



**INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA**  
Escola Superior de Tecnologia e Gestão

**Mestrado em Engenharia de Segurança Informática**  
Criptografia e Criptanálise Aplicadas

# **Desenvolvimento de Aplicação de Cifra Simétrica**

**Relatório Técnico – Componente 1**

**Realizado por:**  
Rafael Narciso (n.º 24473)  
Hugo Diogo (n.º 18803)

**Docente:**  
Prof. Rui Miguel Silva

Beja, dezembro de 2025

# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Enquadramento Teórico e Tecnológico</b>	<b>1</b>
2.1	Cifras Clássicas . . . . .	1
2.2	Cifras Modernas . . . . .	1
2.3	Tecnologias Utilizadas . . . . .	1
<b>3</b>	<b>Arquitetura e Implementação</b>	<b>1</b>
3.1	Estrutura da Aplicação . . . . .	1
3.2	Implementação das Cifras Clássicas . . . . .	1
3.2.1	Cifra de Vigenère . . . . .	1
3.2.2	Cifra de Playfair . . . . .	2
3.3	Implementação das Cifras Modernas . . . . .	2
3.3.1	Modo de Operação e Padding . . . . .	2
3.3.2	Gestão do Vetor de Inicialização (IV) . . . . .	2
<b>4</b>	<b>Análise de Segurança e Decisões de Projeto</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Manual de Utilização e Testes</b>	<b>3</b>
5.1	Interface Gráfica . . . . .	3
5.2	Casos de Teste . . . . .	3
<b>6</b>	<b>Conclusão</b>	<b>3</b>

# 1 Introdução

Este relatório descreve o desenvolvimento de uma aplicação em modo gráfico para a cifragem e decifragem de ficheiros, realizada no âmbito da unidade curricular de Criptografia e Criptanálise Aplicadas.

O objetivo principal deste trabalho é consolidar os conhecimentos sobre criptografia simétrica através da implementação "de raiz" de algoritmos clássicos (Vigenère e Playfair) e da integração de bibliotecas para algoritmos modernos (DES e AES).

## 2 Enquadramento Teórico e Tecnológico

### 2.1 Cifras Clássicas

As cifras clássicas implementadas operam ao nível do carácter (byte visível).

- **Vigenère:** Uma cifra polialfabética que utiliza uma chave e uma tabela (Tabula Recta) para substituir caracteres.
- **Playfair:** Uma cifra de digramas que utiliza uma matriz  $5 \times 5$  gerada a partir de uma chave.

### 2.2 Cifras Modernas

- **DES (Data Encryption Standard):** Algoritmo de bloco de 64 bits.
- **AES (Advanced Encryption Standard):** Sucessor do DES, operando com blocos de 128 bits e chaves de 128, 192 ou 256 bits.

### 2.3 Tecnologias Utilizadas

A aplicação foi desenvolvida na linguagem **Python** devido à sua versatilidade na manipulação de *strings* e *bytes*. Para a interface gráfica utilizou-se a biblioteca **CustomTkinter**, e para as cifras modernas a biblioteca **Cryptography/PyCryptodome**.

## 3 Arquitetura e Implementação

### 3.1 Estrutura da Aplicação

A aplicação foi desenvolvida seguindo uma arquitetura modular que separa a interface gráfica da lógica criptográfica. O ficheiro principal, `gui.py`, implementa a interface utilizando a biblioteca **CustomTkinter**, gerindo os eventos do utilizador e invocando as classes específicas para cada cifra (`aes_cipher.py`, `des_cipher.py`, `playfair_cipher.py` e `vigenere_cipher.py`).

Esta separação permite que os algoritmos sejam testados independentemente da interface, facilitando a manutenção e a correção de erros ("debugging").

### 3.2 Implementação das Cifras Clássicas

As cifras clássicas foram implementadas sem recurso a bibliotecas externas de criptografia, manipulando diretamente os caracteres ASCII e as suas representações numéricas.

#### 3.2.1 Cifra de Vigenère

A implementação da cifra de Vigenère (classe `VigenereCipher`) baseia-se na aritmética modular. A função `_extend_key` garante que a chave tem o mesmo comprimento que o texto a cifrar. A cifragem é realizada através da soma dos índices dos caracteres na tabela alfabética, módulo 26.

```

1 def encrypt(self, plaintext):
2     for i, char in enumerate(plaintext):
3         if char.isalpha():
4             row = ord(key[i]) - ord('A')
5             col = ord(char) - ord('A')
6
7             encrypted_char = self.table[row][col]
8             ciphertext += encrypted_char
9     return ciphertext

```

Listing 1: Lógica central da cifra de Vigenère

### 3.2.2 Cifra de Playfair

A cifra de Playfair (classe `PlayfairCipher`) exigiu uma implementação mais complexa devido à necessidade de gerar uma matriz  $5 \times 5$  e processar digramas (pares de letras).

- **Matriz:** A função `_create_matrix` remove duplicados da chave e preenche a matriz com o restante alfabeto, fundindo as letras 'J' e 'I' numa única posição para caber na grelha de 25 caracteres.
- **Preparação do Texto:** A função `_prepare_text` insere um carácter de enchimento ('X') caso existam letras repetidas num digrama ou se o texto tiver um comprimento ímpar.

```

1 if text[i] == text[i + 1]: # Letras iguais no par
2     prepared += 'X'        # Insere 'X'
3 else:
4     prepared += text[i + 1]

```

Listing 2: Tratamento de digramas na cifra Playfair

## 3.3 Implementação das Cifras Modernas

Para as cifras modernas, utilizou-se a biblioteca **PyCryptodome**, garantindo uma implementação robusta e segura dos algoritmos padrão.

### 3.3.1 Modo de Operação e Padding

Tanto para o AES como para o DES, optou-se pelo modo de operação **CBC (Cipher Block Chaining)**. Este modo requer um Vetor de Inicialização (IV) aleatório para garantir que o mesmo texto simples produza criptogramas diferentes. O *padding* (preenchimento) é realizado segundo a norma PKCS7, através da função `pad()` da biblioteca, garantindo que os dados têm um tamanho múltiplo do bloco (8 bytes para DES, 16 bytes para AES).

### 3.3.2 Gestão do Vetor de Inicialização (IV)

Uma decisão crítica de implementação foi a forma de armazenamento do IV. Como o IV é necessário para a decifragem mas não é secreto, a aplicação concatena o IV (em binário) diretamente no início do ficheiro cifrado.

```

1 def encrypt_file(self, data):
2     cipher = AES.new(self.key, AES.MODE_CBC)
3     ct_bytes = cipher.encrypt(pad(data, AES.block_size))
4     # Retorna o IV concatenado com o texto cifrado
5     return cipher.iv + ct_bytes

```

Listing 3: Cifragem de ficheiros com AES em modo CBC

Na operação de decifragem, a aplicação lê os primeiros bytes do ficheiro (8 para DES, 16 para AES) para recuperar o IV e inicializar o algoritmo para a decifragem do restante conteúdo.

## 4 Análise de Segurança e Decisões de Projeto

A implementação realizada cumpre os requisitos funcionais propostos, no entanto, uma análise de segurança rigorosa revela vulnerabilidades inerentes à natureza académica do projeto, bem como decisões de design tomadas para mitigar riscos nos algoritmos modernos.

1. **Armazenamento de Material Criptográfico:** A leitura de chaves a partir de ficheiros de texto simples (*cleartext*) viola princípios fundamentais de gestão de segredos. Num ambiente de produção, esta abordagem expõe o sistema a fugas de informação triviais. A solução adequada passaria pela utilização de cofres digitais (*Key Management Systems* - KMS) ou módulos de segurança de hardware (HSM), garantindo que as chaves nunca residem em disco de forma legível.
2. **Segurança Semântica e Gestão do IV:** Para os algoritmos AES e DES, optou-se pelo modo de operação CBC (*Cipher Block Chaining*) em detrimento do inseguro modo ECB. Para garantir a segurança semântica (assegurando que a cifragem do mesmo texto simples resulta em criptogramas distintos), é gerado um Vetor de Inicialização (IV) pseudoaleatório e criptograficamente seguro para cada operação. O IV é concatenado ao início do ficheiro cifrado; esta prática é segura, pois o IV não é um segredo, necessitando apenas de ser único (nonce) e imprevisível.
3. **Integridade e Autenticidade (Limitação):** É importante notar que a aplicação garante a confidencialidade, mas não a integridade dos dados. O modo CBC é maleável a ataques de inversão de bits. A ausência de um mecanismo de autenticação de mensagem (como HMAC ou o uso de modos autenticados como GCM - *Galois/Counter Mode*) significa que a aplicação não deteta se o ficheiro cifrado foi adulterado por terceiros antes da decifragem.
4. **Gestão de Memória:** A utilização de Python, uma linguagem de gestão automática de memória, impede o controlo granular sobre a limpeza de variáveis sensíveis (chaves e texto simples) da RAM após o uso, o que poderia permitir ataques de *memory dump* em máquinas comprometidas.

## 5 Manual de Utilização e Testes

### 5.1 Interface Gráfica

A Figura 1 demonstra a interface principal da aplicação.

Figura 1: Interface Gráfica da Aplicação

### 5.2 Casos de Teste

Foram realizados testes com ficheiros de texto (ASCII) para as cifras clássicas e ficheiros binários (imagens PDF) para as cifras modernas.

## 6 Conclusão

O desenvolvimento deste projeto permitiu compreender as diferenças fundamentais entre a manipulação de texto em cifras clássicas e a manipulação de blocos de bits em cifras modernas. A implementação "de raiz" revelou a complexidade algorítmica por trás de métodos históricos.