1

FRANJA 5

PontosFranja5 = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I11").Value

If PontosFranja5 = "" Then GoTo Fim

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Range("U1").Select
Selection.Font.Bold = True
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
```

```
Range("U2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
+ "]"C[-19],SEARCH("Q",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]"C[-19])-1))"
On Error Resume Next ' Adia o tratamento do erro.
Err.Clear
Selection.AutoFill Destination:=Range("U2:U" + CStr(PontosFranja5 + 1)), _
Type:=xlFillDefault
If Err.Number <> 0 Then
ActiveCell.Value = ""
GoTo Fim
End If
```

```
Range("V2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
+ "]"C[-19],SEARCH("R",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]"C[-19])-1))"
Selection.AutoFill Destination:=Range("V2:V" + CStr(PontosFranja5 + 1)), _
Type:=xlFillDefault
```

```
SomaPontos = SomaPontos + PontosFranja5
Franja = Franja + 1
```

' FRANJA 6

```
PontosFranja6 = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I12").Value
If PontosFranja6 = "" Then GoTo Fim
```

```
Range("W1").Select
Selection.Font.Bold = True
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
```

```
Range("W2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
+ "]"C[-21],SEARCH("Q",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]"C[-21])-1))"
On Error Resume Next ' Adia o tratamento do erro.
Err.Clear
Selection.AutoFill Destination:=Range("W2:W" + CStr(PontosFranja6 + 1)), _
Type:=xlFillDefault
If Err.Number <> 0 Then
ActiveCell.Value = ""
GoTo Fim
End If
```

```
Range("X2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
+ "]"C[-21],SEARCH("R",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]"C[-21])-1))"
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Selection.AutoFill Destination:=Range("X2:X" + CStr(PontosFranja6 + 1)), _  
Type:=xlFillDefault
```

```
SomaPontos = SomaPontos + PontosFranja6  
Franja = Franja + 1
```

' FRANJA 7

```
PontosFranja7 = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I13").Value  
If PontosFranja7 = "" Then GoTo Fim
```

```
Range("Y1").Select  
Selection.Font.Bold = True  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
```

```
Range("Y2").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _  
+ "]C[-23],SEARCH("Q",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-23])-1))"  
On Error Resume Next ' Adia o tratamento do erro.  
Err.Clear  
Selection.AutoFill Destination:=Range("Y2:Y" + CStr(PontosFranja7 + 1)), _  
Type:=xlFillDefault
```

```
If Err.Number <> 0 Then  
ActiveCell.Value = ""  
GoTo Fim  
End If
```

```
Range("Z2").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _  
+ "]C[-23],SEARCH("R",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-23])-1))"  
Selection.AutoFill Destination:=Range("Z2:Z" + CStr(PontosFranja7 + 1)), _  
Type:=xlFillDefault
```

```
SomaPontos = SomaPontos + PontosFranja7  
Franja = Franja + 1
```

6

' FRANJA 8

```
PontosFranja8 = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I14").Value  
If PontosFranja8 = "" Then GoTo Fim
```

```
Range("AA1").Select  
Selection.Font.Bold = True  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) + CStr(Franja)
```

```
Range("AA2").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _  
+ "]C[-25],SEARCH("Q",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-25])-1))"  
On Error Resume Next ' Adia o tratamento do erro.  
Err.Clear  
Selection.AutoFill Destination:=Range("AA2:AA" + CStr(PontosFranja8 + 1)), _
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
                Type:=xlFillDefault
If Err.Number <> 0 Then
    ActiveCell.Value = ""
    GoTo Fim
End If

Range("AB2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
    + "]C[-25],SEARCH("R",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-25])-1))"
Selection.AutoFill Destination:=Range("AB2:AB" + CStr(PontosFranja8 + 1)), _
    Type:=xlFillDefault

SomaPontos = SomaPontos + PontosFranja8
Franja = Franja + 1

' FRANJA 9
PontosFranja9 = Worksheets(Arquivo + CStr(Contador)).Range("I15").Value
If PontosFranja9 = "" Then GoTo Fim

Range("AC1").Select
Selection.Font.Bold = True
If Franja = 10 Then
    Franja = 0
    Contador = Contador + 1
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) +
CStr(Franja)
    Contador = Contador - 1
Else
    ActiveCell.FormulaR1C1 = "FRANJA : " + Sinal + CStr(Contador - 1) +
CStr(Franja)
End If

Range("AC2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
    + "]C[-27],SEARCH("Q",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-27])-1))"
On Error Resume Next ' Adia o tratamento do erro.
Err.Clear
Selection.AutoFill Destination:=Range("AC2:AC" + CStr(PontosFranja9 + 1)), _
    Type:=xlFillDefault
If Err.Number <> 0 Then
    ActiveCell.Value = ""
    GoTo Fim
End If

Range("AD2").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VALUE(LEFT(R[" + CStr(SomaPontos - 1) _
    + "]C[-27],SEARCH("R",R[" + CStr(SomaPontos - 1) + "]C[-27])-1))"
Selection.AutoFill Destination:=Range("AD2:AD" + CStr(PontosFranja9 + 1)), _
    Type:=xlFillDefault
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

SomaPontos = SomaPontos + PontosFranja9

Fim:

Range("G1").Select
Franja = FranjaInicial

Next Contador

End Sub

Sub Macro13(Arquivo, Numero)

' Determina os valores Máximos e Mínimos de X e Y

For Contador = 1 To Numero

Sheets(Arquivo + CStr(Contador)).Select

Range("G18").Select

Selection.Font.Bold = True

ActiveCell.FormulaR1C1 = "X :"

Range("G19").Select

Selection.Font.Bold = True

ActiveCell.FormulaR1C1 = "Y :"

Range("H17").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "MÁXIMO"

Range("I17").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "MÍNIMO"

Range("H18").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

"=MAX(C[3],C[5],C[7],C[9],C[11],C[13],C[15],C[17],C[19],C[21])"

Range("I18").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

"=MIN(C[2],C[4],C[6],C[8],C[10],C[12],C[14],C[16],C[18],C[20])"

Range("H19").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

"=MAX(C[4],C[6],C[8],C[10],C[12],C[14],C[16],C[18],C[20],C[22])"

Range("I19").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = _

"=MIN(C[3],C[5],C[7],C[9],C[11],C[13],C[15],C[17],C[19],C[21])"

Range("G1").Select

Next Contador

End Sub

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Sub Macro14(SegundaPlanilha, Arquivo, Numero, Inicio)

' Copia dados para a planilha Principal

Sheets(SegundaPlanilha).Select

Range(Inicio).Select

For Contador = 1 To Numero

ActiveCell.FormulaR1C1 = Arquivo + CStr(Contador)

ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select

Sheets(Arquivo + CStr(Contador)).Select

Range("G1:I19").Select

Selection.Copy

Sheets(SegundaPlanilha).Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _

False, Transpose:=False

ActiveCell.Offset(-1, 3).Range("A1").Select

Application.CutCopyMode = False

Sheets(Arquivo + CStr(Contador)).Select

Range("G1").Select

Sheets(SegundaPlanilha).Select

Next Contador

End Sub

Sub Macro15(SegundaPlanilha, Arquivo, Numero, Inicio)

' Determina os valores Máximos e Mínimos de X e de Y

Sheets(SegundaPlanilha).Select

Range(Inicio).Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "GERAL"

ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "X :"

ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "Y :"

ActiveCell.Offset(-2, 1).Range("A1").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "MÁXIMO"

ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "MÍNIMO"

ActiveCell.Offset(1, -1).Range("A1").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MAX(R[-4],R[-24])"

ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select

ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MIN(R[-4],R[-24])"

ActiveCell.Offset(1, -1).Range("A1").Select

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MAX(R[-4],R[-24])"  
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MIN(R[-4],R[-24])"  
Range("A2").Select
```

End Sub

Sub Macro16(Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos, Indice1, Indice2, Limite)

```
If NumeroPontos <> "" Then  
  For Contador1 = 2 To NumeroPontos + 1  
    CoordenadaX = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range _  
      (Indice1 + CStr(Contador1)).Value  
    CoordenadaY = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range _  
      (Indice2 + CStr(Contador1)).Value  
  
    If CoordenadaY > Limite Then  
      CoordenadaX = CoordenadaX + 650  
      CoordenadaY = CoordenadaY - Limite  
    End If  
  
    ' Escreve numero da franja no ponto  
    ActiveSheet.Cells(CoordenadaX, CoordenadaY).Value = NumeroFranja  
  
  Next Contador1  
End If
```

End Sub

Sub Macro17(PrimeiraPlanilha, SegundaPlanilha, Arquivo, Arquivo1, Indice)

```
" Define variaveis  
Limite = 256  
Limite1 = 2  
YMaximo = Worksheets(SegundaPlanilha).Range("B19").Value  
YMinimo = Worksheets(SegundaPlanilha).Range("C19").Value  
LinhasPol = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("F9").Value  
Escala = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("F10").Value  
Contador = 1  
Contador1 = 2  
Contador2 = 0  
PlanilhaAtual = Arquivo + "_Pontos"  
Constante = 25.4  
If Indice = "G5" Then  
  Processo = "CALCULANDO DEFORMAÇÃO U - FASE1 "  
Else  
  Processo = "CALCULANDO DEFORMAÇÃO V - FASE1 "
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

End If

' Cria Planilha

Sheets(PrimeiraPlanilha).Select

Sheets.Add

ActiveSheet.Name = Arquivo + "_X"

ActiveWindow.Zoom = 40

Sheets.Add

ActiveSheet.Name = Arquivo + "_Y"

ActiveWindow.Zoom = 40

Sheets(Arquivo + "_X").Select

For CoordenadaY = YMinimo To YMaximo

' Lê valor máximo e mínimo da Coordenada X

XMinimo = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Cells(Contador1, 18).Value

XMaximo = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Cells(Contador1, 19).Value

For CoordenadaX = XMinimo To XMaximo

' Escreve o valor das coordenadas X e Y

Range("A645").Select

ActiveCell.Value = Processo + CStr(CoordenadaX) + " / " + CStr(CoordenadaY)

If CoordenadaY > Limite Then

' Lê o valor da franja nas coordenadas X e Y

ValorAtual = CStr(Worksheets(PlanilhaAtual).Cells_
(CoordenadaX + 650, CoordenadaY - Limite).Value)

Else

' Lê o valor da franja nas coordenadas X e Y

ValorAtual = CStr(Worksheets(PlanilhaAtual).Cells_
(CoordenadaX, CoordenadaY).Value)

End If

' Testa se o valor do ponto é vazio

If ValorAtual = "" Then

' Procura primeira coordenada X acima do ponto onde existe uma franja

For X = CoordenadaX To XMaximo

' Lê o valor do Ponto X

If CoordenadaY > Limite Then

ValorX = CStr(Worksheets(PlanilhaAtual).Cells_
(X + 650, CoordenadaY - Limite).Value)

Else

ValorX = CStr(Worksheets(PlanilhaAtual).Cells_
(X, CoordenadaY).Value)

End If

' Testa se o valor do ponto X é vazio

If ValorX <> "" Then

DeltaX = X - CoordenadaX

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
X = XMaximo
End If
Next X
' Testa se existe franja acima do ponto
If ValorX <> "" Then
' Procura primeira coordenada X abaixo do ponto onde existe uma franja
For X1 = CoordenadaX To XMinimo Step -1
' Lê o valor do Ponto X1
If CoordenadaY > Limite Then
ValorX1 = CStr(Worksheets(PlanilhaAtual).Cells _
(X1 + 650, CoordenadaY - Limite).Value)
Else
ValorX1 = CStr(Worksheets(PlanilhaAtual).Cells _
(X1, CoordenadaY).Value)
End If
' Testa se o valor do ponto X1 é vazio
If ValorX1 <> "" Then
DeltaX1 = CoordenadaX - X1
X1 = XMinimo
End If
Next X1
' Testa se existe franja abaixo do ponto
If ValorX1 <> "" Then
' Testa se franjas acima e abaixo é a mesma
If ValorX <> ValorX1 Then
DeformaçãoEulerX = Constante / (LinhasPol * (DeltaX + DeltaX1) _
* Escala)
If Indice = "G5" Then
DeformaçãoLagrangeX = DeformaçãoEulerX / (1 - DeformaçãoEulerX)
Else
DeformaçãoLagrangeX = DeformaçãoEulerX
End If
Else
DeformaçãoLagrangeX = 0
End If
Else
DeformaçãoLagrangeX = ""
End If
Else
DeformaçãoLagrangeX = ""
End If

' Procura primeira coordenada Y acima do ponto onde existe uma franja
For Y = CoordenadaY To YMaximo
' Lê o valor do Ponto Y
If Y > Limite Then
ValorY = CStr(Worksheets(PlanilhaAtual).Cells _
(CoordenadaX + 650, Y - Limite).Value)
Else
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
ValorY = CStr(Worksheets(PlanilhaAtual).Cells _  
    (CoordenadaX, Y).Value)  
End If  
' Testa se o valor do ponto Y é vazio  
    If ValorY <> "" Then  
        DeltaY = Y - CoordenadaY  
        Y = YMaximo  
    End If  
Next Y  
' Testa se existe franja acima do ponto  
    If ValorY <> "" Then  
' Procura primeira coordenada Y abaixo do ponto onde existe uma franja  
        For Y1 = CoordenadaY To YMinimo Step -1  
' Lê o valor do Ponto Y1  
            If Y1 > Limite Then  
                ValorY1 = CStr(Worksheets(PlanilhaAtual).Cells _  
                    (CoordenadaX + 650, Y1 - Limite).Value)  
            Else  
                ValorY1 = CStr(Worksheets(PlanilhaAtual).Cells _  
                    (CoordenadaX, Y1).Value)  
            End If  
' Testa se o valor do ponto Y1 é vazio  
            If ValorY1 <> "" Then  
                DeltaY1 = CoordenadaY - Y1  
                Y1 = YMinimo  
            End If  
        Next Y1  
' Testa se existe franja abaixo do ponto  
        If ValorY1 <> "" Then  
' Testa se franjas acima e abaixo é a mesma  
            If ValorY <> ValorY1 Then  
                DeformaçãoEulerY = Constante / (LinhasPol * (DeltaY + DeltaY1) _  
                    * Escala)  
                If Indice = "G5" Then  
                    DeformaçãoLagrangeY = DeformaçãoEulerY / (1 - DeformaçãoEulerY)  
                Else  
                    DeformaçãoLagrangeY = DeformaçãoEulerY  
                End If  
            Else  
                DeformaçãoLagrangeY = 0  
            End If  
        Else  
            DeformaçãoLagrangeY = ""  
        End If  
    Else  
        DeformaçãoLagrangeY = ""  
    End If  
End If
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
' Corrige valor da deformação
  If DeformaçãoLagrangeX <> "" Then
    DeformaçãoLagrangeX = CStr(CDbl(DeformaçãoLagrangeX) *
0.0000000000000001)
  End If
  If DeformaçãoLagrangeY <> "" Then
    DeformaçãoLagrangeY = CStr(CDbl(DeformaçãoLagrangeY) *
0.0000000000000001)
  End If
' Escreve na célula o valor da deformação X e Y
If CoordenadaY > Limite Then
  Worksheets(Arquivo + "_X").Cells _
    (CoordenadaX + 650, CoordenadaY - Limite).Value = DeformaçãoLagrangeX
  Worksheets(Arquivo + "_Y").Cells _
    (CoordenadaX + 650, CoordenadaY - Limite).Value = DeformaçãoLagrangeY
Else
  Worksheets(Arquivo + "_X").Cells(CoordenadaX, CoordenadaY).Value = _
  DeformaçãoLagrangeX
  Worksheets(Arquivo + "_Y").Cells(CoordenadaX, CoordenadaY).Value = _
  DeformaçãoLagrangeY
End If

Next CoordenadaX

Contador1 = Contador1 + 1
Next CoordenadaY
Range("A645").Select
ActiveCell.Value = ""
```

End Sub

Sub Macro20(SegundaPlanilha, Arquivo, Arquivo1, Numero)

```
' Define variaveis
Limite = 256

For Contador = 1 To Numero
  Sheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Select
  Sheets(Arquivo + "_Pontos").Select
  Range("A645").Select
  ActiveCell.Value = Arquivo1 + CStr(Contador) + " - AGUARDE DISTRIBUINDO
PONTOS!"

' Franja 0
NumeroFranja = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("H6").Value
NumeroPontos = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I6").Value
Indice1 = "K"
Indice2 = "L"
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Application.Run "Macro16", Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos,  
Indice1, _  
Indice2, Limite
```

```
' Franja 1
```

```
NumeroFranja = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("H7").Value  
NumeroPontos = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I7").Value  
Indice1 = "M"  
Indice2 = "N"
```

```
Application.Run "Macro16", Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos,  
Indice1, _  
Indice2, Limite
```

```
' Franja 2
```

```
NumeroFranja = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("H8").Value  
NumeroPontos = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I8").Value  
Indice1 = "O"  
Indice2 = "P"
```

```
Application.Run "Macro16", Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos,  
Indice1, _  
Indice2, Limite
```

```
' Franja 3
```

```
NumeroFranja = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("H9").Value  
NumeroPontos = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I9").Value  
Indice1 = "Q"  
Indice2 = "R"
```

```
Application.Run "Macro16", Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos,  
Indice1, _  
Indice2, Limite
```

```
' Franja 4
```

```
NumeroFranja = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("H10").Value  
NumeroPontos = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I10").Value  
Indice1 = "S"  
Indice2 = "T"
```

```
Application.Run "Macro16", Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos,  
Indice1, _  
Indice2, Limite
```

```
' Franja 5
```

```
NumeroFranja = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("H11").Value  
NumeroPontos = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I11").Value  
Indice1 = "U"
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

Indice2 = "V"

Application.Run "Macro16", Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos,
Indice1, _
Indice2, Limite

' Franja 6

NumeroFranja = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("H12").Value
NumeroPontos = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I12").Value
Indice1 = "W"
Indice2 = "X"

Application.Run "Macro16", Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos,
Indice1, _
Indice2, Limite

' Franja 7

NumeroFranja = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("H13").Value
NumeroPontos = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I13").Value
Indice1 = "Y"
Indice2 = "Z"

Application.Run "Macro16", Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos,
Indice1, _
Indice2, Limite

' Franja 8

NumeroFranja = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("H14").Value
NumeroPontos = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I14").Value
Indice1 = "AA"
Indice2 = "AB"

Application.Run "Macro16", Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos,
Indice1, _
Indice2, Limite

' Franja 9

NumeroFranja = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("H15").Value
NumeroPontos = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I15").Value
Indice1 = "AC"
Indice2 = "AD"

Application.Run "Macro16", Arquivo1, Contador, NumeroFranja, NumeroPontos,
Indice1, _
Indice2, Limite

Next Contador

'Sheets(Arquivo + "_Pontos").Select

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Range("A645").Select  
ActiveCell.Value = ""
```

End Sub

```
Sub CriaTabelas(PrimeiraPlanilha, SegundaPlanilha, Arquivo, TipoEntrada, TipoSaida,  
IndiceMaximo, IndiceMinimo)
```

```
' CriaTabelas Macro
```

```
' Macro gravada em 30/12/98 por OVDA
```

```
' Define Variaveis
```

```
Arquivo1 = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G4").Value  
YMaximo = Worksheets(SegundaPlanilha).Range("B19").Value  
YMinimo = Worksheets(SegundaPlanilha).Range("C19").Value  
Contador = 1  
Contador1 = 2  
Limite = 256  
Limite1 = 32000
```

```
' Seleciona Planilha
```

```
Sheets(PrimeiraPlanilha).Select
```

```
' Determina o valor Máximo de Deformação
```

```
Range(IndiceMaximo).Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MAX(" + Arquivo + TipoEntrada + "!R[-  
8]:R[1291])*1000000"  
Maximo = ActiveCell.Value
```

```
' Determina o valor Mínimo de Deformação
```

```
Range(IndiceMinimo).Select
```

```
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=MIN(" + Arquivo + TipoEntrada + "!R[-  
8]:R[1291])*1000000"  
Minimo = ActiveCell.Value
```

```
' Determina o numero de faixas existentes
```

```
Faixa = 10
```

```
Range("A2").Select
```

```
' Determina os valores de intervalos
```

```
Delta = Cint((Maximo - Minimo) / Faixa)
```

```
' Cria Planilha de Deformação
```

```
Sheets.Add
```

```
ActiveSheet.Name = Arquivo1 + TipoSaida
```

```
ActiveWindow.Zoom = 40
```

```
' Escreve titulos
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Range("C1").Select
ActiveCell.Value = "PONTOS 0"
Range("E1").Select
ActiveCell.Value = CStr(CInt(Minimo)) + " < D = " + CStr(CInt(Minimo) + Delta)
Range("G1").Select
ActiveCell.Value = CStr(CInt(Minimo) + Delta) + " < D = " + CStr(CInt(Minimo) + 2 *
Delta)
Range("I1").Select
ActiveCell.Value = CStr(CInt(Minimo) + 2 * Delta) + " < D = " + _
CStr(CInt(Minimo) + 3 * Delta)
Range("K1").Select
ActiveCell.Value = CStr(CInt(Minimo) + 3 * Delta) + " < D = " + _
CStr(CInt(Minimo) + 4 * Delta)
Range("M1").Select
ActiveCell.Value = CStr(CInt(Minimo) + 4 * Delta) + " < D = " + _
CStr(CInt(Minimo) + 5 * Delta)
Range("O1").Select
ActiveCell.Value = CStr(CInt(Minimo) + 5 * Delta) + " < D = " + _
CStr(CInt(Minimo) + 6 * Delta)
Range("Q1").Select
ActiveCell.Value = CStr(CInt(Minimo) + 6 * Delta) + " < D = " + _
CStr(CInt(Minimo) + 7 * Delta)
Range("S1").Select
ActiveCell.Value = CStr(CInt(Minimo) + 7 * Delta) + " < D = " + _
CStr(CInt(Minimo) + 8 * Delta)
Range("U1").Select
ActiveCell.Value = CStr(CInt(Minimo) + 8 * Delta) + " < D = " + _
CStr(CInt(Minimo) + 9 * Delta)
Range("W1").Select
ActiveCell.Value = CStr(CInt(Minimo) + 9 * Delta) + " < D = " + CStr(CInt(Maximo))

' Constroi Tabela Perfil
PontosPerfil = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I6").Value
Sheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Select
Columns("N:O").Select
Selection.Copy
Sheets(Arquivo1 + TipoSaida).Select
Range("A1").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
False, Transpose:=False
Application.CutCopyMode = False
ActiveCell.Value = "PERFIL"
Range("C2").Select

' Constroi tabelas de Deformação
For CoordenadaY = YMinimo To YMaximo

' Define os limites da coordenada X
XMinimo = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Cells(Contador1, 18).Value
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

XMaximo = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Cells(Contador1, 19).Value

For CoordenadaX = XMinimo To XMaximo

' Escreve o valor das coordenadas X e Y

Range("AA1").Select

ActiveCell.Value = CStr(CoordenadaX) + " / " + CStr(CoordenadaY)

If CoordenadaY > Limite Then

' Lê o valor da franja nas coordenadas X e Y

ValorAtual = CStr(Worksheets(Arquivo + TipoEntrada).Cells _
(CoordenadaX + 650, CoordenadaY - Limite).Value)

Else

' Lê o valor da franja nas coordenadas X e Y

ValorAtual = CStr(Worksheets(Arquivo + TipoEntrada).Cells _
(CoordenadaX, CoordenadaY).Value)

End If

' Testa se o valor da franja é vazío

If ValorAtual <> "" Then

ValorAtual = CStr(ValorAtual * 1000000)

' Pontos com valor Zero

If ValorAtual = "0" Then

PontosZero = PontosZero + 1

If PontosZero > Limite1 Then

NumeroFaixas = PontosZero \ Limite1

Coluna1 = 30 + 2 * (NumeroFaixas - 1)

Coluna2 = Coluna1 + 1

Linha = PontosZero + 1 - NumeroFaixas * Limite1

Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Cells _
(Linha, Coluna1).Value = CoordenadaX

Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Cells _
(Linha, Coluna2).Value = CoordenadaY

Else

Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
("C" + CStr(PontosZero + 1)).Value = CoordenadaX

Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
("D" + CStr(PontosZero + 1)).Value = CoordenadaY

End If

Else

' Primeiro Intervalo

If (Cdbl(ValorAtual) > Minimo) And (Cdbl(ValorAtual) <= CInt(Minimo) + _
Delta) Then

Intervalo1 = Intervalo1 + 1

Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
("E" + CStr(Intervalo1 + 1)).Value = CoordenadaX

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _  
    ("F" + CStr(Intervalo1 + 1)).Value = CoordenadaY  
End If
```

```
' Segundo Intervalo  
If (CDBl(ValorAtual) > CInt(Minimo) + Delta) And (CDBl(ValorAtual) <= _  
    CInt(Minimo) + (2 * Delta)) Then  
Intervalo2 = Intervalo2 + 1  
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _  
    ("G" + CStr(Intervalo2 + 1)).Value = CoordenadaX  
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _  
    ("H" + CStr(Intervalo2 + 1)).Value = CoordenadaY  
End If
```

```
' Terceiro Intervalo  
If (CDBl(ValorAtual) > CInt(Minimo) + (2 * Delta)) And (CDBl(ValorAtual) _  
    <= CInt(Minimo) + (3 * Delta)) Then  
Intervalo3 = Intervalo3 + 1  
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _  
    ("I" + CStr(Intervalo3 + 1)).Value = CoordenadaX  
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _  
    ("J" + CStr(Intervalo3 + 1)).Value = CoordenadaY  
End If
```

```
' Quarto Intervalo  
If (CDBl(ValorAtual) > CInt(Minimo) + (3 * Delta)) And (CDBl(ValorAtual) _  
    <= CInt(Minimo) + (4 * Delta)) Then  
Intervalo4 = Intervalo4 + 1  
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _  
    ("K" + CStr(Intervalo4 + 1)).Value = CoordenadaX  
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _  
    ("L" + CStr(Intervalo4 + 1)).Value = CoordenadaY  
End If
```

```
' Quinto Intervalo  
If (CDBl(ValorAtual) > CInt(Minimo) + (4 * Delta)) And (CDBl(ValorAtual) _  
    <= CInt(Minimo) + (5 * Delta)) Then  
Intervalo5 = Intervalo5 + 1  
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _  
    ("M" + CStr(Intervalo5 + 1)).Value = CoordenadaX  
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _  
    ("N" + CStr(Intervalo5 + 1)).Value = CoordenadaY  
End If
```

```
' Sexto Intervalo  
If (CDBl(ValorAtual) > CInt(Minimo) + (5 * Delta)) And (CDBl(ValorAtual) _  
    <= CInt(Minimo) + (6 * Delta)) Then  
Intervalo6 = Intervalo6 + 1  
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
        ("O" + CStr(Intervalo6 + 1)).Value = CoordenadaX
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
        ("P" + CStr(Intervalo6 + 1)).Value = CoordenadaY
End If

' Sétimo Intervalo
If (CDBl(ValorAtual) > CInt(Minimo) + (6 * Delta)) And (CDBl(ValorAtual) _
    <= CInt(Minimo) + (7 * Delta)) Then
    Intervalo7 = Intervalo7 + 1
    Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
        ("Q" + CStr(Intervalo7 + 1)).Value = CoordenadaX
    Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
        ("R" + CStr(Intervalo7 + 1)).Value = CoordenadaY
End If

' Oitavo Intervalo
If (CDBl(ValorAtual) > CInt(Minimo) + (7 * Delta)) And (CDBl(ValorAtual) _
    <= CInt(Minimo) + (8 * Delta)) Then
    Intervalo8 = Intervalo8 + 1
    Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
        ("S" + CStr(Intervalo8 + 1)).Value = CoordenadaX
    Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
        ("T" + CStr(Intervalo8 + 1)).Value = CoordenadaY
End If

' Nono Intervalo
If (CDBl(ValorAtual) > CInt(Minimo) + (8 * Delta)) And (CDBl(ValorAtual) _
    <= CInt(Minimo) + (9 * Delta)) Then
    Intervalo9 = Intervalo9 + 1
    Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
        ("U" + CStr(Intervalo9 + 1)).Value = CoordenadaX
    Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
        ("V" + CStr(Intervalo9 + 1)).Value = CoordenadaY
End If

' Décimo Intervalo
If (CDBl(ValorAtual) > CInt(Minimo) + (9 * Delta)) And (CDBl(ValorAtual) _
    <= Maximo) Then
    Intervalo10 = Intervalo10 + 1
    Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
        ("W" + CStr(Intervalo10 + 1)).Value = CoordenadaX
    Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range _
        ("X" + CStr(Intervalo10 + 1)).Value = CoordenadaY
End If
End If
End If
Next CoordenadaX
Contador1 = Contador1 + 1
Next CoordenadaY
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
' Escreve numero de pontos para cada faixa de deformação
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA2").Value = PontosZero
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA3").Value = Intervalo1
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA4").Value = Intervalo2
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA5").Value = Intervalo3
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA6").Value = Intervalo4
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA7").Value = Intervalo5
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA8").Value = Intervalo6
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA9").Value = Intervalo7
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA10").Value = Intervalo8
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA11").Value = Intervalo9
Worksheets(Arquivo1 + TipoSaida).Range("AA12").Value = Intervalo10
```

End Sub

```
Sub TraçaGrafico(PrimeiraPlanilha, TipoEntrada, TipoNome, TipoTitulo)
```

```
' TraçaGrafico Macro
```

```
' Macro gravada em 06/01/99 por OVDA
```

```
' Define Variaveis
```

```
Arquivo1 = Worksheets(PrimeiraPlanilha).Range("G4").Value
```

```
PlanilhaEntrada = Arquivo1 + TipoEntrada
```

```
NomeGrafico = Arquivo1 + TipoNome
```

```
TituloGrafico = TipoTitulo + Arquivo1
```

```
Contador = 1
```

```
Limite1 = 32000
```

```
PontosPerfil = Worksheets(Arquivo1 + CStr(Contador)).Range("I6").Value
```

```
PontosZero = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA2").Value
```

```
Intervalo1 = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA3").Value
```

```
Intervalo2 = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA4").Value
```

```
Intervalo3 = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA5").Value
```

```
Intervalo4 = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA6").Value
```

```
Intervalo5 = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA7").Value
```

```
Intervalo6 = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA8").Value
```

```
Intervalo7 = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA9").Value
```

```
Intervalo8 = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA10").Value
```

```
Intervalo9 = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA11").Value
```

```
Intervalo10 = Worksheets(PlanilhaEntrada).Range("AA12").Value
```

```
' Cria o gráfico
```

```
Charts.Add
```

```
ActiveChart.ChartType = xlXYScatter
```

```
ActiveChart.SetSourceData Source:=Sheets(PlanilhaEntrada).Range("A1:L3"), _
```

```
PlotBy:=xlColumns
```

```
' Define nome da planilha
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

ActiveChart.Location Where:=xlLocationAsNewSheet, Name:=NomeGrafico

' Insere Titulo do gráfico

With ActiveChart

.HasTitle = True

.ChartTitle.Characters.Text = TituloGrafico

.Axes(xlCategory, xlPrimary).HasTitle = False

.Axes(xlValue, xlPrimary).HasTitle = False

End With

ActiveChart.ChartTitle.Select

Selection.AutoScaleFont = True

With Selection.Font

.Name = "Arial"

.FontStyle = "Bold"

.Size = 16

.Strikethrough = False

.Superscript = False

.Subscript = False

.OutlineFont = False

.Shadow = False

.Underline = xlUnderlineStyleNone

.ColorIndex = xlAutomatic

.Background = xlAutomatic

End With

' Retira as linhas de grade

ActiveChart.Axes(xlCategory, xlPrimary).CategoryType = xlAutomatic

With ActiveChart.Axes(xlCategory)

.HasMajorGridlines = False

.HasMinorGridlines = False

End With

With ActiveChart.Axes(xlValue)

.HasMajorGridlines = False

.HasMinorGridlines = False

End With

' Define o eixo X

ActiveChart.Axes(xlValue).Select

With ActiveChart.Axes(xlValue)

.MinimumScale = 0

.MaximumScale = 500

.MinorUnitIsAuto = True

.MajorUnitIsAuto = True

.Crosses = xlAutomatic

.ReversePlotOrder = True

.ScaleType = xlLinear

End With

' Define o eixo Y

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
ActiveChart.Axes(xlCategory).Select  
With ActiveChart.Axes(xlCategory)  
    .MinimumScale = 0  
    .MaximumScale = 650  
    .MinorUnitIsAuto = True  
    .MajorUnitIsAuto = True  
    .Crosses = xlAutomatic  
    .ReversePlotOrder = False  
    .ScaleType = xlLinear  
End With
```

```
' Define a area do gráfico  
ActiveChart.PlotArea.Select  
With Selection.Border  
    .ColorIndex = 16  
    .Weight = xlThin  
    .LineStyle = xlNone  
End With  
Selection.Interior.ColorIndex = xlNone  
Selection.Width = 500
```

```
' Define o tamanho da legenda  
ActiveChart.Legend.Select  
With Selection.Font  
    .Name = "Arial"  
    .FontStyle = "Regular"  
    .Size = 14  
    .Strikethrough = False  
    .Superscript = False  
    .Subscript = False  
    .OutlineFont = False  
    .Shadow = False  
    .Underline = xlUnderlineStyleNone  
    .ColorIndex = xlAutomatic  
    .Background = xlAutomatic  
End With  
Selection.AutoScaleFont = True  
Selection.Left = 525  
Selection.Top = 150  
With Selection.Border  
    .Weight = xlHairline  
    .LineStyle = xlNone  
End With  
Selection.Shadow = False  
Selection.Interior.ColorIndex = xlAutomatic
```

```
' Retira os eixos do gráfico  
With ActiveChart  
    .HasAxis(xlCategory, xlPrimary) = False
```


SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
.HasAxis(xlValue, xlPrimary) = False  
End With
```

```
' Define o marcador da série 1  
ActiveChart.SeriesCollection(1).Select  
With Selection.Border  
    .Weight = xlHairline  
    .LineStyle = xlNone  
End With
```

```
With Selection  
    .MarkerBackgroundColorIndex = 1  
    .MarkerForegroundColorIndex = 1  
    .MarkerStyle = xlCircle  
    .Smooth = False  
    .MarkerSize = 2  
    .Shadow = False  
End With
```

```
' Define marcador da série 2  
ActiveChart.SeriesCollection(2).Select  
With Selection.Border  
    .Weight = xlHairline  
    .LineStyle = xlNone  
End With
```

```
With Selection  
    .MarkerBackgroundColorIndex = 36  
    .MarkerForegroundColorIndex = 36  
    .MarkerStyle = xlCircle  
    .Smooth = False  
    .MarkerSize = 2  
    .Shadow = False  
End With
```

```
' Define o marcador da série 3  
ActiveChart.SeriesCollection(3).Select  
With Selection.Border  
    .Weight = xlHairline  
    .LineStyle = xlNone  
End With
```

```
With Selection  
    .MarkerBackgroundColorIndex = 44  
    .MarkerForegroundColorIndex = 44  
    .MarkerStyle = xlCircle  
    .Smooth = False  
    .MarkerSize = 2  
    .Shadow = False  
End With
```

```
' Define o marcador da série 4
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
ActiveChart.SeriesCollection(4).Select  
With Selection.Border  
    .Weight = xlHairline  
    .LineStyle = xlNone  
End With  
With Selection  
    .MarkerBackgroundColorIndex = 46  
    .MarkerForegroundColorIndex = 46  
    .MarkerStyle = xlCircle  
    .Smooth = False  
    .MarkerSize = 2  
    .Shadow = False  
End With
```

```
' Define o marcador da série 5  
ActiveChart.SeriesCollection(5).Select  
With Selection.Border  
    .Weight = xlHairline  
    .LineStyle = xlNone  
End With  
With Selection  
    .MarkerBackgroundColorIndex = 3  
    .MarkerForegroundColorIndex = 3  
    .MarkerStyle = xlCircle  
    .Smooth = False  
    .MarkerSize = 2  
    .Shadow = False  
End With
```

```
' Define o marcador da série 6  
ActiveChart.SeriesCollection(6).Select  
With Selection.Border  
    .Weight = xlHairline  
    .LineStyle = xlNone  
End With  
With Selection  
    .MarkerBackgroundColorIndex = 7  
    .MarkerForegroundColorIndex = 7  
    .MarkerStyle = xlCircle  
    .Smooth = False  
    .MarkerSize = 2  
    .Shadow = False  
End With
```

```
' Define o marcador da série 7  
ActiveChart.SeriesCollection(7).Select  
With Selection.Border  
    .Weight = xlHairline  
    .LineStyle = xlNone
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
End With
With Selection
    .MarkerBackgroundColorIndex = 4
    .MarkerForegroundColorIndex = 4
    .MarkerStyle = xlCircle
    .Smooth = False
    .MarkerSize = 2
    .Shadow = False
End With
```

```
' Define o marcador da série 8
ActiveChart.SeriesCollection(8).Select
With Selection.Border
    .Weight = xlHairline
    .LineStyle = xlNone
End With
```

```
With Selection
    .MarkerBackgroundColorIndex = 10
    .MarkerForegroundColorIndex = 10
    .MarkerStyle = xlCircle
    .Smooth = False
    .MarkerSize = 2
    .Shadow = False
End With
```

```
' Define o marcador da série 9
ActiveChart.SeriesCollection(9).Select
With Selection.Border
    .Weight = xlHairline
    .LineStyle = xlNone
End With
```

```
With Selection
    .MarkerBackgroundColorIndex = 8
    .MarkerForegroundColorIndex = 8
    .MarkerStyle = xlCircle
    .Smooth = False
    .MarkerSize = 2
    .Shadow = False
End With
```

```
' Define o marcador da série 10
ActiveChart.SeriesCollection(10).Select
With Selection.Border
    .Weight = xlHairline
    .LineStyle = xlNone
End With
```

```
With Selection
    .MarkerBackgroundColorIndex = 41
    .MarkerForegroundColorIndex = 41
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
.MarkerStyle = xlCircle
.Smooth = False
.MarkerSize = 2
.Shadow = False
End With

' Define o marcador da série 11
ActiveChart.SeriesCollection(11).Select
With Selection.Border
    .Weight = xlHairline
    .LineStyle = xlNone
End With
With Selection
    .MarkerBackgroundColorIndex = 5
    .MarkerForegroundColorIndex = 5
    .MarkerStyle = xlCircle
    .Smooth = False
    .MarkerSize = 2
    .Shadow = False
End With

' Define o marcador da série 12
ActiveChart.SeriesCollection(12).Select
With Selection.Border
    .Weight = xlHairline
    .LineStyle = xlNone
End With
With Selection
    .MarkerBackgroundColorIndex = 16
    .MarkerForegroundColorIndex = 16
    .MarkerStyle = xlCircle
    .Smooth = False
    .MarkerSize = 2
    .Shadow = False
End With

' Adiciona series para pontos zero adicionais
If PontosZero > Limite1 Then
    NumeroFaixas = CInt(PontosZero / Limite1)
    Pontos = PontosZero
    PontosZero = Limite1
    For Contador = 1 To NumeroFaixas
        If Contador = NumeroFaixas Then
            PontosZeros = Pontos - Contador * Limite1
        Else
            PontosZeros = Limite1
        End If
        ActiveChart.SeriesCollection.NewSeries
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

' Define o marcador da série

```
ActiveChart.SeriesCollection(Contador + 12).Select  
With Selection.Border  
    .Weight = xlHairline  
    .LineStyle = xlNone  
End With  
With Selection  
    .MarkerBackgroundColorIndex = 36  
    .MarkerForegroundColorIndex = 36  
    .MarkerStyle = xlCircle  
    .Smooth = False  
    .MarkerSize = 2  
    .Shadow = False  
End With  
Coluna1 = CStr(30 + 2 * (Contador - 1))  
Coluna2 = CStr(CInt(Coluna1) + 1)
```

' Define a serie

```
ActiveChart.SeriesCollection(Contador + 12).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C" + Coluna1 + ":R" + _  
    CStr(PontosZeros + 1) + "C" + Coluna1  
ActiveChart.SeriesCollection(Contador + 12).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C" + Coluna2 + ":R" + _  
    CStr(PontosZeros + 1) + "C" + Coluna2  
ActiveChart.SeriesCollection(Contador + 12).Name = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C3"
```

Next Contador

End If

' Define as séries

```
ActiveChart.SeriesCollection(1).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C1:R" + CStr(PontosPerfil + 1) + "C1"  
ActiveChart.SeriesCollection(1).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C2:R" + CStr(PontosPerfil + 1) + "C2"  
ActiveChart.SeriesCollection(1).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C1"  
ActiveChart.SeriesCollection(2).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C3:R" + CStr(PontosZero + 1) + "C3"  
ActiveChart.SeriesCollection(2).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C4:R" + CStr(PontosZero + 1) + "C4"  
ActiveChart.SeriesCollection(2).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C3"  
ActiveChart.SeriesCollection(3).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C5:R" + CStr(Intervalo1 + 1) + "C5"  
ActiveChart.SeriesCollection(3).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C6:R" + CStr(Intervalo1 + 1) + "C6"  
ActiveChart.SeriesCollection(3).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C5"  
ActiveChart.SeriesCollection(4).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C7:R" + CStr(Intervalo2 + 1) + "C7"  
ActiveChart.SeriesCollection(4).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C8:R" + CStr(Intervalo2 + 1) + "C8"
```

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS OBTIDAS A PARTIR DA
TÉCNICA DE MOIRÉ

```
ActiveChart.SeriesCollection(4).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C7"  
ActiveChart.SeriesCollection(5).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C9:R" + CStr(Intervalo3 + 1) + "C9"  
ActiveChart.SeriesCollection(5).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C10:R" + CStr(Intervalo3 + 1) + "C10"  
ActiveChart.SeriesCollection(5).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C9"  
ActiveChart.SeriesCollection(6).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C11:R" + CStr(Intervalo4 + 1) + "C11"  
ActiveChart.SeriesCollection(6).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C12:R" + CStr(Intervalo4 + 1) + "C12"  
ActiveChart.SeriesCollection(6).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C11"  
ActiveChart.SeriesCollection(7).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C13:R" + CStr(Intervalo5 + 1) + "C13"  
ActiveChart.SeriesCollection(7).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C14:R" + CStr(Intervalo5 + 1) + "C14"  
ActiveChart.SeriesCollection(7).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C13"  
ActiveChart.SeriesCollection(8).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C15:R" + CStr(Intervalo6 + 1) + "C15"  
ActiveChart.SeriesCollection(8).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C16:R" + CStr(Intervalo6 + 1) + "C16"  
ActiveChart.SeriesCollection(8).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C15"  
ActiveChart.SeriesCollection(9).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C17:R" + CStr(Intervalo7 + 1) + "C17"  
ActiveChart.SeriesCollection(9).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C18:R" + CStr(Intervalo7 + 1) + "C18"  
ActiveChart.SeriesCollection(9).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C17"  
ActiveChart.SeriesCollection(10).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C19:R" + CStr(Intervalo8 + 1) + "C19"  
ActiveChart.SeriesCollection(10).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C20:R" + CStr(Intervalo8 + 1) + "C20"  
ActiveChart.SeriesCollection(10).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C19"  
ActiveChart.SeriesCollection(11).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C21:R" + CStr(Intervalo9 + 1) + "C21"  
ActiveChart.SeriesCollection(11).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C22:R" + CStr(Intervalo9 + 1) + "C22"  
ActiveChart.SeriesCollection(11).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C21"  
ActiveChart.SeriesCollection(12).XValues = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C23:R" + CStr(Intervalo10 + 1) + "C23"  
ActiveChart.SeriesCollection(12).Values = _  
    "=" + PlanilhaEntrada + "!R2C24:R" + CStr(Intervalo10 + 1) + "C24"  
ActiveChart.SeriesCollection(12).Name = "=" + PlanilhaEntrada + "!R1C23"  
  
ActiveChart.Deselect  
End Sub
```

=====

INPUT FOLDER: C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN BH\L0000001

Check once at start time.

OUTPUT FOLDER: C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN BH Hot Folder\L0000001

SAVE AS TYPE: *.pdf

FILE OPTIONS: Name files as source images

1/9/2009, 13:27:11 Running...

1/9/2009, 13:27:11 Found 134 image files (134 pages). Processing....

1/9/2009, 13:27:11 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0000100.TIF)...

1/9/2009, 13:27:21 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:27:22 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:27:22 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0000200.TIF)...

1/9/2009, 13:27:37 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:27:38 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:27:38 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0000300.TIF)...

1/9/2009, 13:27:40 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:27:40 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:27:40 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0000400.TIF)...

1/9/2009, 13:27:45 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:27:45 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:27:45 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0000500.TIF)...

1/9/2009, 13:27:50 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:27:50 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:27:50 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0000600.TIF)...

1/9/2009, 13:27:52 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:27:52 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:27:52 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0000700.TIF)...

1/9/2009, 13:27:56 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:27:57 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:27:57 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0000800.TIF)...

1/9/2009, 13:28:00 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:28:01 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:28:01 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0000900.TIF)...

1/9/2009, 13:28:04 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:28:04 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:28:04 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0001000.TIF)...

1/9/2009, 13:28:07 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:28:07 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:28:08 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0001100.TIF)...

1/9/2009, 13:28:11 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:28:12 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:28:12 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0001200.TIF)...
1/9/2009, 13:28:17 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:28:17 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:28:17 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0001300.TIF)...
1/9/2009, 13:28:20 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:28:20 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:28:20 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0001400.TIF)...
1/9/2009, 13:28:24 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:28:25 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:28:25 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0001500.TIF)...
1/9/2009, 13:28:29 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:28:29 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:28:29 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0001600.TIF)...
1/9/2009, 13:28:35 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:28:35 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:28:35 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0001700.TIF)...
1/9/2009, 13:28:41 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:28:41 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:28:41 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0001800.TIF)...
1/9/2009, 13:28:57 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:28:57 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:28:57 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0001900.TIF)...
1/9/2009, 13:29:01 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:29:02 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:29:02 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0002000.TIF)...
1/9/2009, 13:29:07 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:29:07 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:29:07 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0002100.TIF)...
1/9/2009, 13:29:12 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:29:12 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:29:12 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0002200.TIF)...
1/9/2009, 13:29:16 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:29:17 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:29:17 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0002300.TIF)...
1/9/2009, 13:29:21 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:29:21 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:29:21 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0002400.TIF)...
1/9/2009, 13:29:26 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:29:26 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:29:27 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0002500.TIF)...

1/9/2009, 13:29:31 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:29:31 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:29:31 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0002600.TIF)...

1/9/2009, 13:29:36 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:29:36 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:29:36 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0002700.TIF)...

1/9/2009, 13:29:42 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:29:42 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:29:42 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0002800.TIF)...

1/9/2009, 13:29:46 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:29:47 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:29:47 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0002900.TIF)...

1/9/2009, 13:29:53 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:29:53 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:29:53 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0003000.TIF)...

1/9/2009, 13:29:58 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:29:58 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:29:58 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0003100.TIF)...

1/9/2009, 13:30:04 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:30:04 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:30:04 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0003200.TIF)...

1/9/2009, 13:30:10 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:30:10 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:30:10 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0003400.TIF)...

1/9/2009, 13:30:14 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:30:14 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:30:14 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0003500.TIF)...

1/9/2009, 13:30:19 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:30:20 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:30:20 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0003600.TIF)...

1/9/2009, 13:30:25 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:30:25 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:30:25 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0003700.TIF)...

1/9/2009, 13:30:30 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:30:30 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:30:30 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0003800.TIF)...

1/9/2009, 13:30:38 Warning (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN BH\L0000001\0003800.TIF, page
1): Increase scanning brightness to make the image lighter.

1/9/2009, 13:30:41 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:30:41 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:30:41 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0003900.TIF)...

1/9/2009, 13:30:46 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:30:46 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:30:46 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0004000.TIF)...

1/9/2009, 13:30:51 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:30:51 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:30:52 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0004100.TIF)...

1/9/2009, 13:30:55 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:30:56 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:30:56 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0004200.TIF)...

1/9/2009, 13:31:00 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:31:01 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:31:01 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0004300.TIF)...

1/9/2009, 13:31:08 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:31:08 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:31:08 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0004400.TIF)...

1/9/2009, 13:31:13 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:31:14 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:31:14 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0004500.TIF)...

1/9/2009, 13:31:18 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:31:18 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:31:18 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0004600.TIF)...

1/9/2009, 13:31:22 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:31:22 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:31:22 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0004700.TIF)...

1/9/2009, 13:31:26 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:31:26 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:31:26 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0004800.TIF)...

1/9/2009, 13:31:31 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:31:31 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:31:31 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0004900.TIF)...

1/9/2009, 13:31:36 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:31:36 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:31:36 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0005000.TIF)...

1/9/2009, 13:31:41 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:31:42 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:31:42 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0005100.TIF)...

1/9/2009, 13:31:46 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:31:46 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:31:47 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0005200.TIF)...

1/9/2009, 13:31:49 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:31:50 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:31:50 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0005300.TIF)...
1/9/2009, 13:31:55 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:31:55 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:31:55 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0005400.TIF)...
1/9/2009, 13:32:00 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:32:00 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:32:00 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0005501.JPG)...
1/9/2009, 13:32:06 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:32:09 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:32:09 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0005600.TIF)...
1/9/2009, 13:32:14 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:32:15 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:32:15 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0005700.TIF)...
1/9/2009, 13:32:19 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:32:20 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:32:20 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0005800.TIF)...
1/9/2009, 13:32:23 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:32:24 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:32:24 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0005900.TIF)...
1/9/2009, 13:32:31 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:32:31 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:32:31 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0006000.JPG)...
1/9/2009, 13:32:36 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:32:38 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:32:38 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0006100.TIF)...
1/9/2009, 13:32:41 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:32:42 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:32:42 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0006200.TIF)...
1/9/2009, 13:32:44 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:32:44 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:32:44 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0006300.JPG)...
1/9/2009, 13:32:48 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:32:49 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:32:50 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0006400.JPG)...
1/9/2009, 13:33:00 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:33:02 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:33:02 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0006500.JPG)...
1/9/2009, 13:33:13 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:33:15 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:33:15 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0006600.TIF)...

1/9/2009, 13:33:19 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:33:19 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:33:19 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0006700.JPG)...

1/9/2009, 13:33:24 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:33:27 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:33:27 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0006800.JPG)...

1/9/2009, 13:33:32 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:33:34 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:33:34 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0006900.JPG)...

1/9/2009, 13:33:41 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:33:43 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:33:43 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0007000.TIF)...

1/9/2009, 13:33:49 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:33:49 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:33:49 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0007200.JPG)...

1/9/2009, 13:33:54 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:33:57 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:33:57 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0007300.TIF)...

1/9/2009, 13:34:02 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:34:02 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:34:02 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0007400.JPG)...

1/9/2009, 13:34:07 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:34:10 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:34:10 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0007500.JPG)...

1/9/2009, 13:34:15 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:34:18 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:34:18 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0007600.JPG)...

1/9/2009, 13:34:25 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:34:28 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:34:29 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0007700.TIF)...

1/9/2009, 13:34:34 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:34:35 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:34:35 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0007800.TIF)...

1/9/2009, 13:34:40 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:34:40 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:34:41 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0007900.TIF)...

1/9/2009, 13:34:45 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:34:46 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:34:46 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008000.TIF)...

1/9/2009, 13:34:49 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:34:49 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:34:49 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008100.TIF)..
1/9/2009, 13:34:54 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:34:54 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:34:54 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008200.TIF)..
1/9/2009, 13:34:59 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:34:59 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:34:59 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008201.TIF)..
1/9/2009, 13:35:01 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:01 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:35:01 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008300.TIF)..
1/9/2009, 13:35:05 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:06 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:35:06 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008400.TIF)..
1/9/2009, 13:35:11 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:11 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:35:11 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008500.TIF)..
1/9/2009, 13:35:15 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:15 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:35:15 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008600.TIF)..
1/9/2009, 13:35:18 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:18 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:35:19 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008700.TIF)..
1/9/2009, 13:35:23 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:23 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:35:23 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008800.TIF)..
1/9/2009, 13:35:29 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:29 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:35:29 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0008900.TIF)..
1/9/2009, 13:35:36 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:36 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:35:36 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0009000.TIF)..
1/9/2009, 13:35:42 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:42 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:35:42 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0009100.TIF)..
1/9/2009, 13:35:48 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:49 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:35:49 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0009200.TIF)..
1/9/2009, 13:35:53 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:35:54 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:35:54 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0009300.TIF)...

1/9/2009, 13:35:59 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:35:59 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:35:59 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0009400.TIF)...

1/9/2009, 13:36:04 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:36:05 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:36:05 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0009500.TIF)...

1/9/2009, 13:36:10 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:36:10 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:36:10 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0009600.TIF)...

1/9/2009, 13:36:15 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:36:16 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:36:16 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0009700.TIF)...

1/9/2009, 13:36:22 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:36:23 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:36:23 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0009800.TIF)...

1/9/2009, 13:36:30 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:36:30 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:36:30 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0009900.TIF)...

1/9/2009, 13:36:39 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:36:39 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:36:39 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0010000.TIF)...

1/9/2009, 13:36:45 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:36:46 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:36:46 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0010100.TIF)...

1/9/2009, 13:36:54 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:36:54 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:36:54 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0010200.TIF)...

1/9/2009, 13:37:04 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:37:04 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:37:04 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0010300.TIF)...

1/9/2009, 13:37:10 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:37:11 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:37:11 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0010400.TIF)...

1/9/2009, 13:37:19 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:37:19 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:37:20 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0010500.TIF)...

1/9/2009, 13:37:28 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:37:28 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:37:28 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0010600.TIF)...

1/9/2009, 13:37:34 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:37:34 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:37:34 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0010700.TIF)...
1/9/2009, 13:37:42 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:37:42 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:37:42 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0010800.TIF)...
1/9/2009, 13:37:53 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:37:54 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:37:54 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0010900.TIF)...
1/9/2009, 13:38:03 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:38:03 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:38:03 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0011000.TIF)...
1/9/2009, 13:38:15 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:38:15 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:38:15 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0011100.TIF)...
1/9/2009, 13:38:23 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:38:23 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:38:23 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0011200.TIF)...
1/9/2009, 13:38:32 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:38:32 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:38:32 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0011300.TIF)...
1/9/2009, 13:38:43 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:38:43 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:38:43 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0011400.TIF)...
1/9/2009, 13:38:50 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:38:50 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:38:50 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0011500.TIF)...
1/9/2009, 13:38:59 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:38:59 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:38:59 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0011600.TIF)...
1/9/2009, 13:39:04 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:39:04 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:39:04 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0011700.TIF)...
1/9/2009, 13:39:09 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:39:09 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:39:09 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0011800.TIF)...
1/9/2009, 13:39:16 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:39:16 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:39:16 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0011900.TIF)...
1/9/2009, 13:39:24 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:39:24 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:39:24 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0012000.TIF)...

1/9/2009, 13:39:33 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:39:33 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:39:33 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0012100.TIF)...

1/9/2009, 13:39:42 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:39:42 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:39:42 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0012200.TIF)...

1/9/2009, 13:39:52 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:39:52 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:39:53 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0012300.TIF)...

1/9/2009, 13:40:06 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:40:06 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:40:07 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0012400.TIF)...

1/9/2009, 13:40:12 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:40:13 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:40:13 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0012500.TIF)...

1/9/2009, 13:40:21 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:40:22 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:40:22 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0012600.TIF)...

1/9/2009, 13:40:28 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:40:29 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:40:29 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0012700.TIF)...

1/9/2009, 13:40:41 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:40:42 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:40:42 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0012800.TIF)...

1/9/2009, 13:40:50 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:40:50 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:40:51 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0012900.TIF)...

1/9/2009, 13:40:56 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:40:56 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:40:56 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0013000.TIF)...

1/9/2009, 13:41:03 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:41:03 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:41:03 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0013100.TIF)...

1/9/2009, 13:41:09 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:41:09 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:41:09 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0013200.TIF)...

1/9/2009, 13:41:14 Saving results started (1 pages).

1/9/2009, 13:41:15 No export errors occurred.

1/9/2009, 13:41:15 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0013300.TIF)...

1/9/2009, 13:41:21 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:41:21 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:41:21 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0013400.TIF)...
1/9/2009, 13:41:33 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:41:33 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:41:33 Processing image (C:\Documents and Settings\deusmar\Desktop\IPEN
BH\L0000001\0013500.TIF)...
1/9/2009, 13:41:47 Saving results started (1 pages).
1/9/2009, 13:41:47 No export errors occurred.
1/9/2009, 13:41:47 Completed.

Pages processed: 134.
Recognition time: 0 hours 14 minutes 43 seconds.
Errors/Warnings : 0/1.
Uncertain characters: 6 % (9389/167226).
=====