

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS - CCT
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

FILIPPE RAMOS

ESPECIFICAÇÃO E PROVA DE PROPRIEDADE ACERCA DE
AUTÔMATOS FINITOS DETERMINÍSTICOS ASSISTIDAS POR COQ

JOINVILLE - SC

2019

FILIPPE RAMOS

**ESPECIFICAÇÃO E PROVA DE PROPRIEDADE ACERCA DE
AUTÔMATOS FINITOS DETERMINÍSTICOS ASSISTIDAS POR COQ**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Bacharelado
em Ciência da Computação como requisito
parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Ciência da Computação.

Orientadora: Dra. Karina Girardi Roggia
Coorientador: Me. Rafael Castro Gonçalves Silva

JOINVILLE - SC

2019

Filipe Ramos

Especificação e prova de propriedade acerca de autômatos finitos determinísticos assistidas por Coq/ Filipe Ramos. – Joinville - SC, 2019-
22 p. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Dra. Karina Girardi Roggia

– Universidade do Estado de Santa Catarina - Udesc, 2019.

1. Tópico 01. 2. Tópico 02. I. Prof. Dr. xxxxx. II. Universidade do Estado de Santa Catarina. III. Centro de Educação do Planalto Norte. IV. identificação xxxx

CDU 02:121:005.7

Filipe Ramos

**Especificação e prova de propriedade acerca de autômatos finitos
determinísticos assistidas por Coq**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Ciência da Computação como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação

Banca examinadora:

Dra. Karina Girardi Roggia
Instituto Superior Técnico de Lisboa

Dr. Cristiano Damiani Vasconcellos
Universidade Federal de Minas Gerais

**Dr. Roberto Silvio Ubertino Rosso
Junior**
Loughborough University

Dedico este trabalho a...

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer...

Aqui devem ser colocadas os agradecimentos às pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização do trabalho.

“frase”

autor

RESUMO

O resumo deve ressaltar o objetivo, o método, os resultados e as conclusões do documento. A ordem e a extensão destes itens dependem do tipo de resumo (informativo ou indicativo) e do tratamento que cada item recebe no documento original. O resumo deve ser precedido da referência do documento, com exceção do resumo inserido no próprio documento. (...) As palavras-chave devem figurar logo abaixo do resumo, antecedidas da expressão Palavras-chave:, separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto.

Palavras-chaves: latex, abntex e editoração de texto.

ABSTRACT

Resumo em inglês

Key-words: latex, abntex e text editoration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Transição de um AFD	16
Figura 2 – Representação da transição de estados em um diagrama	18
Figura 3 – Representação de estados inicial (à esquerda) e final (à direita) em um diagrama	18
Figura 4 – Diagrama de estados do AFD que reconhece números naturais pares	19

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AFD Autômato finito determinístico

SED Sistema a eventos discretos

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	ASSISTENTES DE PROVAS	15
2.1	COQ	15
3	SISTEMAS A EVENTOS DISCRETOS	16
3.1	AUTÔMATOS FINITOS DETERMINÍSTICOS	16
3.1.1	Definição formal	17
3.1.2	Diagrama de estados	18
3.1.3	Linguagem gerada	19
3.1.4	Linguagem marcada	19
4	SISTEMAS DE ENFILEIRAMENTO	21
	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

2 ASSISTENTES DE PROVAS

Um assistente de provas interativo é um artifício de software que auxilia no processo de provas matemáticas e contém táticas de demonstração próprias.

2.1 COQ

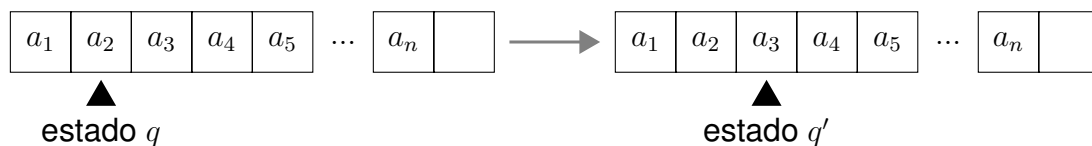
3 SISTEMAS A EVENTOS DISCRETOS

3.1 AUTÔMATOS FINITOS DETERMINÍSTICOS

DEFINIR AUTOMATO

Um autômato finito determinístico (AFD), ou máquina de estados finitos determinística, é uma máquina abstrata dotada de fita, unidade de controle e função de transição. A fita de um autômato é um espaço ilimitado utilizado para armazenar uma sequência de símbolos que serão lidos e computados. Já a unidade de controle contém as variáveis do estado atual da máquina, que servem de parâmetro para a computação da função de transição. Para determinar o estado de um autômato, há uma cabeça de leitura sobre a fita e um conjunto de elementos abstratos que norteiam a evolução do funcionamento da máquina: os estados (HOPCROFT; MOTWANI; ULLMAN, 2007). A Figura 1 esquematiza a transição de estado de um AFD com a cabeça de leitura inicialmente posicionada sobre a segunda célula da fita.

Figura 1 – Transição de um AFD



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Durante a computação de uma cadeia de entrada, o AFD lê o símbolo da célula atual da fita, apontada pela cabeça de leitura, e avança o cabeçote em uma posição para a direita. Inicialmente, ao receber uma entrada, a cabeça de leitura estará posicionada na extremidade esquerda da fita e, por conseguinte, da cadeia de símbolos. Se a computação de um símbolo lido não acarretar um estado definido ou a cabeça de leitura estiver posicionada sobre uma célula vazia, o funcionamento do autômato será interrompido.

Na Ciência da Computação, os autômatos finitos determinísticos ...

No contexto dos SEDs, os AFDs são modelos matemáticos que descrevem sistemas com base nos eventos que podem ocorrer. Dessa maneira, as cadeias de símbolos que são enviadas à entrada dos AFDs constituem sequências de eventos

cuja computação resulta em uma descrição do sistema baseada nas variáveis de controle da máquina de estados (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999).

3.1.1 Definição formal

A definição de AFD que segue foi inspirada e adaptada de Hopcroft, Motwani e Ullman (2007) e Cassandras e Lafortune (1999).

Um AFD G é uma quintupla

$$\langle Q, E, \delta, q_0, Q_m \rangle$$

em que

Q é o conjunto finito de estados

E é o conjunto finito de eventos

$\delta : Q \times E \rightarrow Q$ é a função de transição

q_0 é o estado inicial

$Q_m \subseteq Q$ é o conjunto de estados marcados

A função de eventos ativos de G , que será denotada por $\Gamma_G : Q \rightarrow 2^E$, relaciona cada estado com os eventos possíveis a partir dele. Formalmente

$$(\forall q \in Q)(\forall e \in E), e \in \Gamma_G(q) \Leftrightarrow \delta(q, e) \in Q$$

isto é, $e \in \Gamma_G(q)$ se e somente se $\delta(q, e)$ é definido.

Ao fecho de Kleene sobre um conjunto de eventos E , denotado por E^* , pertencem todas as possíveis cadeias de eventos pertencentes a E . Uma cadeia de eventos é uma sequência finita $e_1 e_2 \dots e_{|w|}$ em que $e_i \in E$ ($\forall i = 1..|w|$). Quando $|w| = 0$, a cadeia é dita vazia e será simbolizada por ε .

A função de transição estendida $\hat{\delta} : Q \times E^* \rightarrow Q$ é definida recursivamente destarte:

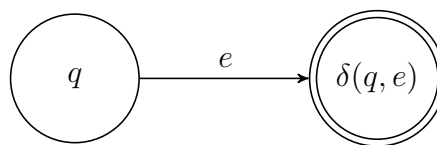
$$\hat{\delta}(q, w) = \begin{cases} q & \text{se } w = \varepsilon \\ \hat{\delta}(\delta(q, e), w') & \text{se } w = ew' \end{cases}$$

e terá valor indefinido quando $\delta(q, e)$ assim for.

3.1.2 Diagrama de estados

Para auxiliar na visualização das transições entre os estados dos autômatos, os AFDs são comumente representados por diagramas de estados. Nessa representação, os estados são nós de uma estrutura semelhante a de grafos, e as transições, arestas que interligam dois nós, conforme a Figura 2. Representam-se as transições cuja origem e destino são o mesmo estado por *loops*: arestas que partem de um nó e terminam no mesmo.

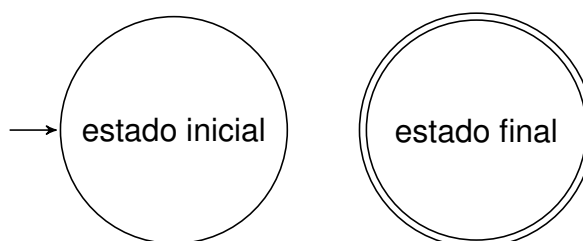
Figura 2 – Representação da transição de estados em um diagrama



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Nesta classe de diagramas, os estados inicial e final podem ser destacados de alguma forma. Para este trabalho, uma seta sem origem aponta sempre para o nó do estado inicial, e uma circunferência dupla enfatiza o de um estado final, como demonstra a Figura 3.

Figura 3 – Representação de estados inicial (à esquerda) e final (à direita) em um diagrama



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Pode-se citar outros aspectos desta representação de autômatos: a possibilidade de adicionar rótulos aos nós, a opção de omitir os nomes dos estados nos nós quando não forem necessários e a aglutinação de transições que partem e terminam no mesmo estado em uma mesma aresta, com os símbolos neste trabalho separados por vírgula.

3.1.3 Linguagem gerada

A linguagem gerada por um AFD G é o conjunto

$$L(G) = \{w \in E^* \mid \hat{\delta}(q_0, w) \in Q\}$$

Sendo assim, a linguagem gerada pelo autômato são todas as cadeias de eventos que o fazem transicionar do estado inicial a um estado definido. Isso significa que, quando uma cadeia $w \in L(G)$ for posicionada na fita do autômato, a computação de cada evento, da esquerda para a direita da sequência, sempre resultará em um estado definido.

REVISAR

3.1.4 Linguagem marcada

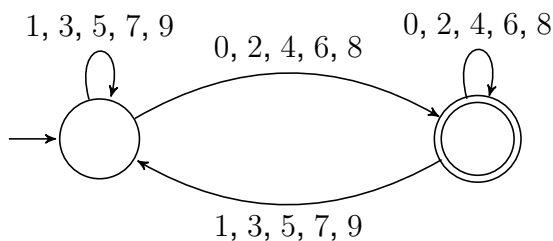
A linguagem marcada por um AFD G é o conjunto

$$L_m(G) = \{w \in E^* \mid \hat{\delta}(q_0, w) \in Q_m\}$$

Neste caso, a linguagem são todas as cadeias de eventos que fazem o autômato transicionar do estado inicial a um estado marcado.

Denomina-se linguagem regular a linguagem marcada por qualquer AFD (HOPCROFT; MOTWANI; ULLMAN, 2007). Desse modo, este trabalho de conclusão de curso versará sobre linguagens exclusivamente regulares, a exemplo das quais é possível citar o conjunto dos números naturais pares. Sabendo que um número par é aquele cujo último algarismo – da esquerda para a direita – pertence a $\{0, 2, 4, 6, 8\}$, pode-se construir o AFD da Figura 4, demonstrando a validade da afirmação.

Figura 4 – Diagrama de estados do AFD que reconhece números naturais pares



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

Quando um autômato se destina a verificar padrões em cadeias de eventos, ou palavras, diz-se que ele é um formalismo reconhecedor (MENEZES, 2005) e, portanto,

o autômato da Figura 4 reconhece todos os números naturais pares. No que tange aos SEDs, Cassandras e Lafortune (1999)

4 SISTEMAS DE ENFILEIRAMENTO

Os sistemas de enfileiramento constituem importante classe de SEDs (CAS-SANDRAS; LAFORTUNE, 1999).

REFERÊNCIAS

CASSANDRAS, C. G.; LAFORTUNE, S. **Introduction to discrete event systems**. Boston: Kluwer Academic, 1999. ISBN 0792386094.

HOPCROFT, J. E.; MOTWANI, R.; ULLMAN, J. D. **Introduction to automata theory, languages, and computation**. Boston: Pearson/Addison Wesley, 2007. ISBN 0321455363.

MENEZES, P. F. B. **Linguagens formais e autômatos**. Porto Alegre: Sagra-Luzzatto, 2005. ISBN 8524105542.