Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Apucarana

Engenharia De Computação

Teoria da Computação

Trabalho Final: Máquina de Turing Determinística

Eduardo Yuji Yoshida Yamada

Apucarana-PR, 2022

Eduardo Yuji Yoshida Yamada

Trabalho Final: Máquina de Turing Determinística

Relatório Técnico do Trabalho Disciplinar apresentado como requisito parcial à obtenção de nota na disciplina de Teoria da Computação do Curso Superior de Engenharia de Computação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Lucio Agostinho Rocha

Apucarana-PR, 2023

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma Máquina de Turing Determinística utilizando a implementação de um Autômato Finito Determinístico que foi gerado a partir de um Autômato Finito Não-Determinístico, utilizando o teorema da equivalência, na qual dado uma linguagem com alfabeto de 0 e 1, o autômato chegará ao estado final e aceitará a sentença ou não. O autômato foi implementado na linguagem C.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

Neste Projeto ocorreu a implementação de uma Máquina de Turing para reconhecer uma linguagem, para entender melhor os conceitos, será dada uma breve descrição.

Um Autômato Finito é um sistema de estados pré definidos e finitos, possuindo estados e transições. Ele pode ser dividido em determinísticos, não-determinísticos e com movimentos vazios.

"Um autômato finito sempre para ao processar qualquer entrada pois, como qualquer palavra é finita, e como um novo símbolo da entrada é lido a cada aplicação da função programa, não existe a possibilidade de ciclo (loop) infinito". (MENEZES, 2011, p. 71)

Foi explorado, neste projeto, um Autômato Finito Não-Determinístico (AFN). Essa AFN foi transformada em um Autômato Finito Determinístico (AFD).

1.1 MÁQUINA DE TURING

A Máquina de Turing (MT) é um modelo abstrato de máquina que pode computar, calcular, raciocinar e até mesmo ser capaz de pensar. A Máquina de Turing pode fazer tudo o que um computador pode fazer, ela é utilizada para identificar funções computáveis. A saída de uma MT é obtida nos estados de ACEITA ou REJEITA, caso ela não alcance um desses estados ela permanece em estado de loop, com exceção de uma Máquina de Turing Determinística, que nunca entrará em loop

A MT consiste em uma fita, um cabeçote, um registrador de estados e uma tabela de ação.

- A fita contém os símbolos do alfabeto, sendo a fita infinita. Inicialmente a fita contém apenas as palavras de entrada. Se a máquina precisar armazenar uma informação ela pode escrever na fita. Para ler a informação, a máquina pode mover o cabeçote sobre ela;
- O Cabeçote pode ler ou escrever na fita, movendo-se para direita ou esquerda;
- O registrador de estados armazena o estado da Máquina de Turing;
- A tabela de ação ou matriz de transição, diz à máquina de símbolo escrever, como mover o cabeçote e qual será o novo estado.

1.2 AUTÔMATO FINITO NÃO-DETERMINÍSTICO

Um AFN é um Autômato cujo, a partir do estado atual, ao receber uma entrada, pode transitar para um conjunto de estados alternativos. A transição depende do estado atual e do símbolo de entrada.

"Portanto, a cada transição não determinista, novos caminhos alternativos são possíveis, definindo uma árvore de opções".(MENEZES, 2011, p. 78)

O AFN pode ser descrito por uma quíntupla M = (Σ,Q,δ,q0,F).

Sendo nessa quíntupla:

- Σ: alfabeto (finito) de entrada;
- Q: conjunto (finito) de estados;
- δ: conjunto de transições (função parcial, função de transição ou programa) $\delta: Q x \Sigma \rightarrow 2^{Q}$;
- q0: estado inicial (q0 ∈ Q);
- F: conjunto de estados finais (F ⊆ Q).

A função de transição é definida como: δ(p,a) = {q1, q2, … , qn}

Uma sentença, no AFN, é válida se a transição chegar no estado final. Caso a transição termine em um estado não final ou não possua transição para um estado com o símbolo da sentença, a sentença não será reconhecida. Não existe sentença inválida, ela apenas não é reconhecida pela linguagem.

Em relação a parada de processamento. A entrada é aceita se, após processar o último símbolo da fita, existir pelo menos um estado final que pertence ao conjunto de estados alternativos alcançados. A entrada é rejeitada se, após processar o último símbolo da fita, todos os estados alternativos alcançados são não-finais ou não há transições para o símbolo da sentença.

Um AFN pode ser transformado em um AFD.

1.3 AUTÔMATO FINITO DETERMINÍSTICO

Um AFD é um sistema de estados pré definidos e finitos.

O AFD pode ser descrito por uma quíntupla M = (Σ,Q,δ,q0,F).

Sendo nessa quíntupla:

- Σ: alfabeto (finito) de entrada;
- Q: conjunto (finito) de estados;

- δ: conjunto de transições (função parcial, função de transição ou programa) $\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$;
- q0: estado inicial ($q0 \in Q$);
- F: conjunto de estados finais ($F \subseteq Q$).

A função de transição é definida como: $\delta(p,a) = q$

Uma sentença, no AFD, é válida se a transição chegar no estado final. Caso a transição termine em um estado não final ou não possua transição para um estado com o símbolo da sentença, a sentença não será reconhecida. Não existe sentença inválida, ela apenas não é reconhecida pela linguagem.

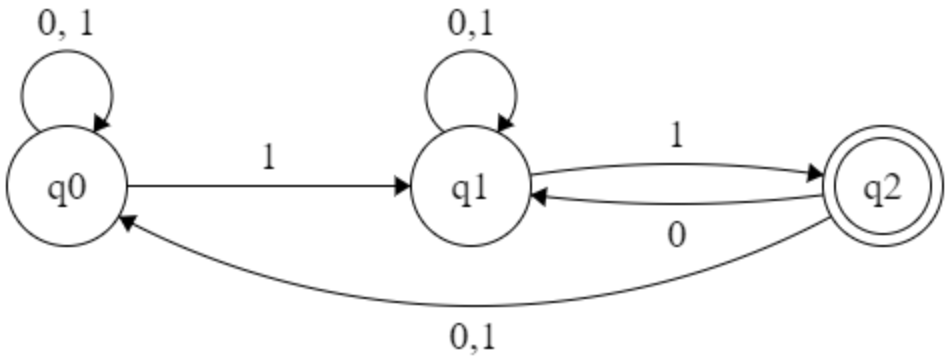
Em relação a parada de processamento. A palavra é aceita se a função de transição alcançar um estado final. A palavra é não-reconhecida se: a função de transição terminar a leitura em um estado não final ou a função transição não possui transição para um estado com o símbolo da palavra. Não há palavra inválida, apenas não é reconhecida pela linguagem.

2. DESENVOLVIMENTO

Para o trabalho final, foi escolhido um Autômato Finito Não-Determinístico representado pela quíntupla: M=({q0, q1, q2}, {0, 1}, δ, q0, q2).

O AFN pode ser representado pela figura 1 a seguir:

Figura 1: AFN



Fonte: Autoria Própria (2023)

Nesse autômato q0 é onde ocorre a entrada, a primeira iteração, podendo ir para q1 ou permanecer em q0. Essa dualidade na transição para saber em qual estado ele se encontra é o que faz dele um autômato não determinístico.

Matriz de transições:

Tabela 1: Matriz de Transições do AFN

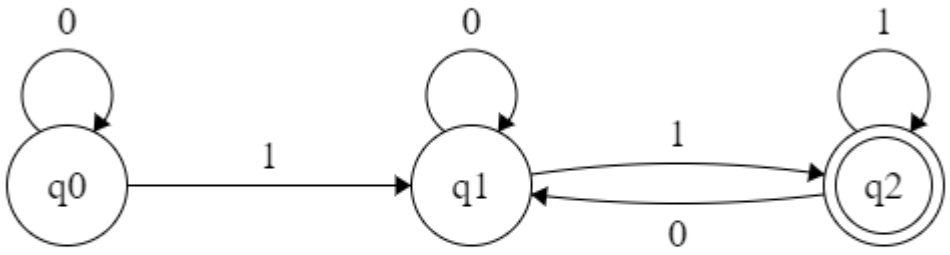
Estados/Entradas	1	0
q0	<q0,q1>	<q0>
q1	<q1,q2>	<q1>
q2	<q0>	<q0,q1>

Fonte: Autoria Própria (2023)

Fazendo uma análise é possível verificar que o autômato acima é um não-determinístico, pois a partir de uma entrada é possível haver mais de uma transição.

Aplicando o algoritmo do Teorema da Equivalência é possível transformar o AFN em um AFD, dessa forma obtemos o seguinte autômato:

Figura 2: AFD



Fonte: Autoria Própria (2023)

Para esse AFD temos a seguinte matriz de transições:

Tabela 2: Matriz de Transições do AFD

Estados/Entradas	1	0
q0	<q1>	<q0>
q1	<qq2>	<q1>
q2	<q2>	<q1>

Fonte: Autoria Própria (2023)

A partir desse AFD foi gerado um código em linguagem ‘C’ que simula esse autômato.

O código utilizado está descrito abaixo:

```
/*
   Automato Finito Deterministico

   Autor: Eduardo Yuji Yoshida Yamada
```

```
    Recebe valores 0 e 1

 */

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h> //strlen


int verificaAlfabeto(char input[200], int max, char E[2]){
    for (int i = 0; i < max; i++){
        if (input[i] != E[0] && input[i] != E[1]){
            printf("\nCaractere %c NAO foi aceito.\n", input[i]);
            return 0; //se não for nenhum das possibilidades do alfabeto, fecha
imediatamente pois não é preciso
        }
    }
    return 1;
}



int AFD(char input[200], int max, int init){
    int inputPointer = 0; //primeiro valor de input
    int statePointer = init; //primeiro estado = init
    int sizeInput = strlen(input);
    int cont = 0;
    printf("\nQuantidade de iteracoes a ser realizado: %d\n\n", sizeInput);

    // Q[3] = {'0','01','012'};

    while(inputPointer < max){
```

```
            printf("Iteracao: %d\nEstado atual: q%d  ----  Caractere atual: %c\n\n", cont,
statePointer, input[inputPointer]);
            cont = cont + 1;
            switch(statePointer){ //verifica qual nó está apontando
               case 0:{ //{q0}
                  if (input[inputPointer] == '0') //Transição laço
                     break;
                  if (input[inputPointer] == '1') //Transição para q1
                     statePointer = 1;
                  break;
               }
               case 1:{ //{q0, q1}
                  if (input[inputPointer] == '0') //Transição laço
                     break;
                  if (input[inputPointer] == '1') //Transição para q2
                     statePointer = 2;
                  break;
               }
               case 2:{ //{q0, q1, q2}
                  if (input[inputPointer] == '0') //Transição para q1
                     statePointer = 1;
                  if (input[inputPointer] == '1') //Transição laço
                     break;
                  break;
               }
            }
            inputPointer++; //avança 1 casa na leitura do input
            setbuf(stdin, NULL);
            getchar();

         }

         printf("Estado final: q%d\n", statePointer);
```

```
    if (statePointer == 2) //verifica se o nó é final
        return 1; //caiu em {q0, q1, q2}
    else
        return 0; //caiu em {q0} ou {q0, q1}
}



int main() {
    char input[200]; //string para ser recebido como input

    printf("----------------AUTOMATO FINITO
DETERMINISTICO----------------\nAlfabeto: {0,1}\nEstado Inicial: q0\nEstado Final:
q2\n\n");

    printf("Digite a palavra: ");
    setbuf(stdin, NULL);
    fgets(input, 200, stdin);
    input[strcspn(input, "\n")] = '\0';

    int max; //máximo de iterações, que é a quantidade de símbolos no input
    max = strlen(input);



/*
 * 5-upla: M=({q0,q1,q2},{0,1},δ,q0,q2)
 * δ = Q x Σ -> Q
 */
    //int Q[3] = {0, 1, 2}; //estados, apenas para visualização
    char E[2] = {'0', '1'}; //alfabeto
    int init = 0; //estado inicial
    //int F[1] = {2}; //estado final, apenas para visualização

    if (verificaAlfabeto(input, max, E) == 0){ //verifica se input está dentro do alfabeto
```

```
            printf("\nERRO: INPUT CONTEM CARACTERE FORA DO
ALFABETO\n\n");
            return(2);
        }

        if (AFD(input, max, init) == 1){ //executa o AFD
            printf("\nSENTENCA VALIDA\n\n");
        }
        else{
            printf("\nSENTENCA INVALIDA\n\n");
        }

        return (EXIT_SUCCESS);
    }
```

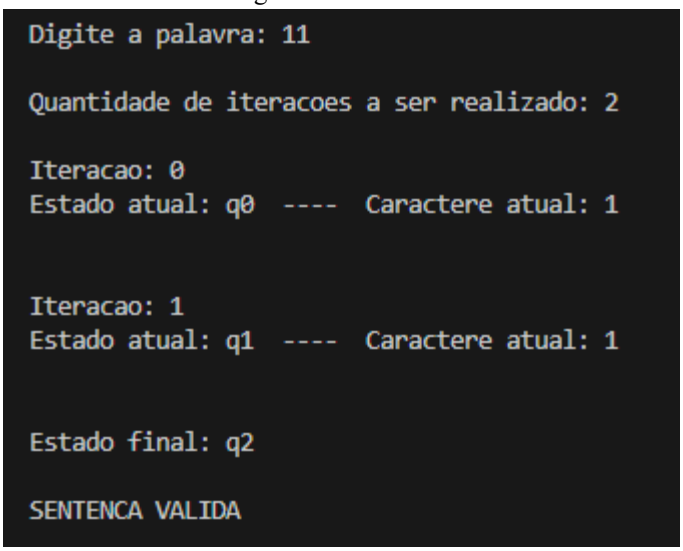
3. RESULTADOS

Utilizando algumas entradas diferentes para testar o programa é possível verificar a iteração que está ocorrendo, o estado atual e o caractere que está sendo lido.

Sendo q0 o estado inicial e q2 o estado final reconhecedor, foram feitos alguns testes:

Primeiro para a palavra ‘11’:

Figura 3: Entrada 11

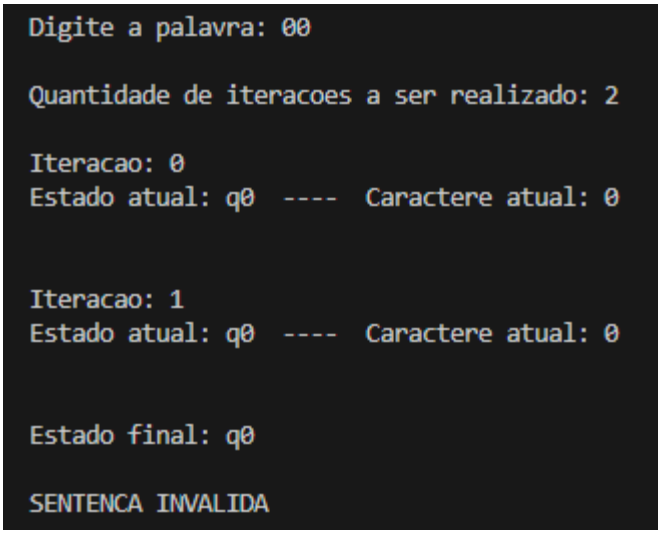


Fonte: Autoria Própria (2023)

É possível visualizar que ocorre a transição de q0 → q1 e em seguida de q1 → q2. A saída aparece como válida, pois chegou em q2 (estado final)

Utilizando a entrada ‘00’, temos:

Figura 4: Entrada 00

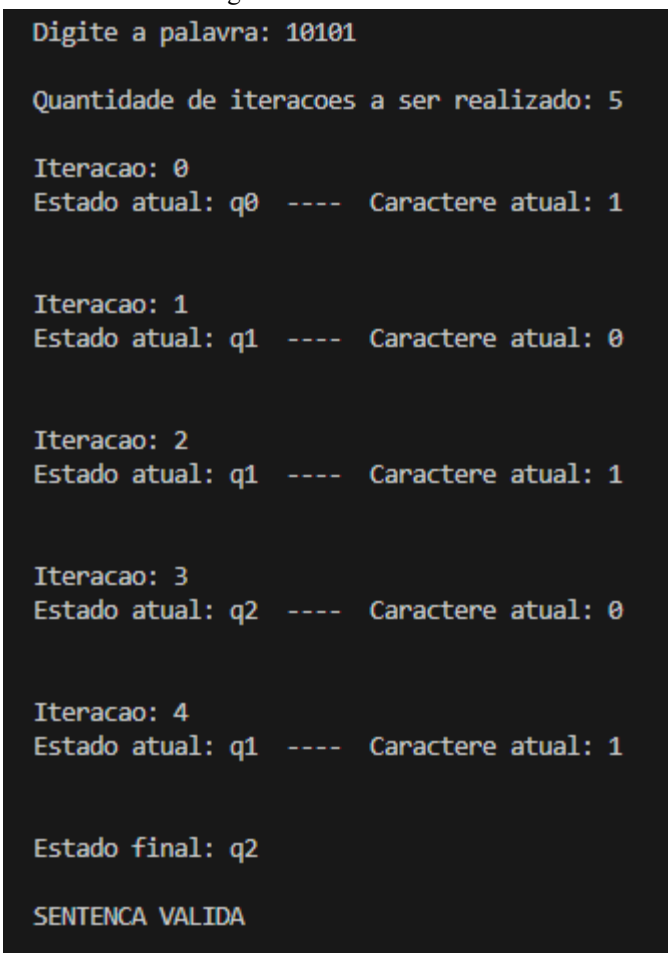


Fonte: Autoria Própria (2023)

Nesse caso a sentença é inválida, pois o estado continuou em q0, não chegando em q2.

Testando uma palavra maior:

Figura 5: Entrada 10101

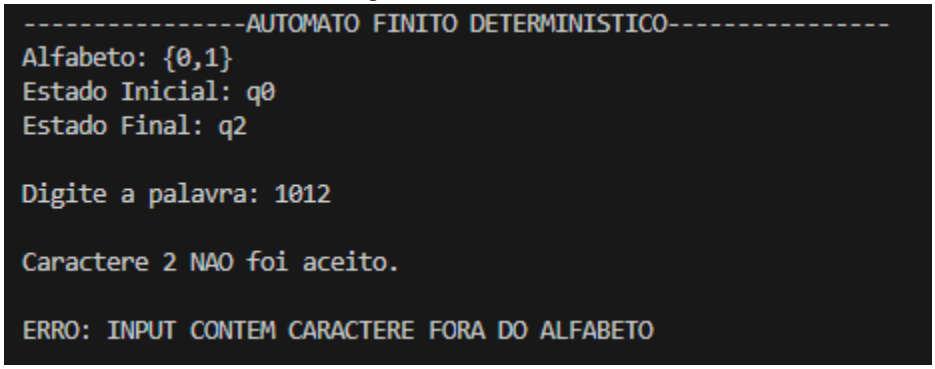


Fonte: Autoria Própria (2023)

A sequência de transição foi q0 → q1, q1 → q1, q1 → q2, q2 → q1, q1 → q2. Na iteração 3 o estado sai de q2 para q1, mas como a palavra começa com ‘1’, possui pelo menos dois símbolos ‘1’ e termina em ‘1’ , ela finaliza em q2.

Testando, agora, uma entrada com símbolo não reconhecido pelo autômato:

Figura 6: Entrada 1012



Fonte: Autoria Própria (2023)

4. CONCLUSÃO

Concluo que o Projeto foi importante para se aprofundar no conteúdo visto ao longo do curso. Foi possível implementar uma Máquina de Turing Determinística, que reconhece se a sentença é válida ou não, unindo o conhecimento em sala com pesquisas realizadas. Dessa forma o intuito do Projeto foi cumprido com sucesso.

5. LINKS EXTERNOS

Github

6. REFERÊNCIAS

MENEZES, Paulo Blauth. Linguagens formais e autômatos. 6. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2011. 256 p. (Livros didáticos (Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Informática) ; 3).

TOSCANI, Laira V.; VELOSO, Paulo A. S. Complexidade de Algoritmos. Editora Bookman. 3a edição. 2012.

VIEIRA, Newton José Introdução aos Fundamentos da Computação. São Paulo: Cengage Learning, 2006.

WIKIPEDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Máquina_de_Turing> Acesso em: 24 de Junho 2023