

## Resumo das Unidades 3 e 4 – Linguagens Formais e Autômatos

Kauã Fernandez Freitas

Unic Beira Rio

### Autômatos Finitos Não Determinísticos (AFND)

São modelos matemáticos de máquinas de estados finitos em que, para um mesmo estado e símbolo de entrada, podem existir várias transições possíveis. Isso significa que a máquina pode escolher entre diferentes caminhos ao processar uma cadeia, inclusive por meio de transições vazias, conhecidas como  **$\epsilon$ -transições**, que não consomem nenhum símbolo. Um AFND é definido pela 5-upla  $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$ , onde  $Q$  é o conjunto finito de estados,  $\Sigma$  é o alfabeto de entrada,  $\delta$  é a função de transição que retorna um conjunto de estados possíveis,  $q_0$  é o estado inicial e  $F$  é o conjunto de estados finais. A cadeia é aceita se houver ao menos uma sequência de transições que leve a um estado final. Um exemplo simples é o AFND que reconhece cadeias sobre  $\{0,1\}$  que terminam com “01”. A principal característica do AFND é o **não determinismo**, permitindo múltiplas transições possíveis para o mesmo símbolo.

Apesar dessa liberdade, existe um teorema importante que estabelece que **todo AFND possui um Autômato Finito Determinístico (AFD) equivalente**, ou seja, ambos reconhecem a mesma linguagem. A conversão de AFND para AFD é feita pelo método da **construção de subconjuntos**, onde cada estado do AFD representa um conjunto de estados do AFND. O estado inicial do AFD inclui o estado inicial do AFND e todos os estados alcançáveis por transições  $\epsilon$ , enquanto os estados finais do AFD são aqueles conjuntos que contêm pelo menos um estado final do AFND. Assim, o AFND pode ser considerado uma forma mais flexível de representar uma linguagem regular, e o AFD, sua versão determinística e implementável.

### Expressões Regulares

Estão diretamente relacionadas aos Autômatos Finitos, pois ambos descrevem as **linguagens regulares**. Expressões regulares definem padrões de cadeias que podem ser reconhecidas por um autômato, sendo amplamente utilizadas em programação, busca textual e processamento de linguagens. Os autômatos, por sua vez, são representações gráficas e formais dessas expressões. Em resumo, as expressões regulares e os autômatos finitos são equivalentes em poder de reconhecimento, representando a base da **Teoria das Linguagens Regulares**.

### Hierarquia de Chomsky

Proposta por Noam Chomsky em 1956, classifica as linguagens formais em quatro níveis, de acordo com a complexidade de suas gramáticas e autômatos reconhecedores. No primeiro nível estão as **Linguagens Regulares**, reconhecidas por Autômatos Finitos (determinísticos ou não determinísticos). No segundo, as **Linguagens Livres de Contexto (LLC)**, reconhecidas por Autômatos com Pilha (AP), que acrescentam uma memória limitada à máquina, permitindo reconhecer estruturas aninhadas como parênteses e expressões matemáticas. No terceiro nível estão as **Linguagens Sensíveis ao Contexto (SLC)**, reconhecidas por **Máquinas Linearmente Limitadas**, que possuem maior capacidade de memória e processamento. Por fim, no topo da hierarquia, encontram-se as **Linguagens Recursivamente Enumeráveis**, reconhecidas pelas **Máquinas de Turing**, que são os modelos mais poderosos e servem de base para a noção moderna de computação. Essa hierarquia é fundamental para entender os limites teóricos do que pode ser computado, além de servir como fundamento para o estudo de **compiladores, análise sintática e teoria da computação**.

## Máquinas de Turing (MT)

Representam o modelo mais geral e completo de computação. Elas são formadas por uma fita infinita dividida em células, um cabeçote de leitura e escrita, e uma unidade de controle que define as transições de estado. O funcionamento consiste em ler um símbolo da fita, alterar o estado e o símbolo, e mover o cabeçote para a esquerda ou direita. As Máquinas de Turing são capazes de simular qualquer outro tipo de autômato e qualquer algoritmo computável, tornando-se a base da **Tese de Church-Turing**, que define o conceito de computabilidade. Suas variações incluem as máquinas multitape, não determinísticas e universais — esta última sendo a precursora dos computadores modernos. Em resumo, as Máquinas de Turing representam o limite máximo do poder computacional das máquinas formais e são essenciais para compreender o que é ou não possível ser resolvido por meio de algoritmos.