

# **PCS 3216**

# **Sistemas de Programação**

João José Neto

Aula 2 - Um pouco de história

# **MÁQUINAS ANTIGAS SEM MEMÓRIA, OPERADAS MANUALMENTE**

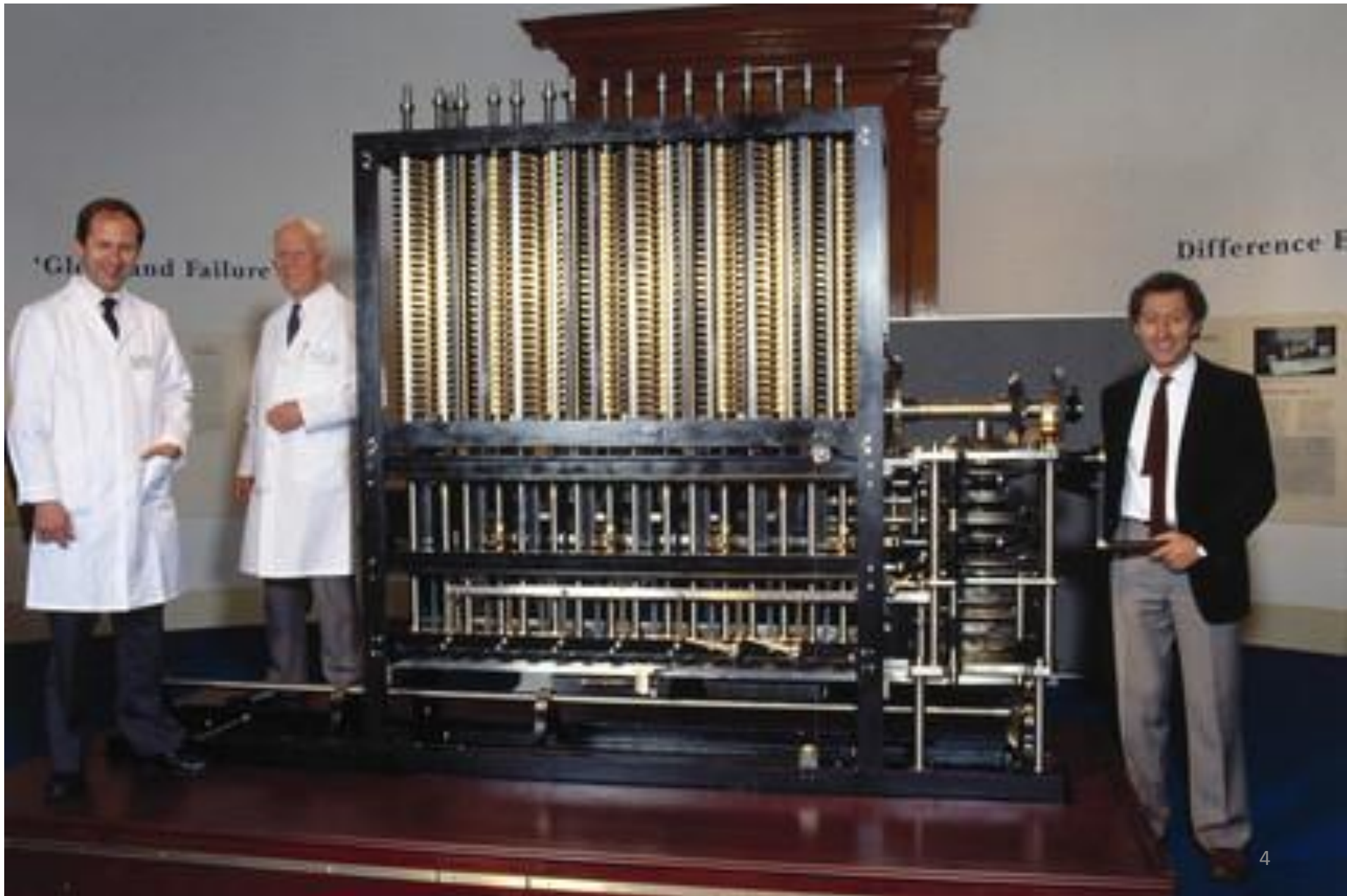
# Geração 0 – Computadores Mecânicos (1642-1945)

- Máquina das diferenças de Babbage – 1822
  - A entrada de informação era feita através de cartões perfurados.

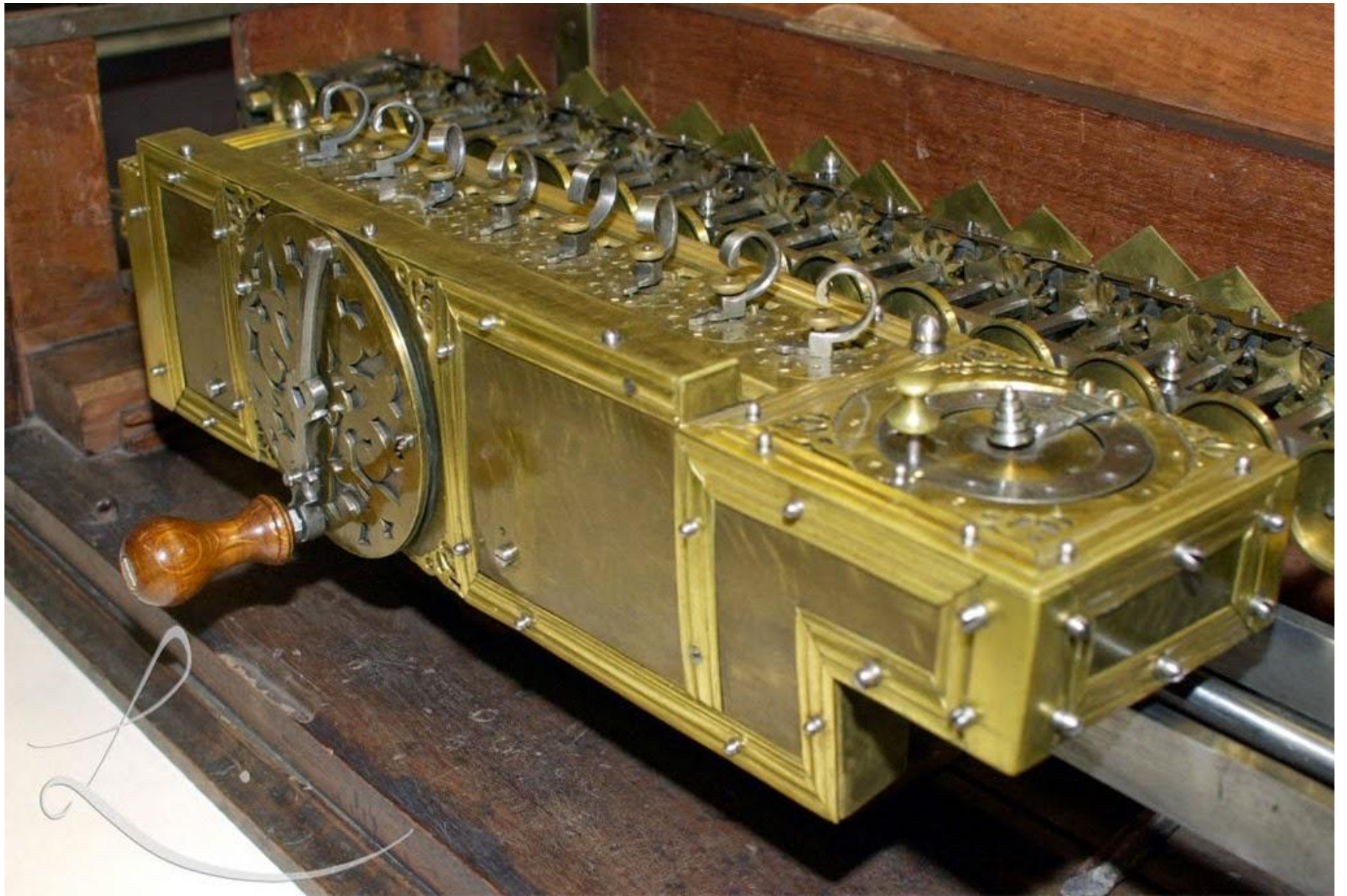
Os precursores dos computadores modernos datam da época em que a tecnologia básica de implementação de artefatos computacionais se apoiava principalmente em componentes mecânicos e eletromecânicos.

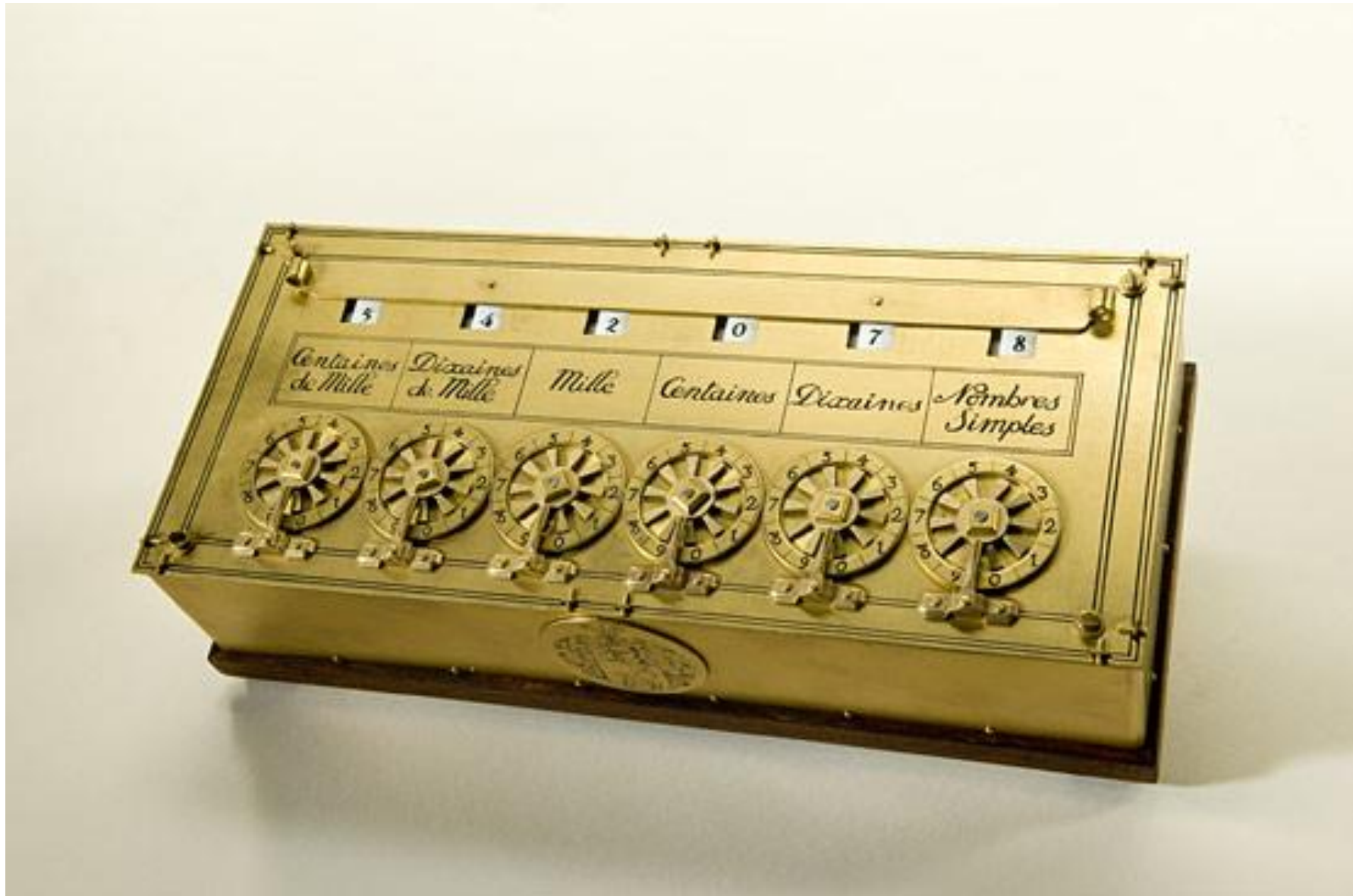


# Babbage Difference Engine #2



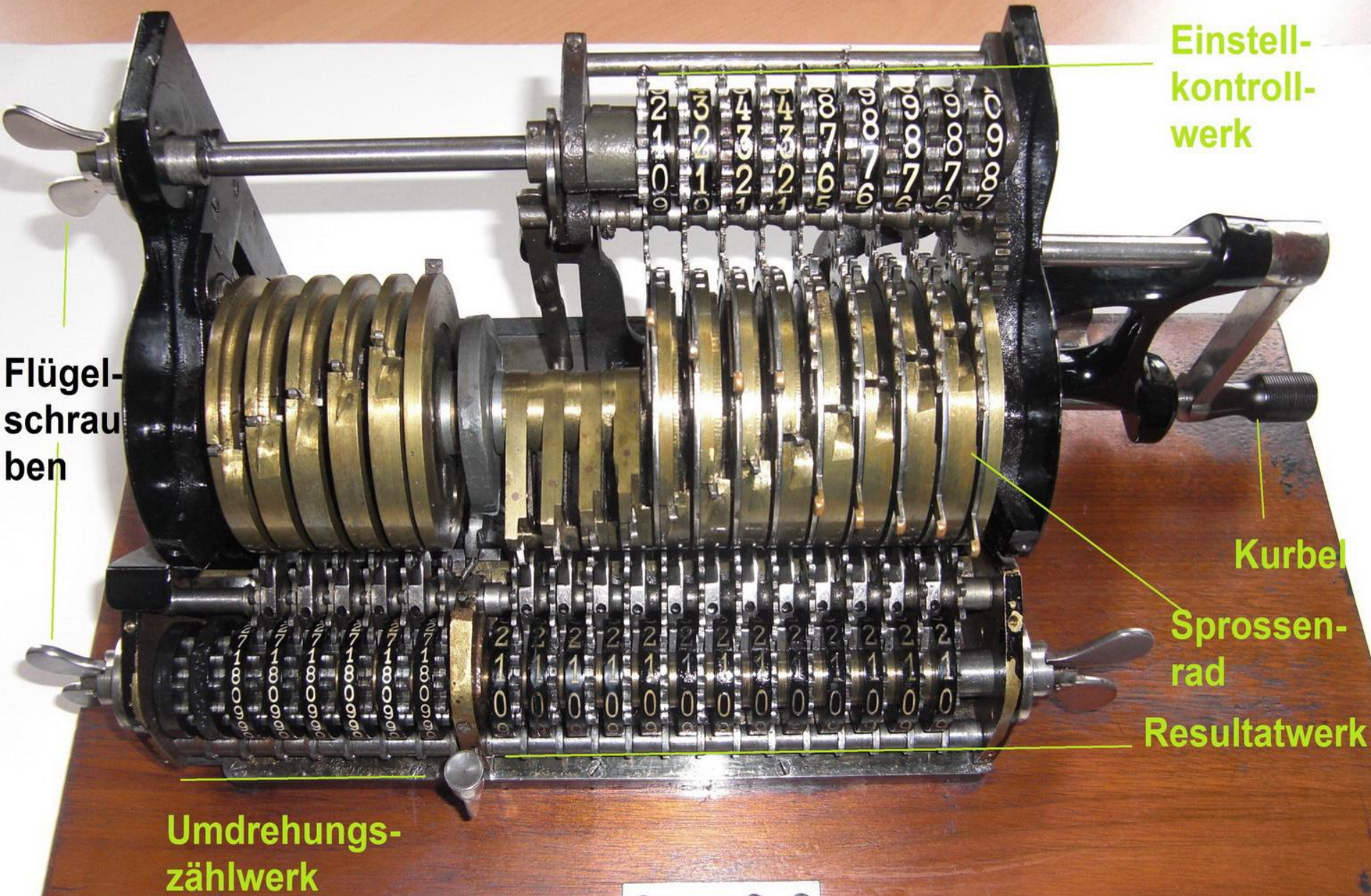
- Assim, as alavancas, manivelas e engrenagens, utilizadas nas antigas máquinas de calcular, inicialmente operadas manualmente, deram lugar a chaves, contatos elétricos, relês e motores, os quais operavam não apenas como componentes lógicos, em substituição aos aparatos mecânicos que os precederam, mas também como elementos de armazenamento de informação.





- Praticamente desprovidas de recursos de memorização (exceto talvez pela presença de alguns poucos registradores, acumuladores e algumas chaves), estas máquinas de somar primitivas recebiam do operador, através do acionamento de seus componentes, os dados a serem manipulados, efetuando passo a passo operações básicas, comandadas pelo operador: somas, deslocamentos, limpeza de registradores, inserção de números, etc.





Einstellkontrollwerk

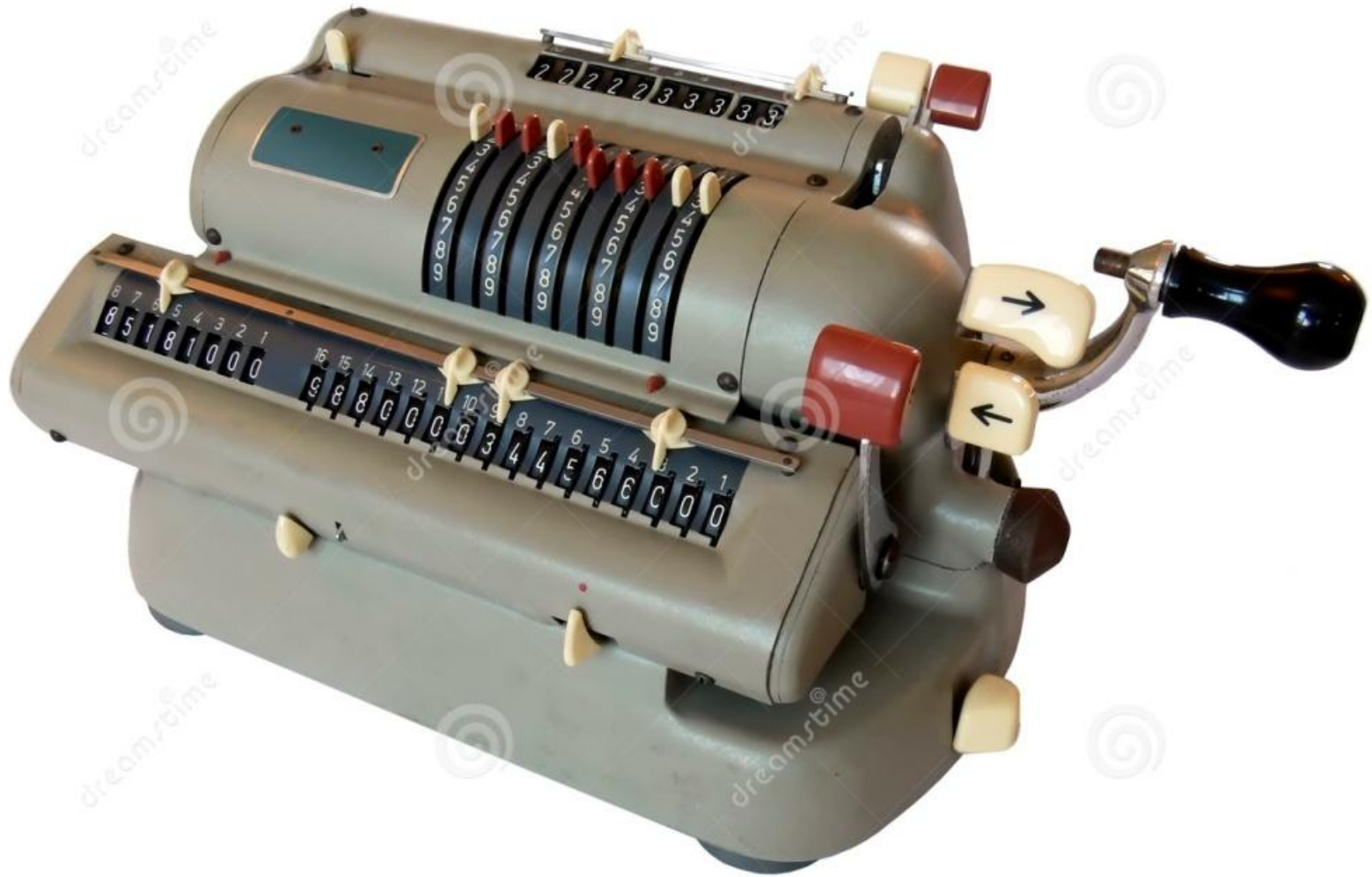
Flügel-schrauben

Kurbel

Sprossenrad

Resultatwerk

Umdrehungszählwerk



Download from  
**Dreamstime.com**

This watermarked comp image is for previewing purposes only.



ID 1624773

© Graeme Dawes | Dreamstime.com

- Nessa fase da tecnologia, o único meio de acesso do usuário dessas antigas máquinas aos recursos disponíveis era através da operação direta de elementos acionadores físicos presentes na própria máquina, tais como botões, chaves, alavancas, manivelas, etc.



Versão portátil (de bolso) da máquina de somar mecânica – talvez este aparelho tenha atingido o auge da perfeição tecnológica na engenharia dessas máquinas antigas.

# **TÉCNICAS CRIATIVAS PARA O USO DE EQUIPAMENTOS LIMITADOS**

# Soma

- Executa-se uma soma Soma (a,b) construindo a representação de a+b a partir das representações de a e de b.
- Por exemplo, para a=4 e b=6, a representação unária é  $a=1111_1$  e  $b=111111_1$
- A representação de a+b pode ser obtida concatenando-se as representações de a e b:  
$$a+b = \underbrace{1111}_a \cdot \underbrace{111111}_b = 1111111111_1$$

# Subtração

- É a operação inversa da soma, então pode ser realizadas executando ao contrário.
- Por exemplo Sub (a,b) para a=10 e b=4, as representações unárias são:  $a=1111111111_1$  e  $b=1111_1$ , logo obtém-se a representação de Sub (a,b) decompondo a representação de a em uma parte igual à representação de b, obtendo-se assim  $a = \underbrace{1111}_b \cdot \underbrace{111111}_{\text{Sub}(a,b)}$

# Multiplicação

- Operações não atômicas, tais como as multiplicações, deviam ser implementadas como séries de somas sucessivas, cujo roteiro deveria ser do conhecimento do operador.
- Operações não atômicas, tais como as multiplicações, deviam ser implementadas como séries de **somas sucessivas**, cujo roteiro deveria ser do conhecimento do operador.

(b-1) vezes

- $$\text{Mul}(a,b) = a \overbrace{+a +a +a + \dots +a}$$
- Para acelerar a operação, lembrar que  $\text{Mul}(x,y) = \text{Mul}(y,x)$ , e adotar  $b = \text{Min}(x,y)$  pois isso reduz o número de somas a realizar, sempre que  $x$  não for igual a  $y$ .



# Divisão inteira

- É a operação inversa da multiplicação, então pode ser realizadas executando algoritmo similar, mas usando a operação inversa.
- Assim, para obter  $q = \text{Quoc}(a,b) = \text{Int}(a/b)$ , parte-se da representação unária de  $a$ , e conta-se o número mínimo de subtrações de  $b$  que deixe como resto um número menor que  $b$ :

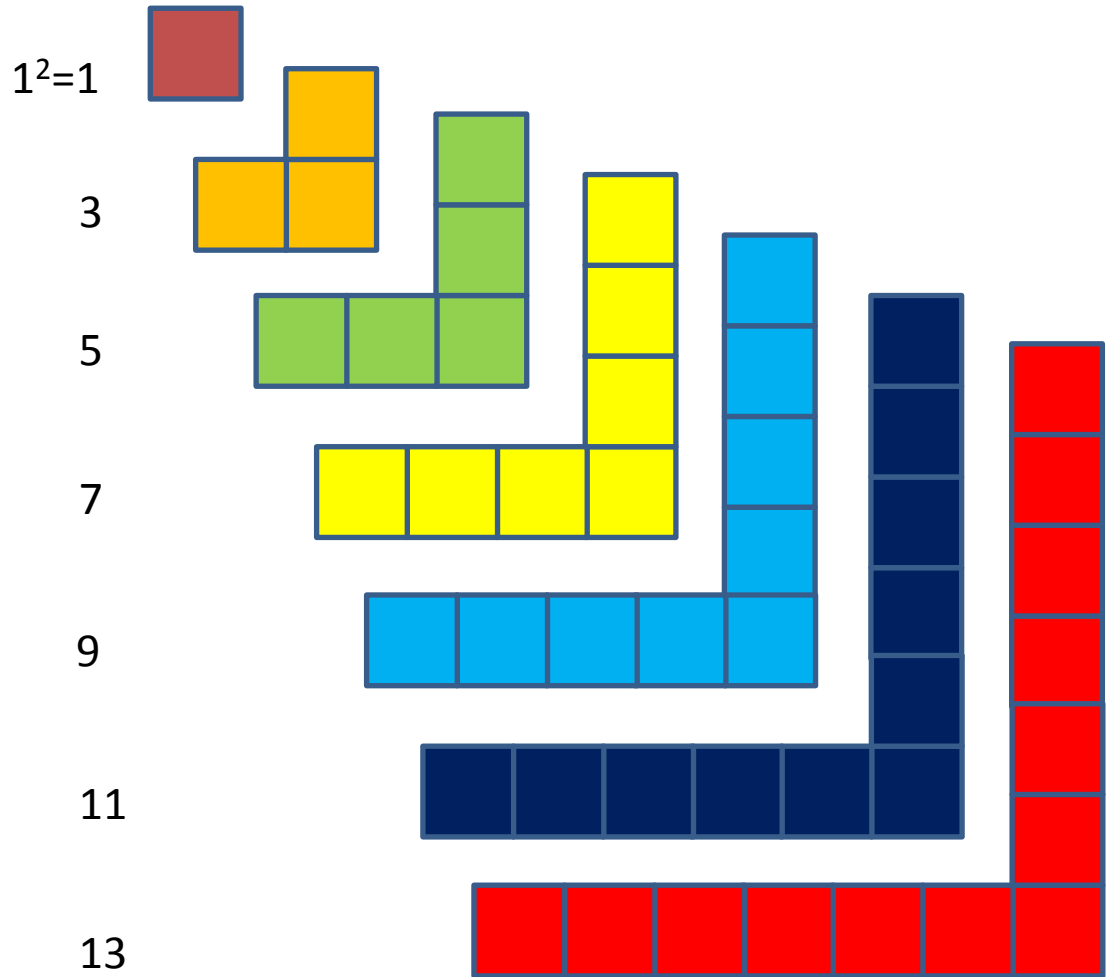
Se tivermos  $d = a \underbrace{-b -b - \dots -b}_{c \text{ vezes}}$ , com  $0 \leq d < b$

então  $\text{Quoc}(a,b) = c$  e  $\text{Resto}(a,b) = d$

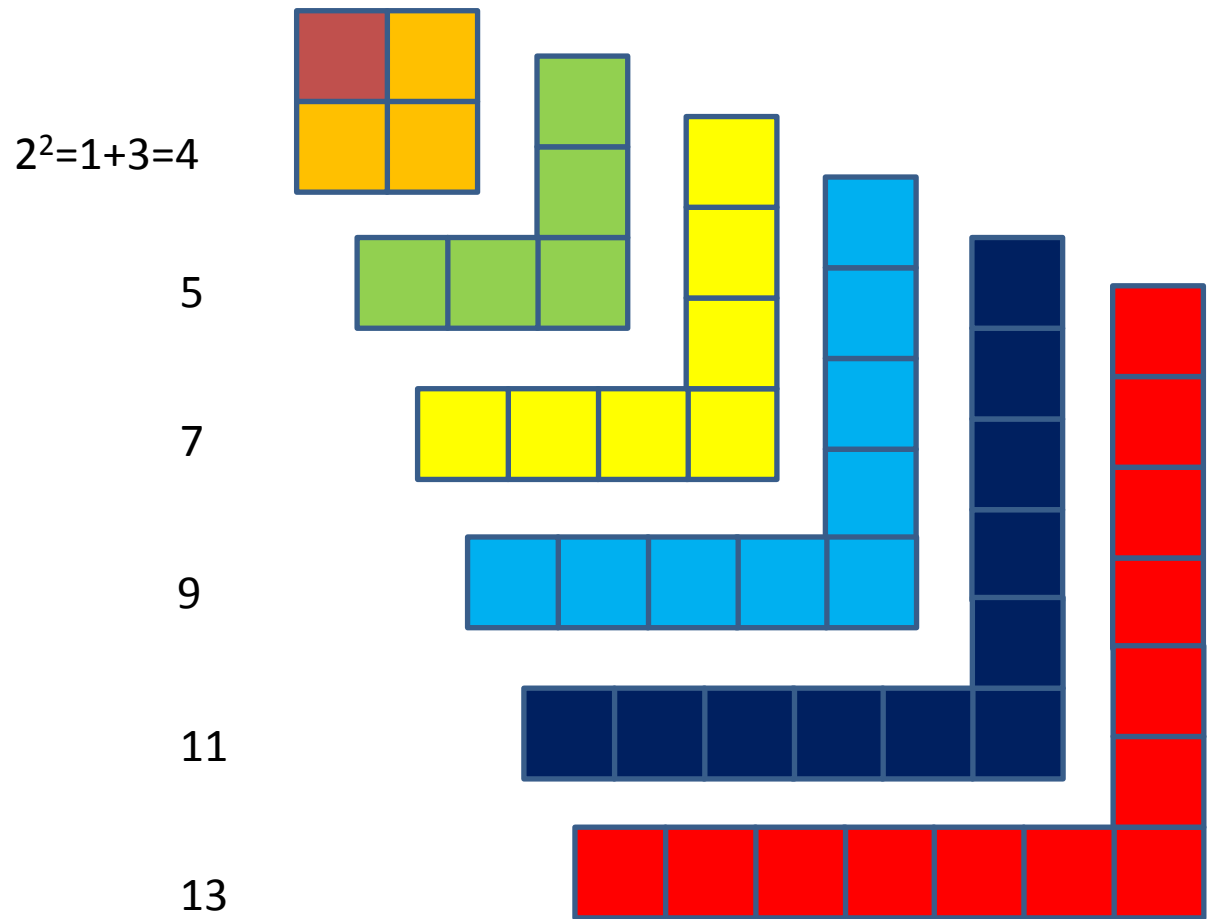
- Algoritmos interessantes surgiram, tais como o de extração de raiz quadrada, realizada através da contagem do número de operações necessárias para esgotar um número a partir da subtração sucessiva de uma sequência de números ímpares consecutivos.

**PARA ELEVAR 7 AO QUADRADO  
USANDO SOMAS SUCESSIVAS**

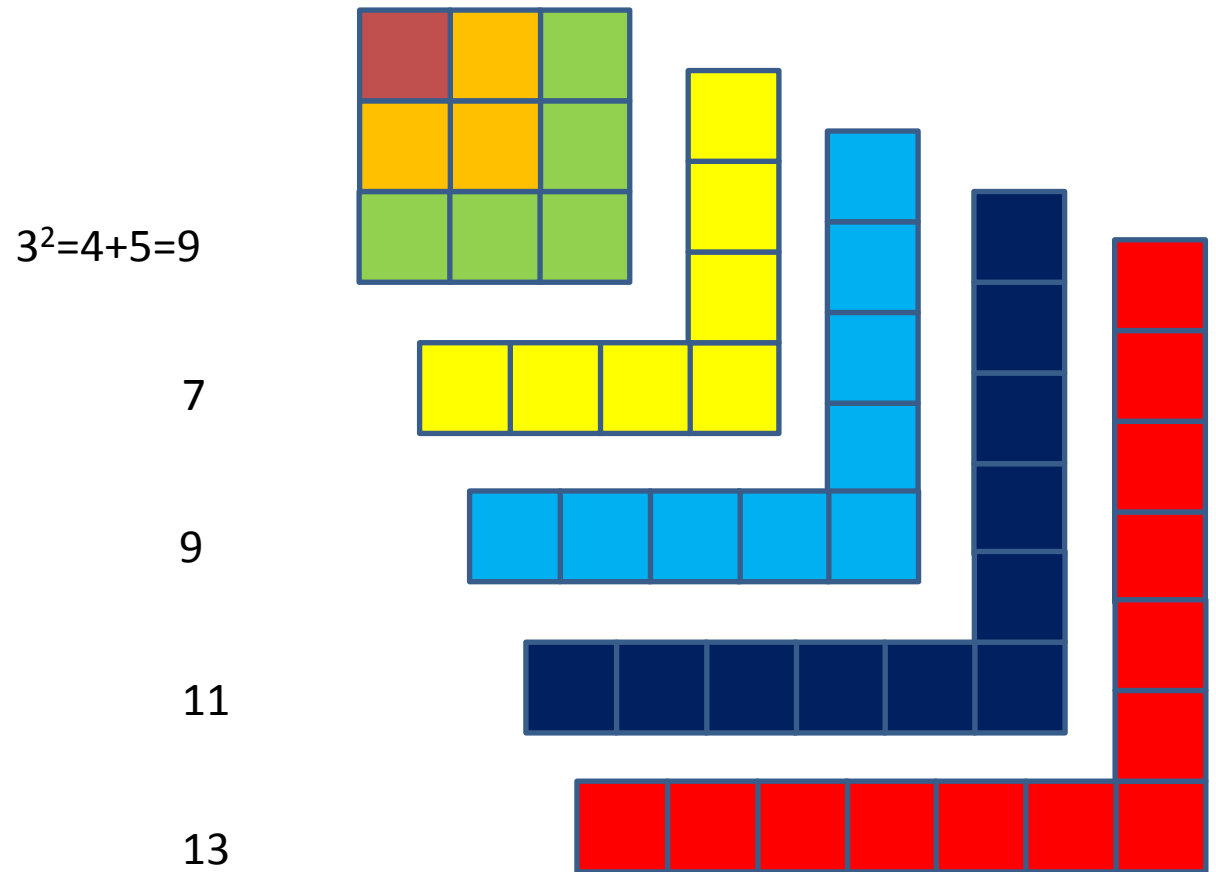
# Passo 1: $1^2$



# Passo 2: $2^2$



# Passo 3: $3^2$



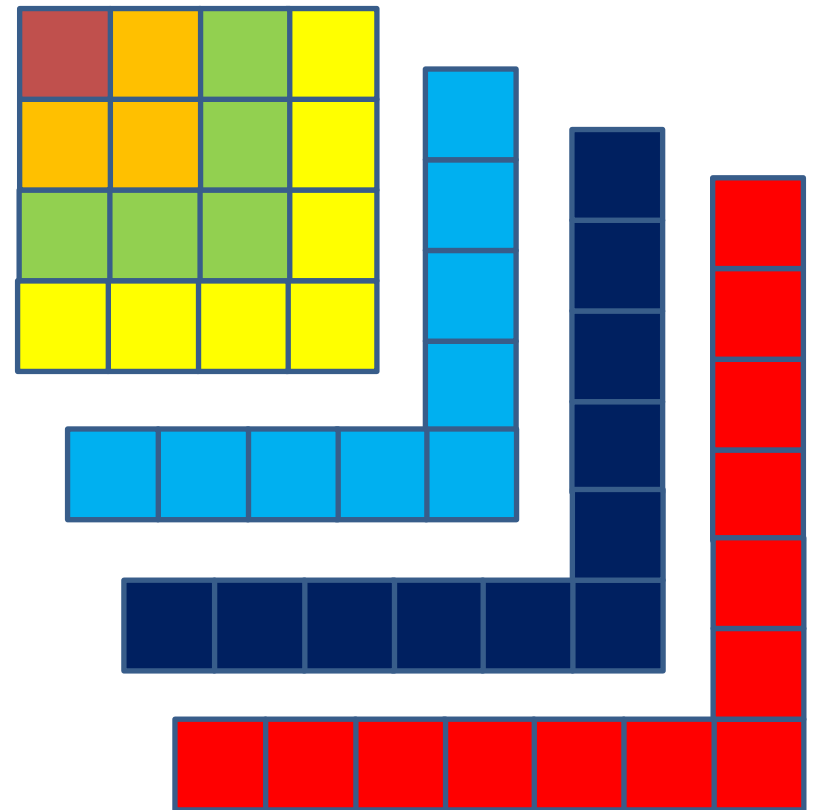
# Passo 4: $4^2$

$$4^2 = 9 + 7 = 16$$

9

11

13

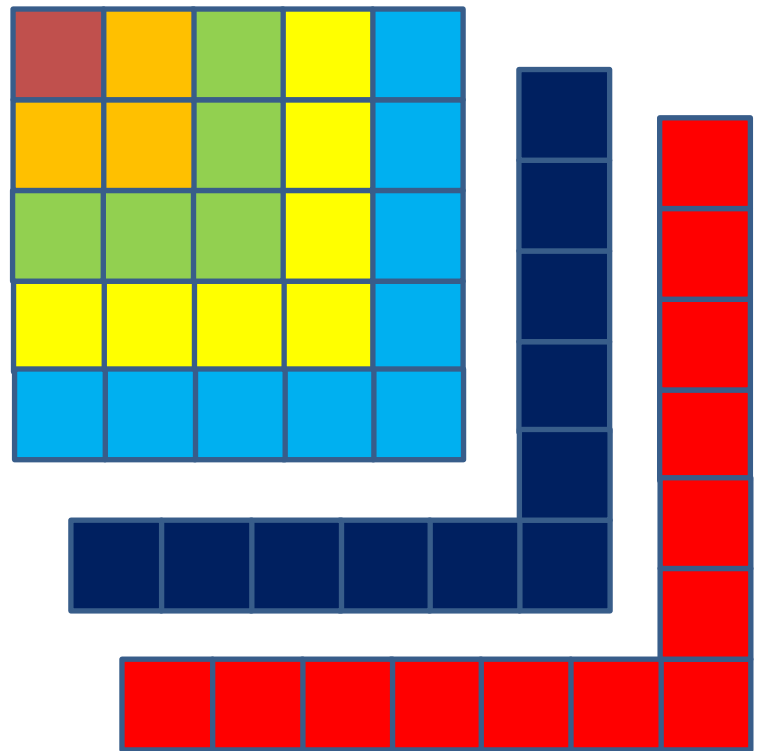


# Passo 5: $5^2$

$$5^2 = 16 + 9 = 25$$

11

13

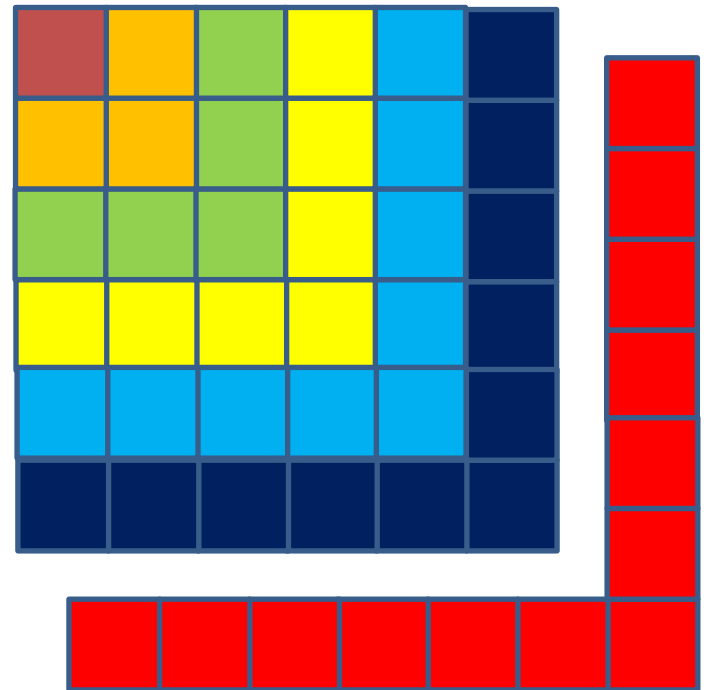




# Passo 6: $6^2$

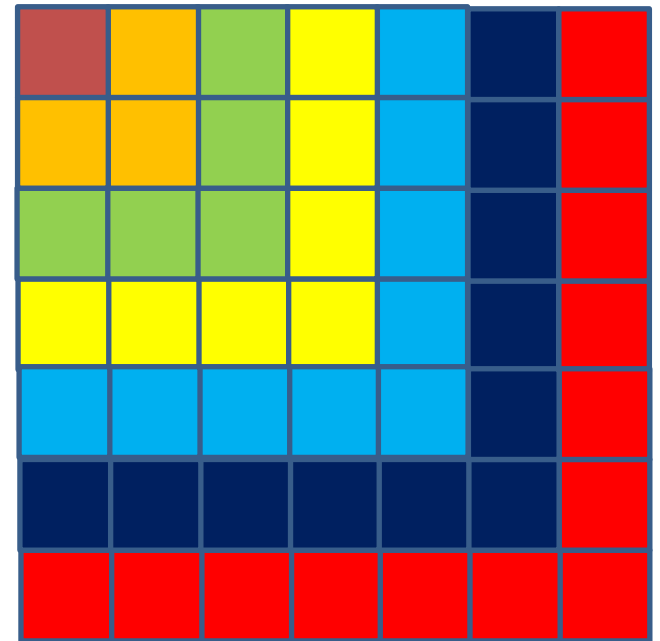
$$6^2 = 25 + 11 = 36$$

13



# Passo 7: $7^2$

$$7^2 = 36 + 13 = 49$$

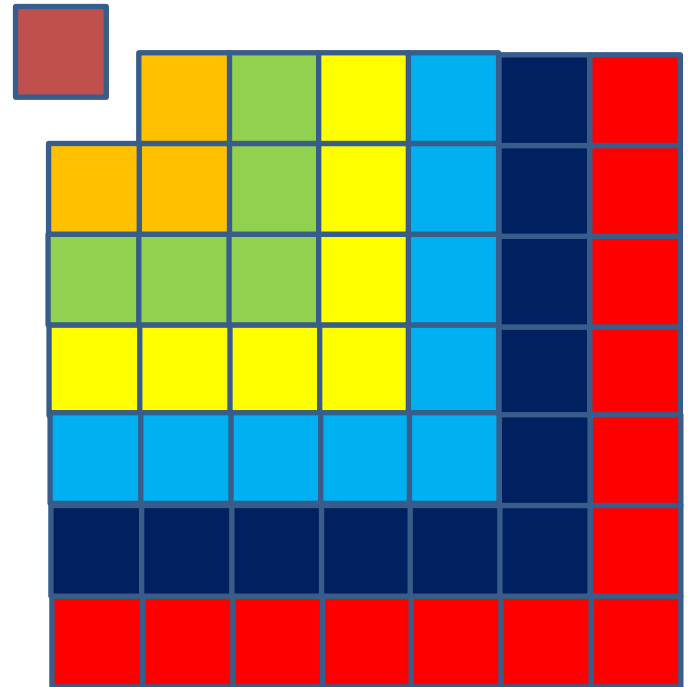


# **EXTRAÇÃO DA RAIZ QUADRADA DE 49 POR SUBTRAÇÕES SUCESSIVAS**

# Passo 1: subtrair 1

$$49 - 1 = 48 > 0$$

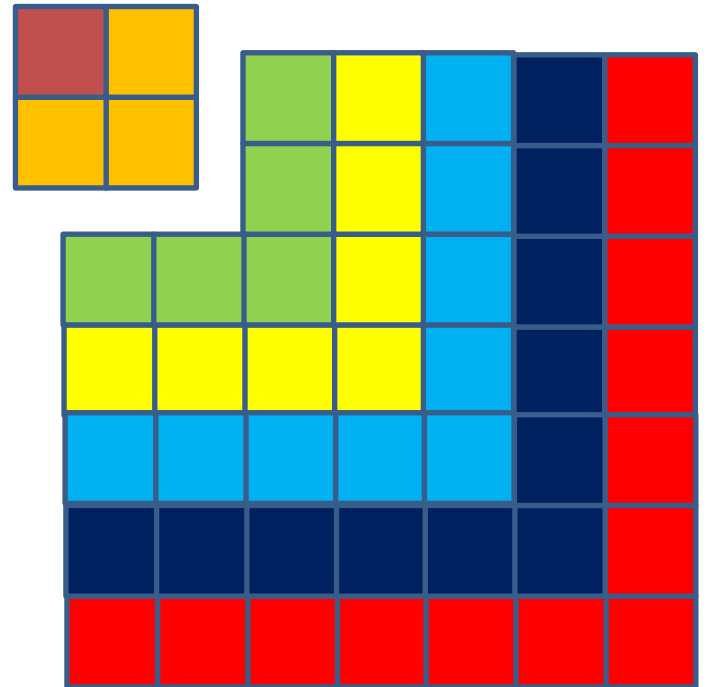
49



# Passo 2: subtrair 3

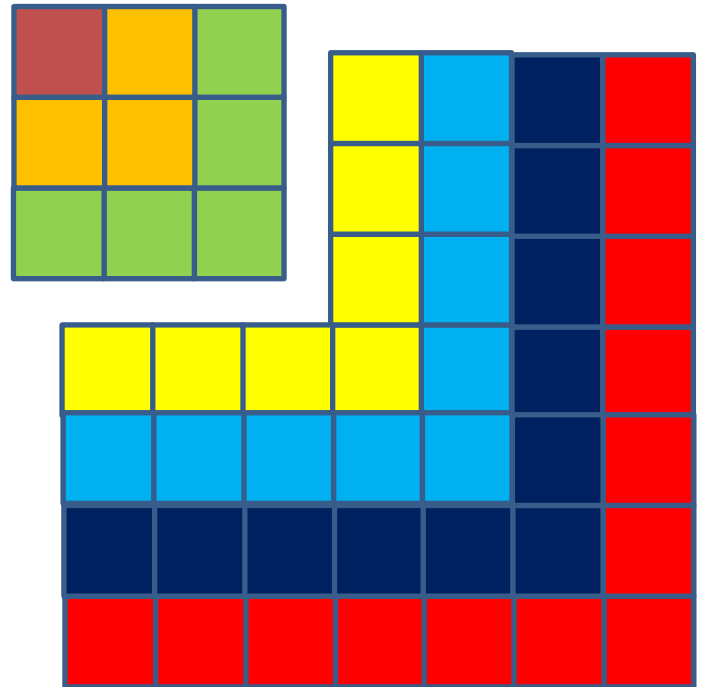
Para isso, tendo já subtraído  $1^2$ , que é o primeiro ímpar 1, subtrai-se agora o próximo ímpar, ou seja, 3, totalizando a subtração de 4, que é  $2^2$

$$48-3=45>0$$



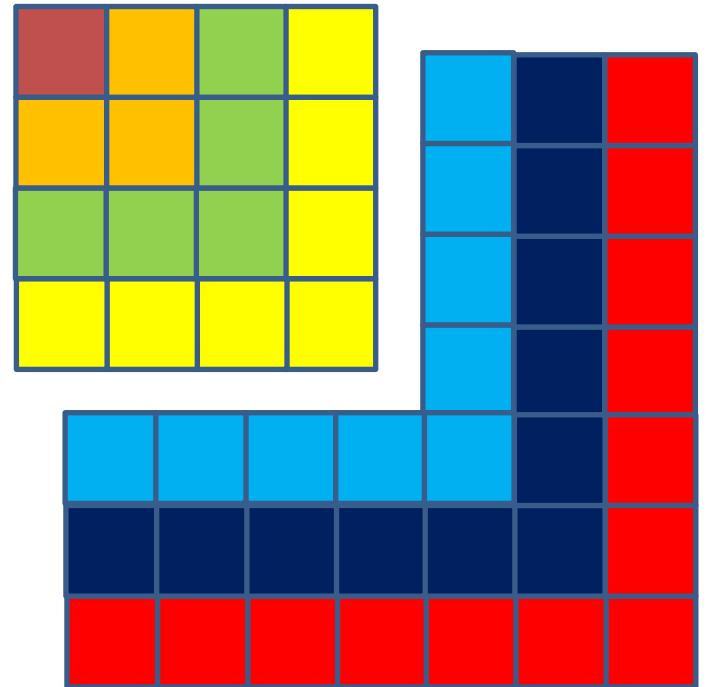
# Passo 3: subtrair 5

$$45 - 5 = 40 > 0$$



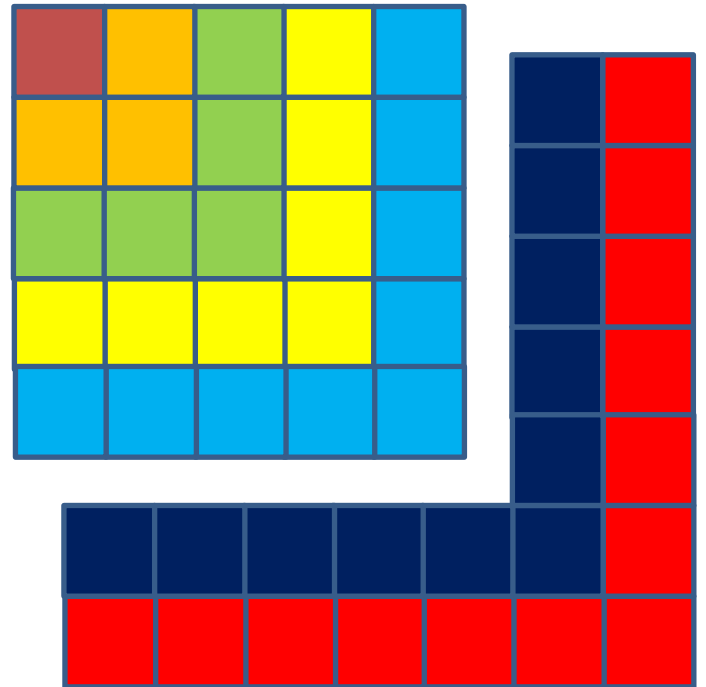
# Passo 4: subtrair 7

$$40 - 7 = 33 > 0$$



# Passo 5: subtrair 9

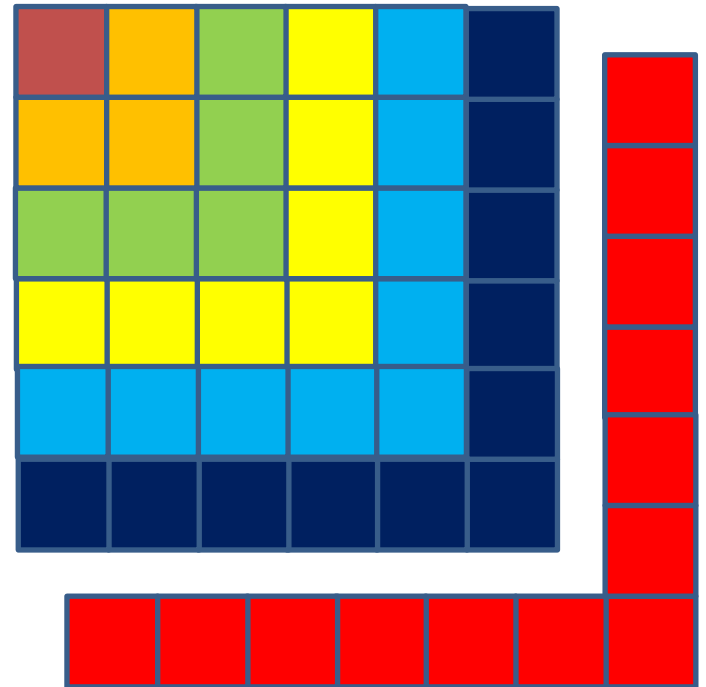
$$33-9=24>0$$





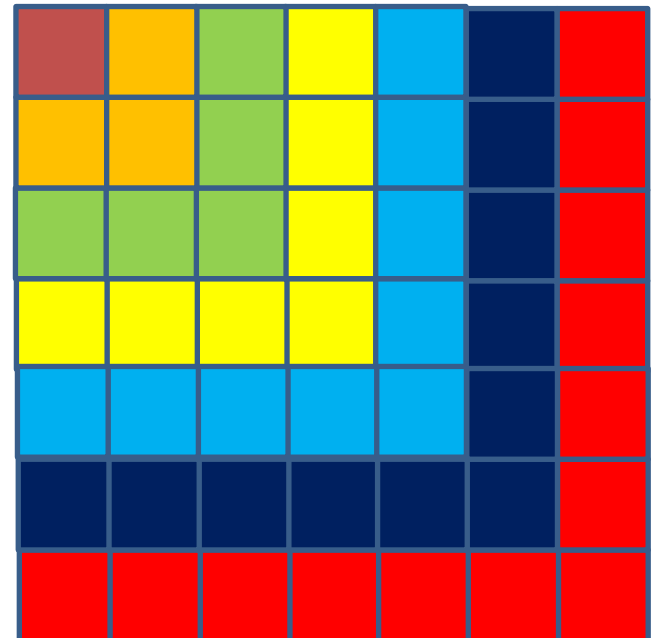
# Passo 6: subtrair 11

$$24 - 11 = 13 > 0$$



# Passo 7: subtrair 13

$$13-13=0$$

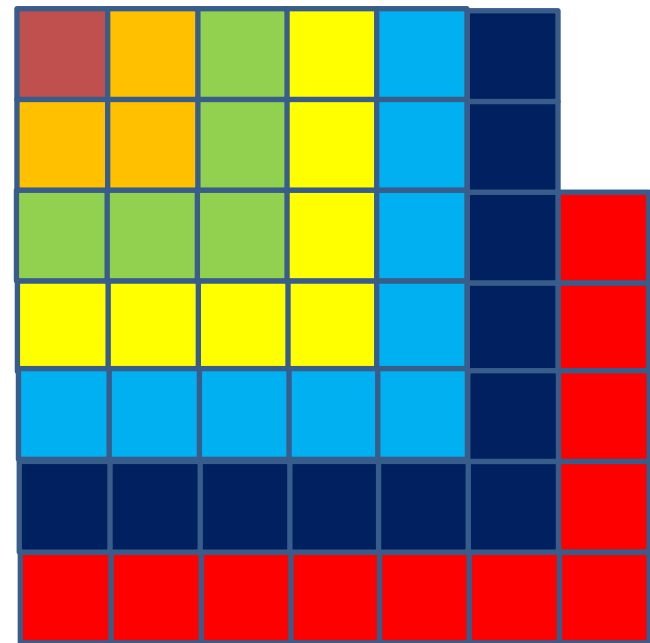


Desta subtração resultou um resto nulo, portanto a raiz quadrada obtida (7) é exata

# Exemplo de resultado aproximado

Supondo que inicialmente seja apresentado o número 47 e não 49 para a obtenção da raiz quadrada.

Passo 1	$47-1=46>0$
Passo 2	$46-3=43>0$
Passo 3	$43-5=38>0$
Passo 4	$38-7=31>0$
Passo 5	$31-9=22>0$
Passo 6	$22-11=11>0$
Passo 7	$11-13=-2<0$



Desta subtração do passo 7 resultou um resto negativo, portanto a raiz quadrada obtida será dada pela última subtração com resultado não negativo (passo 6) um resultado aproximado por falta, a menos de uma unidade.

# Exemplo de cálculo de resultados com parte decimal não nula

Supondo que se deseje extrair a **raiz quadrada de 2 com uma casa decimal de precisão**. Sabemos que podemos ampliar o alcance deste algoritmo, para que forneça  $n$  dígitos decimais de precisão, multiplicando o número inicial por **dez elevado à potência  $2 \cdot n$** . O inteiro resultante deve portanto ser **dividido por dez elevado à potência  $n$** .

No caso deste exemplo: Valor inicial = 2

Para ter **uma só casa de precisão** para a raiz quadrada de 2, multiplicamos  $2 \cdot 10^2 = 200$

- |                        |                       |                       |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. $200 - 1 = 199$ ;   | 2. $199 - 3 = 196$ ;  | 3. $196 - 5 = 191$ ;  |
| 4. $191 - 7 = 184$ ;   | 5. $184 - 9 = 175$ ;  | 6. $175 - 11 = 164$ ; |
| 7. $164 - 13 = 151$ ;  | 8. $151 - 15 = 136$ ; | 9. $136 - 17 = 119$ ; |
| 10. $119 - 19 = 100$ ; | 11. $100 - 21 = 79$ ; | 12. $79 - 23 = 56$ ;  |
| 13. $56 - 25 = 31$ ;   | 14. $31 - 27 = 4$ ;   | 15. $4 - 29 < 0$ .    |

Logo,  **$n=14$** . Portanto, o valor obtido para a raiz quadrada de 2, aproximada por falta e com uma casa decimal de precisão será de  $14/10^1 = \mathbf{1,4}$

Como **exercício**: refaça este mesmo exemplo, de forma que seja obtido um resultado, para a raiz quadrada de dois, com casas decimais adicionais de precisão.

# Observação sobre aritmética inteira

- Convém lembrar que o computador só trabalha, de fato, com representações de números inteiros, sendo as codificações adotadas para outros tipos de números apenas convenções de reinterpretação de cadeias de dígitos binários.
- Assim, por exemplo, são totalmente distintos os números reais da matemática e os números correspondentes, utilizados no computador para representá-los.

# **MÁQUINAS COM PROGRAMA ARMAZENADO**

# Máquinas de programa armazenado

- Não sendo prático forçar o usuário a memorizar pessoalmente todas as sequências de operações a serem executadas na máquina, isso suscitou uma ideia que constituiu o primeiro grande passo no sentido da automatização de tal tarefa, através da introdução do conceito de programa armazenado e de sua execução sequencial automática, tirando assim do operador a responsabilidade de memorizar os passos do seu algoritmo, bem como de sequenciar sua execução.

# Máquinas de Von Neumann

- O primeiro grande passo foi a introdução do conceito de **programa armazenado** e de sua execução sequencial automática, tirando assim do operador a responsabilidade de memorizar os passos do seu algoritmo, bem como a de sequenciar sua execução.
- Um modelo computacional baseado nessas premissas é conhecido também como **Máquina de Von Neumann**

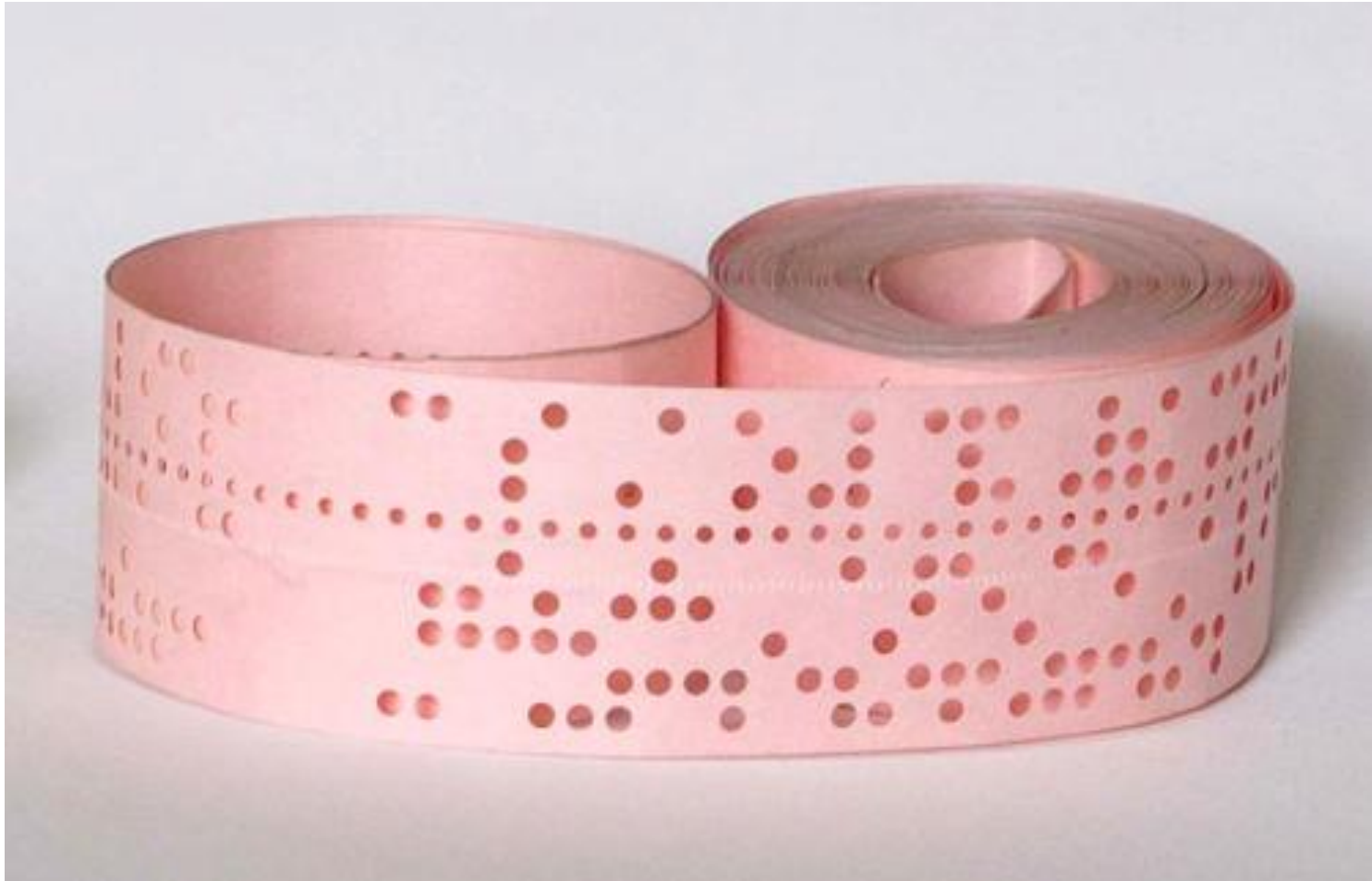


# Máquina de Von Neumann

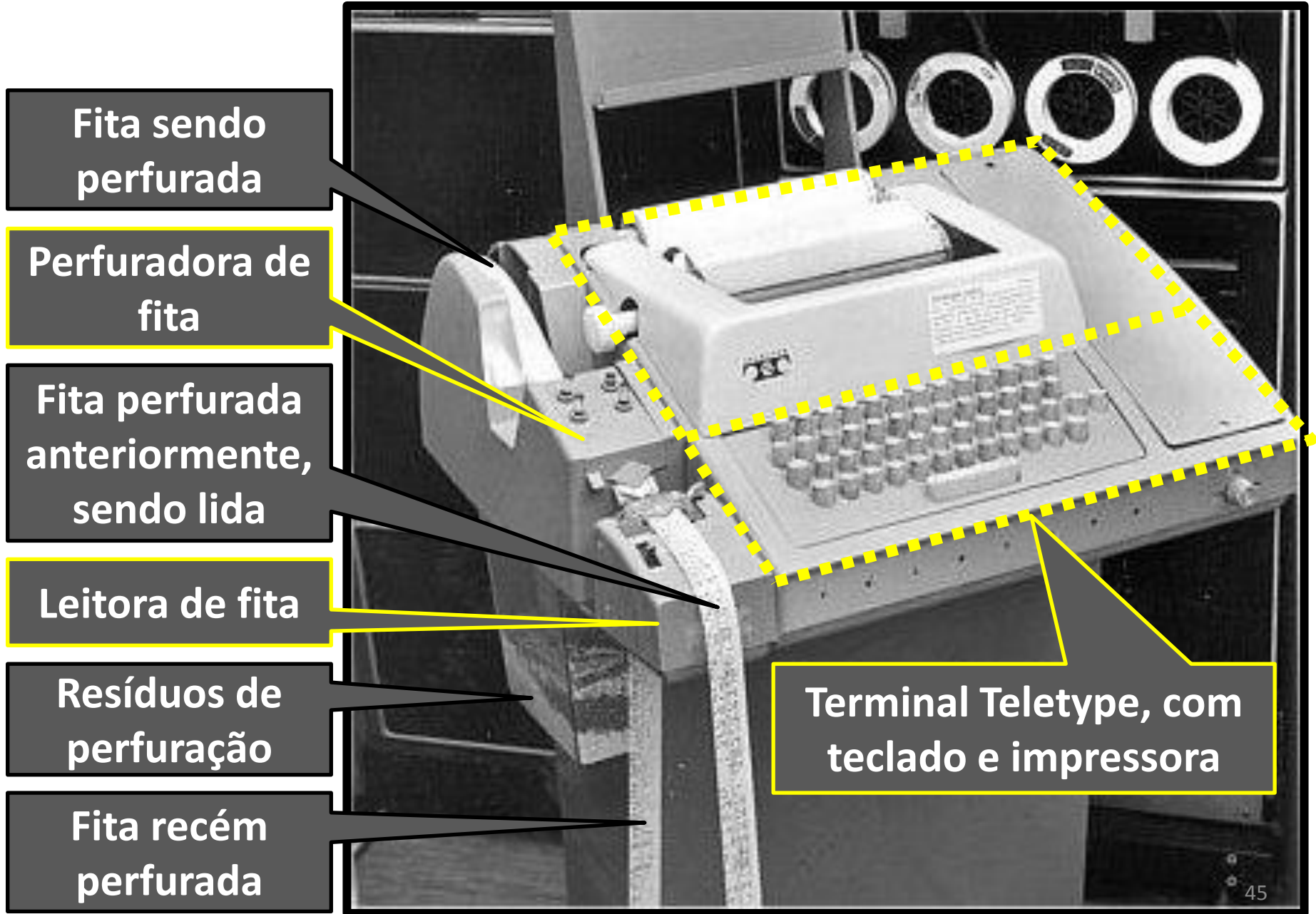


- **Introduz**
  - o conceito de **programa armazenado**
  - sua execução **sequencial automática**
- **Dispensa o operador de**
  - **memorizar** os passos do seu algoritmo
  - **sequenciar** pessoalmente a execução do programa

# Fita de papel perfurada



# Leitora e perfuradora mecânica de fita de papel



Fita sendo perfurada

Perfuradora de fita

Fita perfurada anteriormente, sendo lida

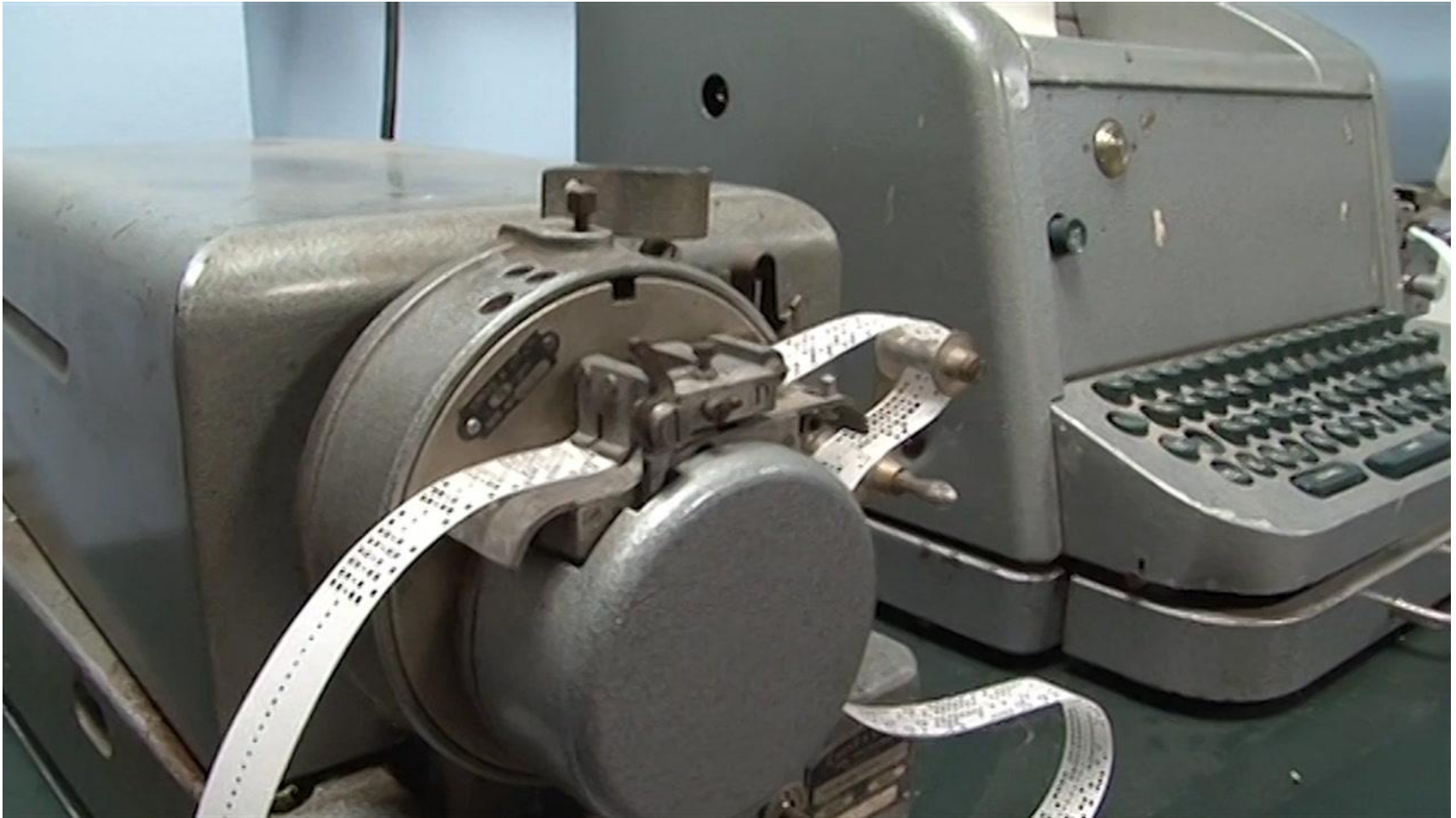
Leitora de fita

Resíduos de perfuração

Fita recém perfurada

Terminal Teletype, com teclado e impressora

# Outra leitora mecânica de fita perfurada



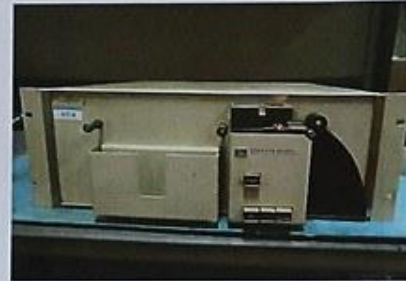
# HP 2748 Optical Punched tape reader

Fondazione  
MUSEO DEL COMPUTER  
www.museodelcomputer.org



HP 2748B

1969



# A mesma leitora, com a fita posicionada



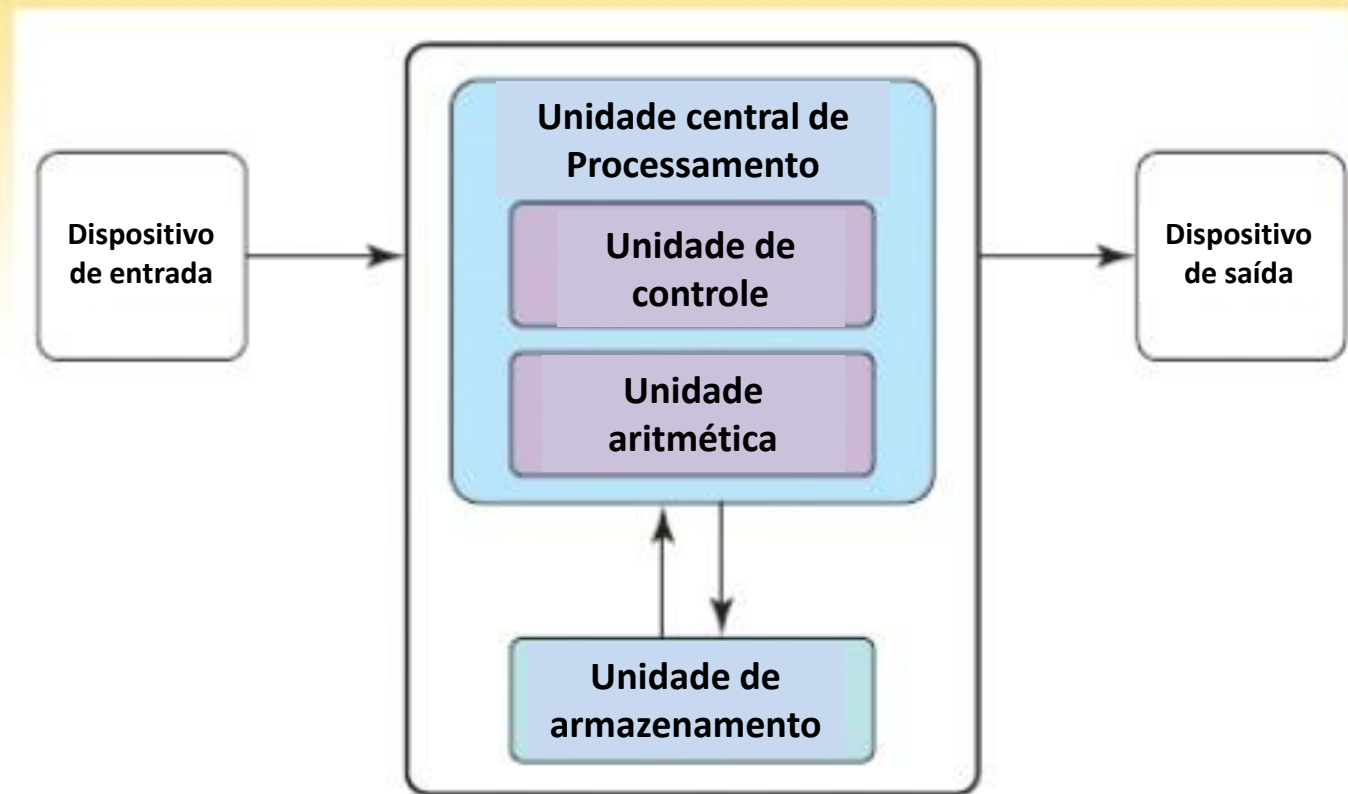
# Entrada de Dados

- As primeiras tentativas neste sentido consistiram na introdução do uso de periféricos de entrada de dados, representados por equipamentos automáticos de leitura de dados gravados em mídia externa, com o objetivo de eliminar a atividade da introdução manual direta de comandos no computador, por parte de um operador humano.

- A tecnologia, no entanto, só mostrou uma real e significativa evolução ao incorporar o conceito de programa armazenado, que conferiu então às máquinas uma capacidade de processamento cada vez maior, conforme a quantidade de memória disponível.



# O conceito de programa armazenado



ARQUITETURA DE VON NEUMANN

- Esta memória principal, compartilhada pelos dados e pelos programas armazenados, propiciou o surgimento dos primeiros sistemas computacionais com capacidade de processamento autônomo, sem a necessidade de intervenção permanente do operador para a indicação do comando a executar em cada instante.

# Perfuradora de cartões IBM 029



# Comandos de decisão

- No entanto, o conceito de programa armazenado, que revolucionou a tecnologia da época, apareceu acompanhada de outra inovação, indispensável e muito significativa: a da inclusão, entre os recursos disponibilizados pelo hardware, de comandos básicos que propiciaram aos programadores a utilização de mecanismos automáticos de decisão nos seus programas.
- Assim, três tipos de instruções de máquina permitem aos programas realizar decisões automaticamente:
  - Testes
  - Saltos condicionais
  - Desvios condicionais

# Máquinas primitivas

- Até essa época, a presença permanente de um operador humano junto ao sistema computacional durante o processamento dos algoritmos deixava sempre a cargo do operador as tomadas das decisões que fossem necessárias.
- Nas máquinas antigas
  - Operador humano
  - Decisões exclusivamente humanas
  - A máquina efetua apenas operações sequenciais

# Máquina de Von Neumann

- Com o advento das arquiteturas que permitiam o processamento de programas com código armazenado, os comandos básicos do programa passaram a ficar na memória do computador, à disposição do processador, o qual podia então dela extrair, sem a intervenção do operador, toda informação que fosse necessária à execução dos comandos do programa.
- No modelo de Von Neumann, o código do programa fica armazenado na memória da máquina
- Este modelo permite automatizar as decisões efetuadas no processamento dos programas armazenados
- A máquina automaticamente testa, executa comandos condicionais e decide o que fazer sempre que necessário.

# Evolução do computador

- Isto suscitou outra importante exigência, talvez a mais importante característica dos computadores modernos: não havendo mais a necessidade da presença de um operador para a introdução dos comandos, tornou-se também indispensável transferir para a máquina a responsabilidade pelas tomadas de decisão.
- Instruções básicas do hardware, responsáveis pelo teste do conteúdo de um registrador ou do resultado de uma operação aritmética ou lógica realizada, e outras instruções, encarregadas da realização de operações de quebra de sequência dos comandos básicos executados pelo programa, em resposta ao resultado de um teste, as quais viriam então ocupar seu lugar como as peças fundamentais de uma arquitetura computacional.

# Característica do computador moderno

- Dispensa um operador humano para introduzir um a um os comandos a executar.
- Exige dos programas armazenados que tomem todas as decisões através de testes, comandos condicionais e quebras de sequência.
- Essas são talvez as mais importantes propriedades da arquitetura de Von Neumann, presentes em todos os computadores modernos.



# Mecanismos básicos dos computadores modernos

- Os mecanismos básicos que caracterizam os computadores modernos ficariam então assim estabelecidos: memória para armazenamento de programas e de dados, e capacidade de decisão, representadas por mecanismos de testes de condição e de desvios para a realização de operações de quebra condicional de sequência.
- Como consequência resultam, nos computadores modernos:
  - Uso de memória para armazenamento, partilhada entre programas e dados.
  - Códigos de programa e dados igualmente codificados em binário.
  - Capacidade de tomadas autônomas de decisão.

# Evoluções adicionais

- Toda a subsequente evolução que ocorrida posteriormente nesta área se apoiaria nesses conceitos básicos.
- O passo seguinte da evolução da tecnologia dos computadores digitais consistiria:
  - no aprimoramento das concepções de hardware, e,
  - principalmente, no desenvolvimento simultâneo dos conhecimentos necessários à elaboração de uma boa programação para tais máquinas.

# Os Primeiros Computadores

- Tais como então se apresentavam, os computadores antigos exigiam que sua programação fosse diretamente efetuada em linguagem de máquina, ou seja, em uma linguagem totalmente decodificada, em que cada instrução de máquina representava uma operação atômica (monolítica, mas não obrigatoriamente elementar) do hardware do computador.
- Portanto, caracterizavam os computadores antigos:
  - Programação diretamente efetuada em linguagem de máquina (binária).
  - Cada instrução usada na codificação dos programas estava associada a uma operação monolítica do hardware.

# Instruções primitivas

- As instruções de máquina que implementam as operações assim definidas são muito simples, tendo direta correspondência com sequências preestabelecidas de ações elementares primitivas (geralmente implementadas por sinais elétricos), às vezes denominadas microinstruções, diretamente executadas pelos circuitos da máquina.

# Programas

- Os algoritmos que executam o programa desejado devem, portanto, ser decompostos na forma de uma sequência de instruções mais simples, as quais, uma vez codificadas em linguagem de máquina, são devidamente armazenadas na memória do computador, para serem executadas posteriormente, quando necessário.
- Assim,
  - Todos os procedimentos executados no computador são realizados a partir de instruções simples (código de máquina) e operam sobre os dados do programa.
  - O código binário dos programas é armazenado na memória, ficando disponíveis para execução sempre que necessário.

# Programação em linguagem de máquina

- Codificar programas diretamente em linguagem de máquina não é tarefa fácil, mas cansativa e repetitiva, com largas margens de erro, devido à facilidade com que enganos são cometidos durante o processo de operação manual, tornando muito oportuna e conveniente a mecanização dessa tarefa.

# Operação de carga de programas

- O primeiro passo no sentido de mecanizar o processo consiste em criar, no sistema computacional, meios para que informações externas possam ser introduzidas na memória, com facilidade e segurança, mesmo que a máquina se apresente em uma configuração operante muito elementar.
- Como resultado, obtém-se maior facilidade de uso do sistema, por meio de uma substancial agilização da sua operação em relação à carga manual.

# Sistemas de entrada e saída

- Um expediente primitivo, historicamente utilizado com essa finalidade, consistiu na inclusão, no hardware da máquina, de equipamentos auxiliares, que disponibilizassem aos operadores da máquina vias de acesso mais confortáveis.
- Com o tempo, da evolução de tais extensões resultaram os sistemas modernos de entrada e saída dos computadores atuais, que conectam o processador com os seus equipamentos periféricos de entrada e saída.



# Inclusão de vias de acesso externas

