

8 - Linguagens Recursivamente Enumeráveis e Sensíveis ao Contexto

8.1 Máquina de Turing

8.1.1 Noção Intuitiva

8.1.2 Modelo

8.2 Modelos Equivalentes à Máquina de Turing

8.3 Hipótese de Church

8.4 Máquina de Turing como Reconhecedor

8.5 Propriedades das Linguagens Recursivamente Enumeráveis e Recursivas

8.6 Gramática Irrestrita

8.7 Linguagem Sensível ao Contexto

8.8 Máquina de Turing com Fita Limitada

8.1.2 Modelo

◆ Constituído de três partes

- **Fita**, usada simultaneamente como dispositivo de
 - * **entrada**, **saída** e memória de **trabalho**
- **Unidade de Controle**
 - * reflete o **estado corrente** da máquina
 - * possui uma **unidade** de **leitura e gravação** (**cabeça da fita**)
 - * acessa **uma célula** da fita de **cada vez**
 - * se **movimenta** para a **esquerda** ou para a **direita**
- **Programa**, **Função Programa** ou **Função de Transição**
 - * **define**: **estado** da máquina
 - * **comanda**: **leituras**, **gravações** e **sentido** de movimento (cabeça)

◆ Fita: finita à esquerda e *infinita* à direita

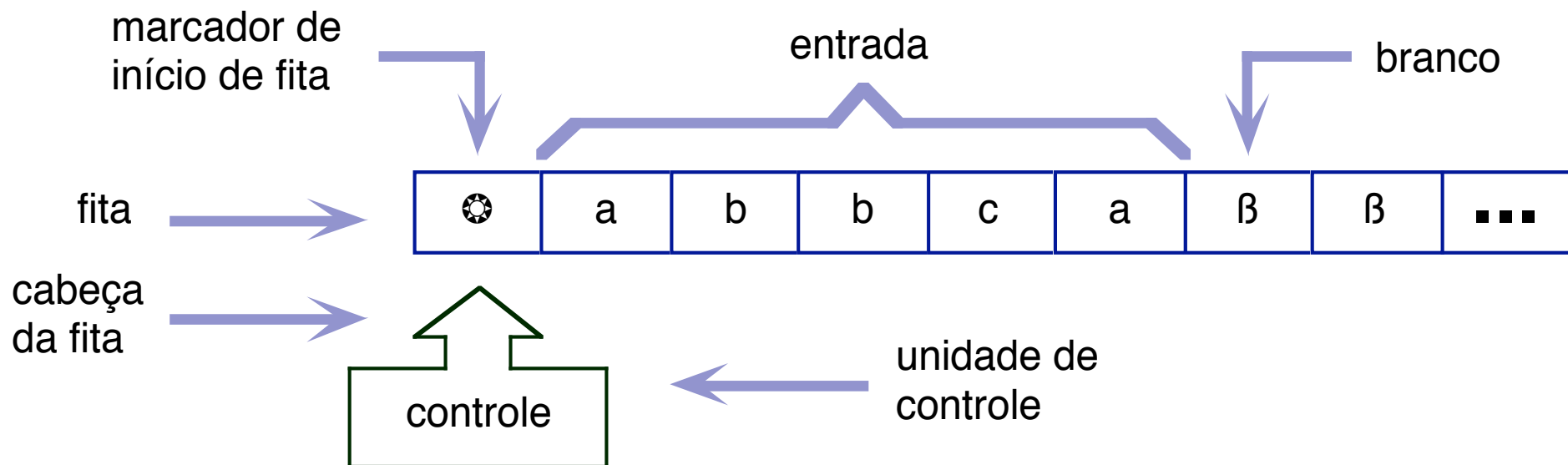
- infinita: “tão grande quanto necessário”
- dividida em células, cada uma armazenando um símbolo

◆ Símbolos podem

- pertencer ao alfabeto de entrada
- pertencer ao alfabeto auxiliar
- ser "branco"
- ser "marcador de início de fita"

- Inicialmente

- * **palavra** a ser processada: **células mais à esquerda** (após o marcador de início de fita)
- * **demais** células: "**branco**"



◆ Unidade de controle

- número *finito* e *predefinido* de estados
- cabeça da fita
 - * lê um símbolo de cada vez e grava um novo símbolo
 - * move uma célula para a direita ou para a esquerda
- símbolo gravado e o sentido do movimento
 - * definidos pelo programa

Def: Máquina de Turing

$$M = (\Sigma, Q, \delta, q_0, F, V, \beta, \odot)$$

- Σ - alfabeto (de símbolos) de entrada
- Q - conjunto de estados possíveis da máquina (finito)
- δ - (função) programa ou função de transição (função parcial)
 - * suponha que $\Sigma \cup V$ e $\{\beta, \odot\}$ são conjuntos disjuntos
 - $\delta: Q \times (\Sigma \cup V \cup \{\beta, \odot\}) \rightarrow Q \times (\Sigma \cup V \cup \{\beta, \odot\}) \times \{E, D\}$
 - * transição da máquina: $\delta(p, x) = (q, y, m)$
- q_0 - estado inicial: elemento distinguido de Q
- F - conjunto de estados finais: subconjunto de Q
- V - alfabeto auxiliar (pode ser vazio)
- β - símbolo especial branco
- \odot - símbolo de início ou marcador de início da fita

◆ Símbolo de início de fita

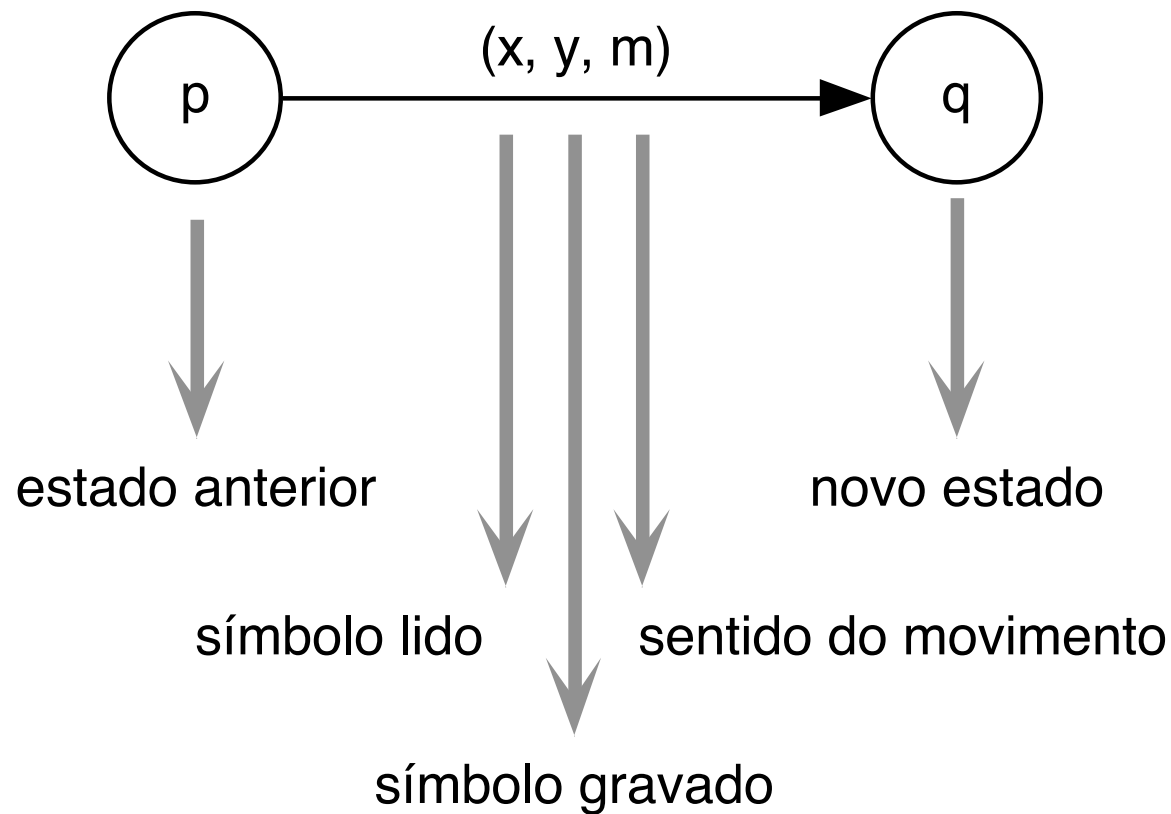
- ocorre exatamente uma vez e na célula mais à esquerda da fita

◆ Função programa

- considera
 - * estado corrente
 - * símbolo lido da fita
- determina
 - * novo estado
 - * símbolo a ser gravado
 - * sentido de movimento da cabeça (E e D)

◆ Função programa interpretada como um diagrama

- estados inicial e finais: como nos autômatos finitos
- suponha a transição $\delta(p, x) = (q, y, m)$



◆ Computação de uma máquina de Turing M , para uma palavra de entrada w

- sucessiva aplicação da função programa
 - * a partir do estado inicial
 - * cabeça posicionada na célula mais à esquerda da fita
 - * até ocorrer uma condição de parada
- processamento pode
 - * parar ou
 - * ficar processando indefinidamente (ciclo ou *loop* infinito)

◆ Aceita a entrada w

- atinge um estado final
 - * máquina pára
 - * w é aceita

◆ Rejeita a entrada w

- função programa é indefinida para o argumento (símbolo lido e estado corrente)
 - * máquina pára
 - * w é rejeitada
- argumento define um movimento à esquerda, e a cabeça da fita já se encontra na célula mais à esquerda
 - * máquina pára
 - * w é rejeitada

Exp: Máquina de Turing: Duplo Balanceamento

$$L = \{ a^n b^n \mid n \geq 0 \}$$

Máquina de Turing

$$M = (\{ a, b \}, \{ q_0, q_1, q_2, q_3, q_4 \}, \delta, q_0, \{ q_4 \}, \{ A, B \}, \beta, \odot)$$

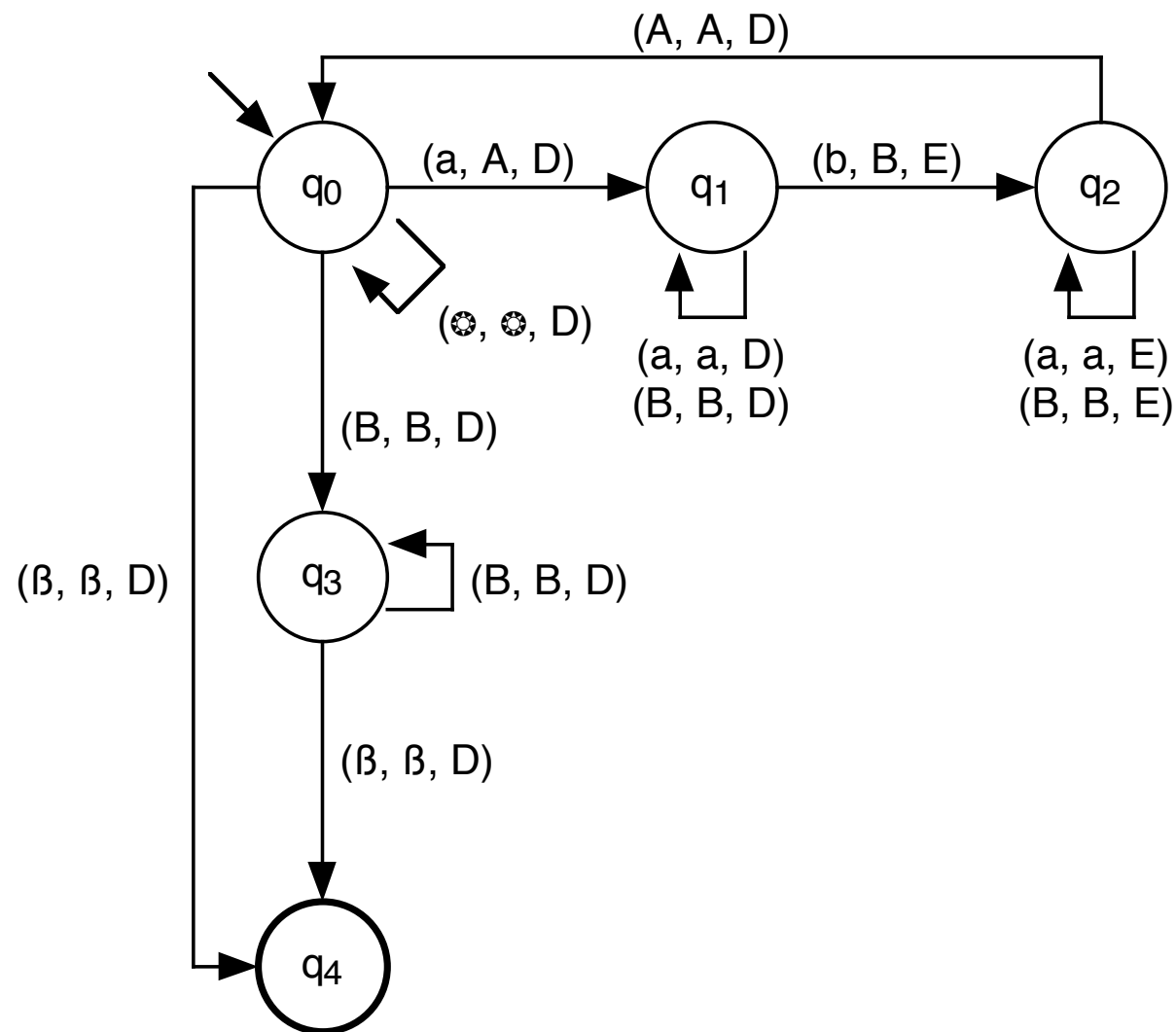
é tal que



$$\text{ACEITA}(M) = L \quad \text{e} \quad \text{REJEITA}(M) = \sim L$$

e, portanto, $\text{LOOP}(M) = \emptyset$

- qualquer palavra que não esteja na forma $a^x b^x$ é rejeitada

Exp: Máquina de Turing: Duplo Balanceamento



δ		a	b	A	B	β
q ₀	(q ₀ ,  , D)	(q ₁ , A, D)			(q ₃ , B, D)	(q ₄ , β , D)
q ₁		(q ₁ , a, D)	(q ₂ , B, E)		(q ₁ , B, D)	
q ₂		(q ₂ , a, E)		(q ₀ , A, D)	(q ₂ , B, E)	
q ₃					(q ₃ , B, D)	(q ₄ , β , D)
q ₄						

