

CONFORMAÇÃO MECÂNICA DOS METAIS

Prof. Eduardo Monlevade

Importância da conformação mecânica

- A maioria dos objetos metálicos usados pelo homem passa por algum processo de conformação mecânica

- Ferramentas

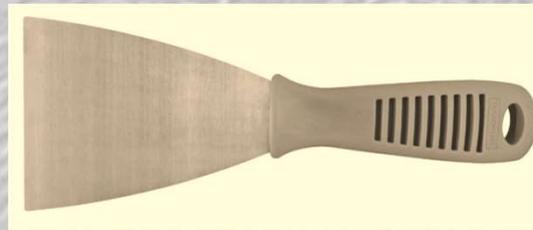
- Martelos
- Chaves

- Utensílios

- Panelas
- Talheres

- Componentes mecânicos

- Tubos
- Peças



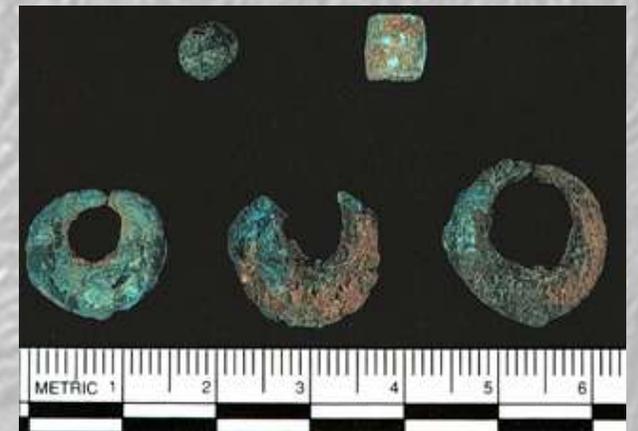
Conformação dos metais

- Provavelmente a primeira atividade metalúrgica da humanidade
- Metais nativos
 - Cobre
 - Ouro
 - Prata
- Facilmente trabalháveis
 - Provavelmente artefatos ornamentais produzidos manualmente ou com auxílio de ferramentas primitivas



Conformação dos m

- Artefatos ornamentais (brincos, colares, enfeites)
- Ferramentas
- Armas (facas, lâminas)

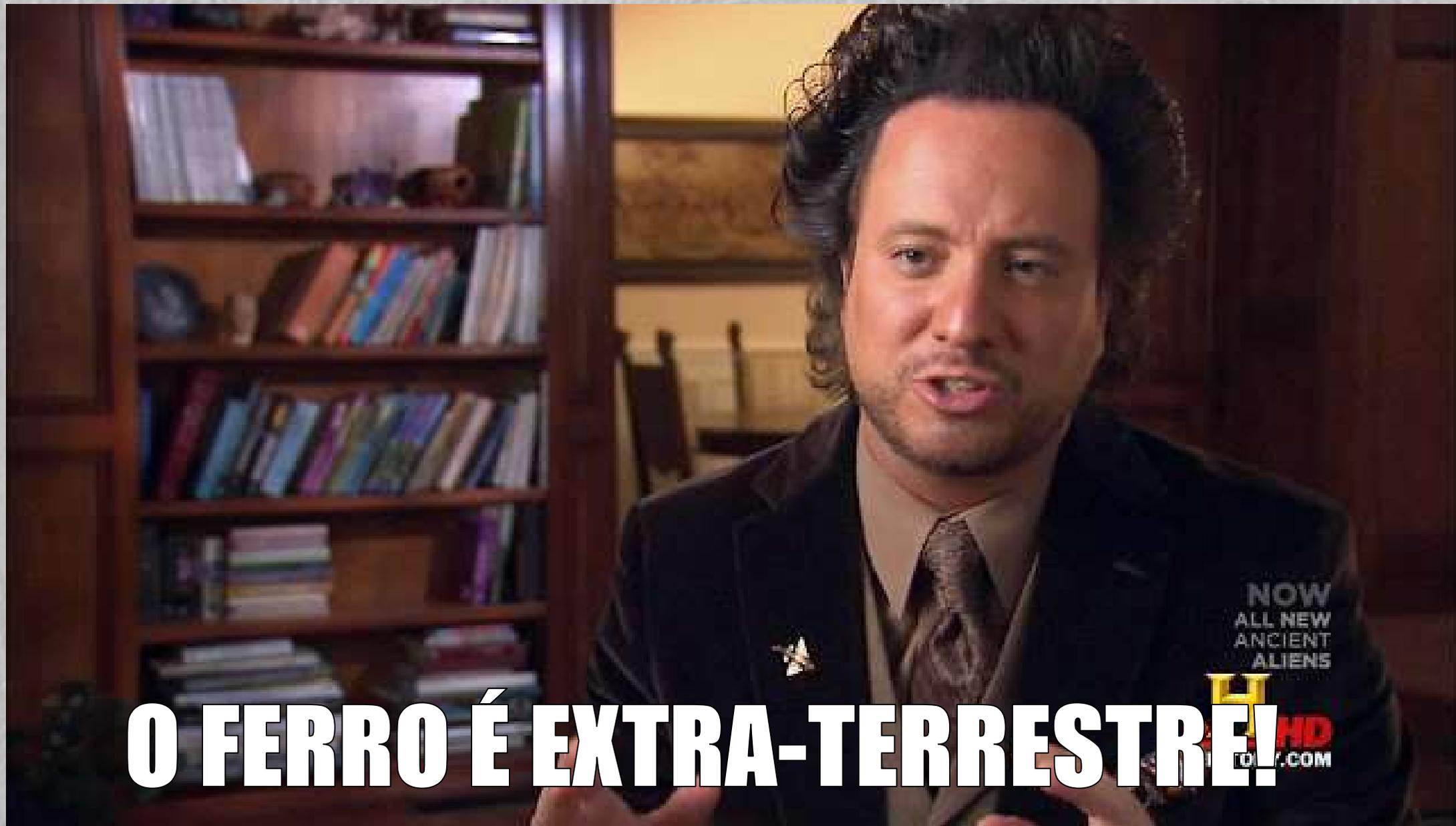


Conformação dos metais

- Primeiros metais a ser conformados foram aqueles que ocorrem em sua forma nativa, principalmente:
 - Cobre – Primeiro metal dominado pelo homem
 - Prata
 - Ouro
- Ocasionalmente: Ferro

Conformação dos metais

- Ferro???
- De onde vem o ferro nativo presente na crosta terrestre?



NOW
ALL NEW
ANCIENT
ALIENS

HISTORY CHANNEL
HISTORYCHANNEL.COM

O FERRO É EXTRA-TERRESTRE!

O QUE É FERRO EXTRA-TERRESTRE?



Ferro Meteorítico! – Fe ou Fe-Ni

Ferro meteorítico

- Por que existem tantos meteoritos de Fe ou Fe-Ni??
- O núcleo do átomo de Fe é o mais estável de toda a tabela periódica.
- Abaixo do Fe, a fusão nuclear é energeticamente mais fácil do que a fissão
- Isótopos radiativos de elementos com núcleo maior que o Fe, ao longo de tempo suficientemente longo, tendem a decair até virar átomos de Fe

Conformação dos metais

- O primeiro contato do homem com o ferro foi provavelmente por meio do ferro meteorítico
- Esse tipo de ferro é bastante mole e trabalhável (apesar de ser bem menos que o cobre, ouro, etc)
- O ferro reduzido do minério é posterior, e provavelmente o processo foi descoberto acidentalmente ou testando o que daria colocar na brasa uma “terra” diferente

Evolução dos processos de conformação

- Forjamento e Estampagem – desenvolveram-se provavelmente a partir de “pedradas” (amassar um metal contra uma peça com forma trabalhada)
- Trefilação
 - O homem consegue fazer fios e barras por “conformação rotativa” (exatamente como o meu sobrinho de 3 anos com um pedaço de massa de modelar)
 - Diminuição controlada de seção por passagem em furos em ferramentas de pedra e madeira.

Conformação dos metais

- Principal requisito para que o metal possa ser conformado:

É PRECISO QUE O METAL ESTEJA
PLÁSTICO

Estado Plástico

- Primeiros metais nativos
 - Cobre, prata, ouro – extremamente dúcteis à temperatura ambiente
- Metais extraídos dos minérios:
 - Chumbo, estanho – Também extremamente dúcteis

Desenvolvimento dos processos

- Extração de metais a partir do minério:
 - Chumbo e estanho não precisam de altas temperaturas para redução (uma fogueira já “faz a mágica”)
 - Cobre e zinco – requerem temperaturas mais altas – provavelmente descobertos acidentalmente em fornos que queima de cerâmicas
 - Minérios de cobre com teores de minério de estanho provavelmente levaram à descoberta do bronze

Desenvolvimento do processo

- Bronze é significativamente mais duro do que o cobre puro.
- Ou seja: dá para fazer ferramentas!
- Dá para fazer ARMAS!!!
- Agora podemos lutar com aqueles animais grandes que alimentam uma família inteira sem depender de atirar pedras e flechas!!!
- E a humanidade sobreviveu graças à metalurgia e à dieta contendo carne

Desenvolvimento dos processos

- Os metais endurecem à medida que são deformados
- Após uma certa quantidade de deformação, esta não é mais possível, e o metal se rompe
- É possível “restaurar” a plasticidade do metal por meio de aquecimento
- Mas... Como o homem primitivo descobriu isso???

Novo parêntesis

Como o homem desenvolve
processos complexos a partir
de observações ou processos
triviais???

Exemplo

- Café:

“Diz a lenda que um pastor notou que suas cabras ficavam agitadas após comer uma certa frutinha vermelha. Ele ficou intrigado com essa fruta, e descobriu que, adicionando água quente à semente torrada e moída, obteria uma bebida saborosa e que se tornaria uma das mais consumidas do mundo”.

(Fonte: rótulo do Nescafé na década de 1990)



Para quem não conhece, a fruta do café é essa.
Há vários pés de café imensos no jardim da Mec

A parte da história que o Nescafé não contou...

Ele come as frutas e fica ligado

Ele tenta fazer um chá com as folhas

Ele tenta fazer um chá com as frutas

Ele acha que nada dá certo e joga tudo na



A parte da história que o Nescafé não contou...



O perfume irresistível do café torrado domina o recinto

Ele decide torrar as sementes

Ele faz a bebida com a semente

Mas a bebida pega gosto se a se

Pó de café na língua é muito ruim

Melhor filtrar.

E o resultado





**E PAGAR OS
ROYALTIES
PELA MINHA
IDÉIA, QUE É
BOM, NADA?**

Voltando aos metais

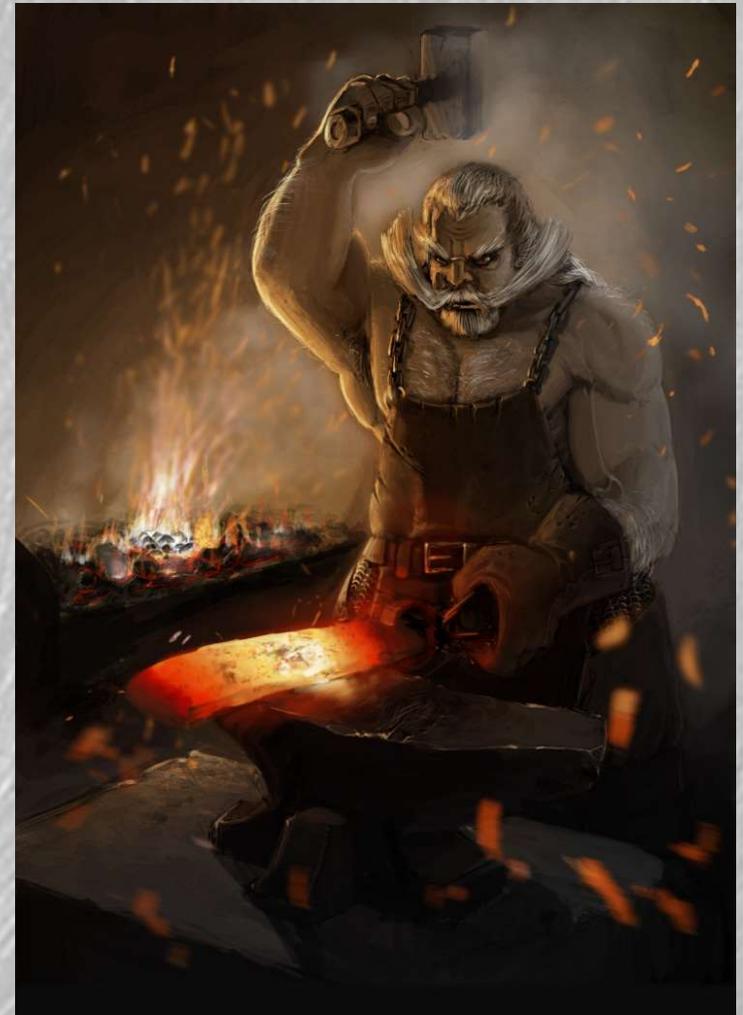
- Possivelmente essa propriedade (amolecer ao ser aquecido) foi descoberta utilizando utensílios metálicos sobre o fogo (e perdendo o jantar)
- Se serve para o cobre, deve servir para aquele cobre estranho que se consegue misturando uma terra estranha com carvão em brasa... O tal do bronze.
- Afinal esse danado é bem mais duro...

Conformação dos metais

- Essencial: material plástico
- O cobre eu posso martelar umas 200 vezes antes de ter que esquentar
- O bronze aguenta umas 60 marteladas bem dadas
- O ferro, então... Nem isso! Vou continuar martelando bronze
- E se eu martelar os metais quentes?

Conformação dos metais

- O bronze, muito mais duro que o cobre puro, pode ser melhor moldado em ferramentas e armas
- Posteriormente, o mesmo princípio que rege o desenvolvimento de ligas para uma certa aplicação: se funcionou para o bronze, por que não para o ferro?
- Em poucas palavras: Aí, sim!



O que nos leva a ARMAS

- Espadas
- Cabeças de machados
- Pontas de flechas
- Facas
- Lanças



Evolução dos processos

- Estampagem e forjamento a frio primitivos
- Forjamento a frio
- Forjamento a quente (provavelmente evoluiu para usar martelos movidos por força da água)

Forjamento a quente

- Responsável pelo desenvolvimento de armas cada vez mais letais
- As técnicas, apesar de essencialmente similares, são aprimoradas – por exemplo:
 - juntar vários pedaços de ferro
 - Dobrar o ferro e martelar mais
 - Já que eu já juntei vários pedaços de ferro, por que não juntar um mais duro para o fio com um mais mole?
(Como essas pedações estão ficando mais duros???)

Processamento termomecânico

- A espada quente que estava afundada no carvão em brasa queimou um ferreiro. Ou talvez uma espada que estava esfriando botou fogo na casa...
- Melhor resfriar logo na água...
- E o ferreiro descobriu a têmpera. Mas as primeiras espada temperadas caíram, bateram na bigorna e quebraram. Ou quebraram na primeira tentativa de usar
- Provavelmente o revenimento veio por tentativa e erro.

Forjamento a quente

- Por muito tempo foi provavelmente o processo mecânico mais difundido, devido às aplicações militares.
- A produção de espadas atingiu seu auge em duas regiões diferentes:
 - O Japão
 - O oriente médio
 - O aço europeu também podia ser muito bom. Mas nem tanto.

Forjamento a quente

- No Japão e no oriente médio, descobriu-se como forjar um aço que poderia chegar a ter até 2% de carbono (portanto, hipereutetóide e coalhado de cementita)
- A técnica provavelmente consistia em sucessivas rodadas de conformação por martelamento e dobra do material
- No Japão, esse processo era repetido muito mais vezes, levando a uma microestrutura extremamente refinada

Forjamento de espadas

- Uma das maneiras de se produzir a espada japonesa (katana) envolve a têmpera seletiva de regiões da lâmina
- A base da lâmina (oposta ao fio) é recoberta de lama, e o fio é deixado exposto.
- Ao temperar o material, a parte envolta na lama resfria-se lentamente, e não se transforma em martensita; a curvatura é em parte oriunda das tensões de têmpera
- A base mole ajuda a aumentar a tenacidade do conjunto

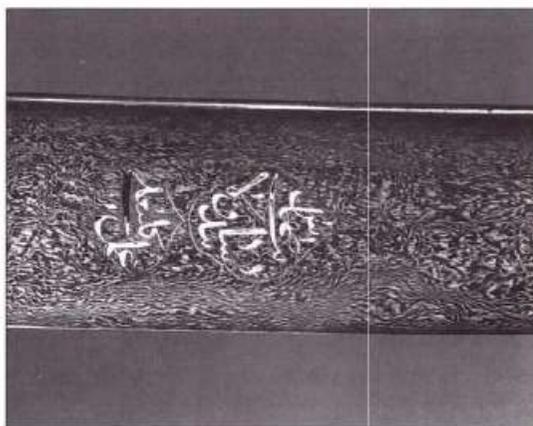


Forjamento de espadas

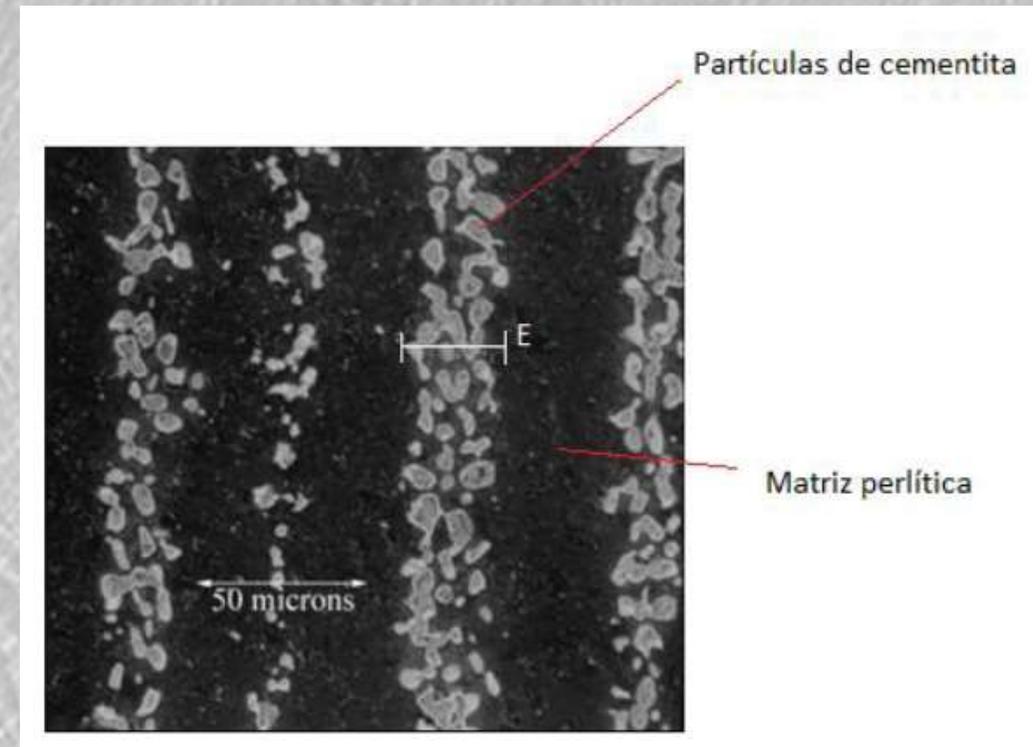
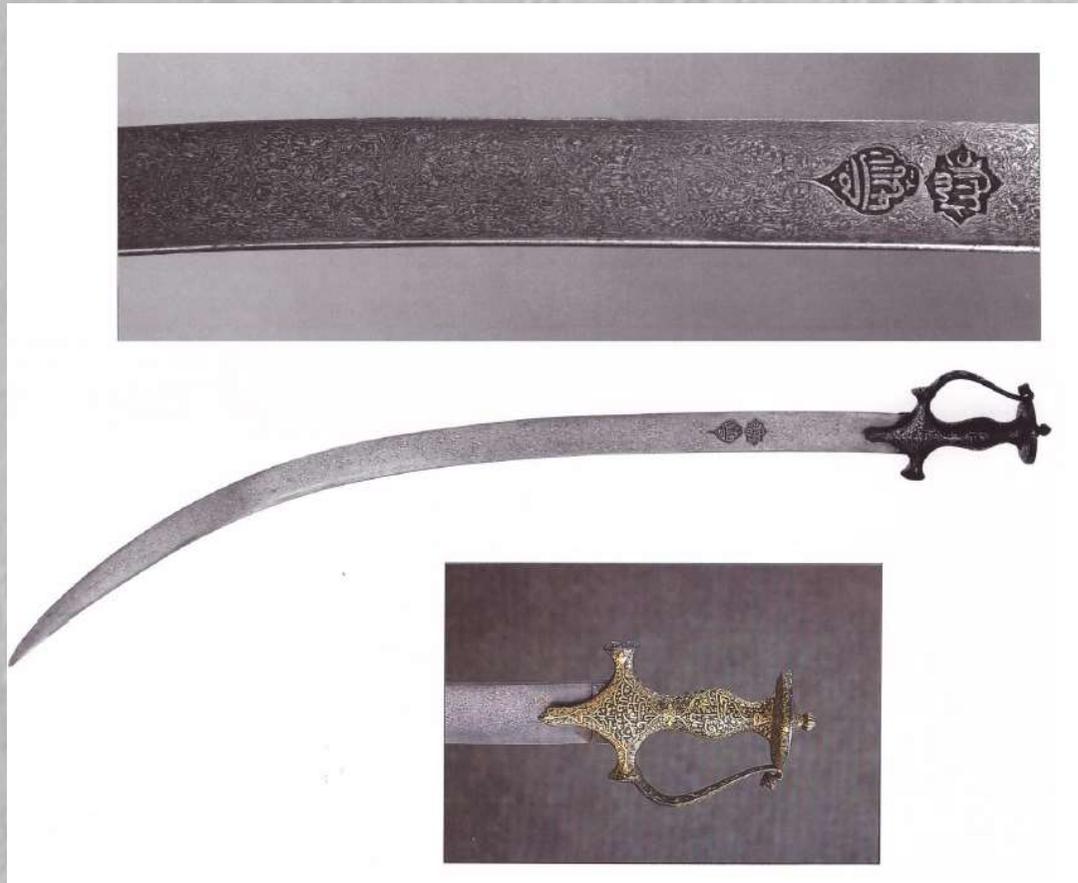
- No oriente médio e Ásia continental, o aço não era dobrado tantas vezes como no Japão
- Ao fim do processo, após ataque químico, a lâmina passava por ataque químico, deixando em sua superfície um desenho chamado “padrão damasceno”, mostrado no próximo slide.



Espada de damasco



Espada de Damasco



Espada de Damasco

- Texto extremamente interessante sobre isso:

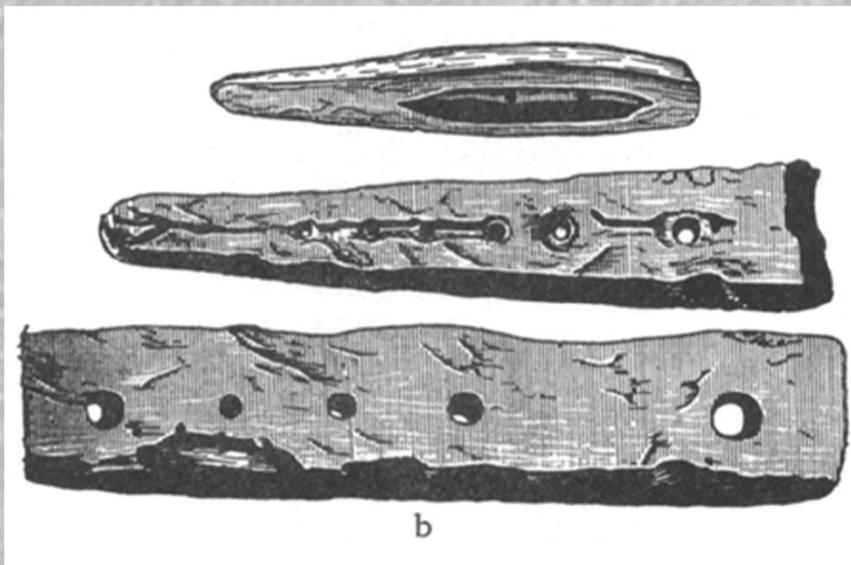
CHRISTIAN SLAUGHTER

ESPADA DE DAMASCO – UM PRODUTO DA
CIVILIZAÇÃO ISLÂMICA

(Dissertação de mestrado – PMT – 2013)

E OS PROCESSOS PACÍFICOS?

- Trefilação – a trefilação em si (em vez de rolar o metal como nossos sobrinhos fazem com massa) data do século IV a. C.



Histórico

- Relatos confiáveis de trefilação de metais não ferrosos datam dos primeiros séculos d.C.
- Produção de ferro por trefilação começou no século VIII d.C.



c

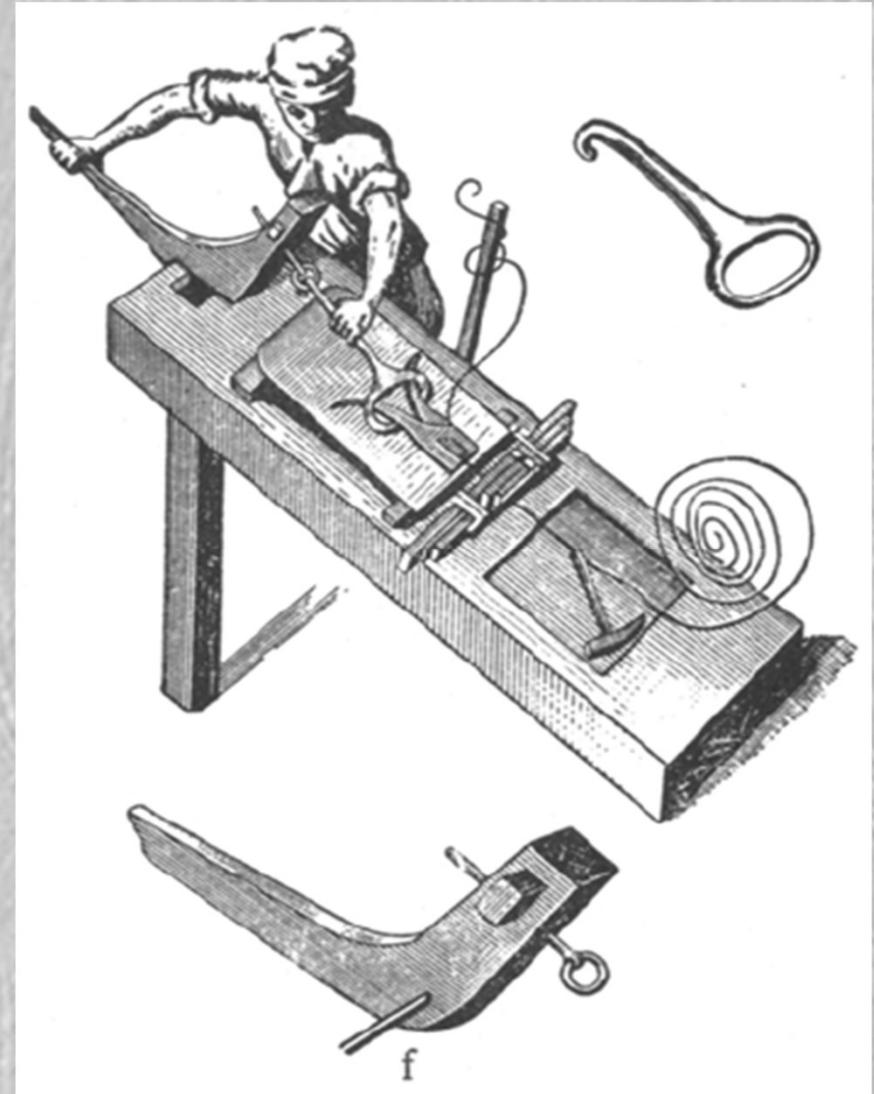


d



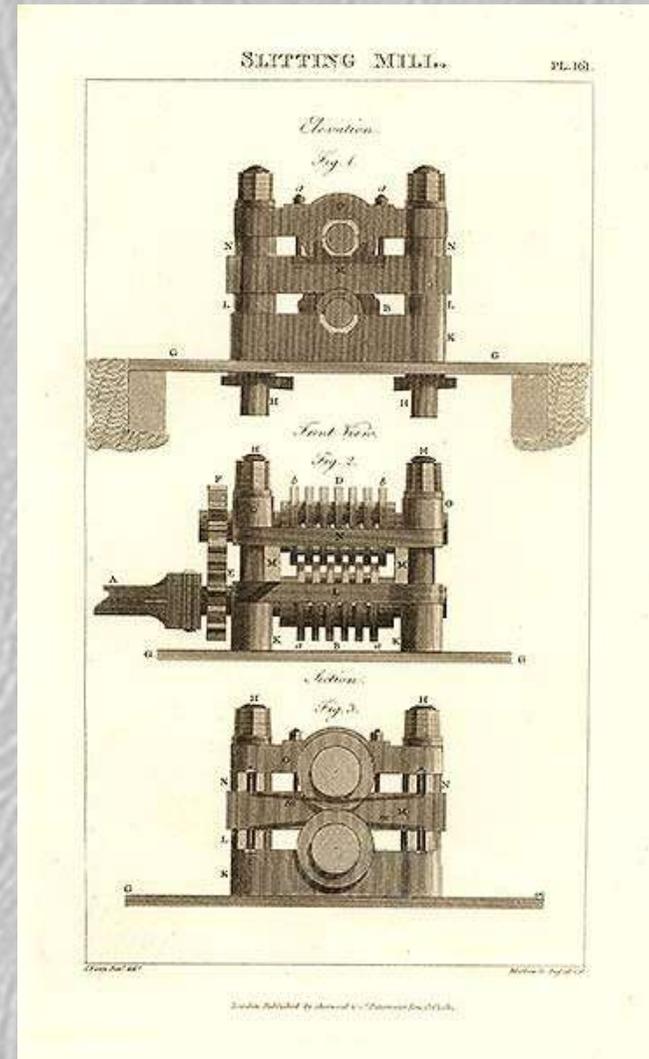
Histórico

- A bancada de trefilação permitia o trabalho com materiais mais resistentes que o cobre e o latão, porém, com baixa produtividade.
 - O material era preso no anel, e o anel preso à alavanca.
 - A cada puxada da alavanca, o material avançava 7-10 cm.



Laminação

- Diz a lenda que foi inventada por Leonardo da Vinci
- Sabe-se que apareceram na Bélgica
- Primeiros tipos eram laminadores de corte (slitters)
- Uma placa de ferro era achatada para fazer uma chapa
- Depois cortada em barras
- Fonte de energia: água



Extrusão

- A primeira patente do processo de extrusão é de 1797, por Joseph Bramah. A prensa hidráulica já havia sido patenteada em 1795, mas a patente da extrusão é relacionada à fabricação de canos de chumbo a quente por aplicação manual de carga (por um mecanismo de ação).



Extrusão

- O processo só foi mais desenvolvido em 1820, quando a prensa hidráulica (cuja idéia e projeto inicial foram patenteados por Bramah) foi construída com sucesso.
- Poucos anos depois, dada a extraordinária força que se poderia atingir com essa prensa, o processo começou a ser aplicado para outros metais – inicialmente o cobre e o latão

Exercício

- Como você acha que são fabricados hoje os seguintes itens:
 - Panela
 - Cartucho de munição
 - Tubo de cobre sem costura
 - Virabrequim
 - Mola helicoidal



Por fim, a solução de um grande mistério

- Como é feita a dobra da panela de pressão?

