

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DEDALUS - Acervo - EESC



31100102888

UMA NOVA ABORDAGEM SOBRE ERRO DE PASSO

ALFREDO COLENCI JR.

APOSTILA
C656n
e.1

SÃO CARLOS, 1991
PUBLICAÇÃO 093/91

UMA NOVA ABORDAGEM SOBRE ERRO DE PASSO

1 - Introdução

O objetivo desta apostila é enfatizar ao usuário dos elementos roscados o efeito que o erro de passo provoca nas tolerâncias do diâmetro primitivo e os problemas que isso acarreta. Este trabalho incorpora informações sobre os diferentes tipos de erro de passo, a influência do comprimento da rosca no agravamento do problema e mostra como controlar e minimizar as influências do erro de passo com o uso correto de ferramentas e máquinas bem conservadas, com a ação do operador de máquinas bem treinado e com técnicas de calibração adequadas.

2 - Efeito do erro de passo e diâmetro primitivo

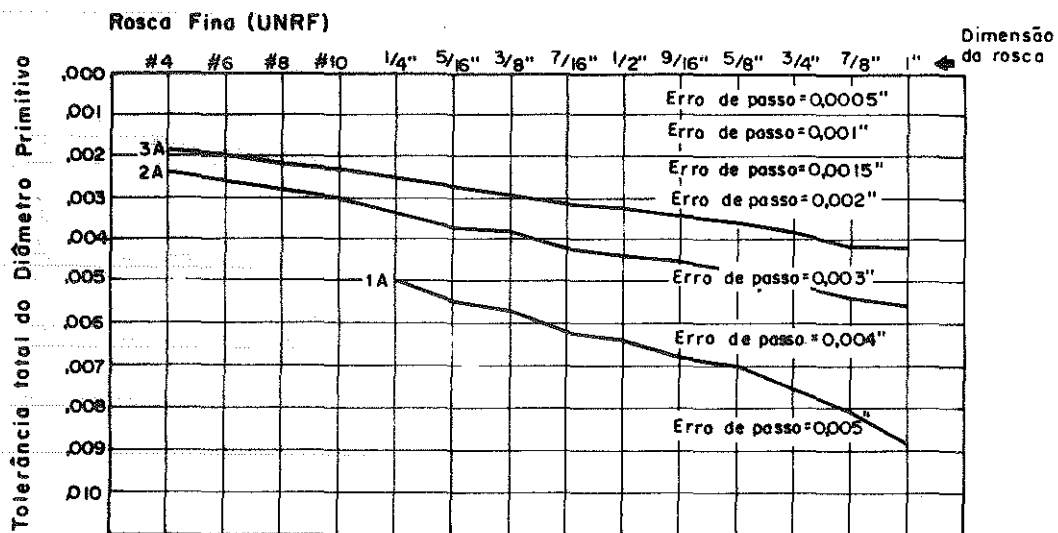


Figura 1 - Influência do erro de passo na tolerância do diâmetro primitivo de roscas finas.

Os gráficos das figuras 1 e 2 mostram a proporção da tolerância total do diâmetro primitivo perdida para vários erros de passo dentro do comprimento engajado da rosca. A distância do topo do gráfico até a linha em negrito indica o total da tolerância do diâmetro primitivo para um específico diâmetro do parafuso e classe de tolerância. A proporção acima da linha básica representa o total consumido pelo erro de passo específico.

Para uma rosca 1/2 - 20 UNRF 2A, por exemplo, um erro de passo de 0,002 polegadas contido num comprimento engajado consome 0,0035 polegadas de uma tolerância total de 0,0043 polegadas no diâmetro primitivo.

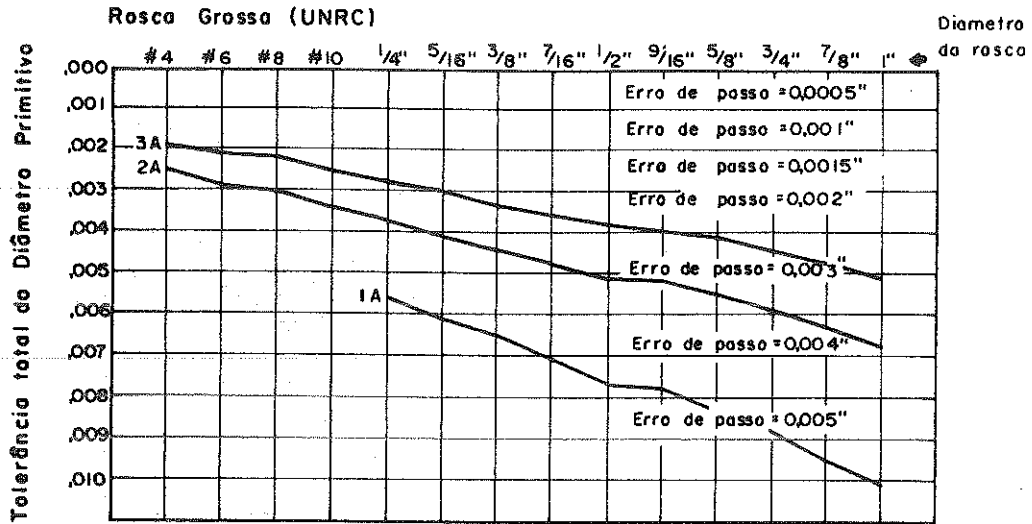


Figura 2 - Influência do erro de passo para tolerância do diâmetro primitivo de rosca grossas.

3 - Tolerância roubada

Um erro de passo de apenas 0,002 polegadas dentro do comprimento engajado* pode consumir mais que a metade da tolerância do diâmetro primitivo de uma rosca de parafuso 1/2 - 20 - 1A. O mesmo erro no passo consome 81% da tolerância para uma rosca de parafuso 1/2 - 20 - 2A e, efetivamente, pode tornar uma rosca 3A excessivamente grande para engajar na sua rosca interna correspondente, estando perfeitas todas as demais dimensões.

Erros menores em erros de passo, da ordem de 0,001 ou de 0,0005 polegadas, podem provocar igual dano em diâmetros menores de rosca. Os gráficos a seguir contam a história completa, diâmetro por diâmetro. Nesses casos, muito comuns, erros de passo não controlados conduzem à tolerâncias que tornam difíceis, se não impossíveis, a obtenção das rosca dentro de dimensões padronizadas mesmo que variações no ângulo do filete, na cilindricidade, na inclinação e no diâmetro primitivo sejam obtidos com razoável controle.

(*) Comprimento engajado, como usado aqui, é a distância em linha reta, sobre a qual se rosqueiam rosca externas (parafusos) e rosca internas (porcas ou furos roscaados).

Pequena surpresa quando aquele erro de passo - o fator es quecido na rosca de parafusos - é indicado aqui como uma tolerância de rosca de importância nº 1.

O erro de passo hoje, de fato, é o mais importante fator individual que contribui para o desaperto do parafuso.

Desprezando isso, pouca importância tem sido dada ao erro de passo - menos ainda no erro de passo que ocorre na ferramenta que lamina a rosca. E, infelizmente, muito do que geralmente é atribuído ao passo, é, como veremos, enganoso.

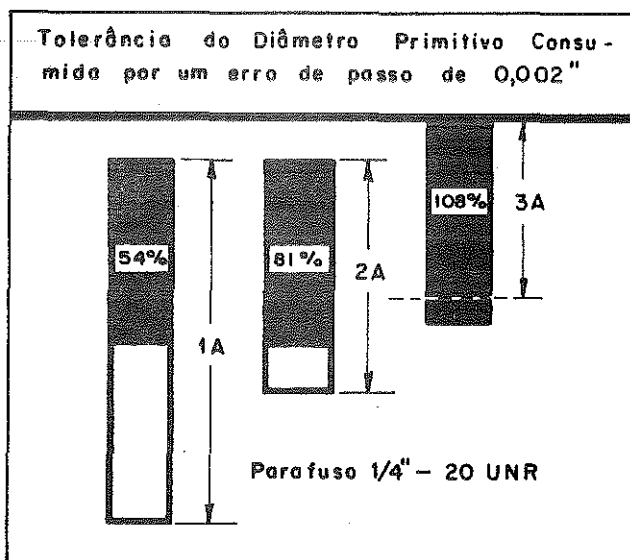


Figura 3 - Tolerância do diâmetro primitivo consumida por um erro de passo de 0,002.

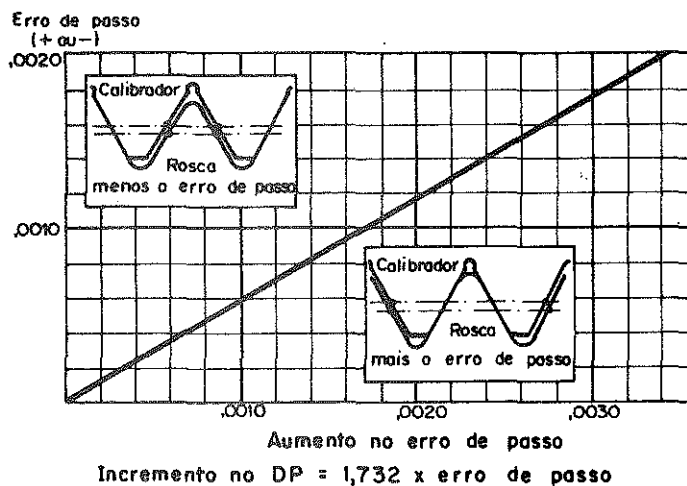


Figura 4 - Aumento do diâmetro primitivo devido ao erro de passo.

Agora o usuário do parafuso, como normalmente ocorre, não deve se preocupar tanto com o passo - em si. É responsabilidade do

fabricante do elemento roscado manter o erro de passo dentro dos limites que não interferem no seu desempenho.

O usuário, entretanto, é o maior interessado em obter roscas que permitam a adequada montagem em sua linha. Ele está interessado com diâmetros primitivos - a dimensão básica da montagem. Deve se saber, então, porque esses diâmetros freqüentemente não permitem montagem.

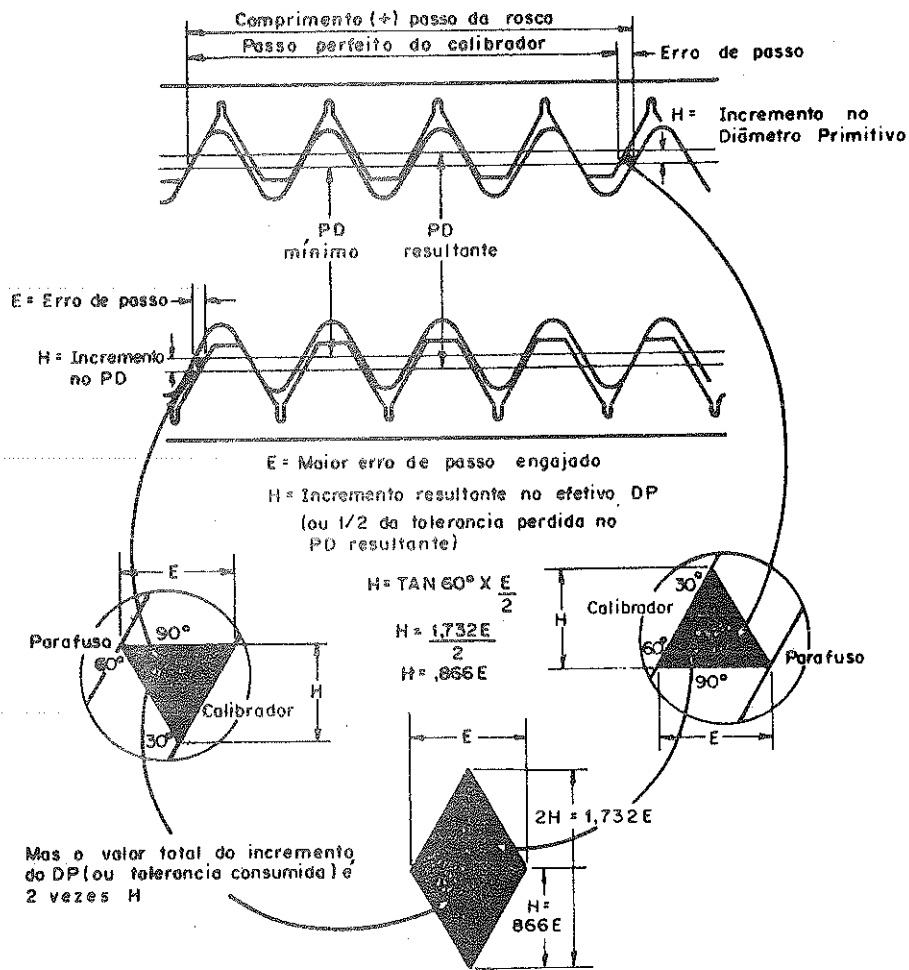
A condição do adequado engajamento da rosca interna - por cas e furos roscados - e, certamente, um importante fator na montagem. Mas o fato é que o controle apertado sobre as dimensões da rosca interna é um trabalho difícil. É muito mais fácil produzir uma rosca externa dentro de tolerâncias específicas que uma rosca interna dentro do mesmo grau de precisão. Por essa razão, a solução mais imediata dos problemas de montagem de roscas recai sobre a implementação de soluções sobre roscas externas - ou seja, pelo uso de parafusos mais precisos uma vez que permitem um controle mais rígido sobre suas dimensões.

Problemas com roscas envolvendo o operador, sua máquina ou seu calibradores efetivamente são devidos mais freqüentemente ao erro de passo na rosca do parafuso. Isso, por sua vez, é usualmente o reflexo direto de uma condição incorreta que ocorre na ferramenta de laminar rosca. De fato, mais da metade da faixa de tolerância do diâmetro primitivo é freqüentemente consumida pelos erros de passo que ocorrem nas matrizes de laminar rosca comercialmente oferecidas.

Daí a importância e o grande interesse que o assunto desperta. Seu entendimento deve levar à detecção e à correção de erros. Sua discussão deve levar a um crescimento nas relações entre usuários e fabricantes.

4 - Um novo enfoque sobre passo

O passo é definido como a distância entre dois filetes consecutivos, medida sobre o diâmetro primitivo, numa rosca de uma entrada - como o é a maioria das roscas de aplicação industrial. Se o passo ou o número de filetes por polegada é 20, por exemplo, o espaço entre dois filetes deve ser teoricamente, $1/20$ (ou 0,050 polegadas).



Incremento no DP = 1,732 x Erro de passo

Figura 5 - Geometria do erro de passo.

O problema começa quando varia individualmente a distância entre dois filetes. Então, tem-se um erro de passo.

Basta uma pequena reflexão para avaliar o óbvio efeito do erro de passo no diâmetro primitivo. Se dois filetes de uma rosca são fechados (pequeno, leve ou com passo menor) ou abertos (distantes, afastados ou com passo maior) do que deveriam ser, então, a rosca interna do calibrador ou do furo roscado não se assentará corretamente sobre eles. A rosca engajada é forçada a posicionar-se acima da linha do diâmetro primitivo. Da mesma forma que em relação ao calibrador, a porca ou furo roscado corresponde, a rosca externa com erro de passo comporta-se como se fosse maior de que deveria ser. O efetivo ou funcional diâmetro primitivo do parafuso terá sido incrementado - talvez no ponto onde o parafuso não se engaja no furo roscado. Olhando para isso de outra maneira, pode-se ver que a

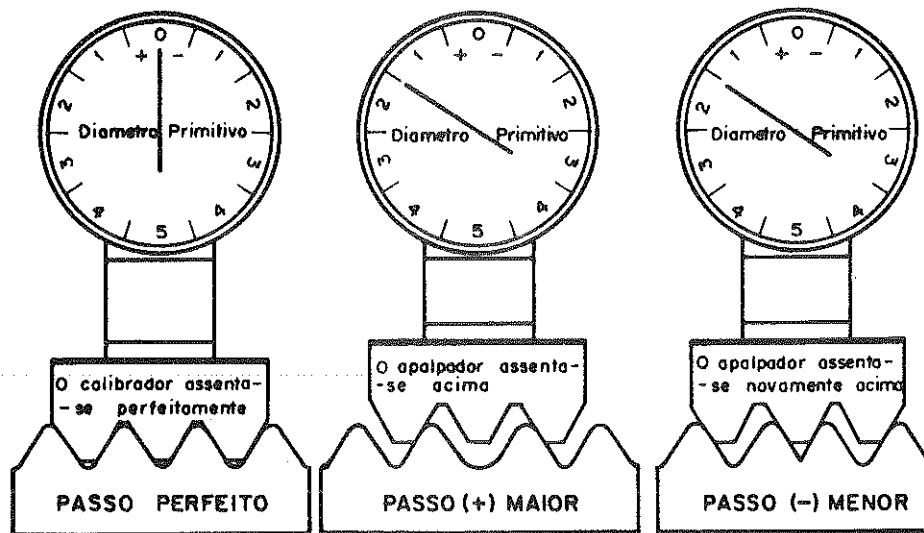


Fig. 6 - Posições relativas do calibrador.
Para erros de passo (+) e (-).

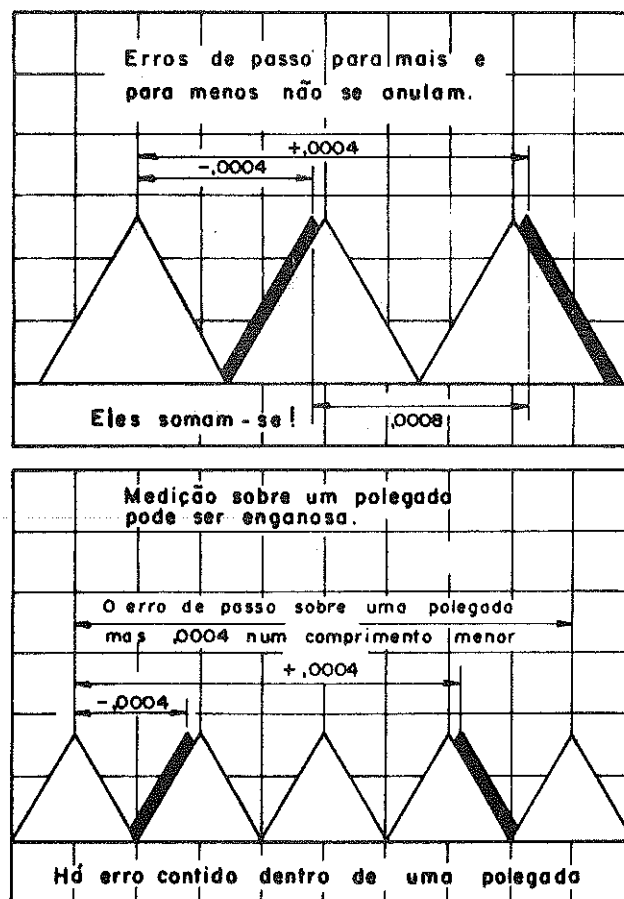


Fig. 7 - Efeitos na geometria para erros de passo (+) e (-).

tolerância do DP foi consumida. Isso é verdade se o passo está deslocado para mais ou para menos.

Não tão óbvia é a magnitude desse incremento induzido de passo no DP. Ele é maior que se pode imaginar. Devido a geometria do filete, o total da tolerância de DP consumido é de 1,7 vezes o total do erro de passo. Cada 0,001 polegada de erro de passo (seja para mais ou para menos) dentro do efetivo comprimento engajado aumenta o efetivo diâmetro primitivo da rosca de 0,0017 polegadas. Nessa taxa, isso não promove muita variação de passo de modo a da-nificar uma rosca.

Observe que esse aumento no PD (ou perda na tolerância do PD) é determinada pelo maior erro de passo entre quaisquer dois filetes dentro do comprimento engajado. Esse máximo erro pode existir entre filetes adjacentes, entre filetes isolados ou entre outros dois quaisquer filetes dentro do engajamento.

A falha em perceber esse importante fato conduz a algu-mas incorretas conclusões. Uma delas é que erros para mais e para menos se anulam. Nada pode ser mais errôneo ou fatal na montagem do parafuso.

Efetivamente, os erros se somam. Um erro à frente no va-lor de 0,0004 polegada em um filete, e um erro para trás de 0,0004 no filete seguinte conduzem a um erro total de 0,008 polegadas - ou um efetivo aumento no DP de 0,0014 polegadas (0,0008 x 1,7).

Outra falácia é a aceitação comum que todo erro de passo é progressivo - que ele aumenta proporcionalmente com o comprimen-to engajado e portanto, pode ser descartado para efeito de medição em pequenos comprimentos de qualquer diâmetro. Sobre essa idéia, se há erro de medição no passo, de 0,002 polegadas entre duas vol-tas da rosca em uma polegada de distância, então o erro na metade de uma polegada dessa rosca deve ser 0,001 polegada e nada mais.

Mas isso não é necessariamente o caso, como pode ser visto abaixo. O erro de passo pode ser, e freqüentemente é, errático - mudando bruscamente, ora para mais, ora para menos, de filete para filete. É mais que suficiente (em alguns casos, isso pode ser completamente enganoso) medir o passo de uma rosca sobre duas vol-tas em uma distância de uma polegada e, então, avaliar o efetivo erro de passo existente dentro da polegada. Efetivamente, a medição sobre uma polegada pode encobrir o erro de passo em relação a consideráveis erros existentes.

Para ter-se a verdadeira medida do erro de passo em qual

quer rosca ou matriz de laminar rosca ou peça roscada, é necessário atravessar a porção toda da rosca dentro do comprimento engajado, medindo-se o total de desvio em cada volta.

Tortuosidade é um peculiar tipo de erro de passo que existe não entre filetes individuais mas dentro de uma volta de uma rosca. Ele mostra uma ondulação ou uma oscilação ao longo da hélice da rosca. Uma verificação sobre um, dois ou mais giros da rosca identificará o problema. Ainda mais, a tortuosidade tem o mesmo efeito que o erro de passo normal - uma elevação da linha de montagem, o que significa um aumento no DP efetivo e uma perda na tolerância de trabalho.

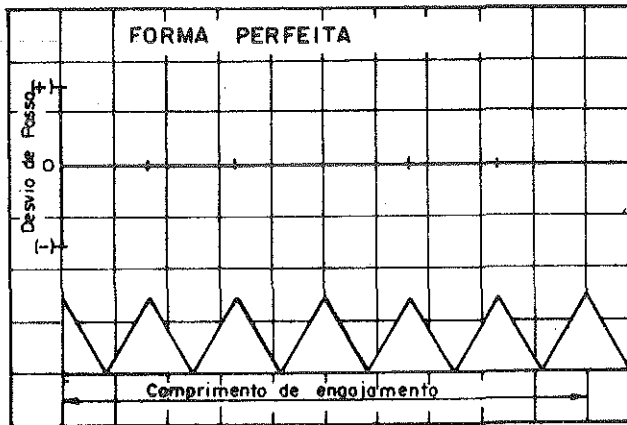


Fig. 8 - Passo perfeito: O passo ideal, embora nunca realizado é representado acima com correto espaçamento ao longo do comprimento engajado através de sucessivas voltas. A condição ideal, com erro de passo zero, é repetida no diagrama abaixo para comparação.

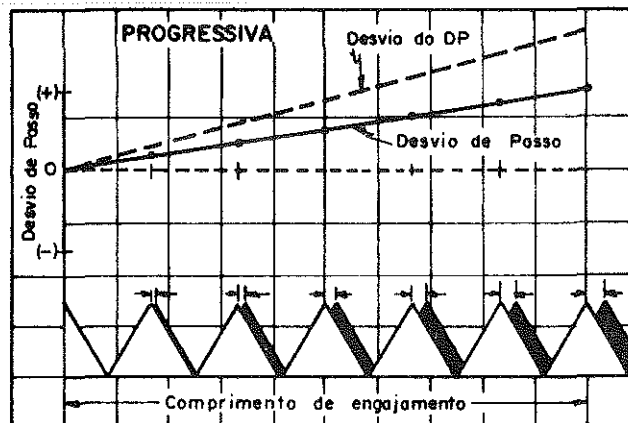


Fig. 9 - Erro progressivo: O erro progressivo é caracterizado pelo erro incremental crescente em cada volta sucessiva da rosca. Há duas vezes mais erros progressivos em uma polegada que em meia polegada. A perda induzida de tolerância do DP é diretamente proporcional ao comprimento engajado neste caso teórico.

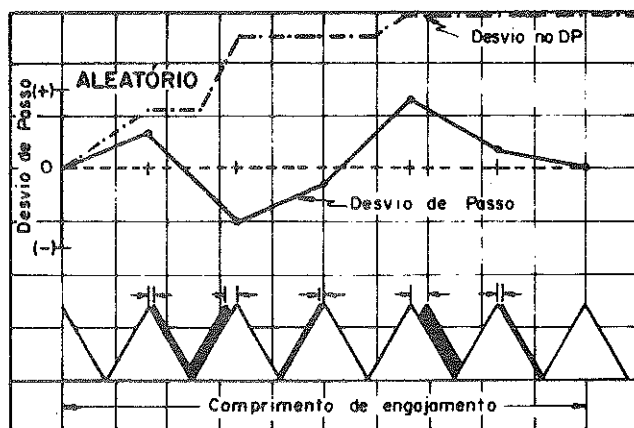


Fig. 10 - Erro aleatório ou irregular: a mais comum condição da rosca, pode mudar bruscamente, tanto para mais como para menos, de uma volta para as seguintes. A perda induzida de DP é determinada pelo maior erro dentro do engajamento - no caso acima, pelo erro entre o segundo e o quarto filetes. Uma medição transversal volta-a-volta do passo, não uma medição de uma polegada, é necessária para verificar esse tipo de erro.

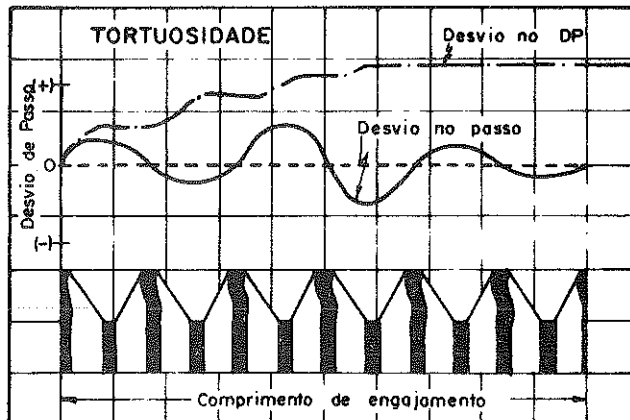


Fig. 11 - Tortuosidade: Uma rosca tortuosa como o nome pode indicar, tem uma hélice que oscila sobre a espiral ao longo da rosca. Ele é um erro de passo dentro de um giro da rosca e não é normalmente detectado pelas medições entre voltas. Mas, da mesma forma, resulta no aumento do DP que tipifica outras formas de erro de passo.

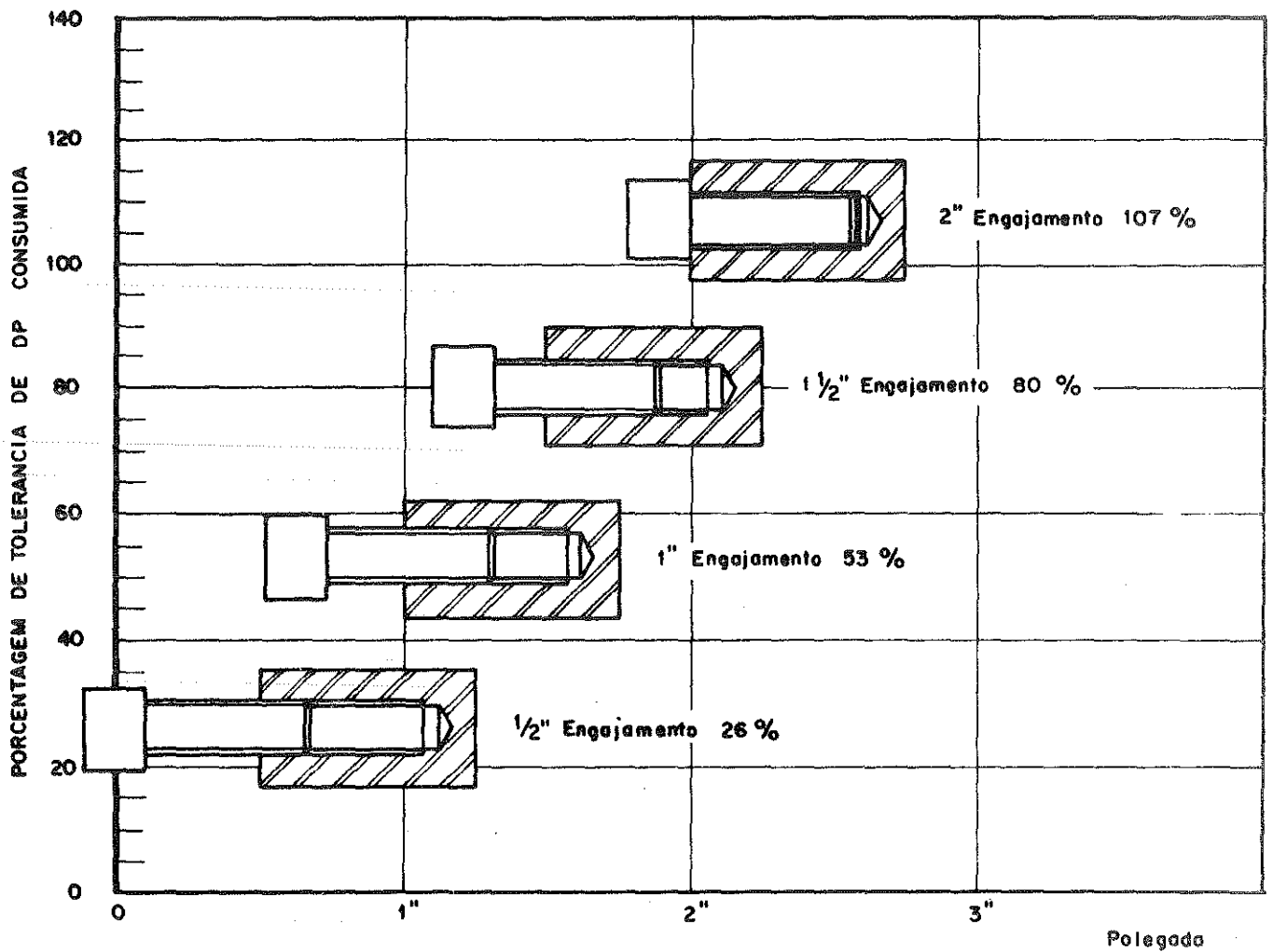


Fig. 12 - Posições relativas de engajamento da rosca. Tolerância de DP consumida por desvio de passo. Rosca 1/2 - 20 UNRF 2A com desvio de passo constante de .001" por polegada.

5 - Influência do comprimento

O aumento no comprimento de engajamento agrava significativamente o problema de erro de passo. Há mais possibilidade de ocorrer um maior desvio total com mais filetes roscados. E com o progressivo tipo de passo, o erro cumulativo e a conseqüente perda de tolerância do DP é efetivamente diretamente proporcional a quantidade engajada. (Observação: o comprimento crítico não é o comprimento total da rosca do parafuso ou da porca mas o máximo comprimento que se consegue roscar em uma volta. Também, não é seu comprimento absoluto que torna o engajamento "longo", mas a relação do comprimento com o diâmetro.

Longos engajamentos então, como se pode esperar, são um problema para prisioneiros roscados aplicados as pesadas carcaças dos reatores nucleares e às turbinas elétricas; para parafusos cabeça cilíndrica usados em moldes metálicos de fundição, para parafusos sem cabeça posicionados em furos longos. Na norma H-28 Screw Thread Handbook - o mais influente dos padrões de roscas e parafusos - comprimentos de engajamento acima de uma e meia vezes o diâmetro nominal são considerados longos. Eles são tratados como casos críticos e recebem tolerâncias bem mais largas.

A plotagem gráfica ilustra o efeito da montagem de comprimentos de engajamento crescentes para um desvio de passo progressivo de apenas um milionésimo (0,001) de polegada por polegada de rosca externa.

Na página 23 estão duas cartas de referência que habilitam ao usuário a determinação do efeito de engajamento na montagem para diferentes valores de desvio de passo progressivo - para todas as dimensões padronizadas Classe 3A, grossa e fina.

6 - Erro de passo controlado

Infelizmente haverá sempre algum erro de passo. Mas, entretanto, a rosca perfeita não é necessária. A coisa importante é minimizar o erro de passo, da mesma forma como se faz com erros de cilíndricidade, de ângulo de filete e outros parâmetros que consomem a tolerância do DP, de modo a permitir ao operador da máquina suficiente liberdade para produzir uma boa rosca.

Isso pode se dar de modo simples e econômico com o equipamento adequado e com o domínio do assunto.

Isso é responsabilidade do fabricante de rosca e do fabricante das ferramentas. O cliente adquire parafusos que permitem montagem, não erros de passo, e não deve descobrir isso tardiamente.

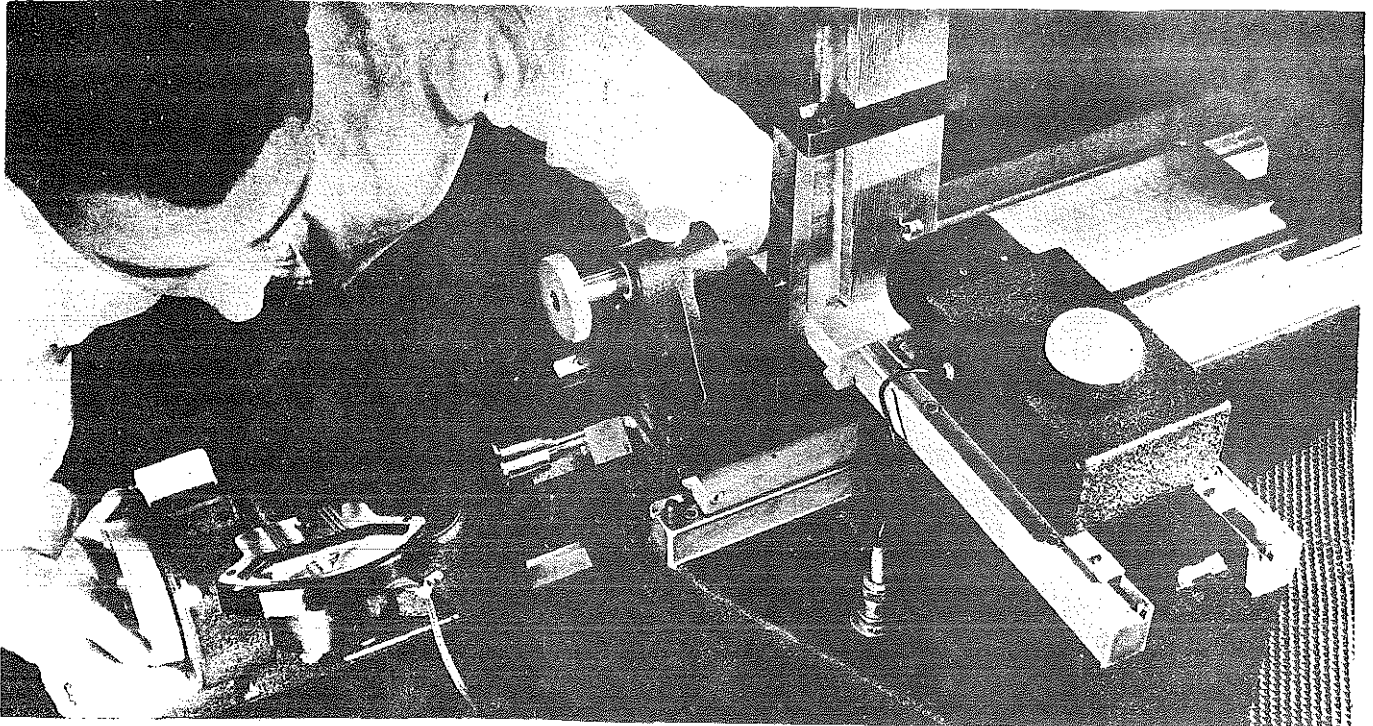


Fig. 13 - Passo transversal de uma rosca de matriz de laminar numa máquina de medir de precisão indica os erros filete a filete dentro de a proximadamente centésimos de milésimos de polegada.

Tem-se resolvido o problema de erro de passo com uma simples abordagem de quatro pontos. Os principais ingredientes são:

- 1 - Ferramentas de laminar roscas com erros de construção absolutamente mínimos;
- 2 - Máquinas de laminar roscas em boas condições de uso;
- 3 - Operadores treinados e conscientes;
- 4 - Calibradores adequados para uso do operador junto a sua máquina.

Com o aumento do uso de técnicas de precisão na obtenção de roscas laminadas, a causa principal dos problemas com passo tem origem nas matrizes de laminar rosca. Ainda é este o mais fácil problema a remediar, pois as matrizes de laminar apresentam, como vantagem, sua fidelidade dimensional. Quando variáveis com passo, ângulo do filete e ângulo da hélice são obtidas de maneira acurada na superfície da matriz, a rosca do parafuso pode ser produzida com facilidade, com perdas desprezíveis de precisão durante a corrida.

Se as matrizes estão em condições, os elementos roscados estarão, também, em condições.

O uso de máquinas modernas, em boas condições minimizam os erros randômicos no roscamento. Mas existe a tendência para uma dis

persão dimensional em torno dos valores limites máximos de tolerância.

Aqui começa o alerta ao operador. A calibração do seu trabalho deve ser feita de maneira a habilitá-lo a observar e controlar o desempenho das ferramentas, máquinas e material. Pelo uso de calibradores comparativos, ele saberá não apenas se a peça está boa ou má, mas onde a faixa de tolerância se situa. Ele pode detectar a aproximação do problema, e, então, inteligentemente fazer algo, antes de dar a produção.

7 - Medição do erro de passo

Cada usuário aplica um método de verificação do erro de passo se o calibrador se engaja adequadamente na inspeção de recebimento. Ele o mede, sem dúvida, em termos de seu efeito no diâmetro primitivo.

Roscas tortuosas podem ser detectadas por máquinas de medir, especiais, feita para o trabalho ou por calibradores de rosca diferenciais.

A medição passo a passo pelo fabricante de roscas requer grande precisão. Tolerâncias no diâmetro primitivo são especificadas aproximadamente a décimos de milésimos de polegada (0,0001). Um erro de passo de apenas 6 centésimos de milésimos de polegada (0,00006) dentro do engajamento consome toda essa tolerância. O fabricante de parafusos e particularmente, o fabricante de matrizes de laminar devem usar máquinas de medir de precisão, adequadas com acuracidade de um centésimo de milésimo de polegada (0,00001) para verificação básica de matrizes. Essas máquinas estão disponíveis no mercado e sua operação é bastante simples.

Distantes são os dias nos quais o passo podia ser satisfatoriamente verificado pela comparação, contra a luz, de uma rosca de parafuso ou de ferramenta de roscar, e a de um calibrador de perfil. Mesmo os modernos calibradores que medem o passo numa distância fixa - a dizer, uma polegada de rosca - deixam algo a desejar. Não que essas finas ferramentas não sejam precisas, mas a sua medição pode ser enganosa uma vez que fornece informações sobre as condições em uma polegada.

A máquina de medir passo supera essa dificuldade. Ela é altamente precisa, um dispositivo de simples contato que sujeita transversalmente a peça, mede o desvio de passo em cada giro sucessivo dentro de centésimo de milésimo de cada polegada. Matrizes de

laminar rosca controladas nessas máquinas conferem segurança na qualidade do produto final. Elas produzirão milhares de roscas de qualidade.

Outro método prático de controle é a ampla tela de comparador ótico (projedor de perfil) existente nas mais modernas fábricas de matrizes de laminar roscas e de parafusos. A forma do filete de uma matriz e de uma rosca pode ser opticamente aumentada cerca de 100 vezes, e, então, girando transversalmente, volta-a-volta, segundo uma linha fixa na tela do projetor, pode ser medido o desvio de passo. A precisão é adequada para controlar o passo em parafusos e para observar calibradores para problemas suspeitos na área de produção.

A recompensa pelos esforços de produzir sem erros as matrizes de laminar rosca, é obtida ao longo da produção.

Para a maior atualização do assunto recomenda-se a leitura dos artigos:

- . Automatic Measurement of Screw Pitch Error by Thermoplastic Hologram - K. Maruyama et alii. Japan Society of Prec. Eng. Vol. 20 - nº 2 - June 1986.
- . Development of Automatic Measuring Machine for Lead Error in Threaded Cutting Tools - K. Maruyama et alii. Japan Society of Prec. Eng. - Vol.20 - nº 3 - September 1986.

e da apostila EESC - A Medição de Roscas, do mesmo autor.

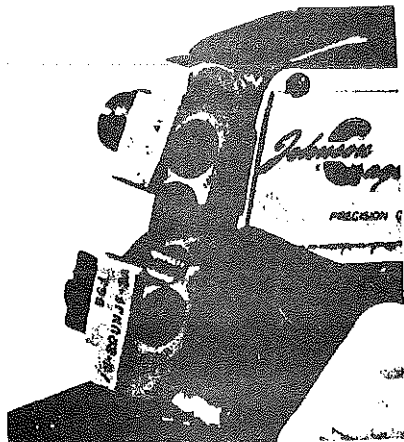


Fig. 14 - Verificação rápida do erro de passo no DP.

- Verificação rápida do erro de passo no DP

A inspeção por calibradores de diâmetro primitivo permite uma grosseira medição do erro de passo. Relógios comparadores devem ser usados. O DP funcional ou o limite superior será lido acima em proporção ao erro de passo e outras variáveis menores que atuam para aumentar o efetivo diâmetro primitivo. O DP puro ou o limite inferior do calibrador não se verificarão. A diferença na leitura se deve, geralmente, ao erro de passo.

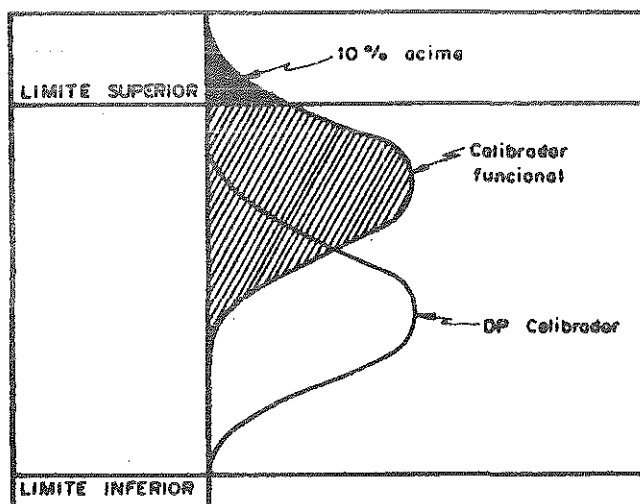


Fig. 15 - DP funcional: O gráfico da distribuição do mesmo lote de parafusos ilustra a diferença na leitura entre calibradores: funcional e DP puro.

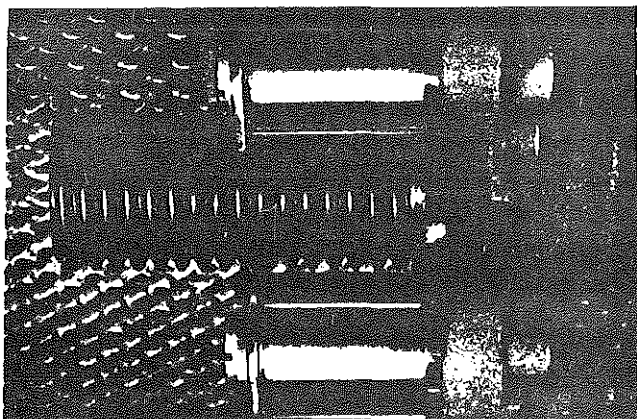


Fig. 16(a) - Limite superior de calibração deve permitir o engajamento suficiente para medir a verdadeira montagem funcional do parafuso. Então, apontará o efeito do erro de passo no DP

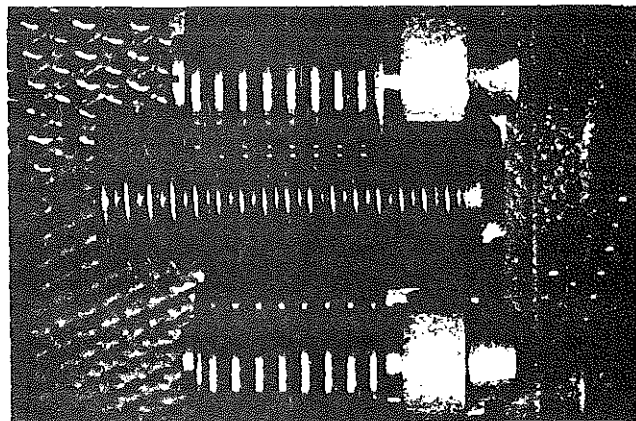


Fig.16(b) - Limite inferior de calibração deve, teoricamente, engajar apenas uma volta para medir a mínima condição do material, Este calibrador de medição pura do DP não é afetado pelo erro de passo.

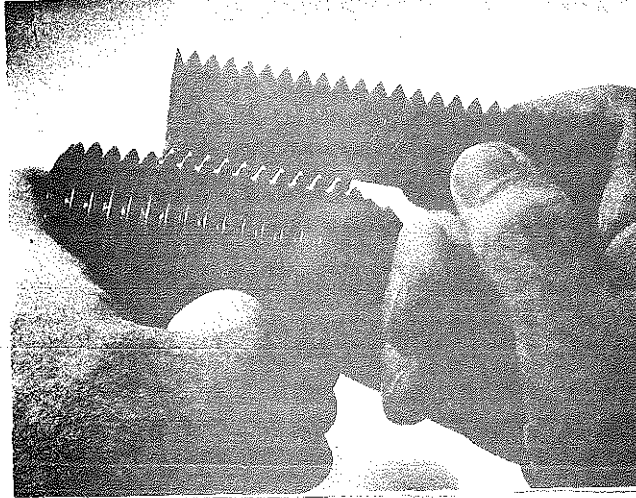


Fig. 17 - Calibrador de perfil: Uma lâmina com o perfil da rosca é posicionada sobre o perfil a verificar, contra a luz. Por comparação, qualitativamente se determina o passo. Há muito tempo deixou de ser usado como meio de precisão na medição do erro de passo.

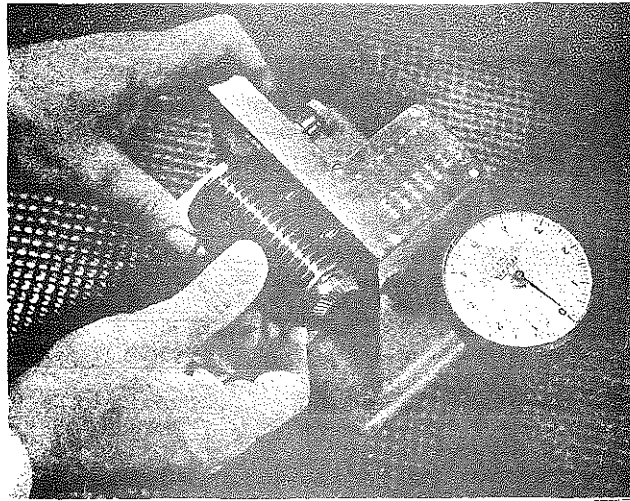


Fig. 18 - Medição por polegada: Embora preciso para determinação do passo sobre o comprimento de uma polegada ou outra distância fixa, é inadequado para mostrar erros de passo nesse comprimento.

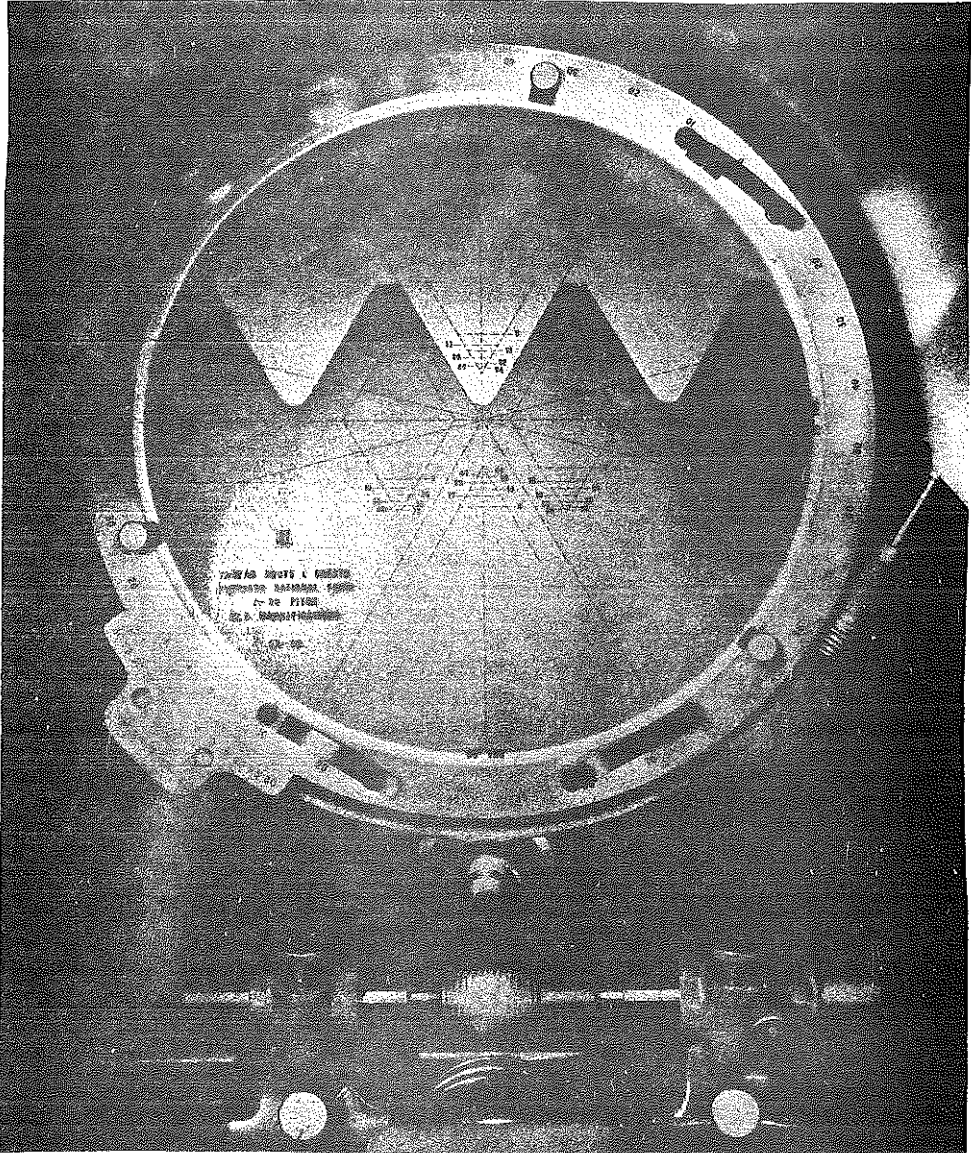


Fig. 19 - O projetor ótico transversal representa o próximo melhor método para a máquina de medição com rebatimento transversal. Verifica o erro de passo volta-a-volta, no comparador ótico de precisão.

- Porcentagem de tolerância de DP perdida

Quando se conhece o máximo erro de passo dentro efetivo comprimento de rosca engajado, essas tabelas e gráficos da página indicarão a correspondente porcentagem do total da tolerância de DP consumida.

Rosca UNRF - Série fina (Tabela 1)

Diâmetro da rosca	3 A					2 A					1 A				
	Tolerância total do PD	% PD Consumida				Tolerância total do PD	% PD Consumida				Tolerância total do PD	% PD Consumida			
		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .007		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .007		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .007
≠ 4	.0019	46	91	137	182	.0025	35	69	104	138					
≠ 6	.0021	41	83	124	165	.0028	31	62	93	124					
≠ 8	.0022	39	79	118	157	.0029	30	60	90	119					
≠ 10	.0025	35	69	104	138	.0033	26	53	79	105					
1/4	.0028	31	62	93	124	.0037	23	47	70	94	.0056	16	31	46	62
5/16	.0030	29	58	87	115	.0040	22	43	65	87	.0061	14	28	43	57
3/8	.0033	26	53	79	105	.0044	20	39	59	79	.0065	13	27	40	53
7/16	.0035	25	50	74	99	.0047	18	37	55	74	.0071	12	24	37	49
1/2	.0037	23	47	70	94	.0050	17	35	52	69	.0074	12	23	35	47
9/16	.0039	22	44	67	89	.0052	17	33	50	67	.0078	11	22	33	44
5/8	.0041	21	42	63	84	.0055	16	32	47	63	.0083	10	21	31	42
3/4	.0044	20	39	59	79	.0059	15	29	44	59	.0088	10	20	30	39
7/8	.0047	18	37	55	74	.0063	14	28	41	55	.0095	9	18	27	36
1	.0051	17	34	51	68	.0068	13	26	38	51	.0101	9	17	26	34

Para um método alternativo de computar a perda do DP, para casos especiais de erros progressivos puro.

Para aplicação de método alternativo na computação da tolerância perdida do DP para casos especiais de erros progressivos puros ... ver páginas 20 e 22.

OBS.: 1) PD = pitch diameter ou DP = diâmetro primitivo.

2) Os conceitos contidos neste trabalho aplicam-se às rosca métricas, "mutatis mutantis".

Rosca UNRC - Série grossa (Tabela 2)

Diâmetro da rosca	3 A				2 A				1 A						
	Tolerância total do PD	% PD Consumida				Tolerância total do PD	% PD Consumida				Tolerância total do PD	% PD Consumida			
		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .007		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .007		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .007
# 4	.0018	48	96	144	192	.0024	36	72	108	144					
# 6	.0020	43	87	130	173	.0026	33	67	100	133					
# 8	.0021	41	83	124	165	.0028	31	62	93	124					
# 10	.0023	38	75	113	150	.0030	29	58	87	115					
1/4	.0025	35	69	104	138	.0033	26	53	79	105	.0050	17	35	52	69
5/16	.0027	32	64	96	128	.0037	23	47	70	94	.0055	16	32	47	63
3/8	.0029	30	60	90	119	.0038	23	46	68	91	.0057	15	30	46	61
7/16	.0031	28	56	84	112	.0042	21	41	62	82	.0062	14	28	42	56
1/2	.0032	27	54	81	108	.0043	20	40	61	81	.0064	14	27	41	54
9/16	.0034	26	51	77	102	.0045	19	39	58	77	.0068	13	26	38	51
5/8	.0035	25	50	74	99	.0047	18	37	55	74	.0070	12	25	37	49
3/4	.0038	23	46	68	91	.0050	17	35	52	69	.0075	12	23	35	46
7/8	.0041	21	42	63	84	.0054	16	32	48	64	.0081	11	21	32	43
1	.0044	20	40	59	79	.0050	15	29	44	59	.0088	10	20	30	39

Para erros progressivos, quando a medição é tomada através dos filetes em uma distância de uma polegada e o efetivo comprimento de engajamento da rosca é igual ao diâmetro nominal do parafuso, então estas cartas e tabelas mostram a porcentagem resultante de tolerância de DP total perdida.

. Rosca UNRF - Série fina (Tabela 3)

Diâmetro da rosca	3 A				2 A				1 A						
	Tolerância total do PD	% PD Consumida				Tolerância total do PD	% PD Consumida				Tolerância total do PD	% PD Consumida			
		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .007		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .007		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .001
≠ 4	.0018	5	11	16	22	.0024	4	8	12	16					
≠ 6	.0020	6	12	18	24	.0026	5	9	14	18					
≠ 8	.0021	7	14	20	27	.0028	5	10	15	20					
≠ 10	.0023	7	14	22	29	.0030	6	11	17	22					
1/4	.0025	9	17	26	35	.0033	7	13	20	26	.0050	4	9	13	17
5/16	.0027	10	20	30	40	.0037	7	15	22	29	.0055	5	10	15	20
3/8	.0029	11	22	34	45	.0038	9	17	26	34	.0057	6	11	17	23
7/16	.0031	12	25	37	49	.0042	9	18	27	36	.0062	6	12	18	24
1/2	.0032	14	27	41	54	.0043	10	20	30	40	.0064	7	14	20	27
9/16	.0034	14	29	43	57	.0045	11	22	33	43	.0068	7	14	22	29
5/8	.0035	15	31	46	62	.0047	12	23	35	46	.0070	8	15	23	31
3/4	.0038	17	34	51	68	.0050	13	26	39	52	.0075	9	17	26	35
7/8	.0041	18	37	56	74	.0054	14	28	42	56	.0081	9	19	28	37
1	.0044	20	40	59	79	.0060	15	29	44	59	.0088	10	20	30	39

. Rosca UNRC - Série grossa (Tabela 4)

Diâmetro da rosca	3 A				2 A				1 A						
	Tolerância total do PD	% PD Consumida				Tolerância total do PD	% PD Consumida				Tolerância total do PD	% PD Consumida			
		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .007		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .001		Erro de passo .0005	Erro de passo .001	Erro de passo .0015	Erro de passo .001
≠ 4	.0019	5	10	15	20	.0025	4	8	12	16					
≠ 6	.0021	6	11	17	23	.0028	4	9	13	17					
≠ 8	.0022	7	13	19	26	.0029	5	10	15	20					
≠ 10	.0025	7	13	20	26	.0033	5	10	15	20					
1/4	.0028	8	15	23	31	.0037	6	12	18	23	.0056	4	8	12	15
5/16	.0030	9	18	27	36	.0040	7	14	20	27	.0061	4	9	13	18
3/8	.0033	10	20	30	39	.0044	7	15	22	30	.0065	5	10	15	20
7/16	.0035	11	22	33	43	.0047	8	16	24	32	.0071	5	11	16	21
1/2	.0037	12	23	35	47	.0050	9	17	26	35	.0074	6	12	18	23
9/16	.0039	13	25	38	50	.0052	9	19	28	37	.0078	6	13	19	25
5/8	.0041	13	26	40	53	.0055	10	20	30	39	.0083	7	13	20	26
3/4	.0044	15	30	44	59	.0059	11	22	33	44	.0088	7	15	22	30
7/8	.0047	16	32	48	64	.0063	12	24	36	48	.0095	8	16	24	32
1	.0051	17	34	51	68	.0068	13	26	38	51	.0101	9	17	26	34

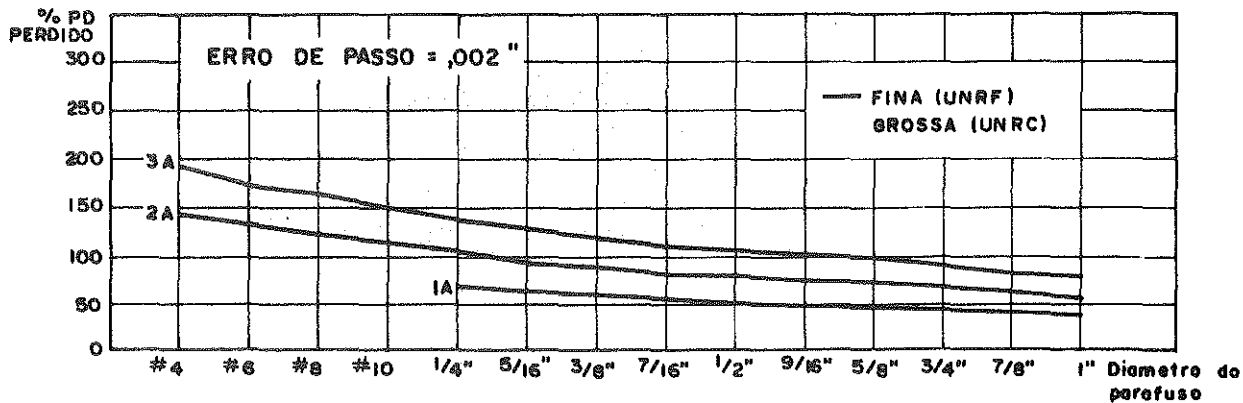
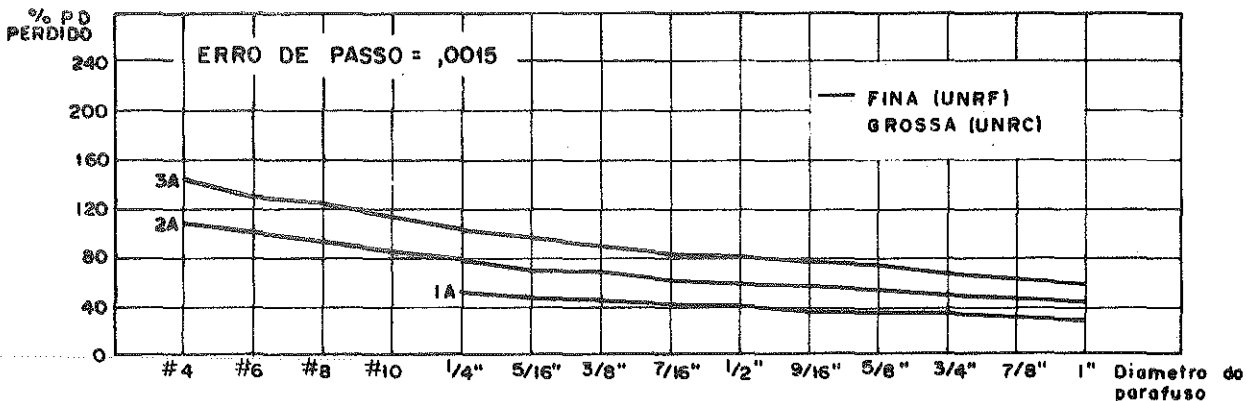
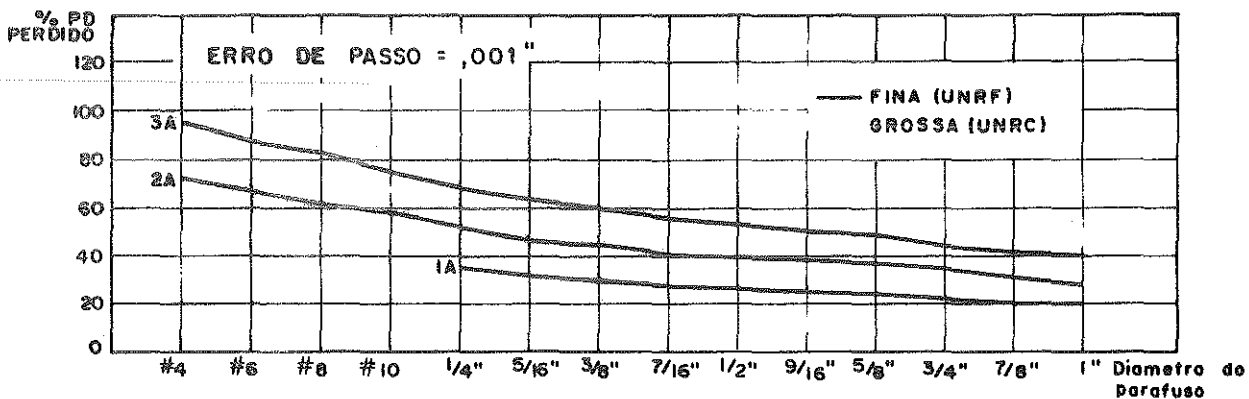
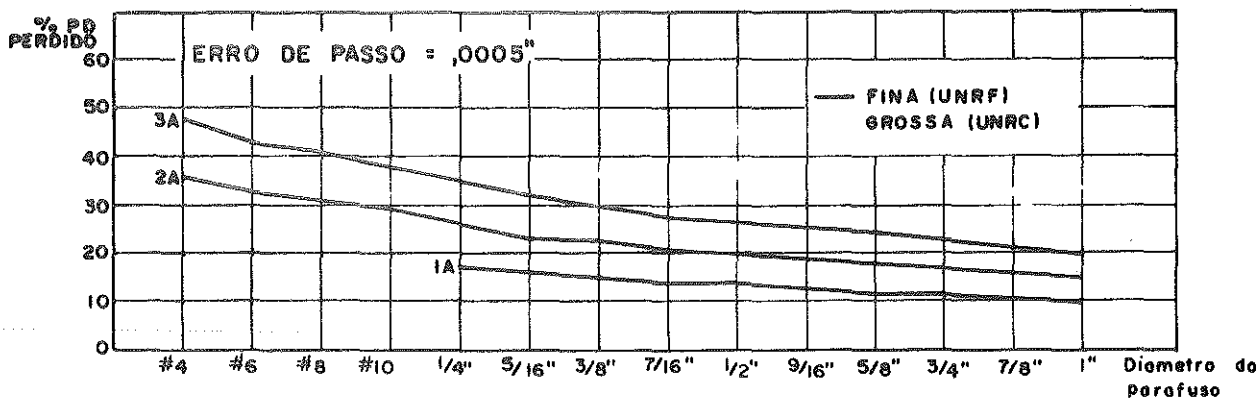


Fig. 20 - Efeitos do erro de passo na porcentagem de PD perdida.

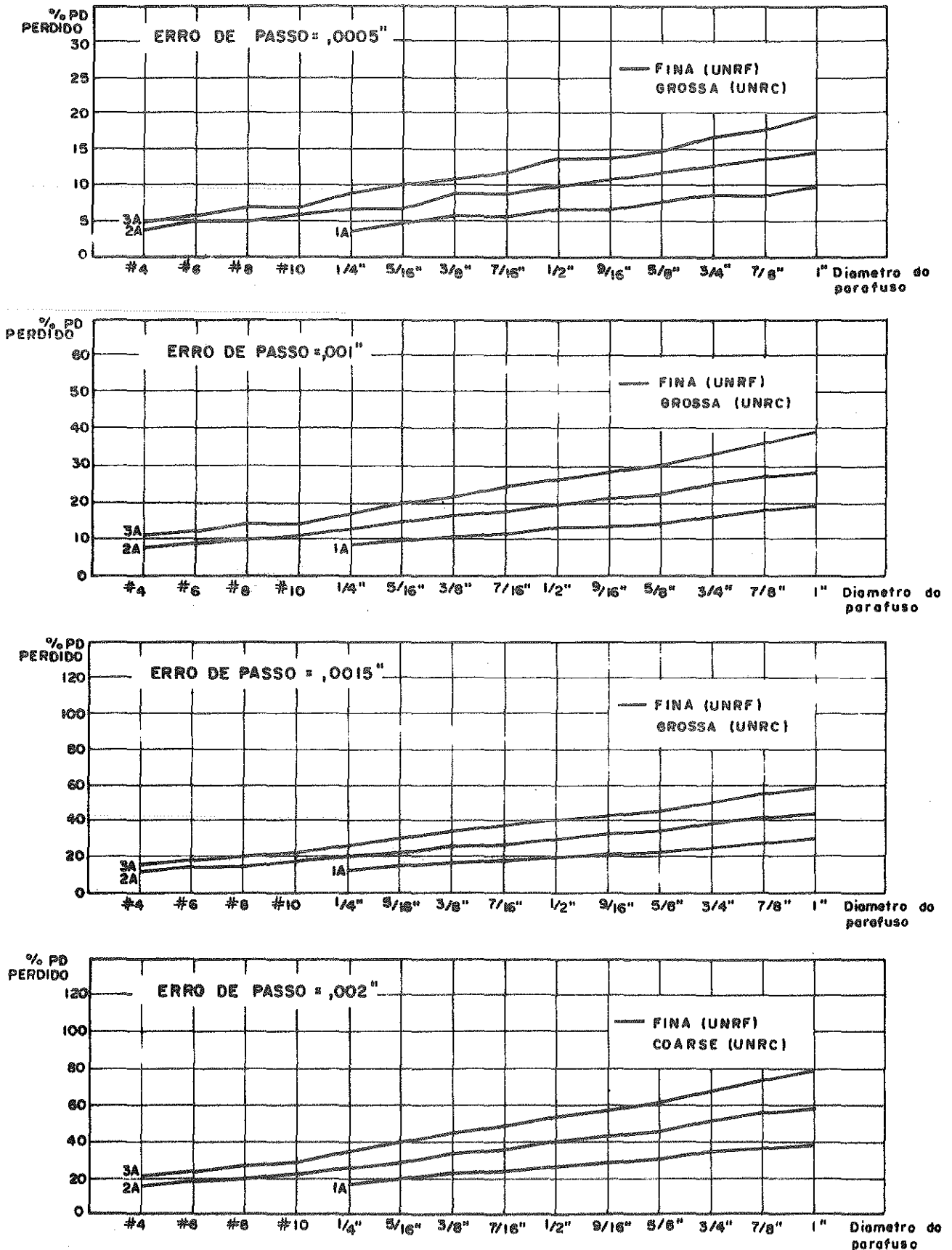


Fig. 21 - Efeitos do erro de passo na porcentagem de PD perdida.

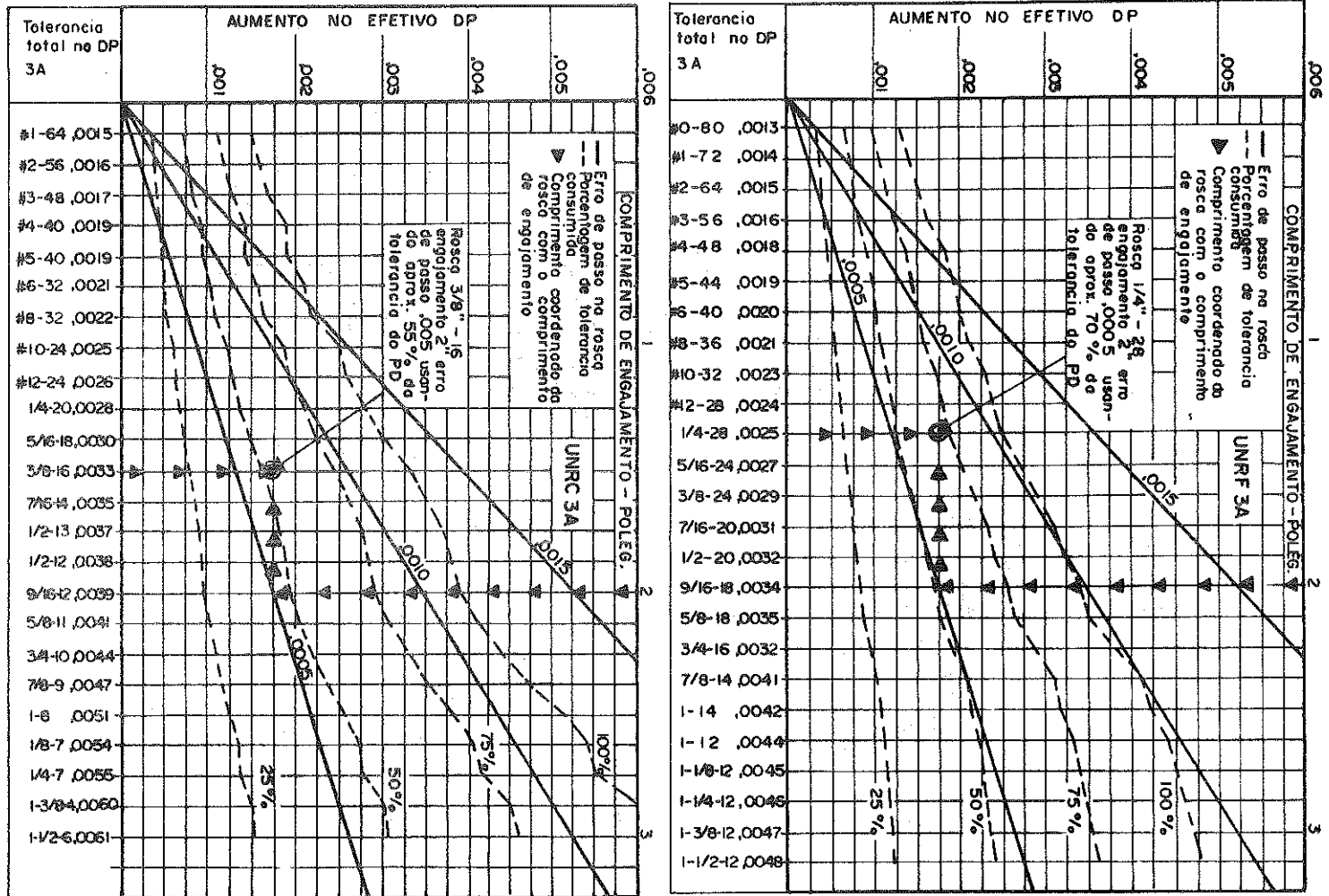


Fig. 22 - Gráficos para determinação da tolerância de DP consumida por um dado comprimento de engajamento e um dado desvio de passo.

BIBLIOGRAFIA:

- 1) A new look at lead error - Publicação SPS : Standard Pressed Steel Co. - 15 pág. (brochura).
- 2) Catálogo de Produtos Metalac - Publicação 1980 - 65 pág. (brochura).
- 3) Thread and forming rolling - Publicação Reed (Rolling Data 1-6C) 35 pág. - 1973 (brochura).