

# DESGASTE DE FERRAMENTAS DE PUNÇIONAMENTO

**Joyson Luiz Pacheco**

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)  
Rua Sarmiento Leite 425, Porto alegre, RS.  
joyson@mecanica.ufrgs.br

**Dirceu Luiz Dal Bianco**

John Deere Brasil S.A.– Horizontina – RS  
Av. Jorge Antônio Dahme Logemann, 600  
biancodirceul@johndeere.com

**Resumo.** O presente estudo fornece aos usuários de punçoneiras uma metodologia para quantificar o desgaste crítico das ferramentas e proporcionar a determinação do adequado procedimento de afiação, aplicado às particularidades e necessidades de cada condição de uso deste equipamento. A quantificação dos parâmetros de controle da afiação das ferramentas está vinculada ao controle do incremento do arredondamento da aresta de corte, em relação à quantidade de punçoneamentos executados. É apresentada uma coletânea de informações publicadas acerca do assunto, com recomendações e resultados de estudos específicos que orientam os usuários destas ferramentas em seus planos particulares de manutenção. Um experimento prático, que pode ser repetido e atualizado facilmente dentro da indústria metalúrgica, auxilia na quantificação e estabelecimento do correto momento da afiação, considerando as condições específicas desta. A metodologia apresentada também pode ser utilizada na avaliação do processo usado, através da análise de ferramentas de fornecedores diferentes ou do uso de materiais e revestimentos diferentes aplicados às ferramentas. A análise econômica, considerando os custos envolvidos no processo de afiação e os custos operacionais envolvidos com ferramenta e a troca desta na máquina, é confrontada com os resultados experimentais e com as recomendações publicadas, fornecendo um resultado seguro e confiável para a determinação correta da frequência de manutenção das ferramentas.

**Palavras chave:** punçoneamento, desgaste de punções, afiação de punções, manutenção de punções

## 1. INTRODUÇÃO

As indústrias têm sido supridas com novas tecnologias, que são apresentadas a cada momento. E como fruto deste avanço tecnológico é possível aprimorar os processos de fabricação e adotar novos métodos para a execução de seus produtos ou serviços, obtendo a flexibilidade e agilidade que os clientes necessitam. A flexibilidade na introdução e fabricação de novos produtos tem sido a palavra de ordem para aqueles que querem sobreviver em um mercado cada vez mais competitivo. Para as indústrias metalúrgicas que trabalham no processamento de chapas metálicas, as novas tecnologias produtivas têm conduzido estas a duas formas distintas de aplicação: A primeira, onde busca-se a produção seriada em larga escala, com baixa flexibilidade e mais próximo aos processos

convencionais de fabricação. A razão de existência, destes processos tradicionais, está baseada na economia de escala e baixo custo operacional. As novas tecnologias não têm mostrado aqui grande influência. O segundo grupo tem sua base fundamentada na diversidade, flexibilidade e agilidade de resposta às necessidades do mercado consumidor. Neste grupo estão as novas tecnologias e equipamentos que se aplicam melhor à produção de baixa escala. As puncionadeiras CNC são representantes deste grupo e a sua utilização tem popularizado-se no meio industrial. Com a utilização crescente das puncionadeiras buscou-se desenvolver também as ferramentas que estas utilizam e com isto surgiram novas concepções construtivas, novos materiais e qualidade na fabricação, além de desenvolver particularidades, em cada fabricante, que permitiram o aumento da durabilidade e menor custo operacional. A avaliação adequada de cada aplicação destas ferramentas tornou-se obrigatória, já que o erro na especificação de uma ferramenta representa desperdício de dinheiro. Além da correta aplicação é necessário o controle sobre a correta utilização e manutenção das ferramentas, pois não adianta ter-se a ferramenta correta se ela não é utilizada de forma correta, ou ainda não se realizando a manutenção e os cuidados necessários. O objetivo deste trabalho é fornecer subsídios para a correta manutenção e cuidado com as ferramentas durante a sua utilização, permitindo que a vida útil seja otimizada e favorecendo o menor custo operacional das puncionadeiras. O trabalho é focado no controle do desgaste das ferramentas determinando o melhor momento para a realização da afiação e como esta deve ser executada, considerado a quantidade de material a ser retirado em cada afiação, evitando assim o desperdício da vida útil. Sabe-se que afiar a ferramenta antes do necessário resulta em menor vida útil, além do trabalho desnecessário. Em contrapartida se a afiação ocorrer tardiamente possivelmente será necessária a remoção de maior quantidade de material, pois esta desgastou-se mais que o necessário e assim sendo ter-se-á menor vida útil também.

## **2 . PUNCIONAMENTO DE CHAPAS METÁLICAS**

O puncionamento é a operação onde através de ferramentas adequadas para o corte, é separada uma parte da chapa metálica do restante desta. A geometria destas ferramentas determina o formato do material retirado e do restante da chapa metálica. O puncionamento é normalmente o método mais rápido para a produção de furos em chapas metálicas e, geralmente o método mais econômico para média e alta produção. A qualidade resultante do processo é suficiente e satisfatória para a maioria das aplicações de chapas perfuradas e recortadas. A ferramenta necessária para o puncionamento é composta necessariamente por punção, matriz e extrator. Outros componentes auxiliares ao processo, porém são necessários para que punção, matriz e extrator propiciem a estampagem da chapa metálica por tração. No puncionamento, o punção é pressionado sobre a chapa metálica, contra a matriz. O punção, no momento que entra em contato com a chapa, inicia sobre o material a ação de compressão seguida de uma deformação por dobramento. Em todo o contorno do punção e da matriz ocorre uma pressão contínua do punção e uma reação do material. Quando o esforço exercido pelo punção superar a resistência a ruptura do material ocorre o rompimento deste. Neste processo a chapa metálica sofre primeiramente deformação plástica, até o momento em que o punção encontra maior resistência, devido ao apoio contrário fornecido pela matriz. Neste momento ocorre o segundo estágio no processo, que é a penetração (ou o corte) de uma determinada parte intermediária da espessura do material. Após este estágio ocorre a ruptura do material da chapa metálica. Após o processo de separação das duas partes da chapa metálica, ocorre a quarta etapa do processo de puncionamento, que é a ejeção do cavaco metálico. A deformação e fratura (ruptura) do material produzem efeitos indesejáveis na estampagem, como a rebarba e o não paralelismo das bordas cortadas. O controle e otimização destes dois fatores são obtidos pela utilização de ferramenta apropriadamente afiadas e uso da folga correta entre punção e matriz. Além destes dois fatores, deve-se considerar também a especificação e controle de propriedades da matéria prima como variações de dureza, inclusões e segregações, fração volumétrica e morfologia das fases presentes e tamanho de grão.

### **3 . FOLGA ENTRE PUNÇÃO E MATRIZ**

O punção e a matriz determinam o formato do material retirado e do material restante após o puncionamento, onde a dimensão do material retirado ou puncionado é determinada pela dimensão do punção, e a dimensão da chapa recortada é determinada pela dimensão da matriz. Tanto punção e matriz têm então geometria e dimensões semelhantes para que isto seja possível. Existe, porém uma diferença dimensional entre a geometria do punção e da matriz que é chamada de folga. No processo de corte, a ruptura inicia-se nas arestas de corte do punção e da matriz e se a folga for corretamente dimensionada, as linhas de ruptura, provenientes das duas arestas de corte se encontrarão, sendo que a relação entre corte e fratura terá a proporção de um terço à metade da espessura da chapa. Se a folga entre punção e matriz for muito reduzida as duas linhas de ruptura não se encontrarão e ocorrerá um corte secundário, conhecido como dupla fratura. Situações otimizadas podem ser obtidas com a correta combinação de folgas para cada aplicação. Os materiais mais duros exigem folgas maiores que por sua vez permitem menor penetração do punção (primeiro estágio do processo de corte). Analisando a durabilidade das ferramentas, folgas grandes prolongam a vida da ferramenta, enquanto folgas reduzidas aceleram o desgaste devido ao maior esforço e atrito sobre a aresta de corte. É importante então observar a situação de afiação da ferramenta e a folga utilizada em cada condição de trabalho. Na determinação dimensional do punção ou matriz deve-se considerar a dimensão esperada na peça produzida. O punção determina a dimensão do material retirado, e se a peça almejada for este material recortado da chapa, deve-se determinar a dimensão necessária como sendo igual a dimensão do punção, e a folga por sua vez, adicionada à dimensão da matriz. Caso a chapa recortada seja o desejado, a dimensão do furo (ou recorte) será igual à dimensão da matriz, e neste caso a folga deve ser descontada na dimensão do punção. A folga entre o punção e a matriz é, geralmente, definida como um percentual da espessura da chapa estampada.

### **4 . ESPECIFICAÇÃO DOS FABRICANTES DE FERRAMENTAS**

Os principais fabricantes de ferramentas para puncionadeiras Amada (2001a); Mate (1999); Wilson Tools, (2000b) orientam a afiação regular e freqüente das ferramentas, que é essencial para obter consistente qualidade dos furos ou recortes. Além disto, a regra divulgada é a de que afiações regulares e com pequena retirada de material asseguram durabilidade e longevidade para a máquina e ferramentas, o que torna importante o estudo do intervalo ótimo entre afiações. Um estudo divulgado pela Wilson Tools (2000b), revela que se um punção for utilizado até formar um raio de arredondamento da aresta de corte de 1 mm, o número de puncionamentos correspondente é de 75.000. Por outro lado, o mesmo estudo mostra que se forem feitas 4 afiações de 0,25 mm (produzindo então o mesmo gasto de material de 1mm para recuperação da ferramenta), o número total de puncionamentos para esta situação é de 160.000 puncionamentos. Com base nestes resultados a Wilson Tools (2000b) passou a recomendar a remoção de 0,10 a 0,25 mm de material, para restabelecer a aresta de corte apropriada. A Mate (1999), indica valores semelhantes (0,13 a 0,25 mm) em seu manual de manutenção de ferramentas e a Amada (2001a), por sua vez estabelece como ideal, um intervalo menor, mas com o mesmo valor final, variando de 0,20 a 0,25 mm. A Trumpf (2001b), orienta apenas uma quantia aproximada de 0,30 mm de material a ser retirado a cada afiação, sem indicar uma variabilidade possível. Situação semelhante ocorre com Franklin Manufacturing (2001), que também indica apenas um valor aproximado de 0,38 mm, para o desgaste máximo aceitável na aresta de corte. Já Thompson (2000), alerta que tipicamente, a qualidade do puncionamento deteriora-se quando um raio de arredondamento de 0,25 a 0,38 mm ocorre na aresta do punção, e que neste ponto a retífica deve ser aplicada à ferramenta para remover o raio de arredondamento e restabelecer a aresta de corte apropriada. A análise destas recomendações nos fornece dois segmentos distintos, um defendido pela Wilson Tools, Mate e Amada com valores variando entre 0,10 e 0,25 mm e outro exposto por Thompson, por Franklin Manufacturing e pela Trumpf onde os valores variam de 0,25 a 0,38 mm. Os principais causadores do desgaste da ferramenta são a afiação tardia, quando punção e matriz trabalham com as arestas de

corte desgastadas, acelerando ainda mais o desgaste, e a utilização de folga incorreta. Existem outras causas que podem promover o desgaste anormal, tais como alinhamento incorreto entre punção e matriz; cisalhamento com puncionamentos em sequência (Nibbling); força de extração excessiva; materiais a serem cortados duros ou abrasivos ou macios e pastosos.

## **5. MÉTODOS PRÁTICOS DE VERIFICAÇÃO DA ARESTA DE CORTE**

Alguns métodos ou modos práticos para a verificação da aresta de corte são desenvolvidos com a experiência dos usuários de ferramentas de puncionadeiras. Estes métodos embora não tenham o respaldo científico, e muitas vezes não são mensuráveis, tem sido válidos por fornecer ao usuário de ferramentas um ponto ou valor que, subjetivamente, determina quando é necessária a afiação da ferramenta. Os métodos mais utilizados na verificação da aresta de corte são da verificação do cavaco resultante do corte; da formação de superfície brilhante na aresta de corte; método da “unha” raspada contra a aresta; ruído produzido no puncionamento; e medição do arredondamento da aresta de corte, que é mais racional, mas que exige instrumento para medição e parada do processo produtivo. Qualquer que seja a teoria a ser aplicada, sempre teremos o desgaste da ferramenta associado a um raio ou arredondamento formado na aresta de corte. Este raio ótimo obtido é o item de controle, para a obtenção de planos otimizados de afiações das ferramentas.

## **6. CONDIÇÕES DE TESTE**

O trabalho foi feito com chapas de aço baixo carbono laminadas a frio e oleadas, NBR 5906 e NBR 5915 classes EP e EM, com espessuras variando entre 0,9 e 1,9 milímetros. Para estas espessuras foi utilizada folga única e igual a 0,3 mm, aplicada à matriz (dimensões nominais mais a folga). Para o desenvolvimento do teste, foi utilizada puncionadeira de acionamento hidráulico, modelo Amada Vipros 358 King. As peças puncionadas pertencem a itens de produção diária da John Deere Brasil, na fábrica de Horizontina, estado do Rio Grande do Sul. A variedade de itens produzidos, durante a realização do experimento, abrange cerca de 300 tipos de peças diferentes. A ferramenta escolhida para o experimento é a retangular de dimensões 10 por 110 milímetros, utilizada em todos os itens produzidos na puncionadeira onde foi realizado o mesmo. As ferramentas (punções e matrizes) experimentadas foram produzidas pela Wilson Tools International, em sua fábrica nos Estados Unidos da América, e pertencem ao mesmo lote de fabricação. A Fig. (1) mostra a ferramenta utilizada. A puncionadeira é de ultima geração, com capacidade para executar até 1200 puncionamentos por minuto e velocidade de deslocamento do conjunto mesa da máquina e/ou chapa de 80 metros por minuto em cada uma das coordenadas (X e Y) e 113 metros por minuto em movimento simultâneo em X e Y. Tem precisão de aproximadamente 0,1 mm em ambos os sentidos da chapa, no posicionamento dos furos. O sistema de ferramentas utilizado indica que a precisão da geometria dos furos estampados dependam somente do desgaste das laterais das ferramentas (punção e matriz) e da tolerância da fabricação destes.

## **7. PROCEDIMENTO UTILIZADO**

O procedimento de teste consistiu na utilização de conjuntos específicos de ferramentas e estes submetidos a ciclos de aproximadamente 40.000, 60.000, 80.000 e 100.000 puncionamentos. Sendo que ao atingir a quantidade de puncionamentos do primeiro ciclo o punção e a matriz foram afiados e após iniciou-se novamente a contagem até obter-se a quantidade aproximada para o segundo ciclo, novamente afiando punção e matriz, e assim sucessivamente. Como não havia um projetor de perfil disponível no chão de fábrica, a quantidade de material removido em cada afiação foi considerada como sendo igual ao raio de arredondamento da aresta de corte. Com a aplicação de ciclos diferenciados e progressivos de puncionamento, obteve-se o incremento no desgaste da ferramenta, refletidos pela utilização prolongada desta. Foram utilizados cinco conjuntos de punções e matrizes, repetindo os ciclos aproximados. O punção 1 foi montado no mesmo conjunto que a matriz 1, o

punção 2 com a matriz 2, e assim sucessivamente. A ferramenta utilizada tinha folga total igual a 0,3 mm aplicada à matriz, com ângulo de corte duplo de 3,3 graus no punção, montada em estações de 4,5 polegadas. As ferramentas eram de linha normal de produção, para o padrão de ferramentas Amada e os punções possuíam revestimento Optima<sup>®</sup>. As afiações foram realizadas em retífica de ferramentas Amada modelo TEG 160E, utilizando abrasivo Alcar SA54H6V, com rotação de 3440 RPM e assistidas por refrigeração composta por 2% de óleo de corte Super Sent-A e água. O avanço da retífica é manual e com incremento centesimal. Para permitir a redução dos erros possíveis, na avaliação da aresta de corte, e conseqüente remoção de maior quantidade de material que a necessária, durante o processo de afiação, todas as afiações foram realizadas pelo mesmo ferramenteiro.

## 8 . RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Foi registrado o número de puncionamentos através do contador de ciclos presente no comando numérico da puncionadeira, para cada estação da torre de ferramentas, e a quantidade de material removida em cada afiação executada. O número de puncionamentos de cada matriz é idêntico ao respectivo punção, com o qual foi testado, já que quando da afiação do punção era realizado o mesmo na matriz.



Figura 1 . Ferramenta retangular 10 x 110 mm, utilizada no experimento

Tabela 1 . Desgaste dos pares punções/matrizes. **NP** é o número de puncionamentos e **M** o material removido em mm.

PAR 1		PAR 2		PAR 3		PAR 4		PAR 5		MÉDIA	
NP	M	NP	M	NP	M	NP	M	NP	M	NP	M
40.079	0,05	43.874	0,05	38.879	0,05	46.280	0,05	39.694	0,05	41.761	0,05
64.114	0,07	62.752	0,06	68.514	0,06	58.914	0,06	60.201	0,06	62.899	0,06
81.269	0,08	80.653	0,06	80.006	0,06	80.062	0,07	80.618	0,07	80.522	0,07
101.347	0,11	102.076	0,12	107.590	0,11	98.225	0,08	102.726	0,08	102.393	0,10

## 9 . ANÁLISE DOS RESULTADOS

O ponto onde o arredondamento da aresta de corte deixa de ser linear com número de puncionamentos executados, indica desempenho da ferramenta inferior ao normalmente observado

em ferramentas novas. O objetivo, então, do usuário da ferramenta, na otimização de seus recursos é determinar quando deixa de ser tecnicamente interessante trabalhar com a ferramenta desgastada. Para esta verificação é necessário observar a distribuição do desgaste em relação à quantidade de ciclos de trabalho. A verificação do aumento do arredondamento da aresta de corte até que a ferramenta torne-se tecnicamente imprópria para a operação de corte da chapa, demanda de ciclos de utilização bastante longos e repetitivos. Como forma de reduzir o tempo necessário para a realização de experimentos, que produzam os parâmetros necessários para análise do desgaste das ferramentas, pode-se utilizar a projeção matemática dos valores observados em determinados intervalos de ciclos de trabalho e simular o comportamento da ferramenta em toda a sua vida. Uma das opções existentes, e que se adapta perfeitamente ao experimento realizado, é a distribuição de Weibull, que em uma das suas muitas aplicações, permite verificar a confiabilidade de um produto através da análise da degradação deste, determinando quando o produto atingirá determinado nível de desgaste ou perda da performance tolerável. Situação semelhante à pretendida nesta análise de desgaste de ferramentas. Existem no mercado softwares dedicados à operacionalização da distribuição de Weibull, auxiliando na obtenção rápida dos dados necessários para a determinação de conclusões. A opção escolhida, por estar disponível e já ser utilizada na John Deere na análise de confiabilidade de seus produtos e componentes, foi o software Weibull++ Versão 6.0, desenvolvido pela Reliasoft Corporation. Utilizando a distribuição de Weibull, através da utilização do software Weibull++ 6.0, no módulo de análise da degradação, é possível obter a curva exponencial que descreve o desgaste da aresta de corte ( $y$ ) em relação ao número de punçionamentos ( $x$ ). A análise desta curva mostra o ponto aproximado onde inicia a aceleração do desgaste em relação aos ciclos de trabalho adicionados. Este é o ponto ótimo para a afiação da ferramenta, pois até então o desgaste tem comportamento mais próximo ao linear, com o incremento do número de punçionamentos. Após este ponto o raio da aresta de corte da ferramenta aumenta de forma não proporcional ao aumento de ciclos de trabalho, ou seja teremos menor aproveitamento da ferramenta. Nas figuras 2 e 3 estão expostas as curvas que descrevem o comportamento para os punções, geradas através do software Weibull++ 6.0, onde se pode observar que quando as curvas são inseridas em escala, para o raio de arredondamento da aresta de corte, de até 0,4 milímetros (Fig. 2) temos alguma incerteza e dificuldade para visualizar o ponto onde ocorre a transição da velocidade de desgaste da aresta cortante indicando uma aceleração na produção do raio de arredondamento. Uma estimativa aproximada, porém incerta, pode ser arbitrada como sendo 0,15 mm, o ponto de transição. Porém quando as curvas são observadas em uma escala maior de até 0,8 mm, para o raio de arredondamento (Fig. 3), pode-se então observar ponto de transição com maior definição, e no valor de 0,30 milímetros. A avaliação dos dois gráficos, com escalas diferentes, indica que existe não linearidade, e que também não define um ponto de mudança de comportamento, para raio de arredondamento da ferramenta até 0,30 mm. Porém em escala maior torna perceptível os dois segmentos da curva (linear e não linear) e com ponto de transição próximo à 0,30 mm. Comportamento similar é observado para as matrizes, nas figuras 4 e 5, também com um ponto de transição próximo a 0,15 mm, quando observado na escala menor e em torno de 0,30 mm na representação da escala maior. Embora não seja totalmente preciso, o ponto de transição da curva, que nos indica o ponto ótimo para a afiação da ferramenta é observado que os valores encontrados são próximos a média dos valores recomendados pelos fabricantes. O fato de a curva apresentar imprecisão no ponto de transição pode ser um dos motivos de serem divulgados sempre faixa de valores. Para a condição encontrada, o punçionamento de chapas finas e com as máquinas e ferramentas utilizadas, é recomendável a utilização do limite de 0,3 milímetros para o raio de arredondamento da aresta de corte. Baseado nas curvas obtidas através do experimento, pode-se utilizar como referência para o desgaste crítico ou ponto de afiação das ferramentas, a formação do raio de arredondamento da aresta de corte igual ou inferior a 0,30 milímetros, para as condições do experimento. Outro parâmetro possível, porém com maior variabilidade é a quantidade de punçionamentos, com faixa de referência variável entre 220.000 e 230.000 ciclos de trabalho, considerando a média dos valores encontrados. Variáveis diferentes, inerentes às condições de cada usuário das ferramentas podem produzir valores diferentes. Algumas condições que poderão reduzir

o ponto do desgaste crítico e impor afiações mais frequentes são a utilização de chapa de maior espessura, com material de maior resistência ao cisalhamento, com maior rugosidade superficial, ou com presença de oxidação e outros abrasivos, uso de folgas não apropriadas, e qualidade da ferramenta utilizada.

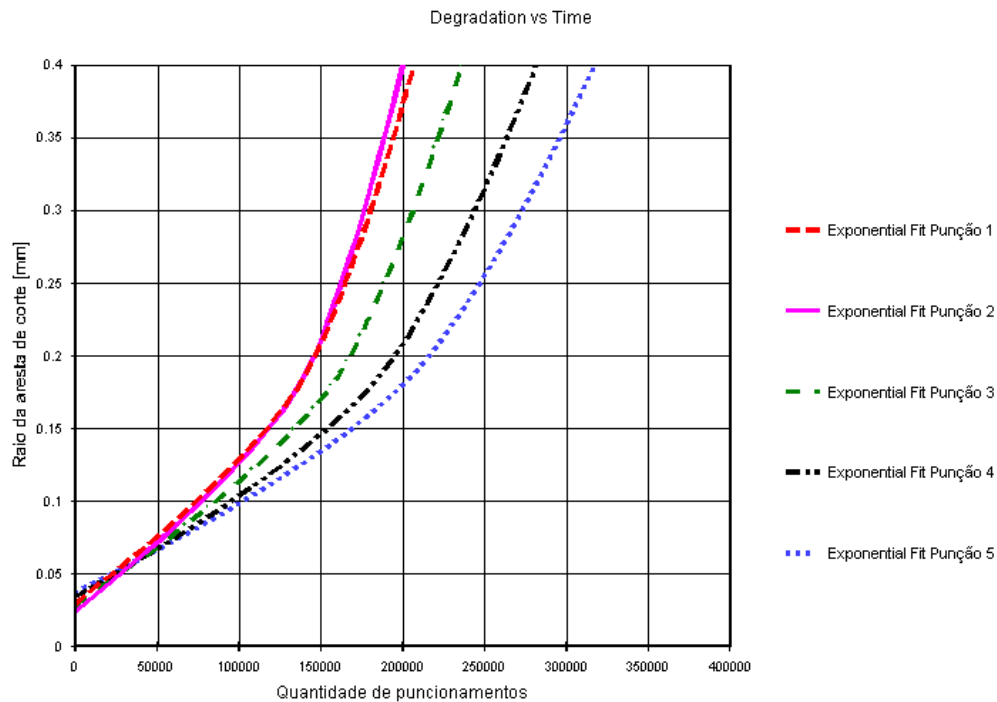


Figura 2 . Curvas de desgaste para os punções, com escala para raio até 0,4 mm.

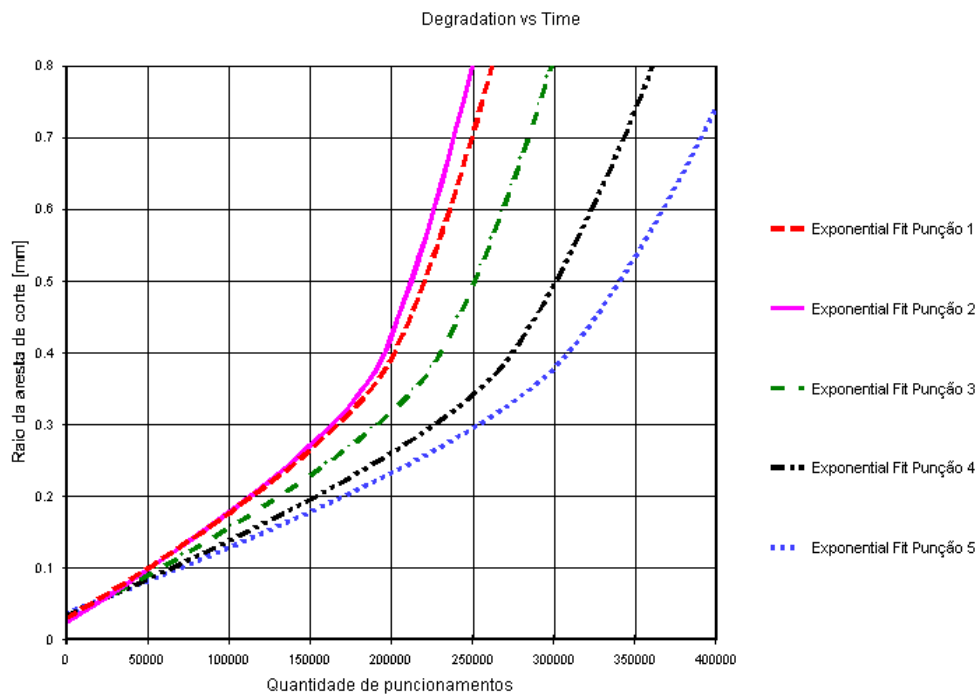


Figura 3 . Curvas de desgaste para os punções, com escala para raio até 0,8 mm.

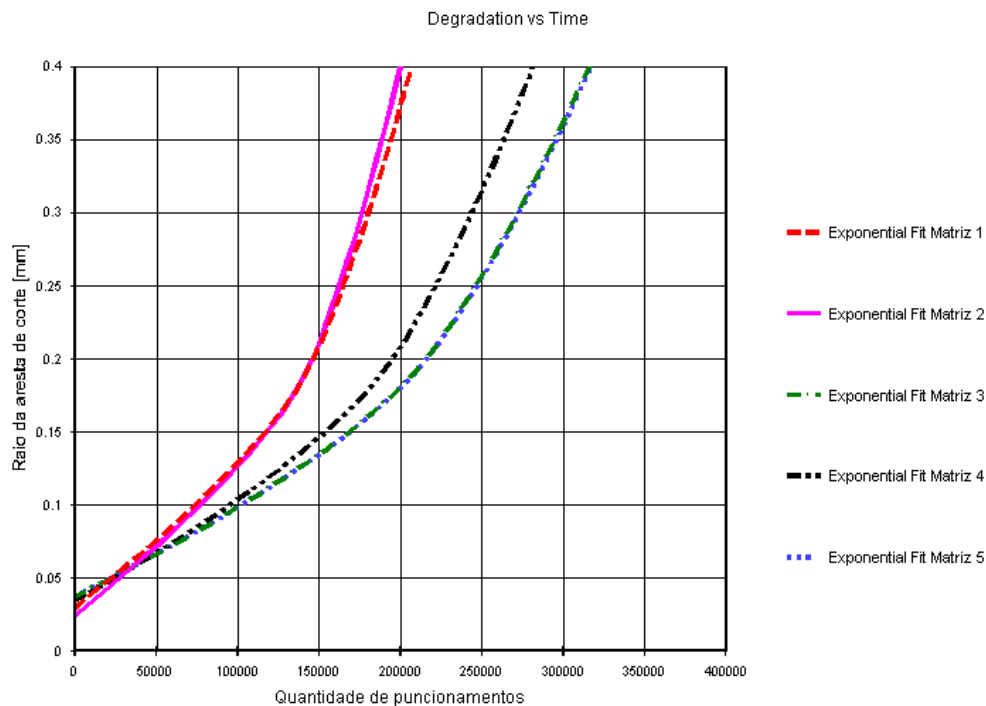


Figura 4 . Curvas de desgaste para as matrizes, com escala para raio até 0,4 mm.

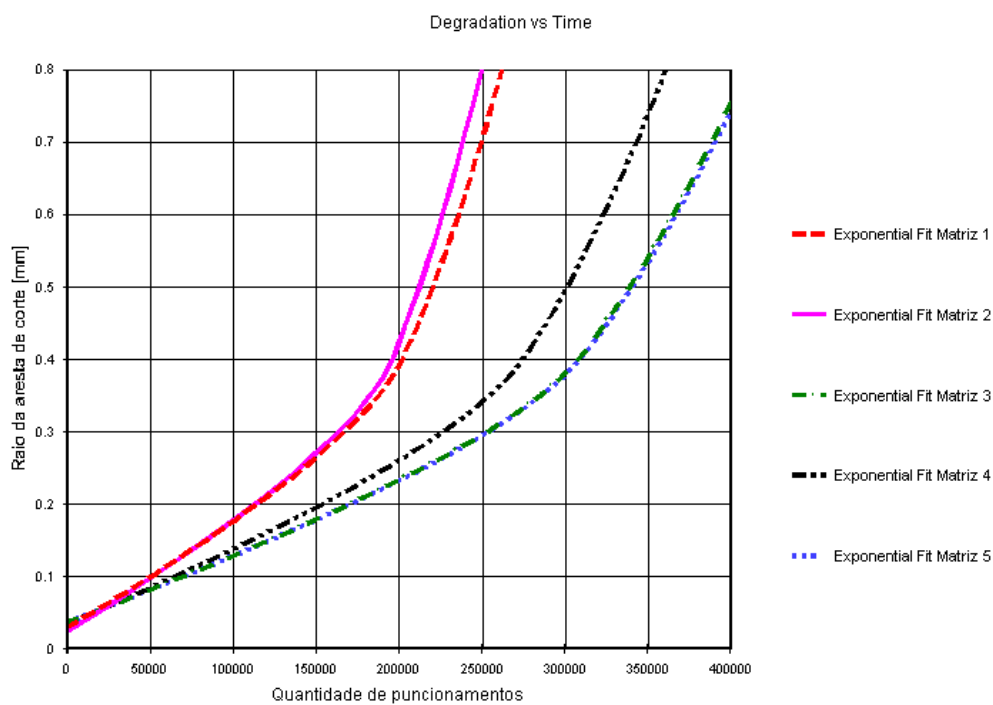


Figura 5 . Curvas de desgaste para as matrizes, com escala para raio até 0,8 mm.

## 10 . CUSTO DE AFIAÇÃO DA FERRAMENTA

Neste estudo foi utilizado como referência a operação de 10.000 puncionamentos, para tornar a análise do custo operacional mais fácil, e ser de possível referência para múltiplos desta quantidade. Neste cálculo é considerado o custo efetivo do punção, para esta quantidade de trabalho executado. Na Fig. 6, são apresentados os custos e sua análise revela que do ponto de vista econômico, o custo operacional dos punções não varia significativamente até raios de arredondamento de 0,5 mm. Isto



significa que considerando o custo dos punções, o custo da afiação e o custo da troca das ferramentas na puncionadeira, poderíamos executar a manutenção da ferramenta a cada 0,50 mm de desgaste na sua aresta de corte, sem resultar em perdas significativas na relação custo / benefício do punção. Nesta condição, podemos executar a afiação da ferramenta a cada 215.000 a 220.000 puncionamentos, considerando os valores apresentados. Mas do ponto de vista técnico, considerando a durabilidade dos punções e a qualidade dos produtos puncionados, o intervalo ótimo se situa entre 0,15 e 0,25 mm.

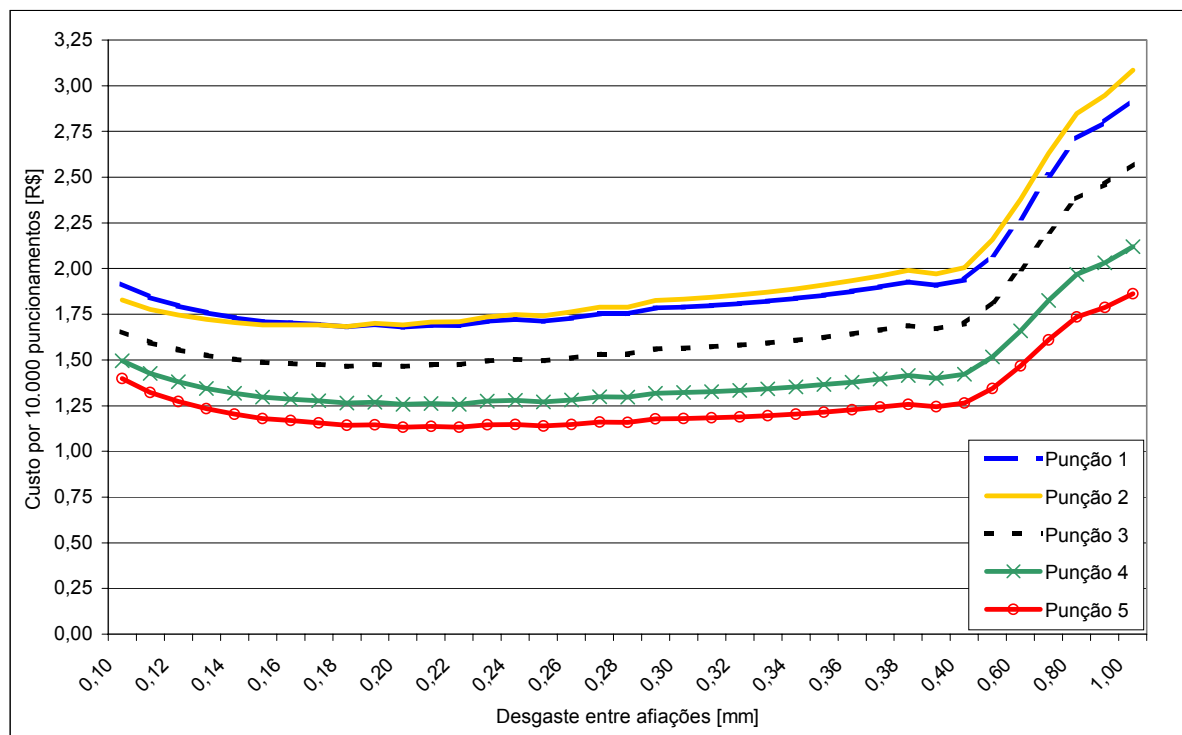


Figura 6 . Custo operacional da ferramenta em função do desgaste

## 11 . CONCLUSÕES

- 1 – Os fabricantes de máquinas e equipamentos são conservadores nas recomendações, não conduzindo necessariamente ao melhor aproveitamento da relação custo/benefício e ou qualidade do produto puncionado.
- 2 - A metodologia proposta mostrou-se adequada e compatível com a prática industrial, por permitir a realização da análise com os recursos disponíveis aos usuários, em seu meio fabril.
- 3 - É recomendável realizar controle de desgaste de punções medindo raio de arredondamento da aresta de corte até ponto de singularidade (aceleração do desgaste) em função dos ciclos de trabalho.
- 4 - O intervalo ótimo para afiação dos punções, quando da utilização de chapas baixo carbono com espessuras até 2,0 mm é de 220.000 puncionamentos, ou até atingir o raio de arredondamento da aresta de corte igual a 0,30 mm, em razão da aceleração da degradação da ferramenta e dos custos envolvidos com a ferramenta e a afiação desta.

## 12 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amada Co. Nov. 1999. “Revision of Operating Manual for Vipros”. [www.amada.com](http://www.amada.com).
- Amada Engineering & Service Co., Aug. 2001a. “Sharpening Punches and Dies”. [www.amada.com](http://www.amada.com).
- Amada Engineering & Service Co., Aug. 2001b. The NCT Handbook: Tooling Installation.

www.amada.com.

ASMA. Oct., 1998 “The Theory Behind Hole Punching”. The Precision Sheet Metal Chronicle Magazine, [www.asmachronicle.com](http://www.asmachronicle.com).

ASMA. Feb., 1999. “Tooling Wear and Clearance”. The Precision Sheet Metal Chronicle Magazine, [www.asmachronicle.com](http://www.asmachronicle.com).

Mate Precision Tooling Inc., 1999. “Thick Turret Punch Press Tooling Catalog”.

Trumpf Werkzeugmaschinen, aug. 2001a. “Classic sheet metal processing in new dimensions: Punching, nibbling, forming”. [www.trumpf.com](http://www.trumpf.com).

Wilson Tool International, jun 2000a. “Cutting through the coating claims”. Tooling solutions, Volume 3, Number 1, White Bear Lake.

Wilson Tool International, may 2001. “Put the right tool steel to work for you”. Tooling solutions, Volume 4, Number 1, White Bear Lake.

Wilson Tool International, aug. 2002. “Punch Press Tooling Systems Catalogs”. [www.wilsontool.com](http://www.wilsontool.com).

Wilson Tool International, dec. 2000b. “Turret Tooling Maintenance Manual”. White Bear Lake.

## WEAR OF PUNCHING TOOLS

**Abstract.** The aim of the present study is to give for the turret punch press users a methodology to quantify the critical tools wear and help to identify the best procedure of sharpening, applied to the particularities and needs of each specific application for this equipment. The process of quantifying the control parameters of the tools sharpening is linked to the control of the rounding increment on the cut edge, in relation to the amount of hits executed. There is a series of published information about the subject, with recommendations and results of specific studies that can be used as a guide to the users in their own maintenance plans. An experimental test, easy to be done, which can be repeated and updated in metallurgical industry, quantify and identify the correct sharpening time, considering specific conditions. The methodology here presented can be used to evaluate the current process, through the analysis of tools from different suppliers or using different materials and coating applied to the same tool. Economical analysis, considering the costs involved at sharpening process and operational costs with tool set up in the machine, is compared with the experimental results and the published recommendations, giving a safe and reliable result to identify the right tool maintenance plan.

**Key words:** punching, punch tool wearing, punch tool sharpening, punch tool maintenance