

LFOC4: Linguagens Formais e Autômatos

Aula 01: Apresentação da Disciplina e Introdução à Teoria da Computação

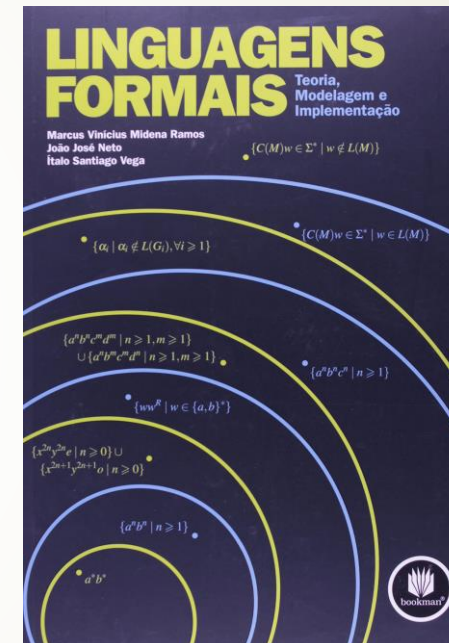
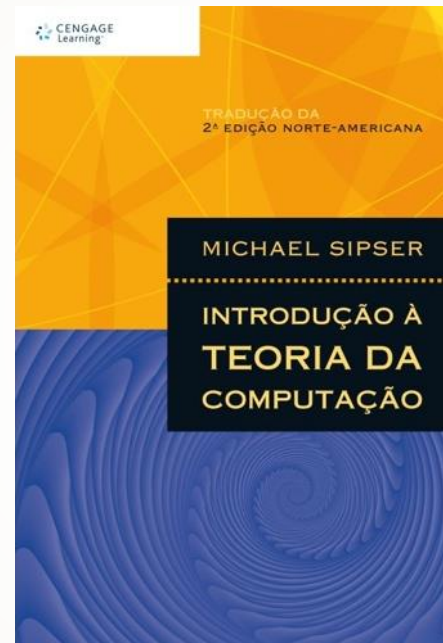
Bacharelado em Ciência da Computação
Prof. Dr. David Buzatto

- Três avaliações teóricas;
- Conjuntos de listas de exercícios à mão e de implementação;
- Projetos envolvendo implementação!
- Critérios de Avaliação:

$$M = \sum_{i=1}^{n_1} \left(\frac{A_i}{2} + \frac{A_i}{2} * \frac{\sum_{j_i=1}^{k_i} E_{j_i}}{10} * \frac{1}{n_1} * \frac{\frac{\sum_{i=1}^{n_2} P_i}{n_2}}{10} \right)$$

➤ Onde:

- M: média final;
 - A: nota de avaliação;
 - E: nota de lista de exercícios;
 - P: nota de projeto.
- Podemos mudar os critérios durante a disciplina para podermos aproveitar melhor o tempo!

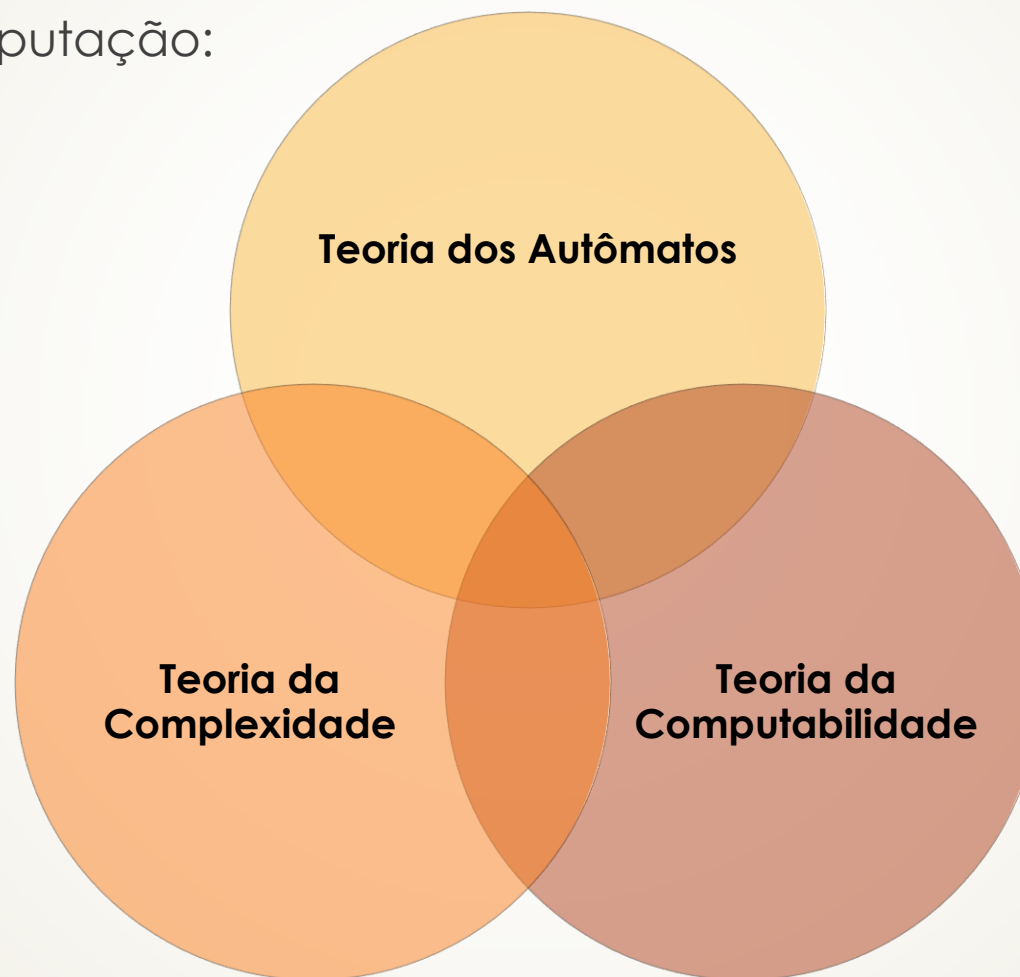


Apresentação da Disciplina

- Também conhecida como...:
 - Teoria de Linguagens;
 - Aspectos Formais da Computação;
 - Teoria da Computação.

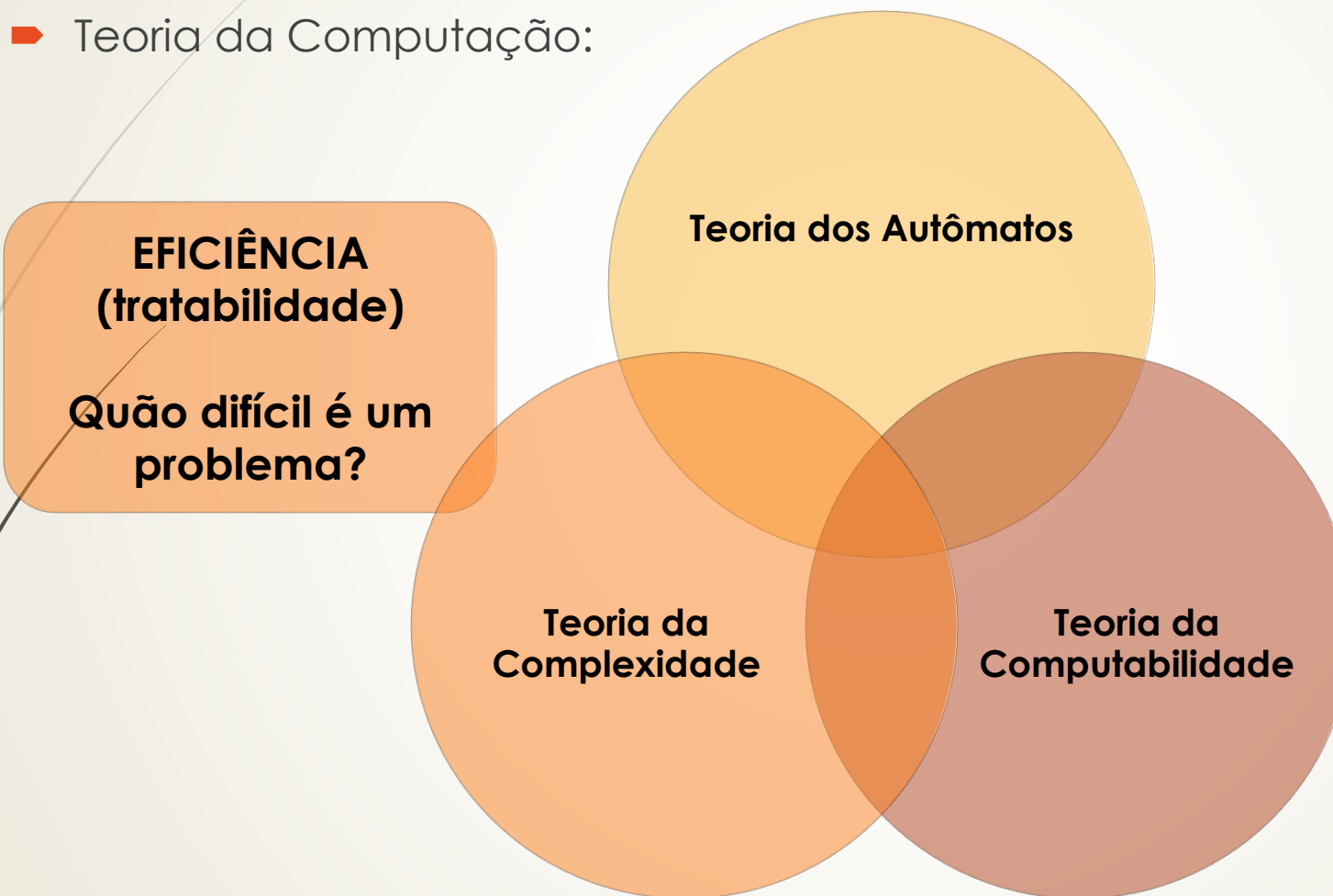
Apresentação da Disciplina

➤ Teoria da Computação:



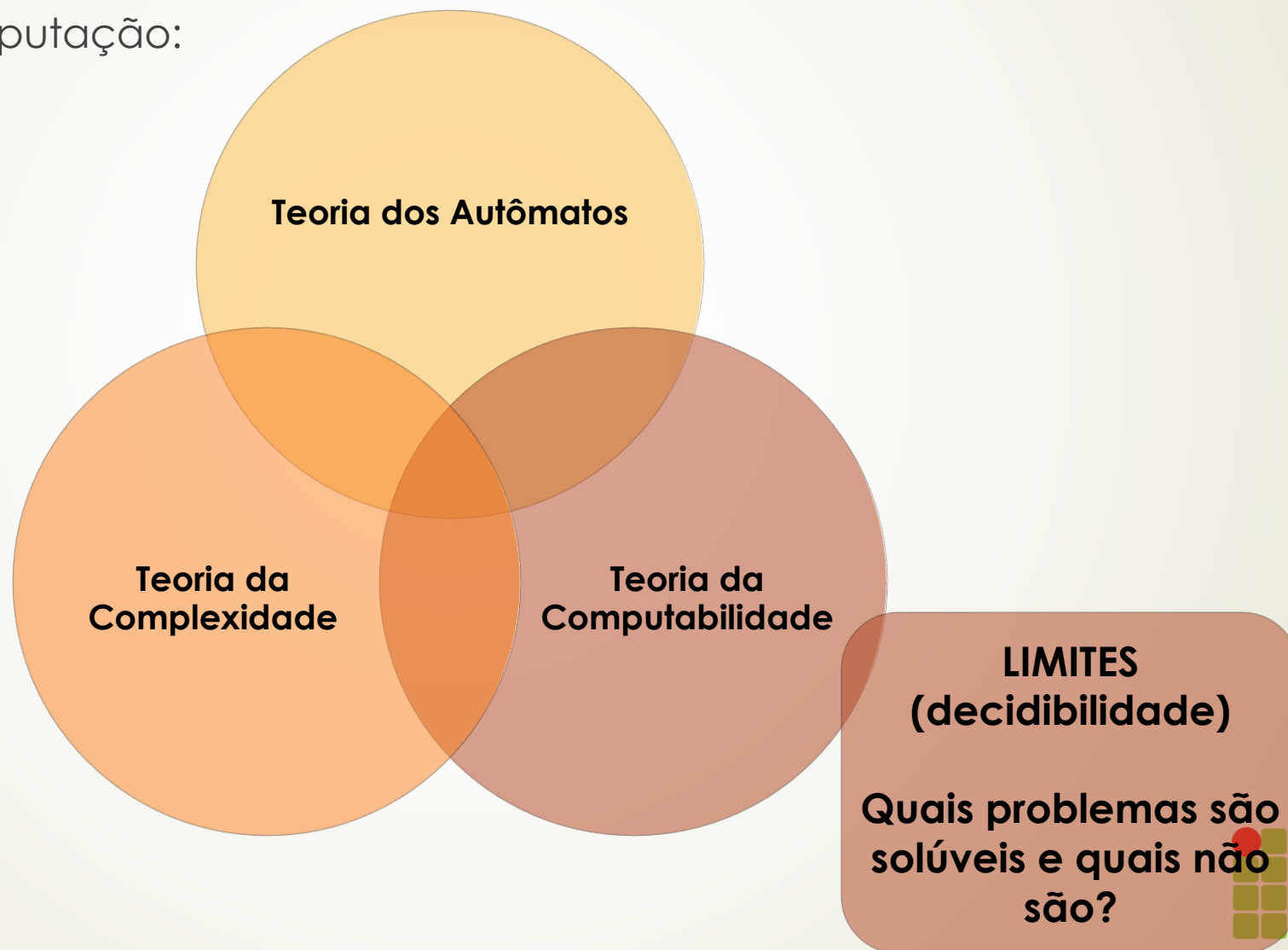
Apresentação da Disciplina

➤ Teoria da Computação:



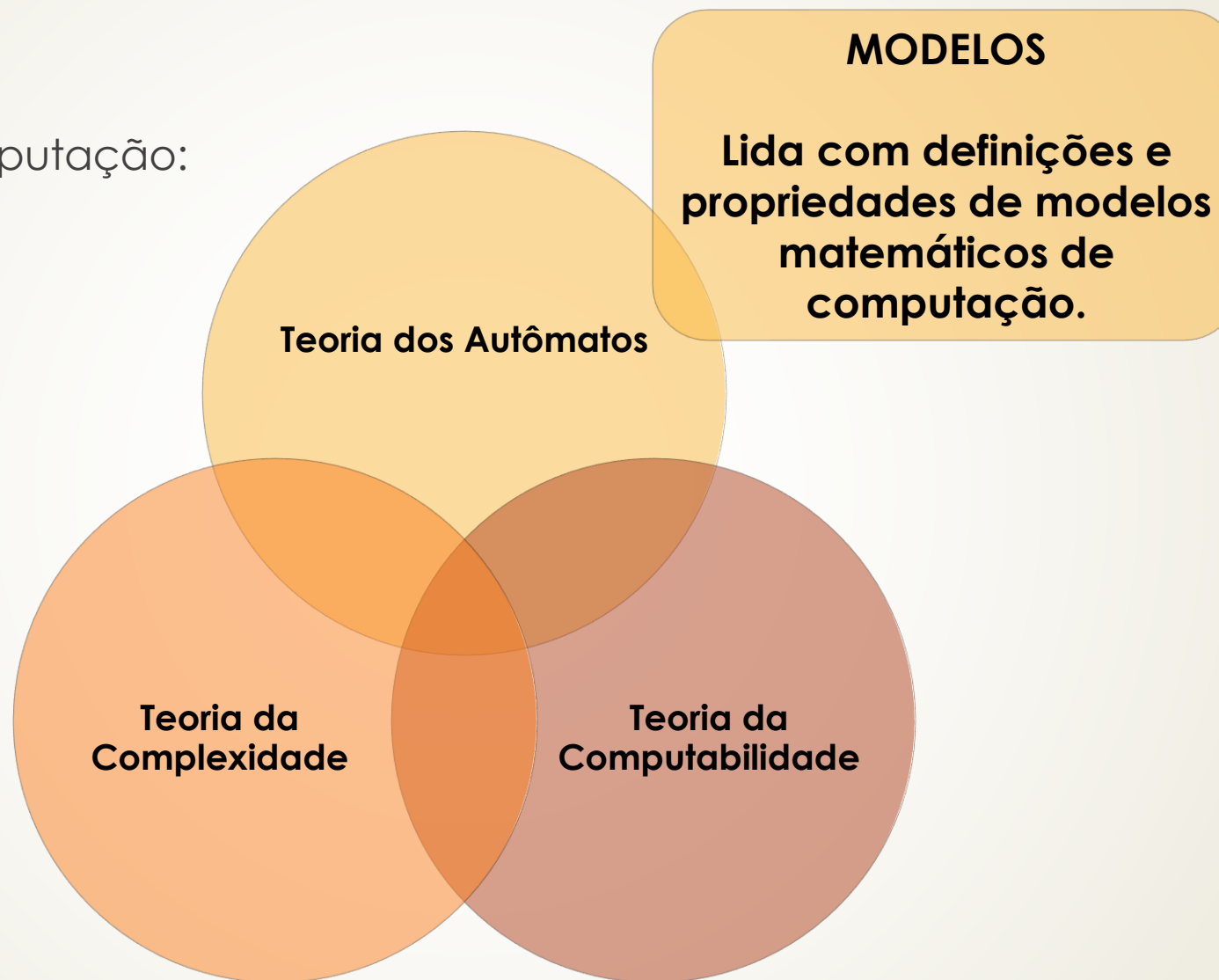
Apresentação da Disciplina

➤ Teoria da Computação:



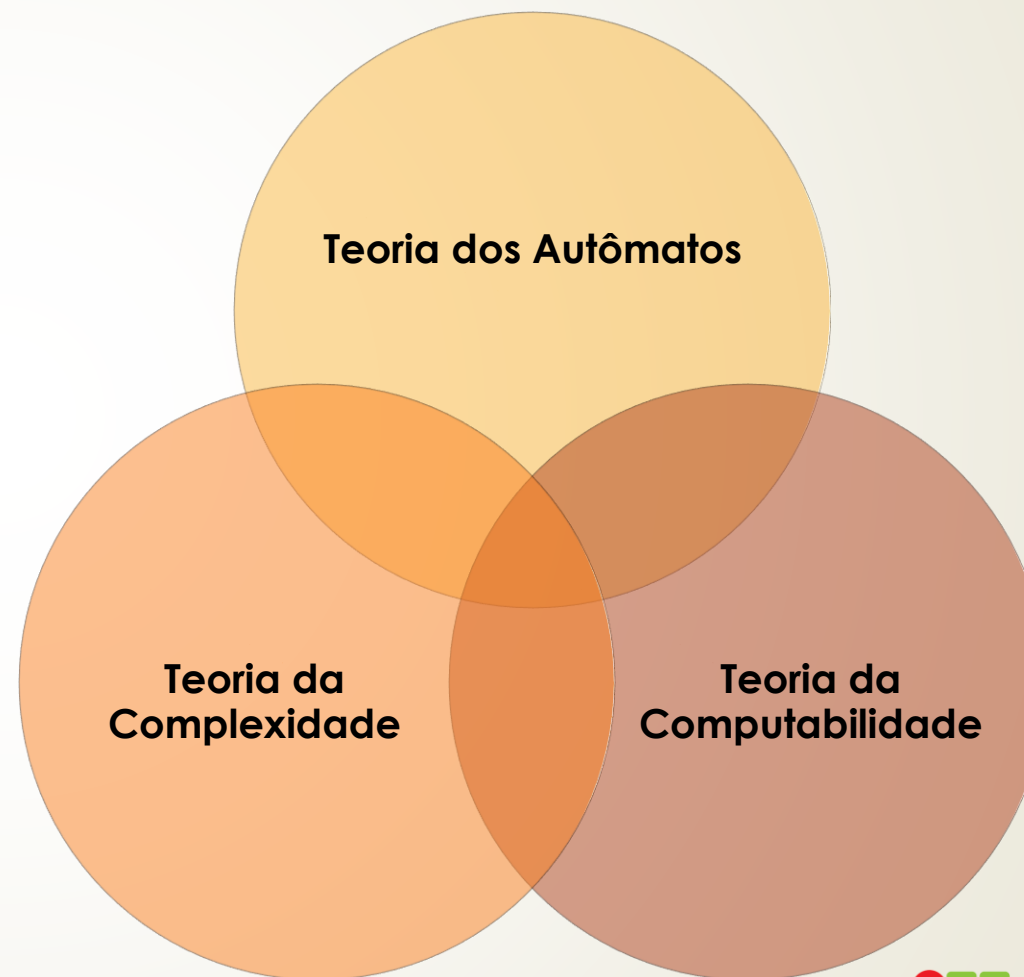
Apresentação da Disciplina

➤ Teoria da Computação:



Apresentação da Disciplina

- Teoria da Computação:
 - Ordem que trabalharemos:
 1. Teoria dos Autômatos;
 2. Teoria da Complexidade;
 3. Teoria da Computabilidade.



Apresentação da Disciplina

- Conteúdo programático:
 - Conceitos centrais da teoria de autômatos:
 - Alfabetos, strings, linguagens e problemas;
 - Linguagens Regulares:
 - Autômatos finitos, expressões regulares e propriedades;
 - Linguagens Livres de Contexto:
 - Gramáticas livres de contexto, autômatos de pilha, propriedades;
 - Linguagens Sensíveis ao Contexto:
 - Máquinas de Turing com fita limitada, gramáticas sensíveis ao contexto;
 - Linguagens Recursivas:
 - Máquinas de Turing e extensões;
 - Linguagens Recursivamente Enumeráveis:
 - Decidibilidade, redutibilidade, máquinas de Turing e gramáticas irrestritas.

Antes de Começar...

- O que vamos precisar?
 - Teoria dos conjuntos;
 - Funções e relações;
 - Grafos;
 - Lógica Booleana;
 - Definições:
 - Descrição de objetos e noções;
 - Teoremas:
 - Enunciados matemáticos demonstrados como verdadeiros, geralmente de interesse especial;
 - Lemas:
 - Enunciados que ajudam na prova de um enunciado mais significativos;
 - Corolários:
 - Enunciados tidos como verdadeiros por consequência de um teorema ou sua prova;
 - Provas formais.

Autômatos: os métodos e a loucura

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

➤ Alfabetos:

- Um conjunto de símbolos finito não-vazio, designados normalmente usando as letras gregas maiúsculas Σ (sigma) e Γ (gama).
 - $\Sigma = \{0, 1\}$, o alfabeto binário;
 - $\Sigma = \{a, b, c, \dots, z\}$, o conjunto de todas as letras minúsculas;
 - O conjunto de todos os caracteres UNICODE imprimíveis;

➤ Strings/Cadeias:

- Sequência finita de símbolos escolhidos de algum alfabeto.
 - 01011, 000 e 11 são exemplos de strings do alfabeto binário $\Sigma = \{0, 1\}$
- String vazia:
 - É uma string com zero ocorrências de símbolos, denotada pela letra ε (épsilon). **Todo alfabeto possui essa string!**
- Comprimento:
 - Número de símbolos de uma cadeia. Por exemplo, se $w = 0111$, $|w| = 4$
 - Outros exemplos: $|cadeia| = 6$, $|\varepsilon| = 0$

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

- Strings/Cadeias (continuação):

- Potências de um Alfabeto:

- Σ^k : conjunto de strings de comprimento k sobre Σ ;

- Se $\Sigma = \{0, 1\}$, então:

- $\Sigma^0 = \{\varepsilon\}$

- $\Sigma^1 = \{0, 1\}$ (cuidado, Σ é o alfabeto, Σ^1 é o conjunto de strings de comprimento 1 sobre Σ)

- $\Sigma^2 = \{00, 01, 10, 11\}$

- $\Sigma^3 = \{000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111\}$

- $\Sigma^* = \{\varepsilon, 0, 1, 00, 01, 10, 11, 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, \dots\}$

- $\Sigma^* = \Sigma^0 \cup \Sigma^1 \cup \Sigma^2 \cup \dots$

- $\Sigma^+ = \{0, 1, 00, 01, 10, 11, 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, \dots\}$

- $\Sigma^+ = \Sigma^1 \cup \Sigma^2 \cup \dots$

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

- Strings/Cadeias (continuação):
 - Concatenação:
 - Se x e y são strings, xy é a concatenação de x e y :
 - Se $x = a_1a_2 \dots a_i$ e $y = b_1b_2 \dots b_j$, $xy = a_1a_2 \dots a_ib_1b_2 \dots b_j$
 - Se $|x| = i$ e $|y| = j$, $|xy| = i + j$
 - Para qualquer string w , as equações $\varepsilon w = w\varepsilon = w$ são válidas, visto que ε é a *identidade para a concatenação*.

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

► Linguagens:

- Um conjunto de strings em que todos os elementos são escolhidos a partir de algum Σ^* , sendo Σ um alfabeto específico, é chamado de linguagem;
- Se Σ é um alfabeto e $L \subseteq \Sigma^*$, então L é uma linguagem sobre Σ ;
- Exemplos:
 1. A linguagem de todas as strings que consistem em n 0's seguidos por n valores 1, para algum $n \geq 0$: $\{\epsilon, 01, 0011, 000111, \dots\}$;
 2. O conjunto de strings de 0's e 1's com um número igual de cada um deles: $\{\epsilon, 01, 10, 0011, 0101, 1100, 1001, \dots\}$;
 3. O conjunto de números binários cujo valor é primo: $\{10, 11, 101, 111, 1011, \dots\}$;
 4. Σ^* é uma linguagem para qualquer alfabeto Σ ;
 5. \emptyset , a linguagem vazia (também denotado por $\{\}$), é uma linguagem sobre qualquer alfabeto;
 6. $\{\epsilon\}$, a linguagem que consiste em apenas na string vazia, também é uma linguagem sobre qualquer alfabeto. Importante: $\emptyset \neq \{\epsilon\}$, pois o primeiro é uma linguagem que não possui nenhuma string, enquanto o segundo é uma linguagem que possui apenas uma string, a string vazia.

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

➤ Problemas:

- É a questão de decidir se uma dada string é elemento de alguma linguagem específica, ou seja, um problema pode ser expresso como pertinência a uma linguagem;
- Se Σ é um alfabeto e L é uma linguagem sobre Σ , então o problema L é:
 - Dado uma string w em Σ^* , definir se w está ou não em L ;

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

- Definição de linguagens usando formadores de conjuntos:
 - $\{w \mid \text{algo sobre } w\}$: essa expressão é lida como “o conjunto de palavras w tais que (seja o que for dito sobre w à direita da barra vertical)”.
 - Exemplos:
 1. $\{w \mid w \text{ consiste em um número igual de 0's e 1's}\}$;
 2. $\{w \mid w \text{ é um número inteiro binário primo}\}$;
 3. $\{w \mid w \text{ é um programa em C sintaticamente correto}\}$
 - Também é comum substituir w por alguma expressão com parâmetros e descrever as strings da linguagem declarando condições sobre os parâmetros:
 1. $\{0^n 1^n \mid n \geq 1\}$: $\{01, 0011, 000111, 00001111, \dots\}$
 2. $\{0^i 1^j \mid 0 \leq i \leq j\}$: $\{\epsilon, 1, 11, 111, \dots, 01, 011, 0111, \dots, 0011, 00111, 001111, \dots, 000111, 0001111, 00011111, \dots\}$

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

- Classificação de Linguagens segundo a Hierarquia de Chomsky:
 - Tipo 0: linguagens recursivamente enumeráveis;
 - Tipo 1: linguagens sensíveis ao contexto;
 - Tipo 2: linguagens livres de contexto;
 - Tipo 3: linguagens regulares.



Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

➤ Linguagens, gramáticas e reconhecedores:

Tipo	Classe de Linguagens	Modelo de Gramática	Modelo de Reconhecedor
0	Recursivamente enumeráveis	Irrestrita	Máquina de Turing
1	Sensíveis ao contexto	Sensível ao contexto	Máquina de Turing com fita limitada
2	Livres de contexto	Livre de contexto	Autômato de pilha
3	Regulares	Linear (direita ou esquerda)	Autômato finito

Tipo 0

Tipo 1

Tipo 2

Tipo 3

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

- Relação entre gramáticas dos tipos 0, 1, 2 e 3:
 - Toda gramática do Tipo 3 é também do Tipo 2;
 - Nem toda gramática do Tipo 2 é também do Tipo 1. São do Tipo 1 apenas aquelas que não possuem produções $\alpha \rightarrow \beta$ em que $\beta = \varepsilon$;
 - Toda gramática do Tipo 1 é também do Tipo 0;



Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

Exercícios Escritos

Exercício e1.1: Para $\Sigma = \{a, b, c\}$, apresente Σ^0 , Σ^1 , Σ^2 e Σ^3 .

Exercício e1.2: Para $\Sigma = \{\heartsuit, \star\}$, apresente as vinte primeiras strings de Σ^* e Σ^+ .

Exercício e1.3: Seja $L = \{w \mid w \text{ consiste em um número par de } 0\text{'s ou um número ímpar de } 1\text{'s}\}$, assinale as strings que pertencem à essa linguagem:

- a) 000
- b) ϵ
- c) 0000
- d) 11111
- e) 00111

Exercício e1.4: Seja $L = \{a^n b^m c^n \mid n \geq 0 \text{ e } m \text{ é ímpar}\}$, assinale as strings que pertencem à essa linguagem:

- a) bbbbbb
- b) bccc
- c) aabbbcc
- d) ϵ
- e) aaaabbbbccccc

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

Exercícios de Implementação

Exercício i1.1: Em uma classe pública denominada **GeradorStrings** (arquivo **GeradorStrings.java**) escreva o método **gerarStringsK**, com a assinatura abaixo, que retorne uma lista de strings de comprimento **k** de um alfabeto **a**, ordenadas em ordem alfabética. Alfabetos nulos ou vazios e comprimentos negativos não devem ser aceitos, devendo lançar uma exceção do tipo **IllegalArgumentException**.

```
public static List<String> gerarStringsK( int k, char... a )  
    throws IllegalArgumentException
```

Exercício i1.2: Na mesma classe do exercício anterior, escreva o método **gerarStringsAteK**, com a assinatura abaixo, que retorne uma lista de strings de comprimento 0 até **k** de um alfabeto **a**, ordenadas em ordem alfabética. A ideia desse método é simular a operação do fecho sobre um alfabeto, sendo que o resultado é um conjunto infinito caso não haja limite a **k**. Alfabetos nulos ou vazios e comprimentos negativos não devem ser aceitos, devendo lançar uma exceção do tipo **IllegalArgumentException**.

```
public static List<String> gerarStringsAteK( int k, char... a )  
    throws IllegalArgumentException
```

Conceitos Centrais da Teoria dos Autômatos

Exercícios de Implementação

Observação: Nos arquivos do curso, você encontrará o esqueleto da classe **GeradorStrings** no arquivo **GeradorStringsEsqueleto.java**, dentro do projeto **Aula01** do NetBeans, com a infraestrutura básica para testar sua implementação. Para:

```
public static void main( String[] args ) {  
    int k = 3;  
    char[] a = { '0', '1' };  
    testeGerarStringsK( k, a );  
    testeGerarStringsAteK( k, a );  
}
```

A saída esperada, para $\Sigma = \{0, 1\}$, é:

```
 $\Sigma^0 = \{\varepsilon\}$   
 $\Sigma^1 = \{0, 1\}$   
 $\Sigma^2 = \{00, 01, 10, 11\}$   
 $\Sigma^3 = \{000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111\}$   
 $\Sigma^* = \{\varepsilon, 0, 1, 00, 01, 10, 11, 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111, \dots\}$ 
```

HOPCROFT, J. E.; ULLMAN, J. D.; MOTWANI, R. **Introdução à Teoria de Autômatos, Linguagens e Computação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002. 560 p.

RAMOS, M. V. M.; JOSÉ NETO, J.; VEGA, I. S. **Linguagens Formais: Teoria, Modelagem e Implementação**. Porto Alegre: Bookman, 2009. 656 p.

SIPSER, M. **Introdução à Teoria da Computação**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017. 459 p.