

Máquina de Turing como um Transdutor: Codificador Morse¹

Gilmar Bezerra de Freitas

Departamento de Ciências Exatas
Universidade Federal da Paraíba
Rio Tinto, PB – Brasil

`gilmar.freitas@dce.ufpb.br`

***Abstract.** The Turing Machine (TM) is an abstract mechanism, devoid of embedded functions, that has skill to recognize and write a set of symbols in contiguous notation, which was developed by the british mathematician Alan M. Turing as a solution to solve mathematical questions related to the possibility of proving the existence of effective procedures (algorithms). The importance of Turing's formalism in the field of Computational Theory is well known, and it has influenced the development of the first digital computer. However, the present work deals with the representation of a multifit machine, which appropriates the TM formalism to express algorithmically the translation of the Morse code into the alphanumeric alphabet, similar to a digital computer and a high-level programming language.*

Resumo. A Máquina de Turing (MT) é um mecanismo abstrato, desprovido de funções embutidas que tem habilidade de reconhecer e escrever símbolos em uma notação contígua, que foi desenvolvido pelo matemático britânico Alan M. Turing como uma solução para resolver questões matemáticas relacionadas à possibilidade de provar a existência de procedimentos efetivos (algoritmos). É notório a importância do formalismo de Turing no campo da Teoria da Computação, e que o mesmo influenciou o desenvolvimento do primeiro computador digital. Entretanto o trabalho presente trata da representação de

¹ Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na modalidade Artigo apresentado como parte dos pré-requisitos para a obtenção do título de Licenciado em Ciência da Computação pelo curso de Licenciatura em Ciência da Computação do Centro de Ciências Aplicadas e Educação (CCAEE), Campus IV da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação do professor Joelson Nogueira de Carvalho.

uma máquina multifita, que se apropria do formalismo da MT para, expressar algoritmicamente a tradução do código Morse para o alfabeto alfanumérico, de modo semelhante a um computador digital e uma linguagem de programação de alto nível.

1 Introdução

1.1 Máquina de Turing como codificador Morse

A principal motivação deste trabalho surgiu da compreensão de que a MT, além de sua estreita associação com os aspectos teóricos da computação, apresenta-se em tese, como um mecanismo capaz de resolver uma gama de problemas práticos, não teóricos, como os computadores digitais que estão hoje disponíveis, ainda que a descrição dessa máquina, bem como os programas, dados e resultados possam ser totalmente feitos em uma folha de papel. Como se pode perceber, através de uma simples consulta na Internet, a literatura adstrita ao tema “Máquina de Turing” não explora com devida amplitude essa característica; porém, é possível encontrar bons trabalhos relacionados ao tema, como um que trata sobre assuntos inerentes a teoria da computação e aspectos pedagógicos da MT, encontrado em Cassol et al. (2010), em cujo trabalho é representada de maneira ilustrativa o funcionamento de uma máquina de Turing para comparação de listas utilizando o software Visual Turing 2.0.

Portanto, a construção de MTs para exemplificar aplicações práticas, certamente poderão encontrar pesquisadores interessados em exemplos de aplicações diversos implementados neste formalismo.

Sendo assim, este artigo apresenta uma aplicação prática do uso de uma MT, para o problema da tradução entre dois alfabetos distintos, denotada pela conversão do português para o código Morse.

O código Morse é um alfabeto binário que foi, e continua sendo muito utilizado nas comunicações com e sem fio (telegrafia e radiotelegrafia). Foi intensamente empregado na Segunda Guerra Mundial, por ser um meio de comunicação robusta e segura. Com isso a importância desta ferramenta de comunicação cujos princípios remonta aos primórdios da telecomunicação, deve ser ressaltada.

De acordo com a matéria extraída nos arquivos da Sociedade Britânica de Rádio, (RSGB, 2018), é notório a importância do uso do código Morse nos dias atuais, visto que, o código Morse prevalece quando o meio de comunicação por voz em banda lateral única (SSB) falha. Não são apenas os fãs obstinados da CW (do inglês *continuous waves* - onda contínua) falando, é um fato bem conhecido e demonstrável.

A transmissão de rádio para cobrir grandes distâncias em Amplitude Modulada (AM) é comumente adstrita de vários problemas; talvez o principal deles seja o fato de uma portadora típica consumir metade da potência de emissão, sendo a outra metade subdividida em duas bandas laterais. Só isso é suficiente para demonstrar boa dose de ineficiência do ponto de vista energético, afinal, metade da energia é gasta numa portadora que não oferece nada de útil para o ouvinte e existem duas bandas semelhantes entre si, que poderiam muito bem ser convertidas numa única. A SSB (*Single side Band*) ou, em português, BLU (Banda Lateral Única), apresenta-se como uma solução para esse problema, permitindo a transmissão em apenas uma das bandas laterais, evitando o desperdício da portadora.

Apesar da redução do desperdício usando SSB, operadores de rádio em todo o mundo trabalham em países distantes usando antenas de fio básicas e CW, pois os sinais de banda lateral única (SSB) em muitos países do mundo são praticamente inaudíveis. Um sinal em CW pode ter mais de 10-20 dB de vantagem sobre um sinal SSB (Carvalho, 2018). Assim, operadores de rádio de longas distâncias colocam muita ênfase no uso do CW como um modo de operação. Além disso, existem outras razões para aprender CW:

- Repetidores de rádio em todo o mundo identificam-se com o código Morse, uma pessoa com o conhecimento em tal linguagem e o código CTCSS (Sistema de Squelch Codificado por Tom Contínuo) para acessá-los, torna-se capaz de descobrir o que está sendo transmitido.
- Os beacons, sinais de rádio que permitem a transcepção de informações atmosféricas, geoposicionamento, etc também usam o Morse para se identificarem.
- As forças armadas utilizam CW para sua comunicação auditiva e visual, contornando várias intempéries naturais para a transcepção.

- Transmissores CW simples podem ser feitos facilmente e operar bem com baixa potência.
- CW pode ser facilmente empregado como uma ferramenta versátil para comunicação com deficientes auditivos e/ou visuais.
- Não envolve problemas de sotaque ou pronúncia, e é uma linguagem internacional amplamente compreendida.

O CW não somente exerce grande influência no ramo das telecomunicações, como também no setor das chamadas tecnologias assistivas, que pressupõem promover o auxílio a pessoas com algum tipo de deficiência. De acordo com Finlayson (2018), recentemente a Google fez uma parceria com uma expert em tecnologia assistiva de código Morse para fazer o código Morse mais acessível. Foi implementado no teclado virtual da Google, o Gboard, o código Morse, tanto para Ios, quanto para Android. Tania Finlayson nasceu com paralisia cerebral e teve sua vida mudada por meio do projeto *“The Morse code Project”*, Tania foi uma das 5 crianças selecionadas para o projeto. O projeto de código Morse foi iniciado por Al Ross na Universidade de Washington, porque o mesmo tinha um amigo que não podia falar, e então viram o código Morse como uma possibilidade de comunicação efetiva para crianças. O projeto foi revolucionário, o dispositivo fazia a reprodução sonora do código Morse para inglês e tinha uma impressora acoplada.

1.2 O Código Morse

O Código Morse foi criado em 1835 pelo pintor e inventor Samuel Finley Breese Morse; trata-se de um sistema de tradução direta entre caracteres alfanuméricos e sinais binários de som ou mesmo vídeo. Apenas dois diferentes símbolos fazem parte do alfabeto Morse. Eles podem ser interpretados sempre que se tenha um sinal longo e um sinal curto, facilmente diferenciada. Codificadores habilidosos podem transmitir e receber código Morse com o piscar de olhos, movimentos do nariz, toque na pele, gestos com os dedos, etc.

Esse sistema é composto por todas as letras do alfabeto e todos os números. Os caracteres são representados por uma combinação específica de pontos e traços, conforme exposto na Figura 1. Para formar as palavras, basta realizar a combinação correta de símbolos. A figura 1 apresenta a codificação Morse.

Figura 1 - Código Morse Internacional para Números e Letras

A	.-	J	.-.-.-	S	...	1	.-.-.-.-
B	----	K	---.	T	-	2	..-.-.-
C	---.	L		U	...-	3	...-.-
D	---	M	--	V	...-	4	-
E	.	N	--.	W	.-.-	5	
F		O	----	X	-	6	-----
G	---	P		Y	---.-	7	-----
H		Q	---.-	Z	----.	8	-----
I	..	R	.-.	0	-----	9	-----

Fonte: Produzido pelo autor

Pode ser facilmente notado que mensagens codificadas em Morse são transmitidas por meio e intervalos de qualquer efeito perceptível, ou seja, através de:

- Pulsos elétricos transmitidos em um cabo;
- Ondas mecânicas (som);
- Sinais visuais (luzes acendendo e apagando);
- Ondas eletromagnéticas (sinais de rádio).

Em 1865, após a realização de algumas modificações no sistema, o Congresso Internacional Telegráfico regulamentou o Código Morse Internacional, fato que proporcionou maior dinamismo às comunicações.

O primeiro registro de resgate marítimo depois de pedido de socorro utilizando o Código Morse ocorreu em 1899, no Estreito de Dover. Em meados do século XIX, a utilização do Código Morse se popularizou rapidamente, atingindo praticamente todos os países europeus.

Até pouco tempo, telegramas eram enviados sob a codificação Morse. Os números das bolsas de valores eram informados remotamente através desse meio.

2 Referencial Teórico

2.1 A Máquina de Turing

A Máquina de Turing é um dos principais formalismos para a construção de máquinas para a resolução de problemas; no princípio, a ideia básica seria estabelecer

um mecanismo para a detecção de procedimentos efetivos (que era a noção de algoritmo, na época); com isso, esse dispositivo formal foi empregado para uma vasta gama de aplicações; como por exemplo:

Como reconhecedora de linguagens na “Hierarquia de Chomsky”:

- Linguagens sensíveis ao contexto;
- Linguagens irrestritas.
- Linguagens menos poderosas, como as linguagens regulares e as linguagens livres de contexto.

Como ferramenta para verificação da de alguns teoremas fundamentais da Teoria da Computação:

- Complexidade: para verificar se uma determinada entrada é solução de um problema em tempo polinomial (identificar problemas NP);
- Computabilidade: Mecanismo de provas para procedimentos indecidíveis.

Como um transdutor, pois em teoria, toda função e procedimento computável pode ser implementada na Máquina de Turing.

Alguns historiadores cogitam que a ideia da MT surgiu quando Turing se olhou em um espelho quando estava tentando resolver um problema. Ele percebeu que para isso ele poderia utilizar apenas um lápis e papel e a capacidade de escrever ou apagar o que foi escrito utilizando uma determinada linguagem. A partir daí ele especificou uma máquina simples, com uma capacidade de processamento bastante limitada, que poderia ser utilizada para resolver os mais diversos problemas. No ponto de vista de Divério e Menezes (2011, p. 133), a representação da MT de modo intuitivo é semelhante a uma pessoa portando um instrumento de apagar e de escrever que realiza cálculos em uma folha organizada em blocos segmentados. O papel seria representado por uma fita de tamanho indefinido, virtualmente infinito, composta por células (espaços) onde seriam escritos os símbolos das linguagens que fossem nela manipulados. O lápis e um apagador (borracha), seriam representados por uma só entidade: um cabeçote de leitura/impressão, capaz de ler o símbolo sobre a fita na célula que estivesse apontando, e escrever um novo símbolo sobre essa célula (inclusive o mesmo símbolo lido); o cabeçote de leitura/impressão não só é responsável por executar os procedimentos de

leitura e escrita dos símbolos da fita, como também a representação do estado corrente da máquina. Além dos componentes já explanados de modo abstrato, a computação da máquina em sua essência é denotada por uma função de transição, que, para Sipser (2011, p. 146) tal função define a sequência de instruções a serem executadas pela máquina de acordo com o estado corrente e símbolos contidos na fita.

Figura 2 - Máquina de Turing com fita vazia



Fonte: Produzido pelo autor.

A MT é então definida como uma tupla, $MT = (Q, \Sigma, \Gamma, q_0, F, \delta)$ onde:

- Q é um conjunto finito de estados;
- Σ é um alfabeto finito de símbolos;
- Γ é o alfabeto da fita (conjunto finito de símbolos);
- q_0 é o estado inicial; $q_0 \in Q$;
- F é o conjunto de estados finais; $F \subset Q$;
- δ é uma função parcial chamada função de transição, onde Δ representa o movimento para a esquerda ($\leftarrow$) ou para a direita ($\rightarrow$); admite-se o emprego de um movimento neutro (-). Assim, temos: $\delta: Q \times \Gamma \rightarrow Q \times \Gamma \times \{\Delta\}$.

2.2 A Máquina de Turing como um Transdutor

O termo transdutor encontra várias definições, dependendo da área implícita no contexto; por exemplo, na eletrônica, pode ser considerado como um circuito capaz de transformar um sinal de entrada de natureza mecânica ou eletromagnética (som, luz, etc.) em sinais elétricos de saída, e vice-versa. Aqui, denotará uma máquina, que recebe um código na entrada e o transforma em outro.

A MT possui vários propósitos, mas destacam-se duas principais modalidades de aplicação: MT como Reconhedora de linguagens e MT como Transdutor. No primeiro papel, como já foi mencionado neste trabalho, a MT é empregada para reconhecer uma

classe muito abrangente de linguagens na Hierarquia de Chomsky²— a Classe das linguagens Recursivas; no entanto, seu uso é bem mais abrangente e suas possibilidades mais diversas quando é utilizada para transformar uma entrada numa saída (Transdução). Essa é a ideia básica de uma máquina de propósito geral (como os computadores modernos).

Neste trabalho, o Transdutor (MT), executará a função de traduzir mensagens codificadas em Morse para sua respectiva correspondência em caracteres alfanuméricos, e vice-versa; para fins de melhor entendimento, como a tradução se dará nos dois sentidos, duas MT farão a respectiva conversão; uma para Morse → Alfanumérico; outra para Alfanumérico → Morse.

3 Desenvolvimento

3.1 O Codificador Morse:

O código Morse não é traduzido da forma direta denotada na tabela de símbolos; outros aspectos relevantes para a compreensão do que se traduz, são estabelecidos através do controle de tempo (espaço) entre símbolos e palavras, além do tempo básico para a caracterização dos sinais binários. Assim, fica estabelecido:

1. O ponto → Sinal curto dit' (·): Representado por um ponto em código ASCII em decimal por 46.
2. O traço → Sinal longo ou 'dah' (-): Representado por um traço em código ASCII pelo decimal 45.
3. Intervalo entre caracteres (entre *pontos* e *traços*): Um espaço em branco;
4. Intervalo curto (entre letras e números): Um espaço em branco;
5. Intervalo médio (entre palavras): Dois espaços em branco consecutivos;
6. Intervalo longo (entre frases): Três espaços em branco consecutivos;

² Hierarquia de Chomsky é a classificação de gramáticas formais descrita em 1959 pelo linguista Noam Chomsky. Esta classificação possui 4 níveis, os níveis 2 e 3 são amplamente utilizados na descrição de linguagem de programação e na implementação de interpretadores e compiladores.

3.1.1 A MT codificadora Alfanumérico → Morse

A MT codificadora de caracteres alfanuméricos para código Morse, é uma variação da máquina clássica, uma variação com duas fitas, e controladores que promoverão o deslocamento dos cabeçotes de leitura e escrita sobre a fita de maneira assíncrona. A MT tradutora têm seu formalismo definido da seguinte maneira:

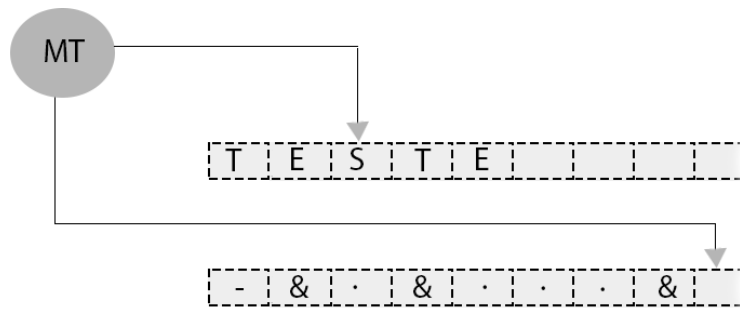
$MT = (Q, \Sigma, \delta, \Gamma^1, \Gamma^2, q_0, F)$ onde:

- $Q = \{q_0, q_{a0}, q_{b0}, q_{b1}, q_{b2}, q_{c0}, q_{c1}, q_{c2}, q_{d0}, q_{d1}, q_{f0}, q_{f1}, q_{f2}, q_{g0}, q_{g1}, q_{h0}, q_{h1}, q_{h2}, q_{i0}, q_{j0}, q_{j1}, q_{j2}, q_{k0}, q_{k1}, q_{l0}, q_{l1}, q_{l2}, q_{m0}, q_{n0}, q_{o0}, q_{o1}, q_{p0}, q_{p1}, q_{p2}, q_{q0}, q_{q1}, q_{q2}, q_{r0}, q_{r1}, q_{s0}, q_{s1}, q_{u0}, q_{u1}, q_{v0}, q_{v1}, q_{v2}, q_{x0}, q_{x1}, q_{x2}, q_{w0}, q_{w1}, q_{y0}, q_{y1}, q_{y2}, q_{z0}, q_{z1}, q_{z2}, q_{00}, q_{01}, q_{02}, q_{03}, q_{10}, q_{11}, q_{12}, q_{13}, q_{20}, q_{21}, q_{22}, q_{23}, q_{30}, q_{31}, q_{32}, q_{33}, q_{40}, q_{41}, q_{42}, q_{43}, q_{50}, q_{51}, q_{52}, q_{53}, q_{60}, q_{61}, q_{62}, q_{63}, q_{70}, q_{71}, q_{72}, q_{73}, q_{80}, q_{81}, q_{82}, q_{83}, q_{90}, q_{91}, q_{92}, q_{93}, q_{aBRANCO}, q_{bBRANCO}, q_{cBRANCO}, q_{dBRANCO}, q_{eBRANCO}, q_{fBRANCO}, q_{gBRANCO}, q_{hBRANCO}, q_{iBRANCO}, q_{jBRANCO}, q_{kBRANCO}, q_{lBRANCO}, q_{mBRANCO}, q_{nBRANCO}, q_{oBRANCO}, q_{pBRANCO}, q_{qBRANCO}, q_{rBRANCO}, q_{sBRANCO}, q_{tBRANCO}, q_{uBRANCO}, q_{vBRANCO}, q_{xBRANCO}, q_{wBRANCO}, q_{yBRANCO}, q_{zBRANCO}, q_{0BRANCO}, q_{1BRANCO}, q_{2BRANCO}, q_{3BRANCO}, q_{4BRANCO}, q_{5BRANCO}, q_{6BRANCO}, q_{7BRANCO}, q_{8BRANCO}, q_{9BRANCO}, q_{finaliza}, q_f\}$;
- $\Sigma = \{A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, ., -, \&\}$;
- $\Gamma^1 = \Sigma - \Gamma^2$;
- $\Gamma^2 = \{., -\}$;
- q_0 é o estado inicial; $q_0 \in Q$;
- $F = \{q_f\}$;
- $\&$ = Símbolo de espaço em branco. Quando na fita Γ^1 surgir um único caractere branco, significa que há uma espaço entre palavras em um texto, esse espaço é mapeado na fita Γ^2 com dois símbolos em branco, quando na primeira fita for encontrado dois símbolos em branco, a máquina escreverá na segunda fita três símbolos em branco e partirá do estado corrente para o estado final. Um único símbolo de espaço em branco na segunda fita (Γ^2), representa o fim de um código Morse.

O símbolo δ representa a função de transição, responsável por computar os símbolos das fitas, e produzir os movimentos da unidade de controle sobre as fitas, onde $\Delta = \{\leftarrow, \downarrow, \rightarrow\}$, movimento no sentido esquerdo ($\leftarrow$), movimento no sentido direito ($\rightarrow$), como também o movimento neutro ($\downarrow$), que permite que a unidade de

controle permaneça na posição corrente da fita. Assim, temos, $\delta: Q \times \Gamma^k \rightarrow Q \times \Gamma^k \times \Delta^k$ para representar a relação de entrada e saída da máquina para o programa tradutor de palavras alfanuméricas para código Morse, k é o número de fitas utilizadas pela máquina, e a expressão para a representação da entrada e saída da máquina pode ser denotada como, $\delta: (q_i, e_1, e_2, \dots, e_k) = (q_j, s_1, s_2, \dots, s_k, \leftarrow, \rightarrow, \dots, \downarrow)$, onde q_i é o estado corrente da máquina, e_k os símbolos de entradas de acordo com sua respectiva k fita, q_j representa o próximo estado da máquina, s_k são os símbolos que serão escritos na sua respectiva k fita. neste contexto utilizaremos somente duas fitas, logo a expressão é denotada como, $\delta: Q \times \Gamma^1 \times \Gamma^2 \rightarrow Q \times \Gamma^1 \times \Gamma^2 \times \Delta^1 \times \Delta^2$, que também pode ser expresso desta maneira, $\delta: (q_i, e_1, e_2) = (q_j, s_1, s_2, \Delta^1, \Delta^2)$.

Figura 3 - Representação da MT Alfanumérico $\rightarrow$ Morse



Fonte: Produzido pelo autor

3.1.2 Quadro da função de transição

Para uma melhor visualização da computação dos procedimentos de tradução dos símbolos foi produzido um quadro para a função de transição (δ), contento todos os estados da máquina, símbolos de entrada para cada fita, estados futuros, símbolos a serem gravados nas fitas e os movimentos para cada fita. Tal quadro encontra-se no Apêndice A.

3.1.3 Exemplo da Máquina codificadora Alfanumérico $\rightarrow$ Morse

Dado uma palavra w formada por uma cadeia de caracteres pertencentes ao conjunto Γ^1 (conjunto explicito na seção 3.1.1), será feito a tradução da palavra w , contida na fita Γ^1 , e seu resultado será uma palavra h formada por uma cadeia de caracteres pertencentes ao conjuntos Γ^2 (conjunto já definido na seção 3.1.1), cuja será

gravada na fita Γ^2 . A Frase utilizada para exemplificar o procedimento da máquina, “As máquinas me surpreendem muito frequentemente”. Abaixo demonstramos visualmente como os dados são expressos nas suas respectivas fitas:

w: AS&MAQUINAS&ME&SURPREENDEM&MUITO&FREQUENTEMENTE&&

[illegible]

O quadro que apresenta a computação da máquina de acordo com a função de transição (δ) para o exemplo descrito encontra-se no Apêndice B.

4 Conclusão

Com a produção deste artigo, foi possível verificar a importância do objeto de exemplo (código Morse), tanto no contexto histórico das telecomunicações, como nas demais aplicações que mantiveram esse código ativo até os dias de hoje. Foi também possível compreender o formalismo representado pela MT, de maneira a produzir a solução de um problema prático real.

A máquina produzida permitiu explorar uma extensão da MT original, possibilitando assim utilizar dois meios distintos para armazenar as linguagens empregadas na tradução, mostrando que esse formalismo esconde uma extraordinária capacidade de adaptação às soluções problemas, podendo modificar partes da sua estrutura constituinte para moldar a forma mais prática e simples para armazenar e processar informação.

Foi ainda verificada a escassez de exemplos de aplicações da MT como transdutor na literatura, principalmente quando se utiliza versões mais complexas que a MT original. Isso também é verdade quando se busca informações no campo da teoria da computação para as variantes da máquina de Turing e a computabilidade de problemas.

Como trabalho futuro, será estudada a possibilidade de aplicar a mesma problemática à uma máquina com o formalismo padrão de Turing, fazendo o comparativo da complexidade temporal de ambas as máquinas em uma visão pedagógica.

5 Referências

- CASSOL, V. J., LOPES, L., & RIVA, A. D. **Utilização de Máquina de Turing aplicada a um problema de comparação de Listas de Palavras**. Revista Brasileira de Computação Aplicada, 2(2), 32-46, 2010.
- CARVALHO, L.: **Mundo da Rádio - O universo da rádio, na Internet – arquivos técnicos**. Disponível em: <http://www.mundodaradio.com/artigos/o_que_e_a_ssb.html>. Acesso em: 21 de mar. 2018.
- CERQUEIRA, F. W.: **"Código Morse"; Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/codigo-morse.htm>>. Acesso em: 25 de mar. 2018.
- DIVERIO, Tiarajú A. ; MENEZES, Paulo Blauth. **Teoria da Computação: Máquinas Universais e Computabilidade - Vol.5 - 3ª edição**. Porto Alegre: Bookman, 2011. pg 132-154.
- FINLAYSON, Tania. **Google Making Morse code available to more people on Gboard**. Disponível em: < <https://www.blog.google/products/search/making-morse-code-available-more-people-gboard/>>. Acesso em: 06 de ago. 2018.
- KATZ, J. V.: **The History Of Mathematics**: Pearsons Education Limited Ed – London, 2014.
- MELLO, Otavio. **O que é BEACON?**. 2012. Disponível em: <<https://otaviomello.wordpress.com/2012/11/07/o-que-e-beacon/>>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- RSGB - RADIO SOCIETY OF GREAT BRITAIN - **Morse code is still worth learning – but why?** Disponível em: <<http://rsgb.org/main/get-started-in-amateur-radio/operating-your-new-station/morse-code-is-still-worth-learning-but-why/>>. Acesso em: 19 de março. 2018.
- SIPSER, Michael. **Introdução à Teoria da Computação: Trad. 2ª ed. norte-americana**. São Paulo: Editora Cengage, 2007. pg 143-170.

APÊNDICE A – Tabela de transição da máquina Alfanumérico → Morse

$Q \times \Gamma^1 \times \Gamma^2$	$Q \times \Gamma^1 \times \Gamma^2 \times \Delta^1 \times \Delta^2$	$(q_0, 9, \emptyset)$	$(q_{90}, 9, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, A, \emptyset)$	$(q_{a0}, A, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{a0}, A, \emptyset)$	$(q_{aBRANCO}, A, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, B, \emptyset)$	$(q_{b0}, B, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{b0}, B, \emptyset)$	$(q_{b1}, B, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, C, \emptyset)$	$(q_{c0}, C, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{b1}, B, \emptyset)$	$(q_{b2}, B, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, D, \emptyset)$	$(q_{d0}, D, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{b2}, B, \emptyset)$	$(q_{bBRANCO}, B, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, E, \emptyset)$	$(q_{eBRANCO}, E, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{c0}, C, \emptyset)$	$(q_{c1}, C, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, F, \emptyset)$	$(q_{f0}, F, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{c1}, C, \emptyset)$	$(q_{c2}, C, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, G, \emptyset)$	$(q_{g0}, G, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{c2}, C, \emptyset)$	$(q_{cBRANCO}, C, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, H, \emptyset)$	$(q_{h0}, H, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{d0}, D, \emptyset)$	$(q_{d1}, D, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, I, \emptyset)$	$(q_{i0}, I, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{d1}, D, \emptyset)$	$(q_{dBRANCO}, D, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, J, \emptyset)$	$(q_{j0}, J, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{f0}, F, \emptyset)$	$(q_{f1}, F, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, K, \emptyset)$	$(q_{k0}, K, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{f1}, F, \emptyset)$	$(q_{f2}, F, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, L, \emptyset)$	$(q_{l0}, L, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{f2}, F, \emptyset)$	$(q_{fBRANCO}, F, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, M, \emptyset)$	$(q_{m0}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{g0}, G, \emptyset)$	$(q_{g1}, G, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, N, \emptyset)$	$(q_{n0}, N, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{g1}, G, \emptyset)$	$(q_{gBRANCO}, G, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, O, \emptyset)$	$(q_{o0}, O, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{h0}, H, \emptyset)$	$(q_{h1}, H, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, P, \emptyset)$	$(q_{p0}, P, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{h1}, H, \emptyset)$	$(q_{h2}, H, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, Q, \emptyset)$	$(q_{q0}, Q, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{h2}, H, \emptyset)$	$(q_{hBRANCO}, H, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, R, \emptyset)$	$(q_{r0}, R, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{i0}, I, \emptyset)$	$(q_{iBRANCO}, I, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, S, \emptyset)$	$(q_{s0}, S, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{j0}, J, \emptyset)$	$(q_{j1}, J, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, T, \emptyset)$	$(q_{tBRANCO}, T, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{j1}, J, \emptyset)$	$(q_{j2}, J, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, U, \emptyset)$	$(q_{u0}, U, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{j2}, J, \emptyset)$	$(q_{jBRANCO}, J, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, V, \emptyset)$	$(q_{v0}, V, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{k0}, K, \emptyset)$	$(q_{k1}, K, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, X, \emptyset)$	$(q_{x0}, X, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{k1}, K, \emptyset)$	$(q_{kBRANCO}, K, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, W, \emptyset)$	$(q_{w0}, W, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{l0}, L, \emptyset)$	$(q_{l1}, L, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, Y, \emptyset)$	$(q_{y0}, Y, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{l1}, L, \emptyset)$	$(q_{l2}, L, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, Z, \emptyset)$	$(q_{z0}, Z, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{l2}, L, \emptyset)$	$(q_{lBRANCO}, L, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, 0, \emptyset)$	$(q_{00}, 0, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{m0}, M, \emptyset)$	$(q_{mBRANCO}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, 1, \emptyset)$	$(q_{10}, 1, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{n0}, N, \emptyset)$	$(q_{nBRANCO}, N, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, 2, \emptyset)$	$(q_{20}, 2, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{o0}, O, \emptyset)$	$(q_{o1}, O, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, 3, \emptyset)$	$(q_{30}, 3, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{o1}, O, \emptyset)$	$(q_{oBRANCO}, O, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, 4, \emptyset)$	$(q_{40}, 4, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{p0}, P, \emptyset)$	$(q_{p1}, P, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, 5, \emptyset)$	$(q_{50}, 5, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{p1}, P, \emptyset)$	$(q_{p2}, P, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, 6, \emptyset)$	$(q_{60}, 6, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{p2}, P, \emptyset)$	$(q_{pBRANCO}, P, ., \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, 7, \emptyset)$	$(q_{70}, 7, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{q0}, Q, \emptyset)$	$(q_{q1}, Q, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, 8, \emptyset)$	$(q_{80}, 8, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{q1}, Q, \emptyset)$	$(q_{q2}, Q, ., \downarrow, \rightarrow)$

$(q_{q2}, Q, \emptyset)$	$(q_{qBRANCO}, Q, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{jBRANCO}, J, \emptyset)$	$(q_0, J, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{r0}, R, \emptyset)$	$(q_{r1}, R, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{kBRANCO}, K, \emptyset)$	$(q_0, K, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{r1}, R, \emptyset)$	$(q_{rBRANCO}, R, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{lBRANCO}, L, \emptyset)$	$(q_0, L, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{33}, 3, \emptyset)$	$(q_{3BRANCO}, 3, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{mBRANCO}, M, \emptyset)$	$(q_0, M, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{40}, 4, \emptyset)$	$(q_{41}, 4, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{nBRANCO}, N, \emptyset)$	$(q_0, N, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{41}, 4, \emptyset)$	$(q_{42}, 4, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{oBRANCO}, O, \emptyset)$	$(q_0, O, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{42}, 4, \emptyset)$	$(q_{43}, 4, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{pBRANCO}, P, \emptyset)$	$(q_0, P, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{43}, 4, \emptyset)$	$(q_{4BRANCO}, 4, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{qBRANCO}, Q, \emptyset)$	$(q_0, Q, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{50}, 5, \emptyset)$	$(q_{51}, 5, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{rBRANCO}, R, \emptyset)$	$(q_0, R, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{51}, 5, \emptyset)$	$(q_{52}, 5, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{sBRANCO}, S, \emptyset)$	$(q_0, S, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{52}, 5, \emptyset)$	$(q_{53}, 5, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{tBRANCO}, T, \emptyset)$	$(q_0, T, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{53}, 5, \emptyset)$	$(q_{5BRANCO}, 5, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{uBRANCO}, U, \emptyset)$	$(q_0, U, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{60}, 6, \emptyset)$	$(q_{61}, 6, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{vBRANCO}, V, \emptyset)$	$(q_0, V, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{61}, 6, \emptyset)$	$(q_{62}, 6, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{xBRANCO}, X, \emptyset)$	$(q_0, X, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{62}, 6, \emptyset)$	$(q_{63}, 6, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{wBRANCO}, W, \emptyset)$	$(q_0, W, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{63}, 6, \emptyset)$	$(q_{6BRANCO}, 6, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{yBRANCO}, Y, \emptyset)$	$(q_0, Y, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{70}, 7, \emptyset)$	$(q_{71}, 7, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{zBRANCO}, Z, \emptyset)$	$(q_0, Z, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{71}, 7, \emptyset)$	$(q_{72}, 7, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{0BRANCO}, 0, \emptyset)$	$(q_0, 0, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{72}, 7, \emptyset)$	$(q_{73}, 7, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{1BRANCO}, 1, \emptyset)$	$(q_0, 1, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{73}, 7, \emptyset)$	$(q_{7BRANCO}, 7, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{3BRANCO}, 3, \emptyset)$	$(q_0, 3, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{80}, 8, \emptyset)$	$(q_{81}, 8, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{4BRANCO}, 4, \emptyset)$	$(q_0, 4, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{81}, 8, \emptyset)$	$(q_{82}, 8, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{5BRANCO}, 5, \emptyset)$	$(q_0, 5, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{82}, 8, \emptyset)$	$(q_{83}, 8, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{6BRANCO}, 6, \emptyset)$	$(q_0, 6, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{83}, 8, \emptyset)$	$(q_{8BRANCO}, 8, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{7BRANCO}, 7, \emptyset)$	$(q_0, 7, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{90}, 9, \emptyset)$	$(q_{91}, 9, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{8BRANCO}, 8, \emptyset)$	$(q_0, 8, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{91}, 9, \emptyset)$	$(q_{92}, 9, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{9BRANCO}, 9, \emptyset)$	$(q_0, 9, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{92}, 9, \emptyset)$	$(q_{93}, 9, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, \&, \emptyset)$	$(q_{finaliza}, \&, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{93}, 9, \emptyset)$	$(q_{9BRANCO}, 9, ., \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, \&, \emptyset)$	$(q_f, \&, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{aBRANCO}, A, \emptyset)$	$(q_0, A, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, A, \emptyset)$	$(q_0, A, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{bBRANCO}, B, \emptyset)$	$(q_0, B, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, B, \emptyset)$	$(q_0, B, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{cBRANCO}, C, \emptyset)$	$(q_0, C, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, C, \emptyset)$	$(q_0, C, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{dBRANCO}, D, \emptyset)$	$(q_0, D, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, D, \emptyset)$	$(q_0, D, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{eBRANCO}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{fBRANCO}, F, \emptyset)$	$(q_0, F, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, F, \emptyset)$	$(q_0, F, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{gBRANCO}, G, \emptyset)$	$(q_0, G, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, G, \emptyset)$	$(q_0, G, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{hBRANCO}, H, \emptyset)$	$(q_0, H, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, H, \emptyset)$	$(q_0, H, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{iBRANCO}, I, \emptyset)$	$(q_0, I, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, I, \emptyset)$	$(q_0, I, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$

$(q_{\text{finaliza}}, J, \emptyset)$	$(q_0, J, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, W, \emptyset)$	$(q_0, W, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, K, \emptyset)$	$(q_0, K, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, Y, \emptyset)$	$(q_0, Y, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, L, \emptyset)$	$(q_0, L, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, Z, \emptyset)$	$(q_0, Z, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, M, \emptyset)$	$(q_0, M, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, 0, \emptyset)$	$(q_0, 0, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, N, \emptyset)$	$(q_0, N, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, 1, \emptyset)$	$(q_0, 1, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, O, \emptyset)$	$(q_0, O, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, 2, \emptyset)$	$(q_0, 2, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, P, \emptyset)$	$(q_0, P, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, 3, \emptyset)$	$(q_0, 3, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, Q, \emptyset)$	$(q_0, Q, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, 4, \emptyset)$	$(q_0, 4, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, R, \emptyset)$	$(q_0, R, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, 5, \emptyset)$	$(q_0, 5, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, S, \emptyset)$	$(q_0, S, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, 6, \emptyset)$	$(q_0, 6, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, T, \emptyset)$	$(q_0, T, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, 7, \emptyset)$	$(q_0, 7, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, U, \emptyset)$	$(q_0, U, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, 8, \emptyset)$	$(q_0, 8, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, V, \emptyset)$	$(q_0, V, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_{\text{finaliza}}, 9, \emptyset)$	$(q_0, 9, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{\text{finaliza}}, X, \emptyset)$	$(q_0, X, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$		

APÊNDICE B – Tabela de transição da computação da máquina para o exemplo

$Q \times \Gamma^1 \times \Gamma^2$	$Q \times \Gamma^1 \times \Gamma^2 \times \Delta^1 \times \Delta^2$		
$(q_0, A, \emptyset)$	$(q_{a0}, A, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, E, \emptyset)$	$(q_{eBRANCO}, E, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{a0}, A, \emptyset)$	$(q_{aBRANCO}, A, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{eBRANCO}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{aBRANCO}, A, \emptyset)$	$(q_0, A, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_0, \&, \emptyset)$	$(q_{finaliza}, \&, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, S, \emptyset)$	$(q_{s0}, S, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, S, \emptyset)$	$(q_0, S, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{s0}, S, \emptyset)$	$(q_{s1}, S, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, S, \emptyset)$	$(q_{s0}, S, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{s1}, S, \emptyset)$	$(q_{sBRANCO}, S, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{s0}, S, \emptyset)$	$(q_{s1}, S, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{sBRANCO}, S, \emptyset)$	$(q_0, S, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{s1}, S, \emptyset)$	$(q_{sBRANCO}, S, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, \&, \emptyset)$	$(q_{finaliza}, \&, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{sBRANCO}, S, \emptyset)$	$(q_0, S, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{finaliza}, M, \emptyset)$	$(q_0, M, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_0, U, \emptyset)$	$(q_{u0}, U, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, M, \emptyset)$	$(q_{m0}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{u0}, U, \emptyset)$	$(q_{u1}, U, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{m0}, M, \emptyset)$	$(q_{mBRANCO}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{u1}, U, \emptyset)$	$(q_{uBRANCO}, U, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{mBRANCO}, M, \emptyset)$	$(q_0, M, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{uBRANCO}, U, \emptyset)$	$(q_0, U, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, A, \emptyset)$	$(q_{a0}, A, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, R, \emptyset)$	$(q_{r0}, R, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{a0}, A, \emptyset)$	$(q_{aBRANCO}, A, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{r0}, R, \emptyset)$	$(q_{r1}, R, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{aBRANCO}, A, \emptyset)$	$(q_0, A, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{r1}, R, \emptyset)$	$(q_{rBRANCO}, R, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, Q, \emptyset)$	$(q_{q0}, Q, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{rBRANCO}, R, \emptyset)$	$(q_0, R, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{q0}, Q, \emptyset)$	$(q_{q1}, Q, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, P, \emptyset)$	$(q_{p0}, P, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{q1}, Q, \emptyset)$	$(q_{q2}, Q, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{p0}, P, \emptyset)$	$(q_{p1}, P, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{q2}, Q, \emptyset)$	$(q_{qBRANCO}, Q, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{p1}, P, \emptyset)$	$(q_{p2}, P, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{qBRANCO}, Q, \emptyset)$	$(q_0, Q, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{p2}, P, \emptyset)$	$(q_{pBRANCO}, P, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, U, \emptyset)$	$(q_{u0}, U, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{pBRANCO}, P, \emptyset)$	$(q_0, P, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{u0}, U, \emptyset)$	$(q_{u1}, U, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, R, \emptyset)$	$(q_{r0}, R, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{u1}, U, \emptyset)$	$(q_{uBRANCO}, U, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{r0}, R, \emptyset)$	$(q_{r1}, R, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{uBRANCO}, U, \emptyset)$	$(q_0, U, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{r1}, R, \emptyset)$	$(q_{rBRANCO}, R, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, I, \emptyset)$	$(q_{i0}, I, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{rBRANCO}, R, \emptyset)$	$(q_0, R, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{i0}, I, \emptyset)$	$(q_{iBRANCO}, I, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, E, \emptyset)$	$(q_{eBRANCO}, E, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{iBRANCO}, I, \emptyset)$	$(q_0, I, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{eBRANCO}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, N, \emptyset)$	$(q_{n0}, N, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, E, \emptyset)$	$(q_{eBRANCO}, E, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{n0}, N, \emptyset)$	$(q_{nBRANCO}, N, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{eBRANCO}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{nBRANCO}, N, \emptyset)$	$(q_0, N, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_0, D, \emptyset)$	$(q_{d0}, D, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, A, \emptyset)$	$(q_{a0}, A, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{d0}, D, \emptyset)$	$(q_{d1}, D, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{a0}, A, \emptyset)$	$(q_{aBRANCO}, A, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{d1}, D, \emptyset)$	$(q_{dBRANCO}, D, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{aBRANCO}, A, \emptyset)$	$(q_0, A, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{dBRANCO}, D, \emptyset)$	$(q_0, D, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, S, \emptyset)$	$(q_{s0}, S, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, E, \emptyset)$	$(q_{eBRANCO}, E, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{s0}, S, \emptyset)$	$(q_{s1}, S, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{eBRANCO}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{s1}, S, \emptyset)$	$(q_{sBRANCO}, S, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, M, \emptyset)$	$(q_{m0}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{sBRANCO}, S, \emptyset)$	$(q_0, S, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{m0}, M, \emptyset)$	$(q_{mBRANCO}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_0, \&, \emptyset)$	$(q_{finaliza}, \&, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{mBRANCO}, M, \emptyset)$	$(q_0, M, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{finaliza}, M, \emptyset)$	$(q_0, M, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$	$(q_0, \&, \emptyset)$	$(q_{finaliza}, \&, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, M, \emptyset)$	$(q_{m0}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_{finaliza}, M, \emptyset)$	$(q_0, M, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_{m0}, M, \emptyset)$	$(q_{mBRANCO}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$	$(q_0, M, \emptyset)$	$(q_{m0}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{mBRANCO}, M, \emptyset)$	$(q_0, M, \&, \rightarrow, \rightarrow)$	$(q_{m0}, M, \emptyset)$	$(q_{mBRANCO}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$
		$(q_{mBRANCO}, M, \emptyset)$	$(q_0, M, \&, \rightarrow, \rightarrow)$

$(q_0, U, \emptyset)$	$(q_{u0}, U, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{u0}, U, \emptyset)$	$(q_{u1}, U, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{u1}, U, \emptyset)$	$(q_{uBRANCO}, U, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{uBRANCO}, U, \emptyset)$	$(q_0, U, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, I, \emptyset)$	$(q_{i0}, I, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{i0}, I, \emptyset)$	$(q_{iBRANCO}, I, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{iBRANCO}, I, \emptyset)$	$(q_0, I, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, T, \emptyset)$	$(q_{tBRANCO}, T, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{tBRANCO}, T, \emptyset)$	$(q_0, T, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, O, \emptyset)$	$(q_{o0}, O, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{o0}, O, \emptyset)$	$(q_{o1}, O, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{o1}, O, \emptyset)$	$(q_{oBRANCO}, O, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{oBRANCO}, O, \emptyset)$	$(q_0, O, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, \&, \emptyset)$	$(q_{finaliza}, \&, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{finaliza}, F, \emptyset)$	$(q_0, F, \emptyset, \downarrow, \downarrow)$
$(q_0, F, \emptyset)$	$(q_{f0}, F, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{f0}, F, \emptyset)$	$(q_{f1}, F, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{f1}, F, \emptyset)$	$(q_{f2}, F, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{f2}, F, \emptyset)$	$(q_{fBRANCO}, F, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{fBRANCO}, F, \emptyset)$	$(q_0, F, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, R, \emptyset)$	$(q_{r0}, R, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{r0}, R, \emptyset)$	$(q_{r1}, R, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{r1}, R, \emptyset)$	$(q_{rBRANCO}, R, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{rBRANCO}, R, \emptyset)$	$(q_0, R, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, E, \emptyset)$	$(q_{eBRANCO}, E, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{eBRANCO}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, Q, \emptyset)$	$(q_{q0}, Q, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{q0}, Q, \emptyset)$	$(q_{q1}, Q, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{q1}, Q, \emptyset)$	$(q_{q2}, Q, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{q2}, Q, \emptyset)$	$(q_{qBRANCO}, Q, -, \downarrow, \rightarrow)$

$(q_{qBRANCO}, Q, \emptyset)$	$(q_0, Q, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, U, \emptyset)$	$(q_{u0}, U, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{u0}, U, \emptyset)$	$(q_{u1}, U, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{u1}, U, \emptyset)$	$(q_{uBRANCO}, U, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{uBRANCO}, U, \emptyset)$	$(q_0, U, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, E, \emptyset)$	$(q_{eBRANCO}, E, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{eBRANCO}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, N, \emptyset)$	$(q_{n0}, N, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{n0}, N, \emptyset)$	$(q_{nBRANCO}, N, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{nBRANCO}, N, \emptyset)$	$(q_0, N, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, T, \emptyset)$	$(q_{tBRANCO}, T, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{tBRANCO}, T, \emptyset)$	$(q_0, T, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, E, \emptyset)$	$(q_{eBRANCO}, E, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{eBRANCO}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, M, \emptyset)$	$(q_{m0}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{m0}, M, \emptyset)$	$(q_{mBRANCO}, M, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{mBRANCO}, M, \emptyset)$	$(q_0, M, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, E, \emptyset)$	$(q_{eBRANCO}, E, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{eBRANCO}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, N, \emptyset)$	$(q_{n0}, N, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{n0}, N, \emptyset)$	$(q_{nBRANCO}, N, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{nBRANCO}, N, \emptyset)$	$(q_0, N, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, T, \emptyset)$	$(q_{tBRANCO}, T, -, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{tBRANCO}, T, \emptyset)$	$(q_0, T, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, E, \emptyset)$	$(q_{eBRANCO}, E, \cdot, \downarrow, \rightarrow)$
$(q_{eBRANCO}, E, \emptyset)$	$(q_0, E, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_0, \&, \emptyset)$	$(q_{finaliza}, \&, \&, \rightarrow, \rightarrow)$
$(q_{finaliza}, \&, \emptyset)$	$(q_f, \&, \&, \rightarrow, \rightarrow)$