UNIVERSIDADE PRESBITERIANA MACKENZIE
(CAMPUS ALPHAVILLE)

TEORIA DOS GRAFOS
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO, 5º SEMESTRE

ARTHUR CHRYSTIAN DE MORAIS STELLA; RA: 10314030
GLENDA MILÉO TRIGO; RA: 10418587

ATIVIDADE PROJETO 1
ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

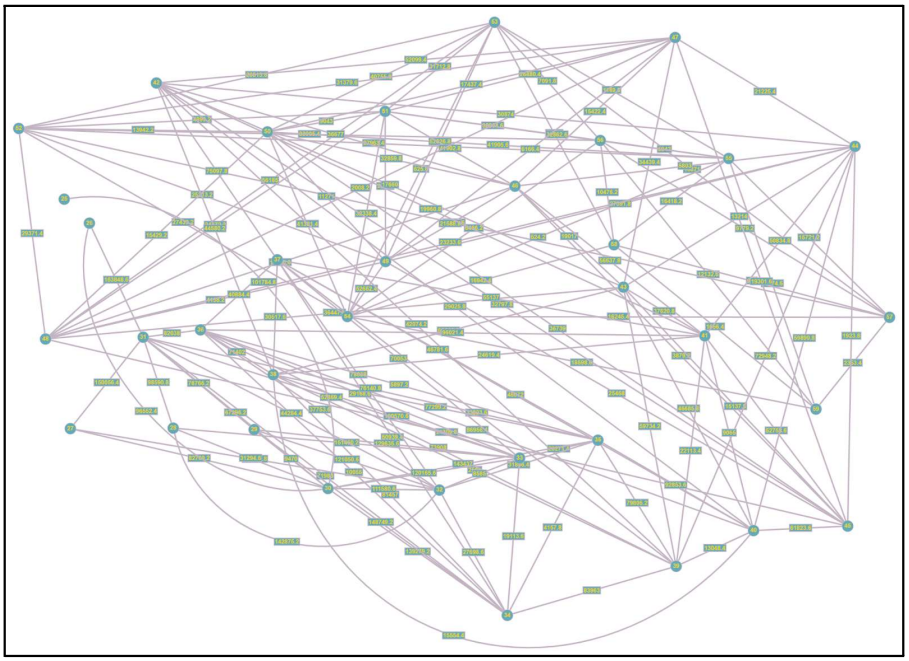
ALPHAVILLE
2025

SUMÁRIO

DESCRIÇÃO TEXTUAL

É necessário refletir e analisar a difícil situação de interdependência da energia elétrica entre regiões e setores consumidores no Brasil; influenciada por fatores climáticos, econômicos e estruturais. Compreender essas relações é um caminho chave para alcançarmos a otimização da distribuição de energia, redução de desperdícios e a previsibilidade do consumo.

Posto isso, este projeto propõe a modelagem da rede de consumo elétrico por meio da Teoria dos Grafos, onde os vértices representam diferentes regiões ou setores e as arestas indicam relações baseadas em variações temporais e padrões de consumo. Essa abordagem permite visualizar conexões e identificar influências entre unidades consumidoras, auxiliando no desenvolvimento de estratégias mais eficientes para o setor brasileiro de energia.



Link para melhor visualização da imagem do grafo no apêndice do arquivo.

Vértices (Localidades)

1. **Critério de Seleção:**
    - Selecionamos as 60 localidades com o maior consumo total médio de energia elétrica ao longo dos anos disponíveis no dataset.

- Isso garante que o grafo representa as cidades com maior demanda energética, tornando o modelo mais relevante.

2. **Cálculo do Consumo Médio:**
   - O consumo médio de cada localidade foi calculado somando os valores anuais e dividindo pelo número de anos disponíveis.
   - Isso ajuda nas variações anuais e prioriza cidades que, de forma consistente, apresentam alto consumo.

Arestas (Conexões entre Cidades)

1. **Critério de Conexão:**
   - Conectamos cada localidade às mais próximas em consumo, ordenando os valores de consumo médio.
   - O objetivo é garantir que cidades com padrões de consumo semelhantes estejam interligadas.
2. **Quantidade Mínima de Conexões:**
   - Para garantir pelo menos 150 arestas, seguimos duas estratégias:
     - **Primeira fase:** Criamos conexões naturais entre cidades com consumo próximo.
     - **Segunda fase:** Se o número de arestas ainda for insuficiente, ampliamos o critério de proximidade, conectando cidades com diferenças maiores, até alcançar o mínimo necessário.
3. **Controle de Conexões por Vértice:**
   - Para evitar que algumas cidades fiquem muito conectadas e outras pouco conectadas, cada localidade tem um limite inicial de até 5 conexões.
4. **Peso das Arestas:**
   - O peso de cada aresta representa a diferença de consumo elétrico entre as duas cidades conectadas.
   - Isso permite que análises sobre o grafo levem em conta a variação no consumo entre as localidades.

ODS ESCOLHIDA

ODS 7 – Energia Acessível e Limpa: Buscando compreender os padrões de consumo de energia elétrica no Brasil, alinhar o projeto com esse ODS permite uma análise das correlações entre os diferentes setores e regiões. Ao identificar essas relações por meio da Teoria dos Grafos, será possível auxiliar na formulação de políticas públicas mais eficazes, que promovam uma distribuição energética mais equitativa, eficiente e sustentável. Além disso, o projeto também pode contribuir para o melhor aproveitamento de fontes renováveis, garantindo maior acessibilidade e segurança para a população.

ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura: A aplicação de modelagem matemática e análise de redes complexas no setor elétrico representa um avanço significativo na forma como a infraestrutura energética é compreendida e gerenciada. Portanto, se torna possível identificar padrões de consumo relevantes, prever variações na demanda e otimizar a distribuição de energia de maneira mais inteligente. Podendo trazer inovação e modernização na indústria e na infraestrutura que realiza o fornecimento de energia no território brasileiro.

CÓDIGO - PYTHON

O código implementa uma classe Grafo que utiliza a biblioteca networkx para manipular grafos direcionados. O programa permite carregar um grafo a partir de um arquivo, exibir sua representação, realizar operações como inserção e remoção de vértices e arestas, verificar conexidade e salvar as alterações no arquivo. Um menu interativo possibilita a interação do usuário com o grafo.

A **classe Grafo** contém os seguintes atributos e métodos:

Atributos

- grafo: Um objeto DiGraph da biblioteca networkx, que representa o grafo direcionado.
- nomes_vertices: Um dicionário que mapeia IDs dos vértices para nomes de cidades.
- arquivo: Uma string contendo o caminho do arquivo utilizado para carregar e salvar o grafo.

Métodos

1.1 Carregar Grafo (carregar_grafo)

Este método lê um arquivo de texto contendo a definição do grafo e carrega suas informações na estrutura de dados.

- Lê o arquivo linha por linha e extrai:
    - Tipo do grafo.
    - Número de vértices.
    - Número de arestas.
    - Vértices, incluindo ID, nome e peso.
    - Arestas, incluindo vértices de origem e destino, e peso.
- Utiliza networkx para adicionar os vértices e arestas ao grafo.

1.2 Salvar Grafo (salvar_grafo)

Este método escreve o grafo atualizado de volta para o arquivo de origem.

- Formata e escreve os vértices e arestas no arquivo.

1.3 Mostrar Conteúdo do Arquivo (mostrar_conteudo_arquivo)

Exibe o conteúdo do arquivo que define o grafo, permitindo ao usuário visualizar sua estrutura em texto.

1.4 Mostrar Grafo (mostrar_grafo)

Exibe o grafo em duas representações:

- **Lista de Adjacência**: Mostra cada vértice e seus vízinhos.
- **Matriz de Adjacência**: Representa a conexão entre vértices em uma matriz numérica.

1.5 Inserir Vértice (inserir_vertice)

Adiciona um novo vértice ao grafo com ID, nome da cidade e peso.

- Atualiza nomes_vertices para mapear o novo vértice ao seu nome.

1.6 Inserir Aresta (inserir_aresta)

Adiciona uma aresta entre dois vértices existentes, associando um peso à conexão.

1.7 Remover Vértice (remover_vertice)

Remove um vértice do grafo e todas as arestas conectadas a ele.

1.8 Remover Aresta (remover_aresta)

Remove uma aresta entre dois vértices.

1.9 Verificar Conexidade (conexidade_grafo)

Analisa a conexidade do grafo e classifica em:

- **Fortemente conexo (C3)**: Existe um caminho entre todos os pares de vértices.
- **Simplesmente conexo (C2)**: O grafo não é fortemente conexo, mas todas as componentes estão conectadas por caminhos indiretos.

- **Semi fortemente conexo (C1)**: Existem componentes conexas, mas não para todos os vértices.
- **Desconexo (C0)**: O grafo possui vértices isolados.

O **menu interativo** permite ao usuário escolher a operação desejada:

1. Mostrar Conteúdo do Arquivo: Chama mostrar_conteudo_arquivo.
2. Mostrar Grafo: Chama mostrar_grafo.
3. Inserir Vértice: Solicita ID, nome e peso, e adiciona ao grafo.
4. Inserir Aresta: Solicita vértices e peso, e cria uma aresta.
5. Remover Vértice: Remove um vértice informado.
6. Remover Aresta: Remove uma aresta informada.
7. Verificar Conexidade: Exibe o status de conexidade do grafo.
8. Salvar e Sair: Salva o grafo no arquivo e encerra o programa.
9. Sair sem Salvar: Fecha o programa sem salvar alterações.

O menu é executado em um loop while, garantindo que o usuário possa realizar múltiplas operações antes de sair.

TESTES

Testes realizados respeitando a regra de testar duas vezes as funções principais do código:

```
5: []
6: []
7: []
8: []
9: []
10: []
11: []
12: []
13: []
14: []
15: []
16: []
17: []
18: []
19: []
20: []
21: []
22: []
23: []
24: []
25: []
26: []
27: []
28: []
29: []
30: [25, 26, 27, 28, 29]
31: [26, 27, 28, 29, 30]
32: [27, 28, 29, 30, 31]
33: [28, 29, 30, 31, 32]
34: [29, 30, 31, 32, 33]
35: [30, 31, 32, 33, 34]
36: [31, 32, 33, 34, 35]
37: [32, 33, 34, 35, 36]
38: [33, 34, 35, 36, 37]
39: [34, 35, 36, 37, 38]
40: [35, 36, 37, 38, 39]
41: [36, 37, 38, 39, 40]
42: [37, 38, 39, 40, 41]
43: [38, 39, 40, 41, 42]
44: [39, 40, 41, 42, 43]
45: [40, 41, 42, 43, 44]
```

```
45: [40, 41, 42, 43, 44]
46: [41, 42, 43, 44, 45]
47: [42, 43, 44, 45, 46]
48: [43, 44, 45, 46, 47]
49: [44, 45, 46, 47, 48]
50: [45, 46, 47, 48, 49]
51: [46, 47, 48, 49, 50]
52: [47, 48, 49, 50, 51]
53: [48, 49, 50, 51, 52]
54: [49, 50, 51, 52, 53]
55: [50, 51, 52, 53, 54]
56: [51, 52, 53, 54, 55]
57: [52, 53, 54, 55, 56]
58: [53, 54, 55, 56, 57]
59: [54, 55, 56, 57, 58]

Matriz de Adjacência:
   0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 5
3 54 55 56 57 58 59
 0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
 1  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
 2  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
 3  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
 4  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
 5  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
 6  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
 7  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
 8  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
 9  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
10  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
```

```
11  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
12  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
13  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
14  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
15  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
16  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
17  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
18  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
19  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
20  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
21  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
22  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
23  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
24  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
25  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
26  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
27  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
28  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
29  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
30  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  1  1  1  1  1  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0
31  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  1  1  1  1  1  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
```

```
32 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
33 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
34 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
35 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
36 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
37 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
38 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
39 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
40 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
41 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
42 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
43 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
44 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
45 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
46 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
47 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
48 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
49 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
50 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0
51 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0
52 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0
```

```
53 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0
54 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1
1 0 0 0 0 0 0
55 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1
1 1 0 0 0 0 0
56 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1
1 1 1 0 0 0 0
57 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1
1 1 1 1 0 0 0
58 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
1 1 1 1 1 0 0
59 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 1 1 1 1 1 0

📌 MENU
1. Mostrar Arquivo
2. Mostrar Grafo
3. Inserir Vértice
4. Inserir Aresta
5. Remover Vértice
6. Remover Aresta
7. Conexidade
8. Salvar e Sair
9. Sair
Escolha: 7

🚧 O grafo é **desconexo (C0)**.

📌 MENU
1. Mostrar Arquivo
2. Mostrar Grafo
3. Inserir Vértice
4. Inserir Aresta
5. Remover Vértice
6. Remover Aresta
7. Conexidade
8. Salvar e Sair
9. Sair
Escolha: 3
Vértice: 60
```

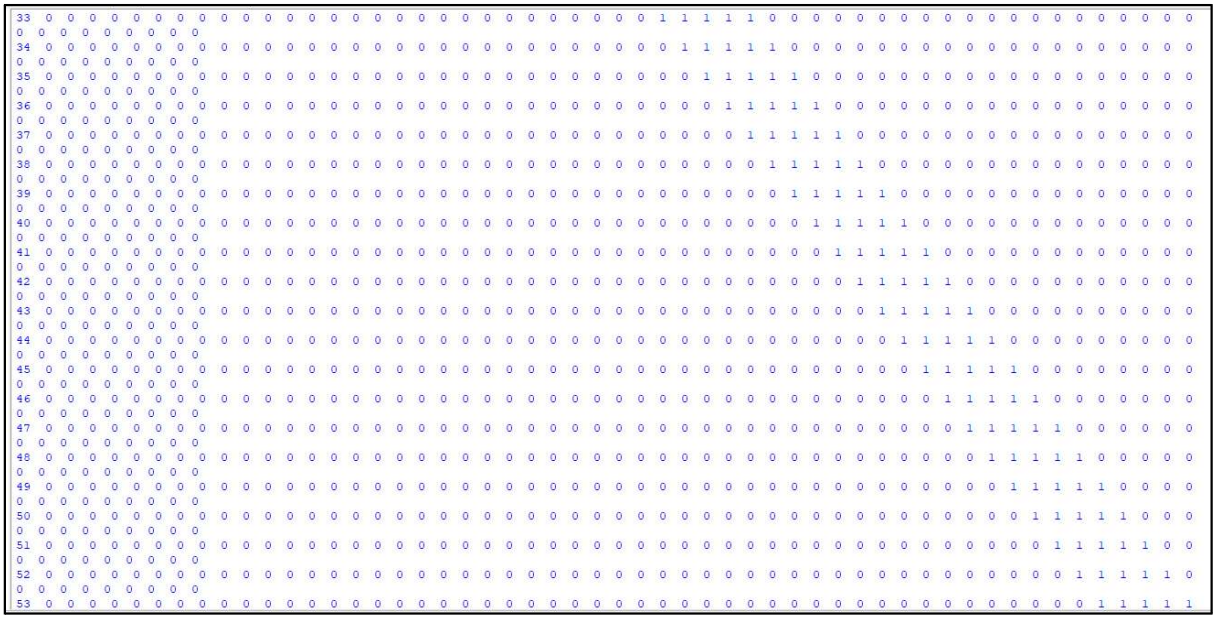
```
Nome: CIDA
Peso: 500

☑ Vértice 60 (CIDA) inserido com sucesso!


📌 MENU
1. Mostrar Arquivo
2. Mostrar Grafo
3. Inserir Vértice
4. Inserir Aresta
5. Remover Vértice
6. Remover Aresta
7. Conexidade
8. Salvar e Sair
9. Sair
Escolha: 3
Vértice: 61
Nome: CIDB
Peso: 600

☑ Vértice 61 (CIDB) inserido com sucesso!


📌 MENU
1. Mostrar Arquivo
2. Mostrar Grafo
3. Inserir Vértice
4. Inserir Aresta
5. Remover Vértice
6. Remover Aresta
7. Conexidade
8. Salvar e Sair
9. Sair
Escolha: 4
Origem: 59
Destino: 60
Peso: 600

☑ Aresta de 59 para 60 inserida com sucesso!
```

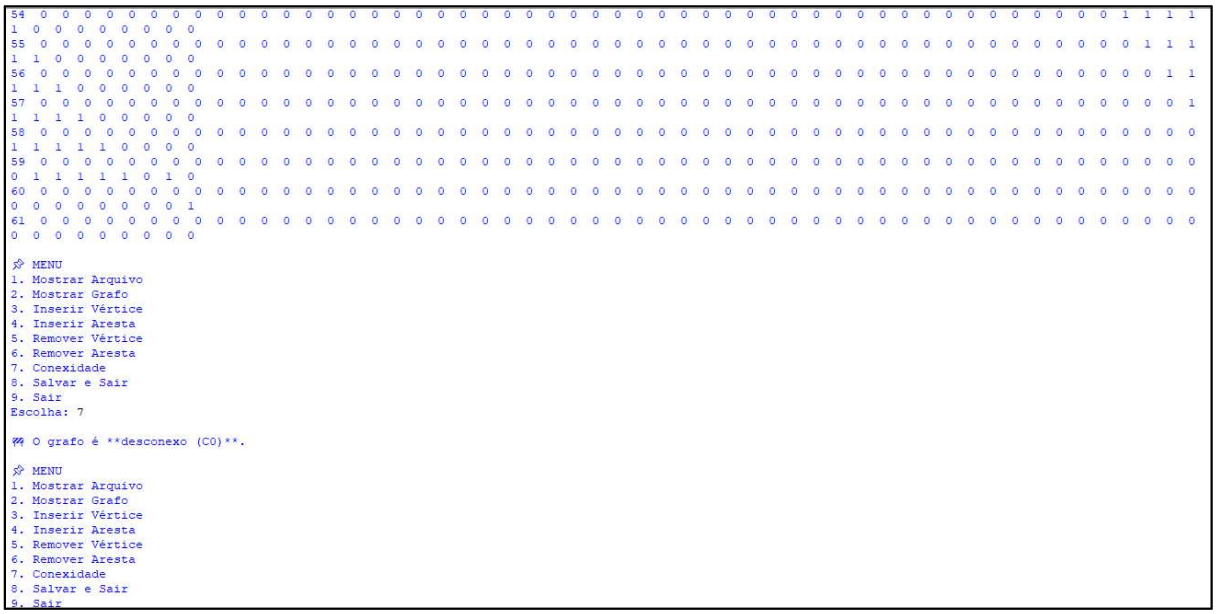
```
📌 MENU
1. Mostrar Arquivo
2. Mostrar Grafo
3. Inserir Vértice
4. Inserir Aresta
5. Remover Vértice
6. Remover Aresta
7. Conexidade
8. Salvar e Sair
9. Sair
Escolha: 4
Origem: 60
Destino: 61
Peso: 300

☑ Aresta de 60 para 61 inserida com sucesso!


📌 MENU
1. Mostrar Arquivo
2. Mostrar Grafo
3. Inserir Vértice
4. Inserir Aresta
5. Remover Vértice
6. Remover Aresta
7. Conexidade
8. Salvar e Sair
9. Sair
Escolha: 2

📊 Representação do Grafo:

Lista de Adjacência:
0: []
1: []
2: []
3: []
4: []
5: []
6: []
7: []
```

```
8: []
9: []
10: []
11: []
12: []
13: []
14: []
15: []
16: []
17: []
18: []
19: []
20: []
21: []
22: []
23: []
24: []
25: []
26: []
27: []
28: []
29: []
30: [25, 26, 27, 28, 29]
31: [26, 27, 28, 29, 30]
32: [27, 28, 29, 30, 31]
33: [28, 29, 30, 31, 32]
34: [29, 30, 31, 32, 33]
35: [30, 31, 32, 33, 34]
36: [31, 32, 33, 34, 35]
37: [32, 33, 34, 35, 36]
38: [33, 34, 35, 36, 37]
39: [34, 35, 36, 37, 38]
40: [35, 36, 37, 38, 39]
41: [36, 37, 38, 39, 40]
42: [37, 38, 39, 40, 41]
43: [38, 39, 40, 41, 42]
44: [39, 40, 41, 42, 43]
45: [40, 41, 42, 43, 44]
46: [41, 42, 43, 44, 45]
47: [42, 43, 44, 45, 46]
48: [43, 44, 45, 46, 47]
```

```
48: [43, 44, 45, 46, 47]
49: [44, 45, 46, 47, 48]
50: [45, 46, 47, 48, 49]
51: [46, 47, 48, 49, 50]
52: [47, 48, 49, 50, 51]
53: [48, 49, 50, 51, 52]
54: [49, 50, 51, 52, 53]
55: [50, 51, 52, 53, 54]
56: [51, 52, 53, 54, 55]
57: [52, 53, 54, 55, 56]
58: [53, 54, 55, 56, 57]
59: [54, 55, 56, 57, 58, 60]
60: [61]
61: []

Matriz de Adjacência:
    0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 5
3 54 55 56 57 58 59 60 61
 0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
 1  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
 2  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
 3  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
 4  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
 5  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
 6  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
 7  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
 8  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
 9  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
10  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
11  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
```

```
12  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
13  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
14  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
15  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
16  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
17  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
18  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
19  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
20  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
21  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
22  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
23  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
24  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
25  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
26  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
27  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
28  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
29  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
30  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  1  1  1  1  1  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
31  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  1  1  1  1  1  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
0  0  0  0  0  0  0  0  0
32  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  1  1  1  1  1  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0  0
```





OBS.: Selecionei a opção 9, pois não queria salvar as modificações feitas no arquivo grafo.txt (mantive ele original).

APÊNDICE A - GITHUB / FOTO GRAFO

Link para o GitHub do projeto:
https://github.com/GlendaTrigo/ProjetoGrafosEnergia

Link para visualização do Grafo em melhor qualidade:
krwPUmgCXmjNIIHT.png