

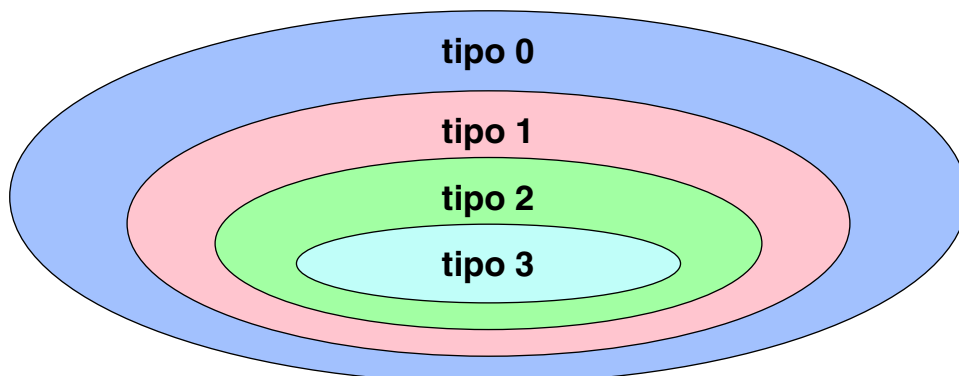
# Autômatos e Linguagens Formais

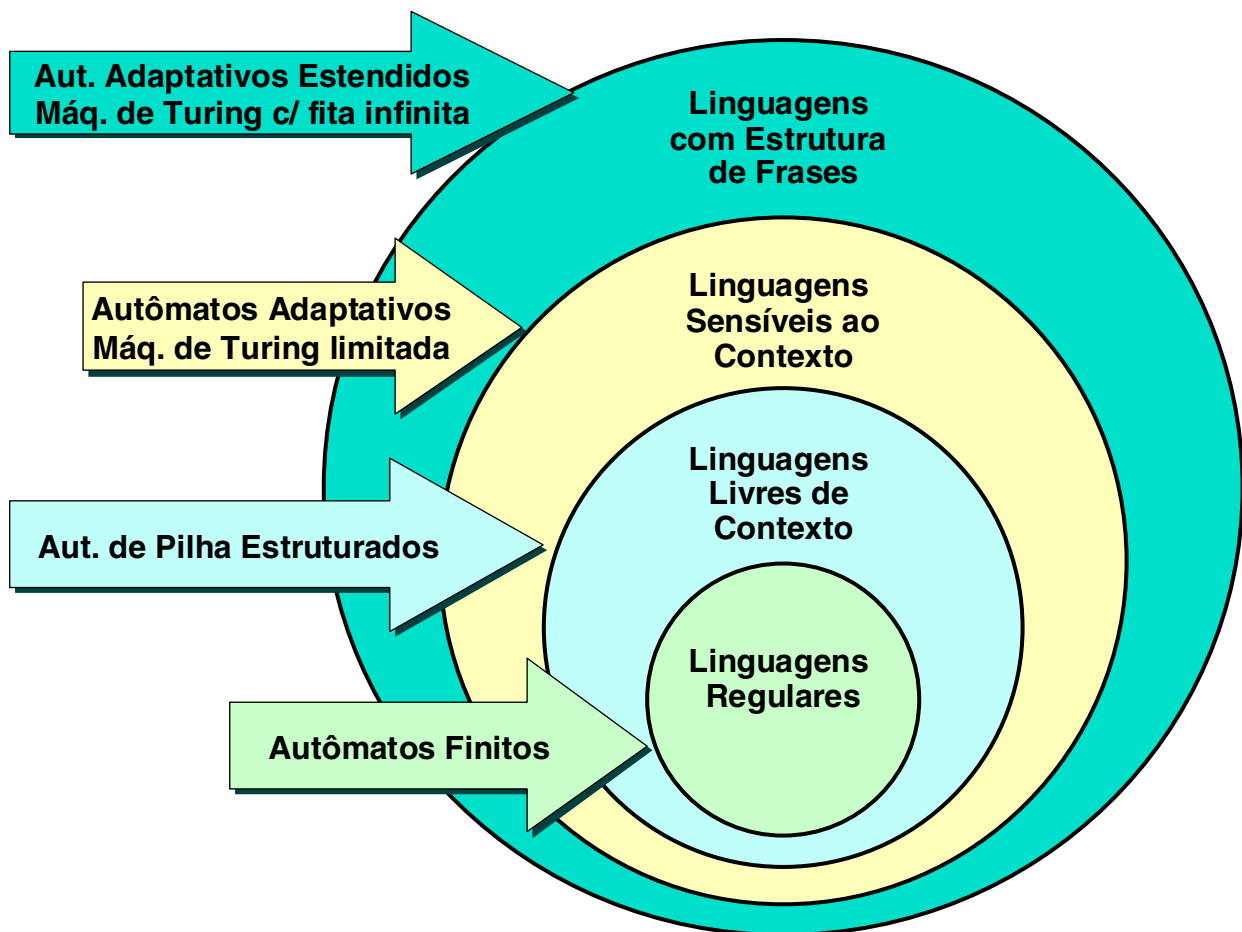
- **Terminologia básica**

- **ÁTOMO** - elemento básico da linguagem
- **ALFABETO** - conjunto de átomos
- **CADEIA** - concatenação arbitrária de símbolos do alfabeto
- **SENTENÇA** - cadeia pertencente à linguagem
- **LINGUAGEM** - conjunto de todas as sentenças válidas
- **GRAMÁTICA** - enumeração ou conjunto de leis de formação
- **DERIVAÇÃO** - obtenção de sentenças usando gramáticas
- **RECONHECEDORES** - conjunto de regras de aceitação
- **RECONHECIMENTO** - aceitação das sentenças da linguagem

## Hierarquia de Chomsky

- **Tipo 0 - Gramáticas irrestritas**
  - geram linguagens estruturadas em frases
- **Tipo 1 - Gramáticas sensíveis ao contexto**
  - geram linguagens sensíveis ao contexto
- **Tipo 2 - Gramáticas livres de contexto**
  - geram linguagens livres de contexto
- **Tipo 3 - Gramáticas lineares**
  - geram linguagens regulares





## Linguagem

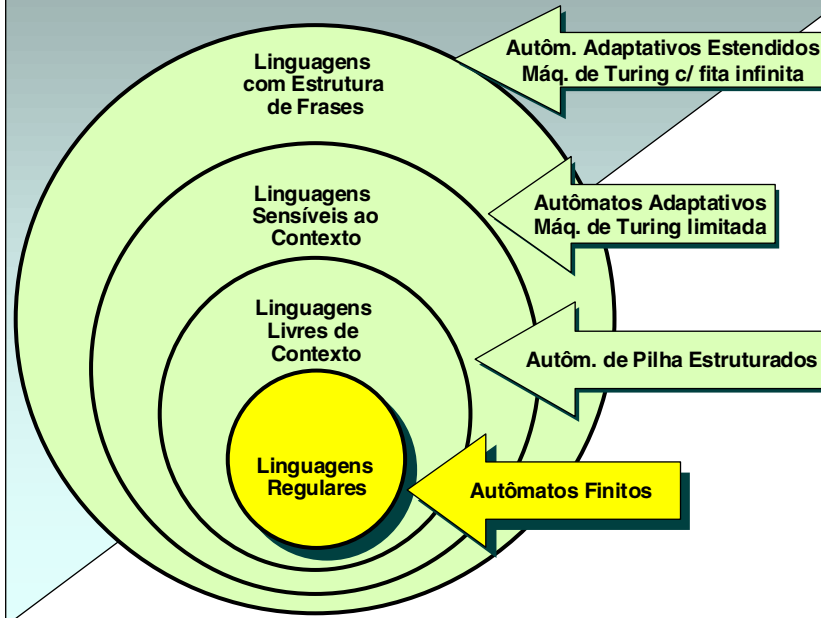
## Gramática

## Reconhecedor

<b>Tipo 0</b> Ling. estruturada em frases	<b>Tipo 0</b> Gramáticas Irrestritas	<b>Máq. de Turing com fita infinita</b>
<b>Tipo 1</b> Ling. Sensíveis ao contexto	<b>Tipo 1</b> Gram. Sensíveis ao contexto	<b>Máq. de Turing com fita limitada</b>
<b>Tipo 2</b> Ling. livres de contexto	<b>Tipo 2</b> Gram. Livres de contexto	<b>Autômatos de Pilha</b>
<b>Tipo 3</b> Conj. regulares	<b>Tipo 3</b> Gram. Lineares	<b>Autômatos Finitos</b>

# AUTÔMATOS FINITOS

$$q \ a \ \alpha \rightarrow q' \ \alpha$$

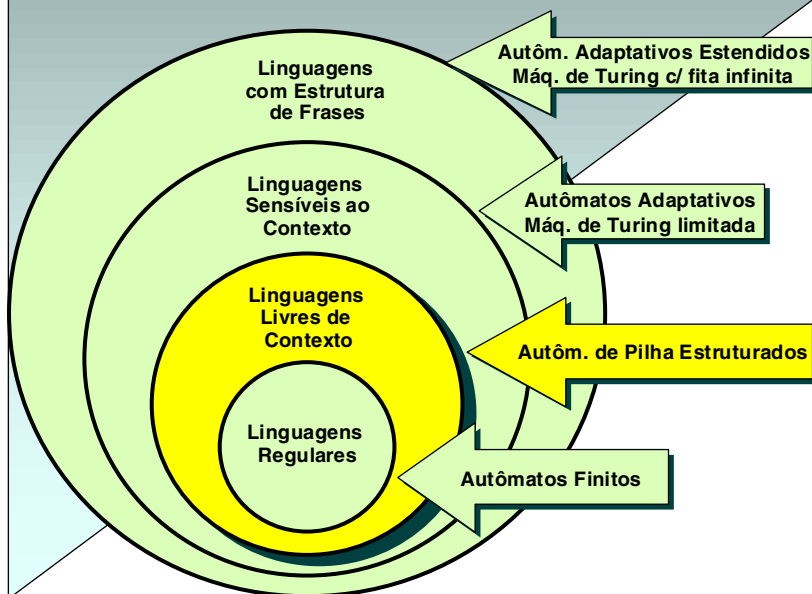


**Conceitos:**

ESTADOS  
TRANSIÇÕES  
ENTRADAS

# AUTÔMATOS de PILHA ESTRUTURADOS

$$\gamma \ g \ q_{ij} \ a \ \alpha \rightarrow \gamma \ g' \ q_{mn} \ a' \ \alpha$$



**Conceitos:**

ESTADOS  
TRANSIÇÕES  
ENTRADAS

SUB-MÁQUINAS  
PILHA

# Cadeias

- **Conceitos**
  - ALFABETO - conjunto finito não-vazio de átomos
  - CADEIA VAZIA - seqüência de zero átomos
  - CADEIA ELEMENTAR - seqüência de um só átomo
  - COMPRIMENTO - número de átomos de uma cadeia
  - CONCATENAÇÃO DE CADEIAS - obtida por justaposição das cadeias
  - CONCATENAÇÃO DE CADEIA COM ÁTOMO = com cadeia elementar
- **Propriedades da concatenação de cadeias**
  - ASSOCIATIVA
  - NÃO-COMUTATIVA
  - ELEMENTO NEUTRO É A CADEIA VAZIA
- **Fechamentos**
  - FECHAMENTO TRANSITIVO - conjunto de todas as cadeias não-vazias
  - FECHAMENTO RECURSIVO E TRANSITIVO - inclui a cadeia vazia
  - Os fechamentos podem ser aplicados a operadores, indicando sua repetida aplicação

# Gramáticas

- **Dispositivos de geração de sentenças**
- **Componentes:**
  - *vocabulário* da gramática (terminais e não-terminais)
  - *terminais* da gramática (átomos da linguagem)
  - *símbolo inicial* ou *raiz* da gramática (não-terminal)
  - *produções* da gramática (regras de substituição)
- ***Derivação direta* é a operação resultante da aplicação de uma produção apenas**
- ***Forma sentencial* é qualquer cadeia sobre o vocabulário, derivável a partir da raiz**
- ***Sentença* é uma forma sentencial sem não-terminais**
- ***Linguagem* é o conjunto de todas as sentenças geradas pela gramática**

# Reconhecedores

- São dispositivos de aceitação da linguagem
- Elementos componentes:
  - texto de entrada
  - cursor de leitura
  - máquina de estados
  - memória auxiliar
  - indicação de reconhecimento
- Configuração do reconhecedor
  - estado corrente
  - posição do cursor e conteúdo do texto de entrada
  - conteúdo da memória auxiliar
- Tipos
  - determinísticos - um único movimento possível por configuração
  - não-determinísticos - podem apresentar mais de um movimento

# Reconhecimento

- Configuração inicial
  - estado inicial único
  - cursor no início do texto de entrada
  - memória auxiliar com conteúdo conhecido
- Configuração final
  - estado pertencente ao conjunto de estados de aceitação
  - cursor aponta além da cadeia de entrada
  - conteúdo da memória auxiliar atende a critério pré-estabelecido
- Aceitação
  - parte-se de uma configuração inicial
  - executam-se movimentos sucessivos da máquina de estados
  - atinge-se uma configuração final

## Autômatos finitos

- **Componentes:**
  - conjunto de estados
  - alfabeto de entrada
  - função de transição de estados
  - estado inicial
  - conjunto de estados finais
- **Reconhecem linguagens regulares (tipo 3)**
- **Sua potência independe de ser ou não determinístico**
- **Existe sempre uma versão determinística e mínima para qualquer autômato finito fornecido, e ela é única**
- **Autômatos finitos determinísticos operam em tempo proporcional ao comprimento da cadeia de entrada**
- **Não há dispositivo mais eficiente que este**
- **Qualquer linguagem regular pode ser reconhecida em tempo proporcional ao comprimento de suas sentenças**

## Autômatos de pilha

- **Componentes:**
  - conjunto de estados
  - alfabeto de entrada
  - alfabeto de pilha
  - função de transição
  - estado inicial
  - marcador de pilha vazia
  - conjunto de estados finais
- **Aceitam todas as linguagens livres de contexto (tipo 2)**
- **Reconhecedores LR(k) reconhecem deterministicamente o mais amplo subconjunto das linguagens do tipo 2**
- **Dependendo da técnica de reconhecimento adotada, os autômatos de pilha também podem ser muito eficientes**
- **No pior caso, o tempo de reconhecimento de uma linguagem do tipo 2 pode ser exponencial**

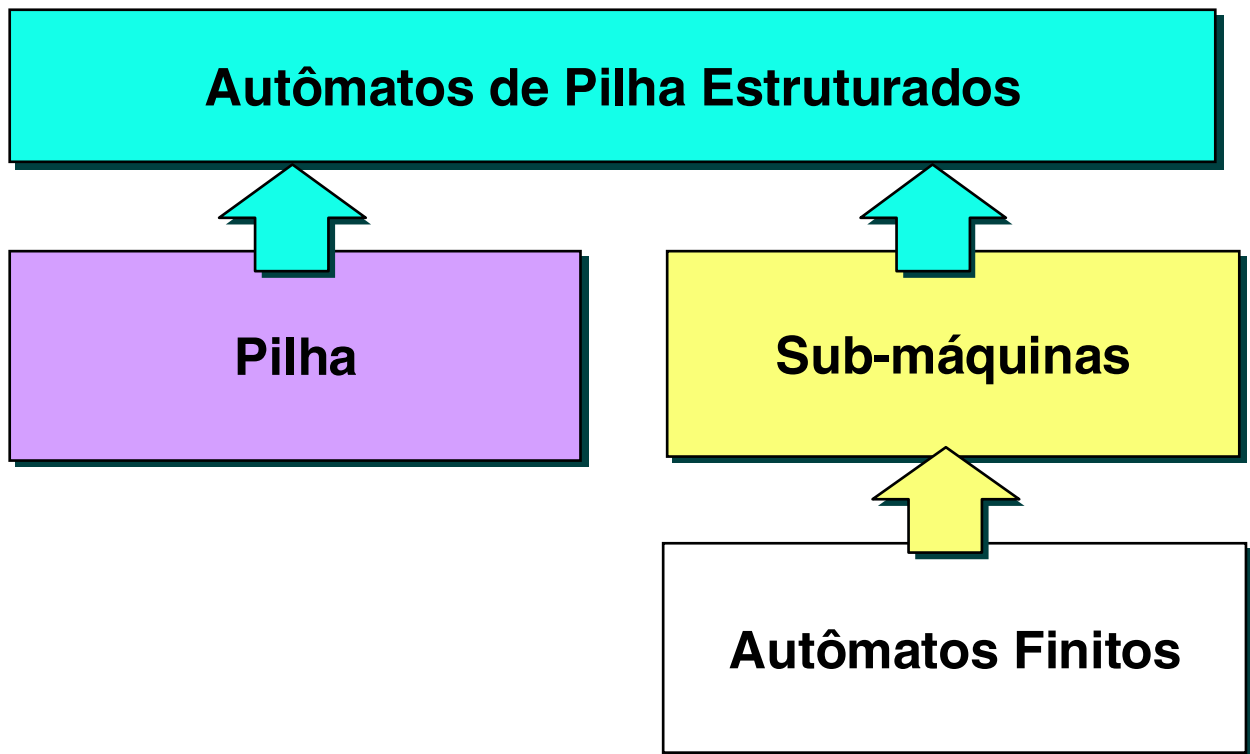
# Implementação de Autômatos de Pilha

- Autômatos de Pilha apresentam a capacidade de aceitação para todas as linguagens do tipo 2
- Na forma clássica, os autômatos de pilha não se mostram práticos
- A maioria dos reconhecedores propostos na literatura não mapeiam literalmente o modelo teórico
- Geram importantes reconhecedores determinísticos
  - Os métodos LL(k), descendentes, são mais eficientes porém limitados
  - Os métodos LR(k), ascendentes, são mais gerais
- Os métodos LR(k) permitem reconhecer todas as linguagens determinísticas do tipo 2
- Os Autômatos de Pilha Estruturados constituem uma alternativa prática para reconhecimento determinístico

## Autômatos de Pilha Estruturados

- Incorporam aos Autômatos de Pilha clássicos:
  - conjunto de sub-máquinas
  - transições com não-terminais (chamadas de sub-máquinas)
- Cada sub-máquina se comporta como autômato finito:
  - conjunto de estados
  - alfabeto de entrada
  - conjunto de produções
  - estado inicial
  - conjunto de estados finais (de retorno)
- As sub-máquinas podem apresentar:
  - transições internas - em vazio, de look-ahead, de consumo de átomo
  - transições de chamada de sub-máquina - sempre em vazio
  - transições de retorno de sub-máquina - sempre em vazio
- A pilha se limita a armazenar estados de retorno

# Relação entre os autômatos



## Observações

- O autômato de pilha estruturado é capaz de simular qualquer autômato de pilha tradicional
- O autômato de pilha tradicional também é capaz de simular qualquer autômato de pilha estruturado
- Isto determina a equipotência dos dois modelos
- Ambos podem reconhecer qualquer linguagem do tipo 2
- É possível projetar autômatos de pilha estruturados que usem a pilha estritamente para o reconhecimento de construções sintáticas aninhadas
- Os reconhecedores assim obtidos são muito eficientes