



Automação Industrial

SEL0438 - Projetos em Engenharia Elétrica

Setembro de 2020

Prof. Dennis Brandão

1. A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas
 2. A indústria a partir do séc. XVIII
 3. A eletricidade
 4. A pneumática
 5. A hidráulica
 6. A eletrônica
 7. A mecatrônica e a robótica
 8. A automação industrial
-

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

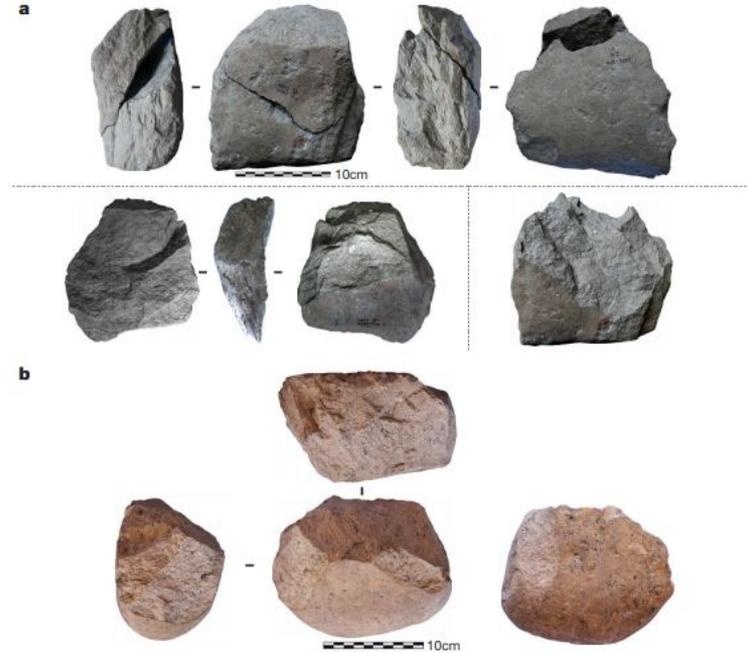


<https://humanorigins.si.edu/evidence/behavior/stone-tools>

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

Descobertas no Kenia em 2011 indicam que as primeiras ferramentas criadas datam de 3.3 milhões de anos atrás.

700 mil anos antes do surgimento dos primeiros indivíduos do gênero “homo”!



Artigo “3.3-million-year-old stone tools from Lomekwi 3, West Turkana, Kenya”, disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature14464>>

A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

Ao final da idade da pedra, a 12.000 anos atrás, o homem já possuía machados com os quais preparava o solo para lavouras.

A técnica já incluía o polimento das ferramentas quando ficavam “cegas”



A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas



<https://www.ancient-origins.net/history/child-miners-mother-goddesses-and-one-greatest-powers-bronze-age-006272>

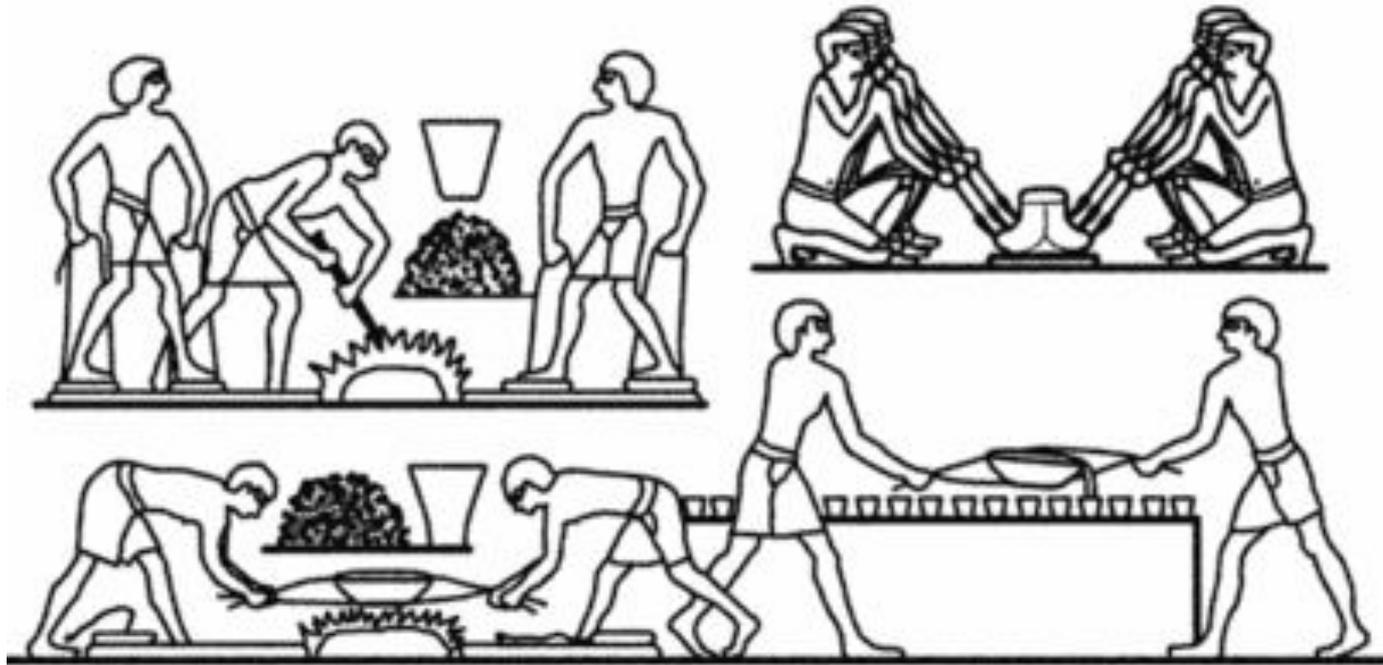
A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

A 5000 anos atrás os homens dominam a tecnologia da mineração, extração e fundição para produção de ligas de cobre, estanho e outros metais de baixo ponto de fusão ($\geq 1000^{\circ}\text{C}$).

Nessa época surgem também as primeiras formas de escrita e o agrupamento em aldeias fixas.



A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas



A engenhosidade humana e a capacidade de criar ferramentas

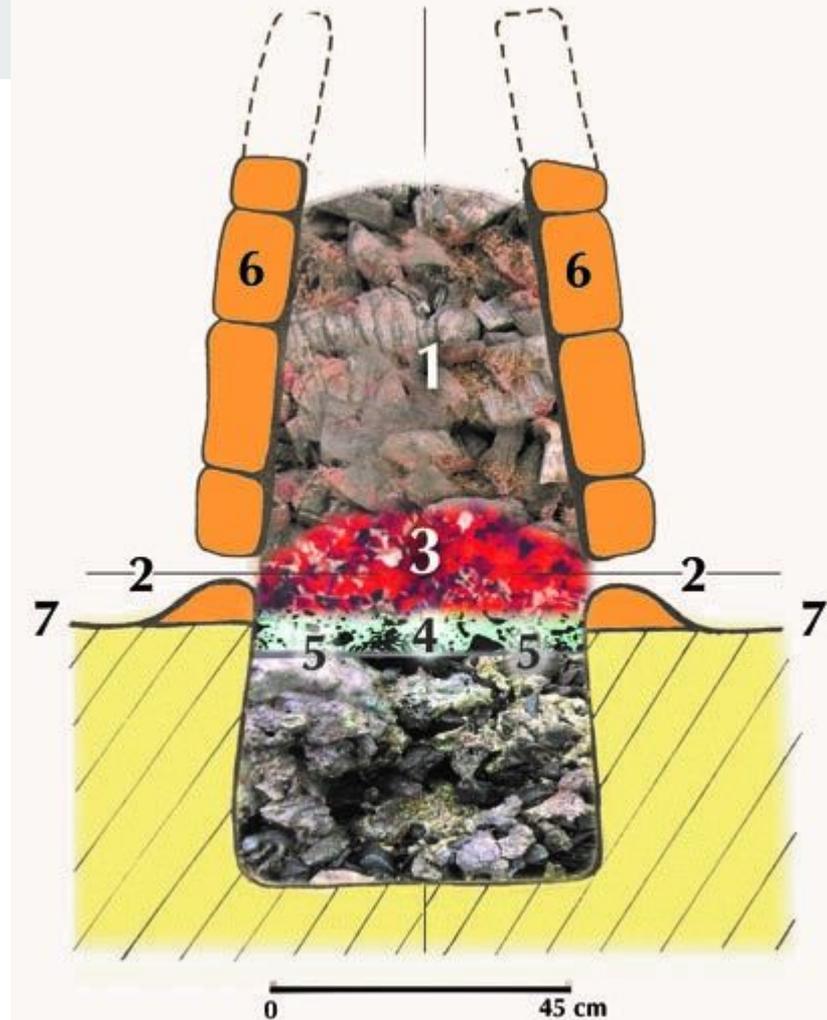
Por volta de 1000 AC já se dominavam as técnicas metalurgia para produção do ferro e de ligas para o aço, muito mais forte de que o bronze.

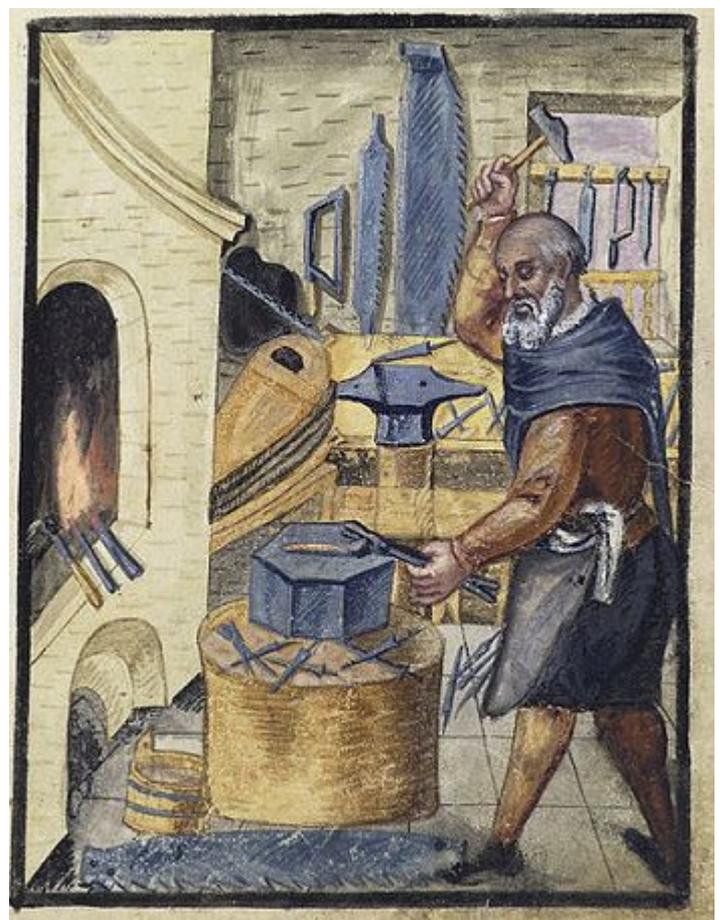
O aço é muito mais difícil de se trabalhar pois requer fornalhas especiais (+ 1500°C) e era forjado a quente.



<https://www.sciencephoto.com/media/675372/view/ancient-egyptian-meteoric-iron-beads>

1. **Matéria Prima: minério de ferro e carvão vegetal.**
2. **Orifícios de sopro de ar.**
3. **Zona de redução.**
4. **Base (esponjosa) de ferro do poço de escória.**
5. **Superfície livre da parte superior do bloco de escória que preenche a cavidade escavada no solo.**
6. **Corpo da fornalha construído com blocos rasos - tijolos.**
7. **Superfície do solo.**





<https://arthistoryleavingcert.com/pre-christian-ireland-2/iron-age-la-tene-in-ireland/>
<https://study.com/academy/lesson/iron-age-timeline-facts.html>

**Qual foi a invenção que
permitiu o passo seguinte às
ferramentas manuais?**

—

Eolípila: A máquina a vapor de Heron de Alexandria



Heron viveu em 10 DC.

É considerada a primeira máquina a vapor documentada!

Transforma energia térmica em movimento

https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Aeolipile_illustration.png



O vácuo de Otto von Guericke (1602-1686)

Invenção da bomba de vácuo

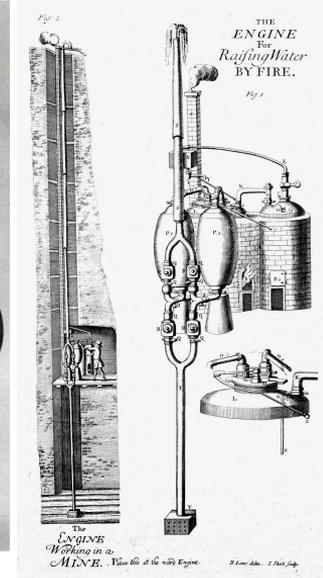
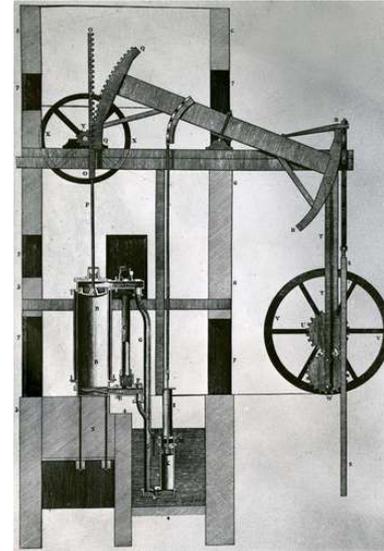


Máquinas modernas a vapor

1698 - Thomas Savery

1712 - Thomas Newcomen

Máquinas utilizadas para bombear água para fora de minas de carvão profundas na Inglaterra



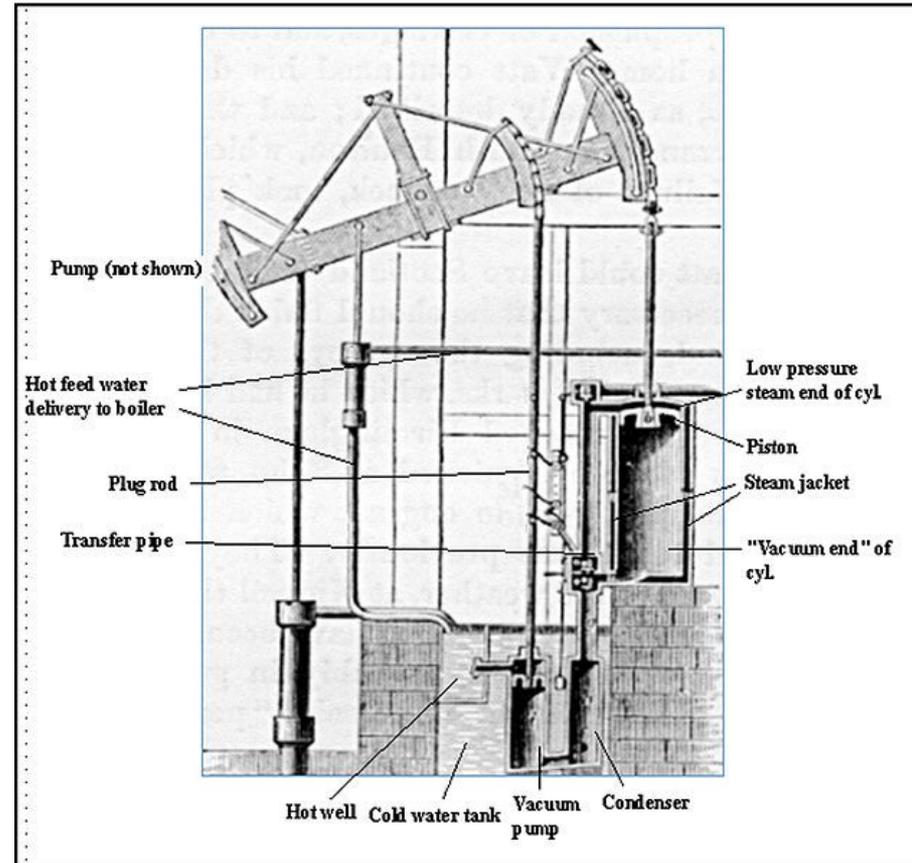
<https://cdn.britannica.com/14/133014-050-D2175859/Thomas-Savery-steam-pump-engraving.jpg>
<https://www.britannica.com/biography/Thomas-Newcomen>

Máquina a vapor de James Watt de 1765

Invenção do condensador externo e o governador centrífugo

Alguns anos depois surgem a locomotiva e o barco a vapor e também máquinas ferramentas acionadas pela energia do vapor. Inicia-se então a era da 1ª Revolução Industrial.

https://en.wikipedia.org/wiki/Watt_steam_engine



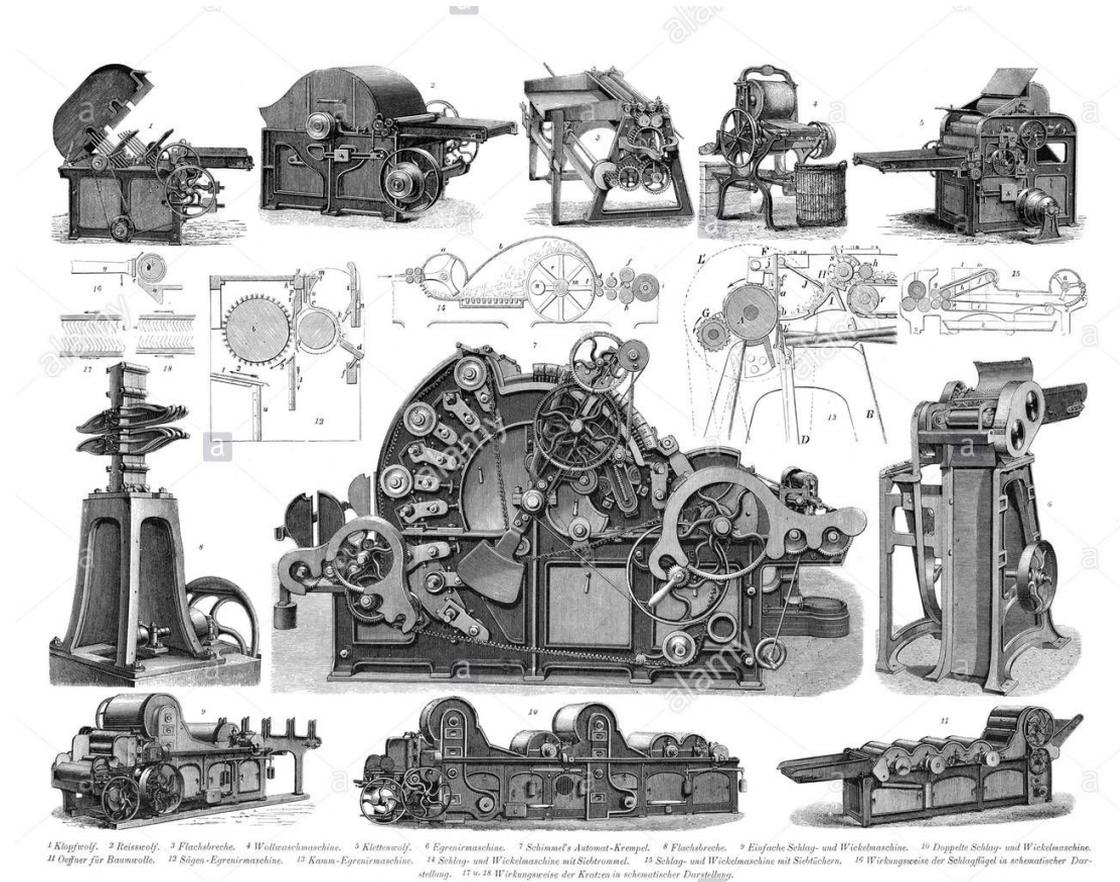
**Produção em massa e
mecanização da indústria a
partir do século XVIII
A primeira revolução industrial a
todo vapor!**

Energia fornecida a partir do vapor

Máquinas ferramentas com alta produção e excelente acurácia

Invenções diversas no campo da mecânica:

- Torno mecânico
- Fresadora
- Retífica



1 Klotzweil, 2 Reissweil, 3 Flachsrebe, 4 Wollschneidmaschine, 5 Klettweil, 6 Eggenmaschine, 7 Schimmel's Automat-Krempel, 8 Flachsrebe, 9 Einfache Schlag- und Wickelmaschine, 10 Doppelte Schlag- und Wickelmaschine, 11 Oefner für Baumwoll, 12 Sägen-Eggenmaschine, 13 Kamm-Eggenmaschine, 14 Schlag- und Wickelmaschine mit Stößtrammel, 15 Schlag- und Wickelmaschine mit Stößlichern, 16 Wirkungsweise der Schlagfügel in schematischer Darstellung, 17 u. 18 Wirkungsweise der Kratzen in schematischer Darstellung.

<https://www.alamy.com/stock-photo-collection-of-machines-from-the-industrial-revolution-including-a-52042527.html>

Transmissão mecânica do movimento por eixos, polias, correias



Eletrificação na indústria na virada do séc. XX: uma segunda revolução!

- Invenção dos motores elétricos e seus aperfeiçoamentos
- Queda do preço da eletricidade na déc. 1910
- Melhoria na eficiência e flexibilidade quando comparada ao vapor
- Permitiu mudanças na forma de organizar as fábricas e as linhas de produção

https://en.wikipedia.org/wiki/File:Ford_assembly_line_-_1913.jpg



Eletrificação na indústria na virada do séc. XX

- Invenção dos motores elétricos e seus aperfeiçoamentos
- Queda do preço da eletricidade na déc. 1910
- Melhoria na eficiência e flexibilidade quando comparada ao vapor
- Permitiu mudanças na forma de organizar as fábricas e as linhas de produção

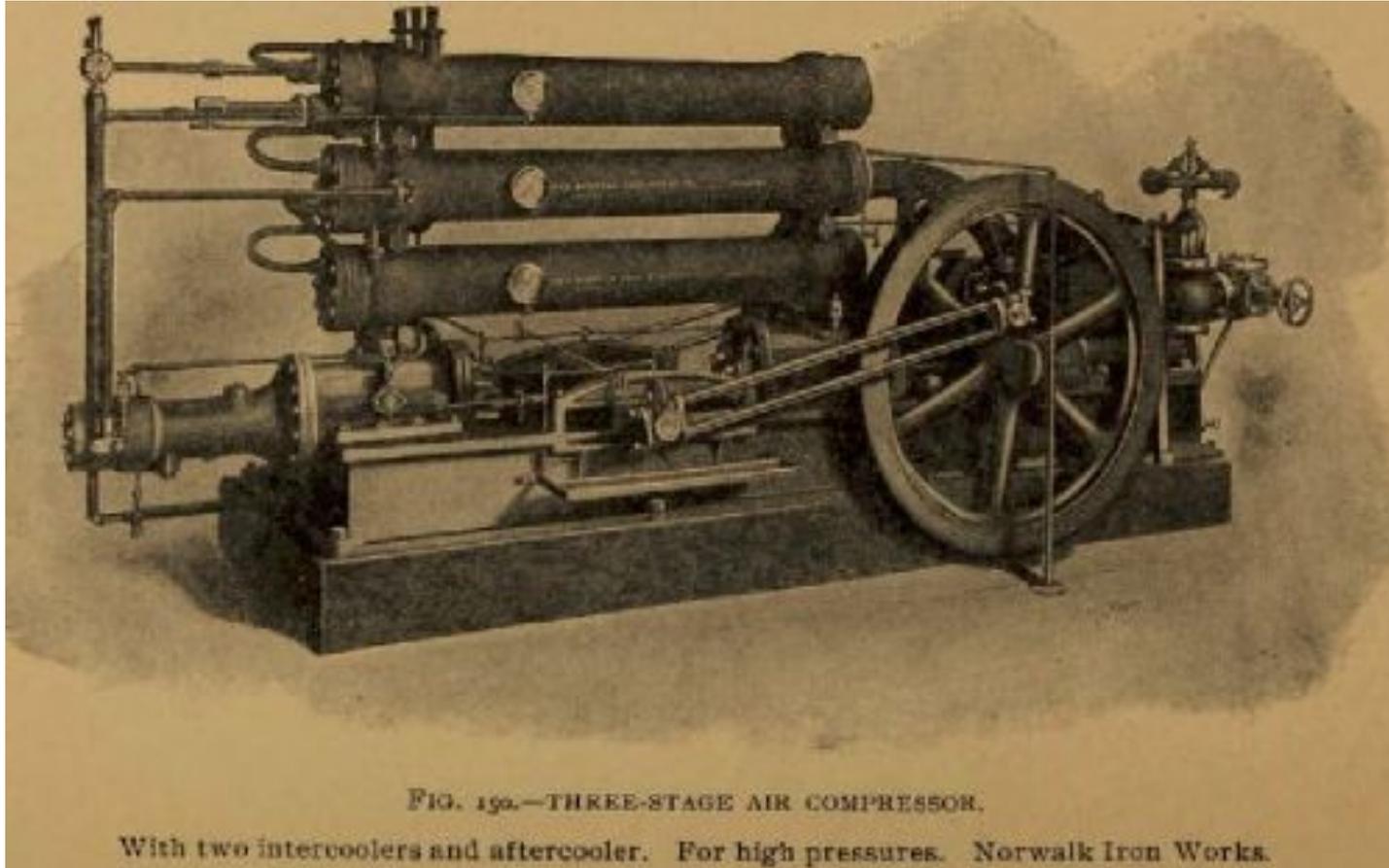
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Airacobra_P39_Assembly_LOC_02902u.jpg



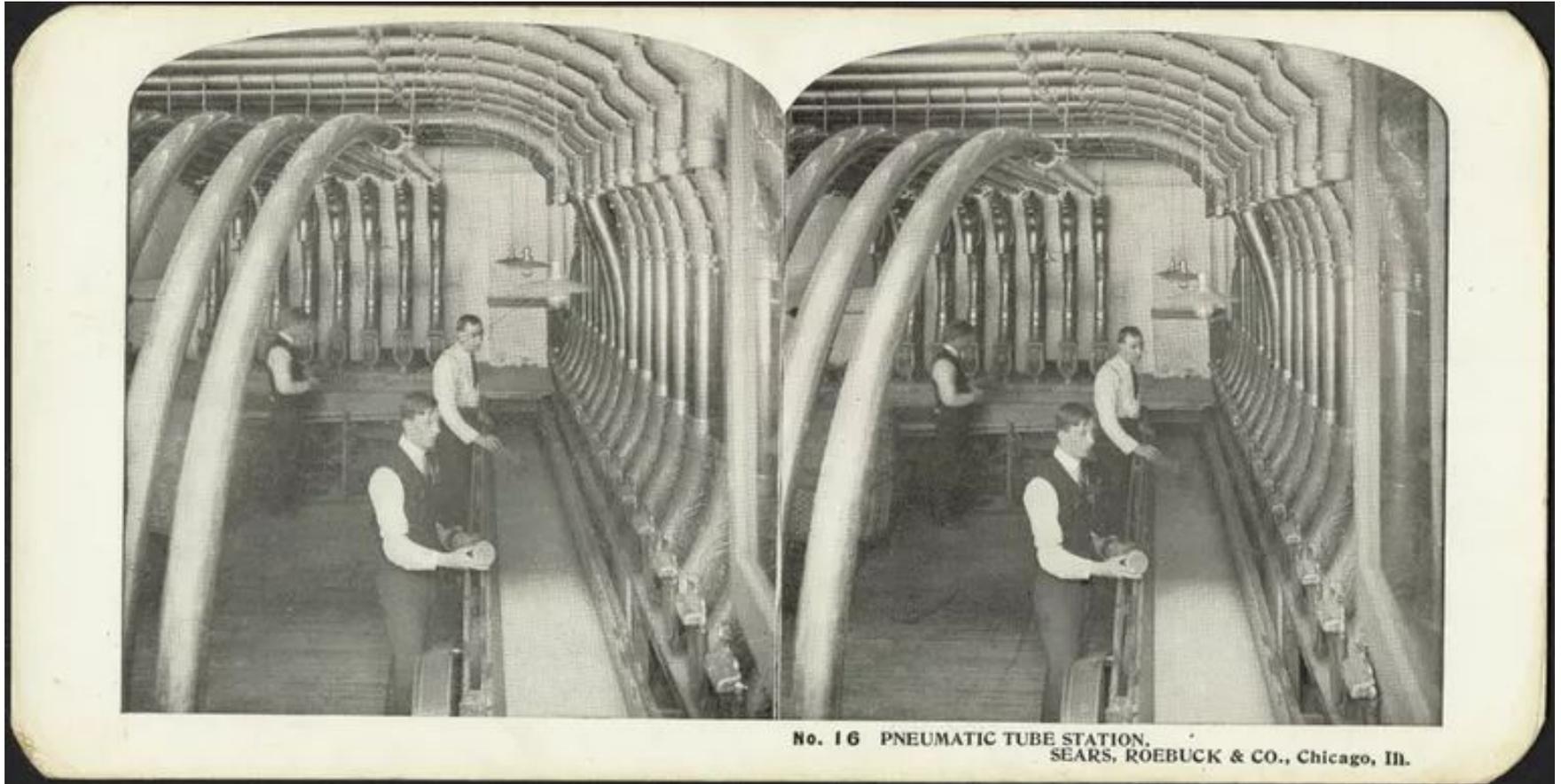
**Não só de eletricidade
dependem as indústrias!
A força dos fluidos em movimento:
hidráulica e pneumática**



Desenvolvimento de compressores de ar modernos a partir 1829

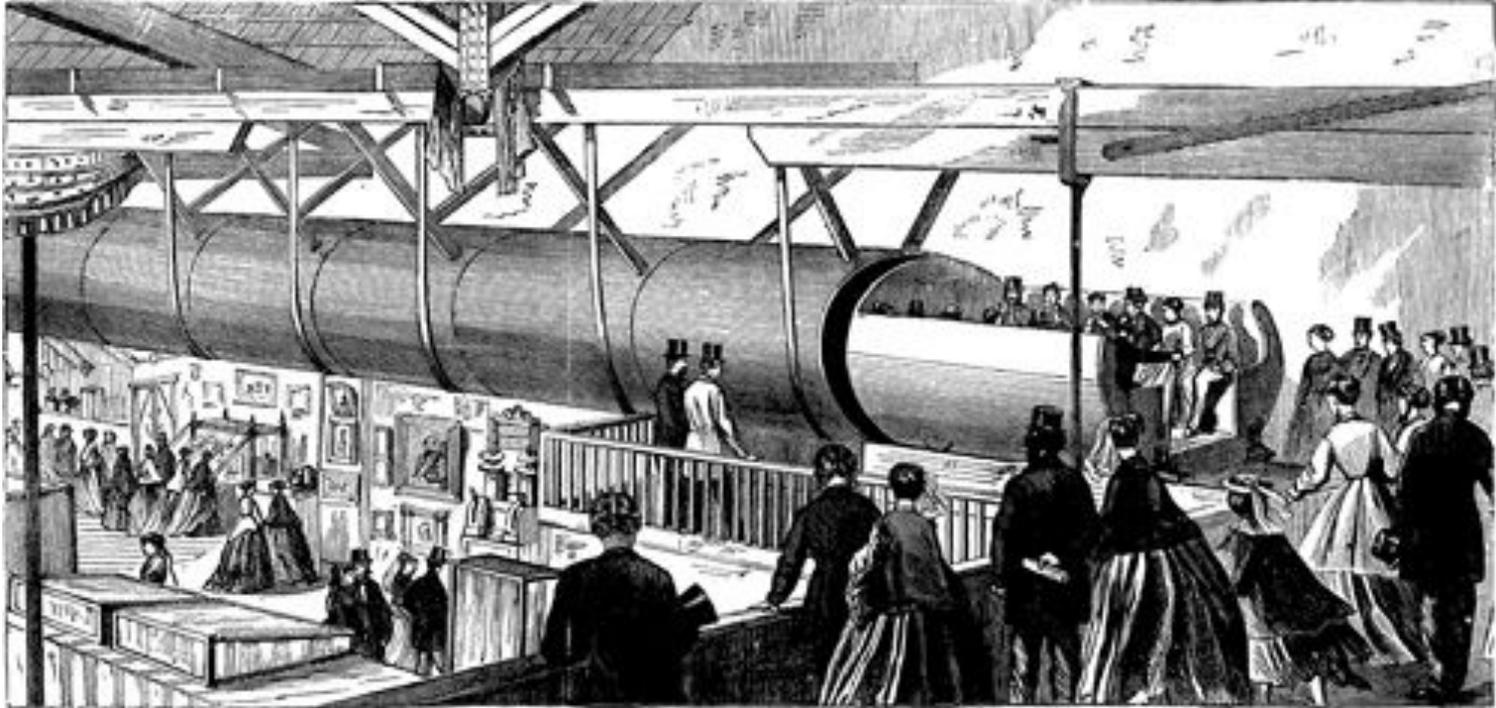


Transporte de material por tubulações de ar comprimido a partir de 1880



<https://www.thoughtco.com/about-pneumatic-tools-1992325>

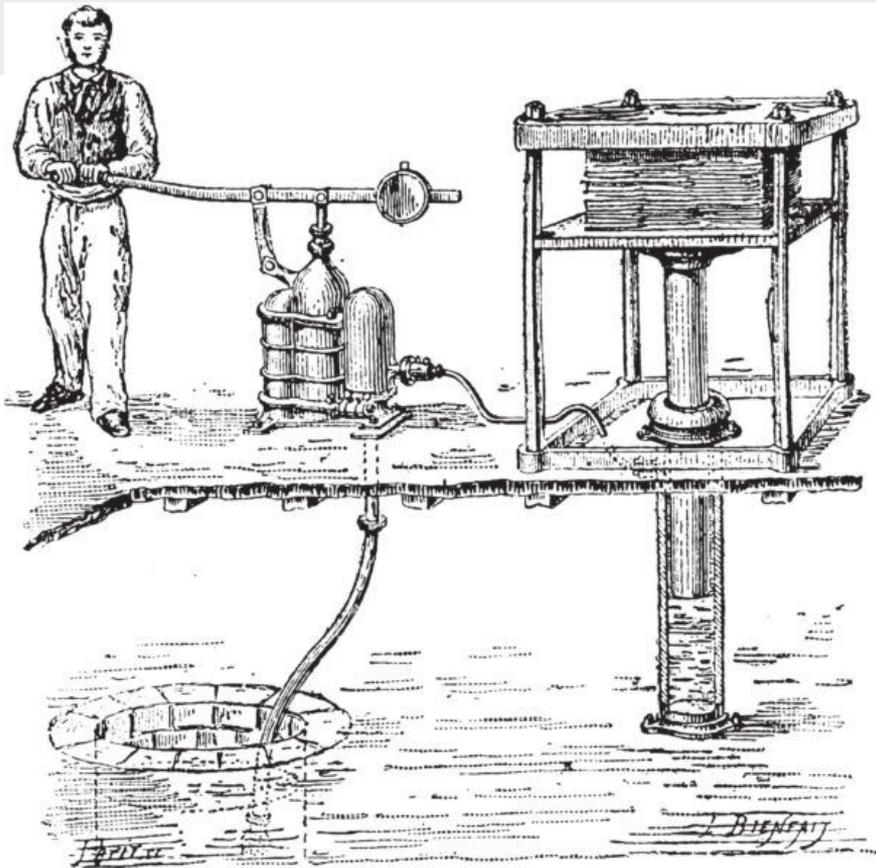
Alfred Beach e seu metrô movido a ar comprimido em New York em 1867



<https://www.pneumatictips.com/pneumatics-ages-timeline-evolution-2/>

Aplicação de ar comprimido como fonte energia para ferramentas (pneumáticas)

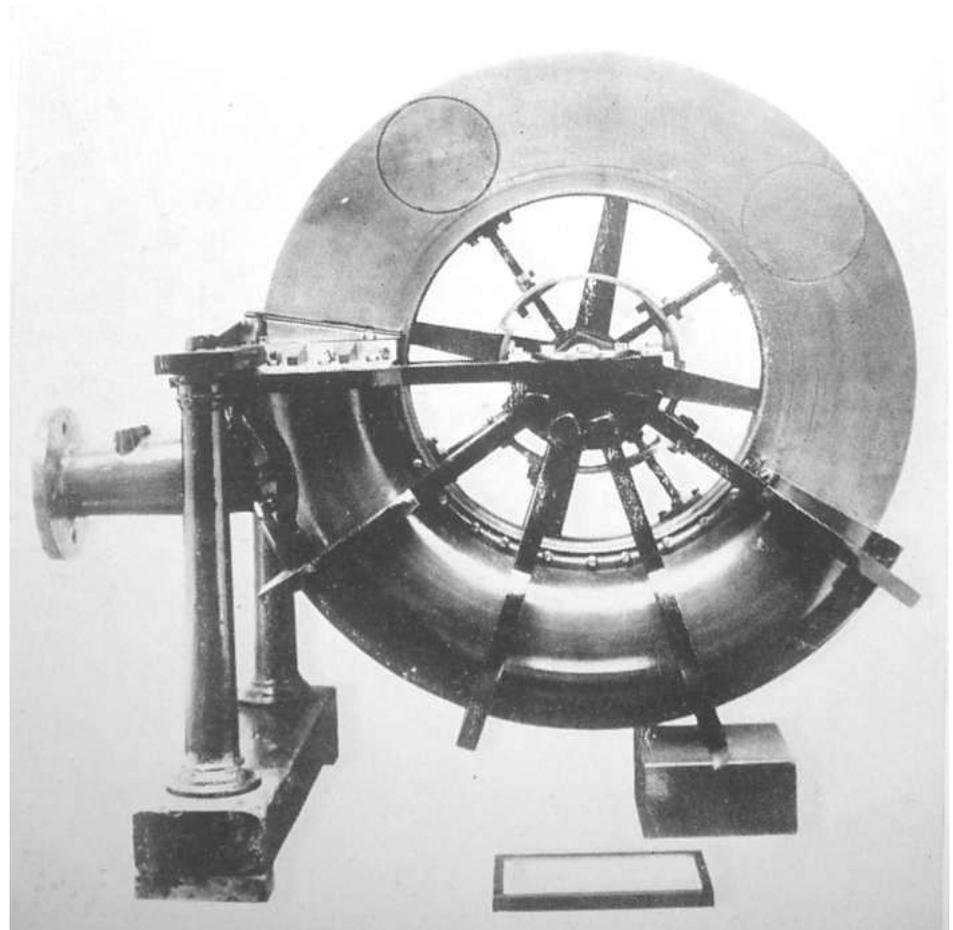




A prensa hidráulica de Joseph Bramah de 1795

<https://www.aggressivehydraulics.com/hydraulic-cylinders-a-brief-history/#:~:text=Almo st%20sixty%20years%20later%2C%20in,thus%20automating%20the%20manufacturing %20process>

O motor hidráulico de William Armstrong de 1838 (30 anos antes da turbina Pelton)



<http://www.douglas-self.com/MUSEUM/POWER/waterengine/waterengine3.htm>

O guindaste hidráulico de William Armstrong de 1888



<https://artsandculture.google.com/asset/hydraulic-jigger/jQHsssqYiCjzAQ>

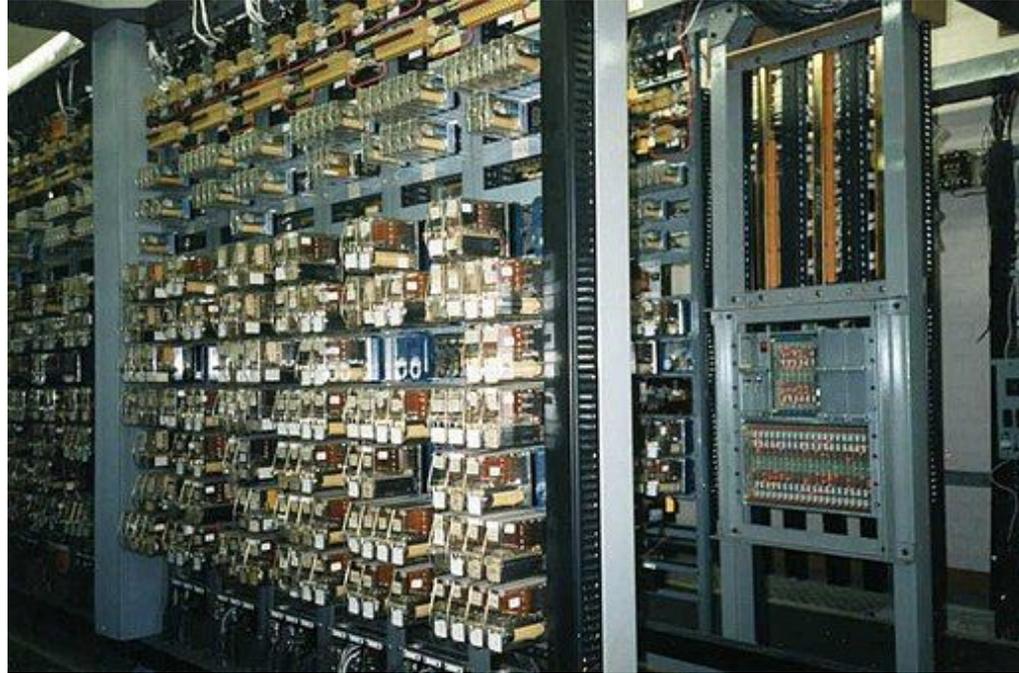
**Em 1835 é inventado o relé
eletromecânico por Joseph
Henry.
Era o começo da era dos telégrafos.**

<http://siarchives.si.edu/oldsite/siarchives-old/history/jhp/joseph20.htm>



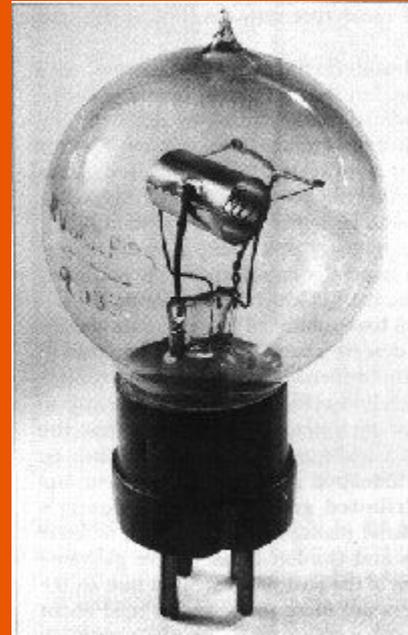
Desde a década de 1860(!) até a década de 1970 - o uso de relés eletromecânicos no controle de máquinas e linhas de produção.

<https://library.automationdirect.com/history-of-the-plc/>



No ano de 1853 o fenômeno termiônico foi relatado por Edmond Becquerel, e em 1897 o diodo a vácuo (termiônico) foi inventado por John Ambrose Fleming.
Nascia a eletrônica, e a base da terceira revolução na indústria.

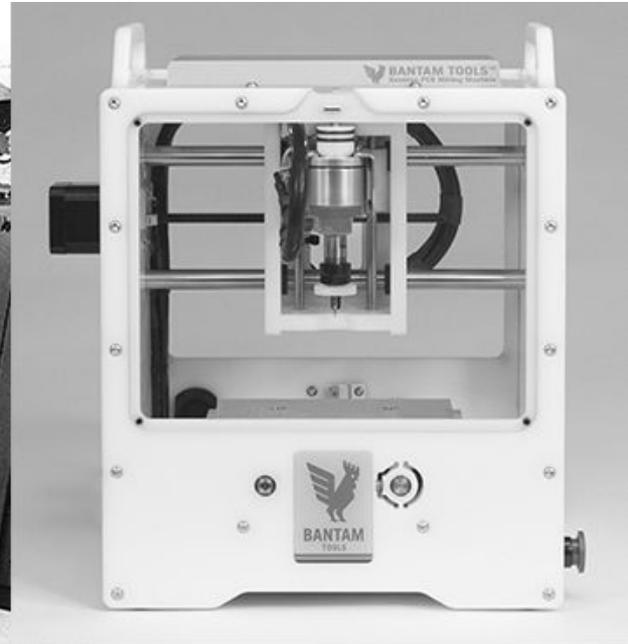
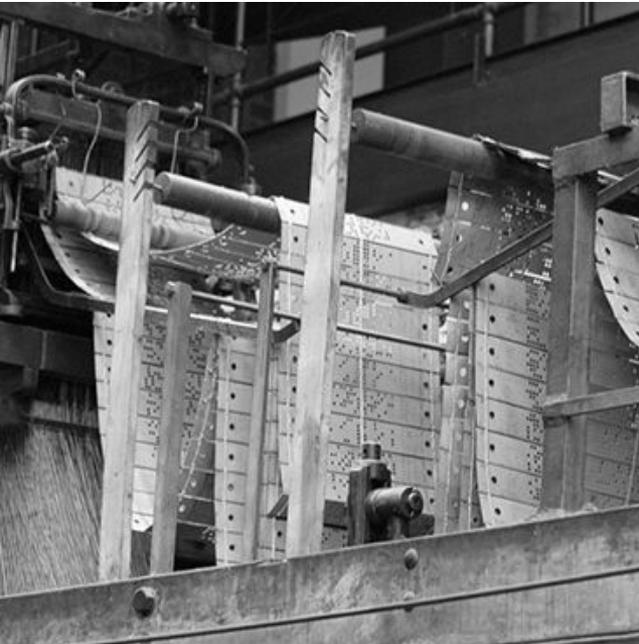
<http://piano.dsi.uminho.pt/museuv/1905a1942.html>



Controle numérico para máquinas ferramentas na década de 1940

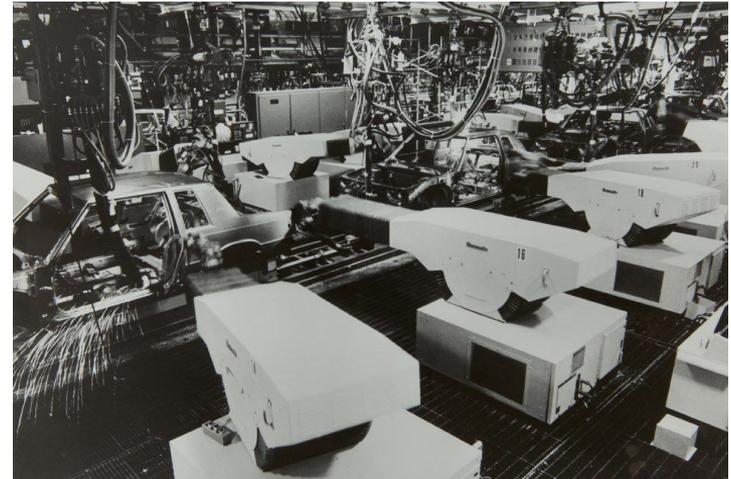
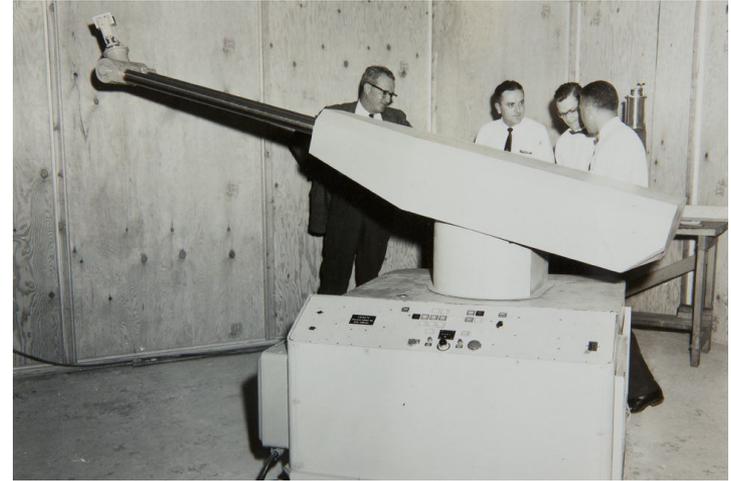
Cartões perfurados, Servomecanismos

<https://medium.com/cnc-life/history-of-cnc-machining-part-1-2a4b290d994d>



O manipulador robótico Unimate de 1962 - braço manipulador hidráulico para tarefas repetitivas. Em breve uma nova ciência nascia: a mecatrônica.

https://robotics.kawasaki.com/en1/anniversary/history/history_01.html



Invenção do controlador lógico programável em 1969 (mesmo ano do nascimento do microprocessador)

<https://new.engineering.com/story/programmable-logic-controllers-the-evolution-of-a-disruptive-technology>





O que vem pela frente??

A quarta revolução industrial avançará a partir do que foi iniciado na terceira pela provável incorporação de sistemas inteligentes e autônomos alimentados por dados, aprendizado de máquina e com intensa conectividade.

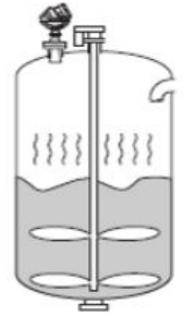
Em resumo: automação industrial é uma área da engenharia que estuda a criação a aplicação de tecnologias para o monitoramento e controle da produção nas indústrias e fábricas.

Envolve conhecimentos de mecânica, elétrica, pneumática, hidráulica, eletrônica, mecatrônica, informática, redes de dados e mais recentemente inteligência computacional.

Exemplos de projetos desenvolvidos no Laboratório de Automação Industrial do Depto. Eng. Elétrica e de Computação - EESC/USP

Medição de nível sem contato por radar de propagação de onda livre

- Problemas em medidas nas condições de agitação da superfície, esguicho, presença de vapor e de espuma na superfície do tanque.
- Cooperação com a Emerson Rosemount.
- Coleta de dados no Brasil, Suécia e no Japão
- Diagnóstico de medições e indicação NAMUR NE107



<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18153/tde-17022017-105129/pt-br.php>

Avaliação da concentração de potássio na vinhaça in natura diretamente na saída da destilaria

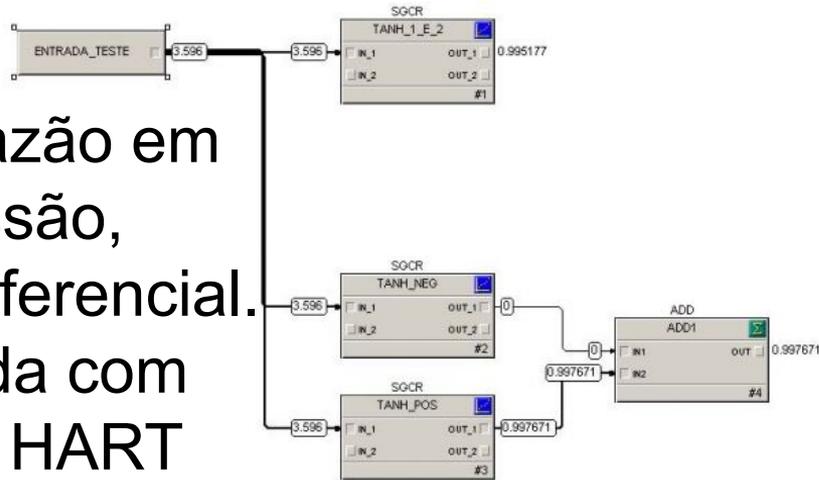
- Monitoramento do íon em vinhaça (CETESB)
- *Soft-sensor* baseado em pH e condutividade
- Cooperação com usina Ipiranga em Descalvado-SP



<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18153/tde-10082010-140230/pt-br.php>

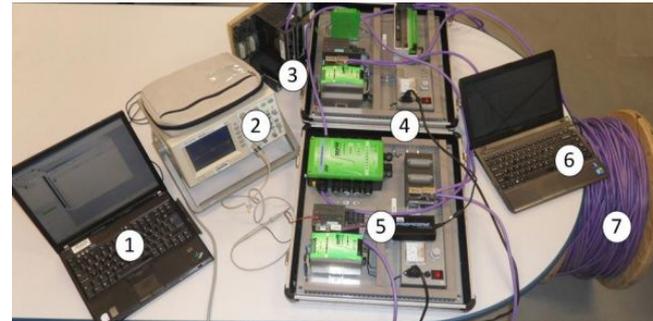
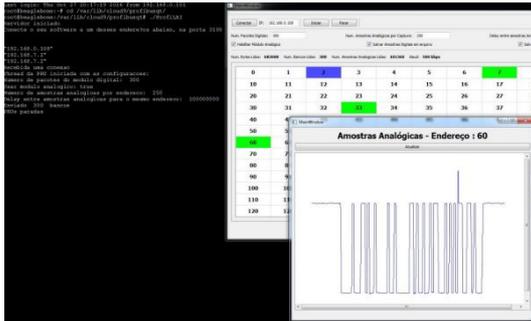
Computador de vazão distribuído em Foundation Fieldbus

- RNA para o cálculo de vazão em dutos fechados com pressão, temperatura e pressão diferencial.
- Experimentos em bancada com transmissor multivariável HART (Rosemount 3095MV)
- Lógica implementada em blocos funcionais no DeltaV



Monitoramento inteligente e localização falhas na instalação em Profibus DP

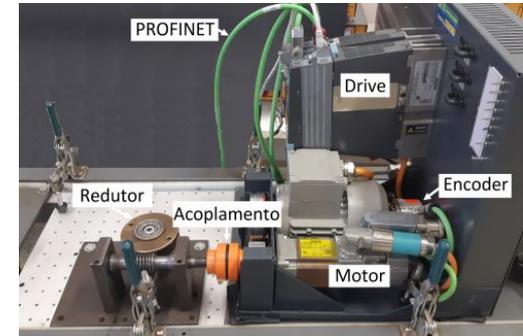
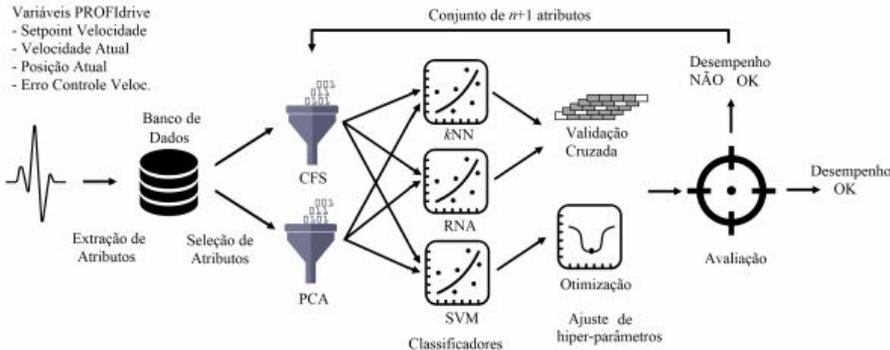
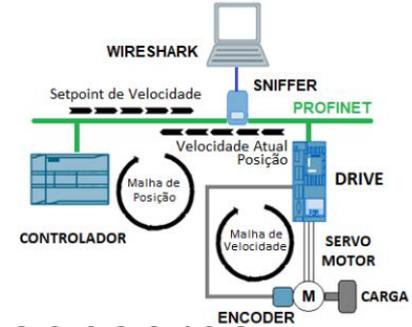
- Análises simultâneas e combinadas do protocolo, processo e diagnósticos de dispositivos.
- Desenvolvimento de analisador e monitor de rede



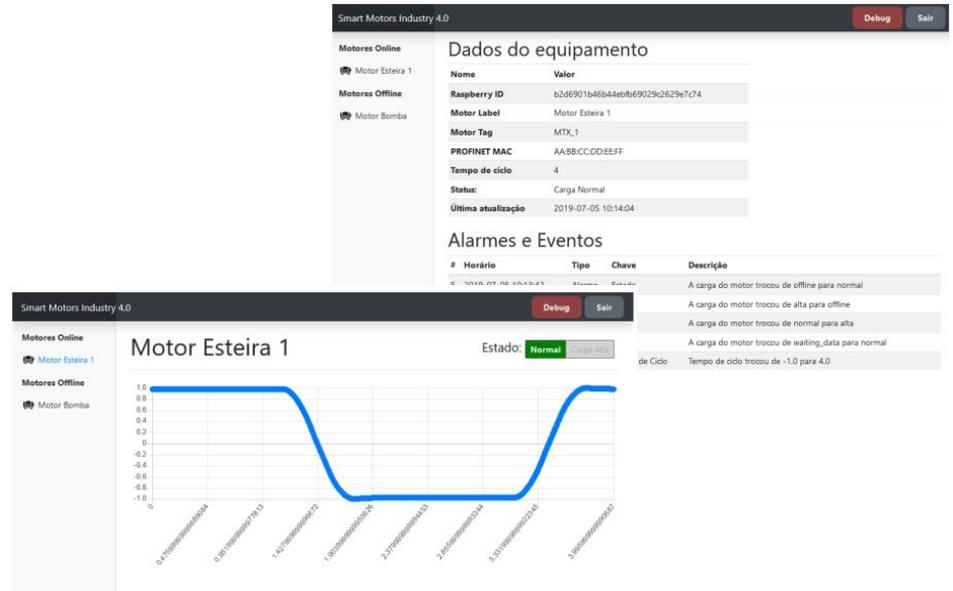
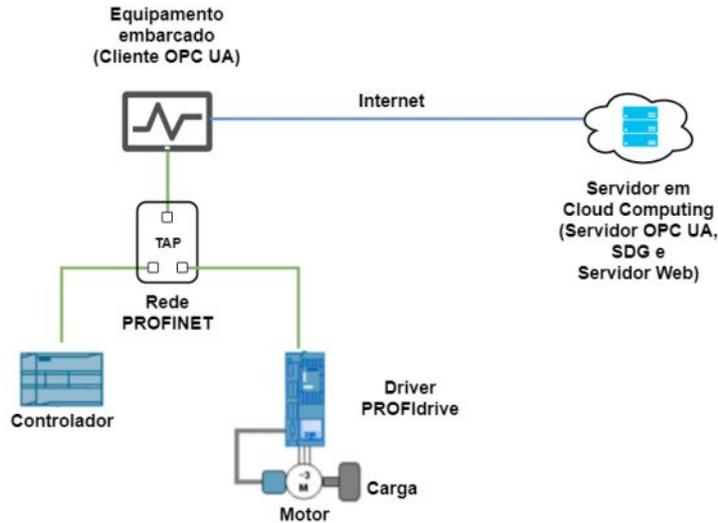
<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18153/tde-10102012-162642/pt-br.php>
<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce-31012017-112403/?&lang=br>

Detecção de falhas e anomalias em aplicações de acionamento de máquinas rotativas

- *Condition monitoring*
- Cooperação Siemens
- Coleta e interpretação de redes Profinet sem sensores adicionais



- Arquitetura “I4.0”: OPC-UA, online, escalável com *edge computing* + inteligência na nuvem



<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18153/tde-10092019-104345/pt-br.php>