



10º Encontro de Ensino Pesquisa e Extensão

Patrocínio, MG, outubro de 2023

ANÁLISE DE LINHAS DE TRANSMISSÃO POR MEIO DE TEORIA DOS GRAFOS: PROTEGENDO ÁREAS DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL ATRAVÉS DE DESVIOS ESTRATÉGICOS

Laíssa Daniele Silva Mota¹, Danielli Araújo Lima²
Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM) Campus Patrocínio
Modalidade: Pesquisa
Formato: Artigo Completo

Resumo: A transmissão de energia elétrica refere-se ao processo de transportar eletricidade das usinas geradoras as subestações abaixadoras responsáveis por distribuir a energia em tensões adequadas aos consumidores. Para uma transmissão eficiente e com menos perdas, é essencial aumentar a tensão e reduzir a corrente, pois correntes mais altas ou resistências maiores resultam em perdas de energia maiores. A manutenção regular das redes é crucial para preservar a eficiência ao longo do tempo. No entanto, a falta de investimento na infraestrutura de transmissão leva a falhas e interrupções no fornecimento de energia, o que pode afetar áreas de preservação ambiental. Isso aumenta os riscos de incêndios devido à vegetação não aparada e ao uso de equipamentos defeituosos. Uma solução para este problema é o uso de teoria dos grafos e algoritmos que possam manipular os trajetos de linhas de transmissão que preservem as regiões mais sensíveis e gere rotas alternativas para períodos de manutenção.

Palavras-chaves: Transmissão de energia; preservação ambiental; unidades de conservação.

Introdução

O Sistema Interligado Nacional (SIN) refere-se a uma rede de transmissão de energia elétrica brasileira que interconecta diversas usinas geradoras, subestações e consumidores do país formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e

¹Estudante de Engenharia Elétrica, IFTM Campus Patrocínio, laissa.mota@estudante.iftm.edu.br.

²Professora na área de Computação, IFTM Campus Patrocínio, danielli@iftm.edu.br.

parte da região Norte. Apenas 1,7% da capacidade de produção de eletricidade do país encontra-se fora do sistema, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica. Juntamente com o SIN temos a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), uma autarquia com finalidade de regular a fiscalização, produção, transmissão, distribuição e a comercialização de energia, em conformidade com as políticas e diretrizes do Governo Federal (VASCONCELOS, 2017).

Esta interligação contribui para a diversificação da matriz energética, incorporando diferentes fontes de energia, como hidrelétrica, térmica, eólica e solar, porém o trajeto desta rede de transmissão pode se tornar prejudicial ao ecossistema. Um exemplo deste possível dano ao bioma é no processo de construção do trajeto da linha, nesta etapa de edificação é necessário desmatar o caminho a ser percorrido pelas torres de transmissão e depois de construída a transmissão da linha de alta tensão de energia gera perturbações sonoras, afetando o ecossistema local (VASCONCELOS, 2017).

Além dos impactos ambientais iniciais, temos os incêndios florestais (BRASIEL; LIMA, 2023), linhas de transmissão que atravessam regiões de floresta de alta vegetação podem frequentemente colidir com a vegetação próxima gerando curtos nos condutores de energia³. Temos outro problema nos equipamentos da linha que passam por um longo período sem manutenção podendo estourar e soltarem faíscas no percurso da linha gerando incêndios. Estes problemas gerados perto de material inflamável, como vegetação seca, podem iniciar incêndios de difícil contenção, devido a densidade da vegetação oferecer um vasto combustível para o fogo, permitindo sua rápida propagação e a topografia irregular das matas complicarem o acesso das equipes de combate, limitando a movimentação e a aplicação de estratégias de contenção de incêndio.

A motivação para esta pesquisa foi os recorrentes acidentes relacionados a linha de transmissão como um incêndio em 2012 na Floresta Nacional de Carajás, localizada no estado do Pará que durou 55 dias e devastou uma área de aproximadamente mil campos de futebol causado pela empresa responsável pela manutenção das linhas de transmissão da região que deixou de fazer o corte ou a poda da vegetação próxima às linhas de transmissão de energia da empresa que atravessam a floresta, o que provocou o curto-circuito causador do fogo. Está região é conhecida por um território que visa

³“Mapeamento mostra queimadas em áreas de linhas de transmissão de energia elétrica”, escrito por Letras Ambientais. Acessado em: quarta-feira, dia 16 de agosto de 2023, <https://www.letrasambientais.org.br/posts/mapeamento-mostra-queimadas-em-areas-de-linhas-de-transmissao-de-energia-eletrica>.

proteger a fauna, flora da região e possui uma grande importância para povos indígenas, que têm seus territórios e culturas associados a essa região (MARABÁ, 2015).

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é utilizar algoritmos de grafos para planejar trajetos alternativos para as linhas de transmissão, estratégia importante para reduzir ao máximo possíveis acidentes na linha que possam gerar incêndios de rápida propagação, especialmente durante períodos de seca. Além disso, esses trajetos alternativos podem ser utilizados para permitir que as empresas realizem manutenções periódicas nos condutores de energia sem afetar as regiões que dependem do fornecimento de energia elétrica.

Fundamentação Teórica

No Brasil temos uma área territorial de 8.515.759 quilômetros quadrados, que atingiu um consumo de 500.209 GWh de energia elétrica em 2021 (PESQUISA ENERGETICA, 2023). Para alimentar toda esta extensão necessitamos de um sistema de produção e transmissão de energia conectado, com esta ideia foi criado o SIN, que como mencionado anteriormente, é um sistema hidro-termo-eólico de grande porte, com predominância de usinas hidrelétricas e com múltiplos proprietários (NACIONAL, 2023). A geração hidroelétrica é responsável por gerar 64,9% do nosso consumo de energia. Porém temos outras fontes como gás natural 9,3%, biomassa 9,1%, eólica 8,8%, e possuímos também solar, derivados do petróleo, carvão e derivados e nuclear com menos de 3% de geração em 2020 (MINAS E ENERGIA MMA E EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA EPE, 2021).

No estágio seguinte à produção de eletricidade, garantindo a distribuição aos consumidores, ocorre a transmissão através das linhas de transmissão. Neste processo, a tensão é elevada para que possa ser transmitida minimizando no máximo as perdas. Para que isto aconteça a presença de subestações é essencial, elas são instalações elétricas que converte de alta tensão para níveis mais baixos para ser distribuído aos consumidores e de níveis mais baixos a níveis altos para serem transmitidos de maneira eficiente e segura.

Neste importante processo de elevação de tensão, abaixamento e transmissão da energia não podemos esquecer da eficiência energética, refere-se à utilização responsável

e equilibrada dos recursos energéticos, visando atender às necessidades sem comprometer o meio ambiente. Segundo (CAMPOS, 2005) o setor elétrico terá também de ser capaz de medir e avaliar sua performance, demonstrando uma melhoria contínua em um longo prazo. Com base nesta ideia iremos analisar as unidades de uso sustentável no território brasileiro protegidas pelo Ministério de Meio Ambiente, são regiões que conciliam a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos recursos naturais. As áreas protegidas englobam florestas nacionais, reservas extrativistas, fauna, reservas de desenvolvimento sustentável e de relevante interesse ecológico.

Sabe-se ainda que no Brasil, o Ministério do Meio Ambiente assume um papel de gestão e supervisão das diversas unidades de conservação espalhadas pelo território nacional. Elas são divididas em unidades de proteção integral e uso sustentável, as unidades de proteção integral admitem apenas o uso indireto dos recursos naturais. Já as de uso sustentável têm por finalidade compatibilizar a conservação da Natureza com o uso sustentável de uma parcela dos seus recursos naturais (FONSECA; LAMAS; KASECKER, 2010). Atualmente temos 336 Unidades de Conservação federais, das quais 145 estão localizadas na Amazônia Legal, das 336 unidades 217 são de uso sustentável (MURER; MELO FUTADA, 2023). No Estado de São Paulo temos 10 destas unidades, devido a essa grande quantidade e por ser atualmente o maior polo industrial do país, precisamos direcionar uma atenção mais intensa para essa região por ter um alto índice de poluição e impactos ambientais.

O Estado de São Paulo é o principal centro econômico do país com maior Produto Interno Bruto (PIB), possuindo uma indústria diversificada incluindo manufatura, tecnologia, automobilística, química, farmacêutica e eletrônica. Com o título de décimo segundo estado em extensão com 248.209 quilômetros quadrados possui ainda 4,7 milhões de hectares de área protegida em terra e mar, com 23% de sua área abrangida por vegetação nativa. Porém para preservar estas áreas o governo estadual tem trabalhado muito para manter estas áreas conservadas, no ano de 2021 o estado atingiu 68% de destruição de floresta e vegetação natural representando 15 mil hectares, porém em 2022 recuou para 5 mil hectares. A forma encontrada pelo governo foi a criação da plataforma digital Painel Verde desenvolvida pela Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, com o intuito de criar ações de controle da supressão autorizada e de intervenções irregulares (ESTADO DE SÃO PAULO, 2023).

Materiais e métodos

Para a coleta de dados incluímos informações sobre a rede de transmissão elétrica existente no estado de São Paulo, incluindo localização das subestações, níveis de tensão, agentes responsáveis e ano de operação. Esses dados podem ser obtidos junto a agências reguladoras, empresas de energia e sistemas de informações geográficas (GIS). Em um momento posterior, avaliamos o impacto ambiental da atual rede de transmissão elétrica em São Paulo. Isto envolveu avaliar as áreas onde as linhas de transmissão passam por regiões ambientalmente sensíveis, os riscos potenciais de incêndios florestais e o impacto nos ecossistemas locais. Dados sobre densidade de vegetação, risco de incêndio e áreas de conservação ambiental foram coletados e analisados.

Posteriormente, desenvolvemos algoritmos baseados na teoria dos grafos para otimizar a rede de transmissão considerando a preservação ambiental. Isto incluiu a criação de uma representação gráfica da rede de transmissão, a identificação de rotas críticas e o desenvolvimento de algoritmos para encontrar rotas alternativas para períodos de manutenção ou para minimizar o impacto ambiental. A representação de grafos é uma forma de visualizar e descrever estruturas compostas por vértices interconectados por arestas, a relação entre os elementos pode ser orientado e não orientado. No grafo orientado também conhecido como simétrico, as arestas possuem uma direção, unidirecional. E no grafo não orientado, conhecido como assimétrico, é uma abordagem representada por arestas que não possuem uma direção associada a elas, o que significa que a conexão entre os vértices é bidirecional. Ou seja, implementamos e simulamos os algoritmos desenvolvidos usando dados do mundo real. Como material, usamos o software de simulação denominado Graph Online⁴ para avaliar o desempenho desses algoritmos na otimização da rede de transmissão e, ao mesmo tempo, preservar áreas ambientais sensíveis. Além disso, para o desenvolvimento da pesquisa foi empregado uma abordagem que incluía o uso de mapas interativos e geração de grafos. Com o WebMap⁵ da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) foi utilizado os mapas interativos para analisar as linhas de transmissão de 440 kV e as unidades de conservação licenci-

⁴Graph Online, ferramenta online para a criação e aplicação de algoritmos em grafos. Link: <https://graphonline.ru/pt/>.

⁵WebMap EPE permite realizar consultas, download em formatos vetorial e raster, medições de áreas e distâncias e adicionar seus próprios dados, disponível em: <https://gisepeprd2.epe.gov.br/WebMapEPE/>.

adas pelo Ministério do Meio Ambiente.

Em seguida, utilizamos um Estudo de Caso para os Estado de São Paulo. Neste caso, optamos por aplicar a metodologia desenvolvida ao caso específico da rede de transmissão elétrica do Estado de São Paulo. Para isso, foi feita uma análise de como os algoritmos podem ser usados para melhorar a eficiência da rede, reduzir o impacto ambiental e melhorar o agendamento de manutenção. Ao final, fizemos a comparação da abordagem proposta com métodos tradicionais de gerenciamento de rede. Ou seja, avaliamos a redução do impacto ambiental, a eficiência da transmissão de energia e a relação custo-eficácia da nova abordagem. Além disso, realizamos análises de sensibilidade para entender como mudanças nos parâmetros, como fatores ambientais ou carga da rede, afetam o desempenho da metodologia proposta. Com isso será realizada um conjunto de recomendações de implementação, cujo objetivo é fornecer recomendações baseadas nos resultados do estudo para a implementação dos algoritmos desenvolvidos na gestão da rede de transmissão elétrica em São Paulo e potencialmente em outras regiões.

Desenvolvimento

Para que possamos obter um ambiente com maiores índices de conservação um ponto importante a ser analisado são os obstáculos enfrentados no processo de transmissão de energia, para exemplificar iremos utilizar as linhas de 440 kV no Brasil, presentes no estado de São Paulo, conforme mostrado na Figura 1 para conseguir diminuir os danos que as linhas de transmissão trazem às regiões de uso sustentável no país.

Uma forma encontrada de intensificar a proteção destas regiões foi utilizando o método grafo, é uma notação matemática que descreve um conjunto de objetos $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ chamados vértices e outro conjunto $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_m\}$ chamado aresta, relacionados entre si através de uma relação que constitui o grafo $G = (X, U)$. A aresta, de um grafo é definido por $ur = (x_i, x_j)$, onde x_i recebe o nome de vértice inicial e x_j o nome de vértice final. Neste caso os vértices x_i, x_j dizem-se adjacentes e os vértices x_i, x_j dizem-se incidentes na aresta ur (ANAMARIA GOMIDE, 2011; LIMA; OLIVEIRA, 2017).

Além disso, é importante considerar o ponto de vista das empresas fornecedoras

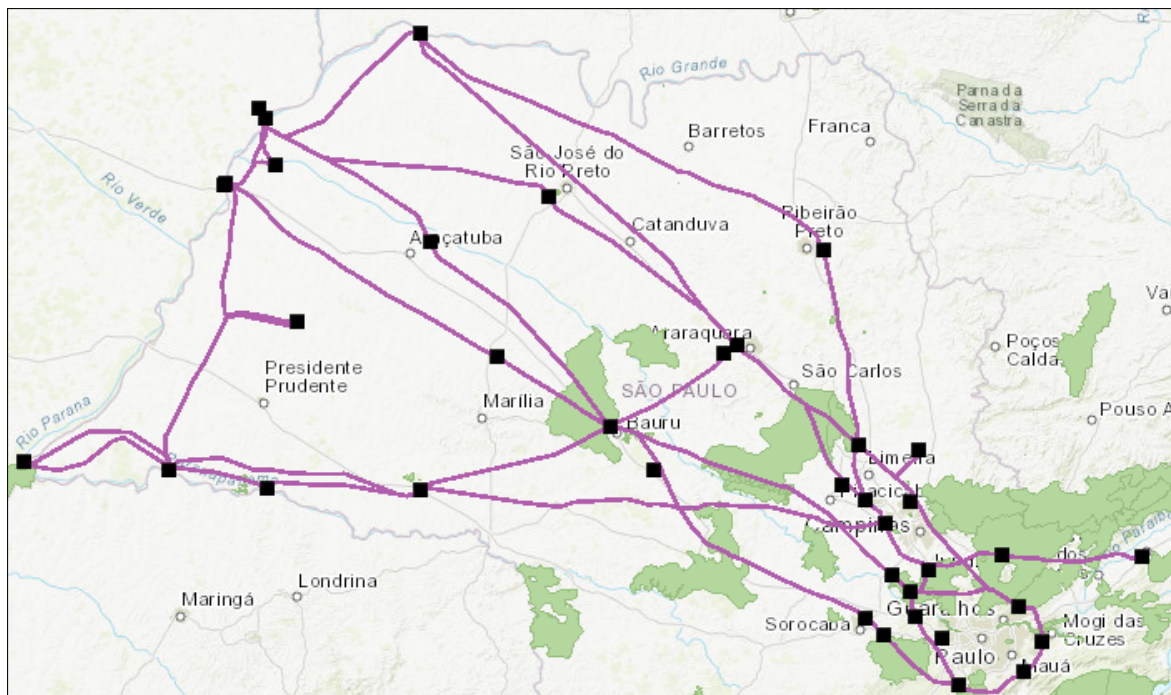


Figura 1: Mapa do estado de São Paulo com as linhas de transmissão de 440kV e as unidades de conservação de uso sustentável

de energia. Para garantir uma melhor qualidade de energia e reduzir as interrupções nas linhas de transmissão elétrica, a necessidade de planejar trajetos alternativos se torna evidente. Neste trabalho, utilizamos algoritmos em grafos para abordar essa questão. Dados da ISA CTEEP, responsável por operar uma rede que transmite 33% de toda a energia elétrica do país e 94% do Estado de São Paulo, revelam que em 2020 foram registradas 133 ocorrências de incêndios próximos às linhas de transmissão, um aumento de cerca de 400% em relação ao mesmo período de 2019 (CTEEP, 2021).

Visando proteger as florestas e as linhas de transmissão foi catalogado as 38 subestações de 440kV no território do estado de São Paulo para serem analisadas os seus trajetos. Na Tabela 1 é possível ver o seu número de identificação, o nome da subestação, longitude, latitude, os níveis de tensão recebido, o agente responsável pela linha e o ano que entrou em operação.

A partir desta catalogação feita no mapa, conseguimos identificar as áreas de uso sustentável que possuem linhas de transmissão passando por seu território. Na Figura 1, vimos que existe uma grade extensa de linhas de transmissão que passam pelo território das unidades de sustentabilidade. Existem 3 diferentes classificações nessa região como Área de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) e Florestas Estaduais. Para obter resultados mais precisos de proteção

Tabela 1: Subestações de 440 kV no Estado de São Paulo

ID	Nome da subestação	Longitude	Latitude	Tensão	Agente	Ano de Operação
1	Se Nova Porto Primavera	-52,965	-22,4878	440/230	Porto Primavera	2006
2	Se Taquaruçu	-52,0009	-22,5386	440/138	Duke Energy	1992
3	Se Capivara	-51,3603	-22,6577	440/138/14,4	Duke Energy	1977
4	Se Assis	-50,3507	-22,6687	500/440/230	CTEEP	-
5	Se Oeste	-47,4122	-23,4472	440/88	CTEEP	-
6	Se CBA 2	-47,2964	-23,5408	440-230	CTEEP	2006
7	Se Embu-Guaçu	-46,7998	-23,8447	440/235/138/16/13,8	CTEEP	-
8	Se Solvay	-46,3746	-23,769	440/88	CTEEP	2011
9	Se Santo Angelo	-46,2539	-23,5861	440/345/138	CTEEP	-
10	Se Água Azul	-46,4014	-23,375	440/138	Água Azul	2019
11	Se Fernão Dias	-46,5147	-23,0579	500/440	MSGT	2020
12	Se Mogi Mirim 3	-47,0656	-22,4199	440/138	CTEEP	-
13	Se Araras	-47,4619	-22,3957	440/138	IEP	2010
14	Se Ribeirão Preto	-47,688	-21,202	500/440/137	CTEEP	-
15	Se Água Vermelha	-50,3489	-19,8609	500/440/138	AES	1978
16	Se UHE Ilha Solteira	-51,3704	-20,3813	440/138/14,4/13,8	RPE	1973
17	Se Ilha Solteira 2	-51,4172	-20,3198	440/230	ITATIM	2011
18	Se três irmãos	-51,3026	-20,6741	440/138	TIJOA	1993
19	Se Jupia	-51,6331	-20,7831	440/138	RPE	1969
20	Se Marechal Rondon	-51,6388	-20,7963	440/138	MRTE	2016
21	Se Alta Paulista	-51,1605	-21,6413	440	IE	2021
22	Se Getulina	-49,8383	-21,8556	440/138	IEP	2011
23	Se Bauru	-49,096	-22,2828	440/138	CTEEP	-
24	Se Bracell	-48,8085	-22,5388	440	-	2021
25	Se Salto	-47,2406	-23,1789	440/88	IESJ	2012
26	Se Cabreúva	-47,1162	-23,2775	440/230/138/13,8	CTEEP	-
27	Se Gerdau SP	-47,085	-23,4382	440/33/13,8	CTEEP	2005
28	Se Jandira	-46,9066	-23,563	440/88	IESJ	2012
29	Se Bom Jardim	-46,9902	-23,1518	440/138/88/13,8	CTEEP	-
30	Se Sumaré	-47,2867	-22,8669	440/138/13,8	CTEEP	-
31	Se Santa Bárbara d'Oeste	-47,4182	-22,7259	440/138/13,8	CTEEP	-
32	Se Araraquara CTP	-48,2639	-21,7827	440/138	CTEEP	-
33	Se Araraquara 2	-48,3497	-21,8336	500/440	Araraquara	2012
34	Se Taubaté	-45,5864	-23,0632	500/440/230/138	-	-
35	Se Replan	-47,1125	-22,735	440/138	CTEEP	2016
36	Se Piracicaba	-47,5712	-22,6344	440/138	CPFL Piracicaba	2015
37	Se Mirassol 2	-49,5022	-20,867	440/138	IEP	2011
38	Se Baguaçu	-50,2811	-21,1456	440	IE Aguapei	2021

ambiental, foram escolhidas áreas específicas de uso sustentável para estudo.

Como objeto de estudo de caso, neste trabalho, selecionamos especificamente a região compreendida entre as subestações Santo Ângelo e Água Azul. Essa área abriga importantes áreas de proteção ambiental, incluindo a Várzea do Rio Tietê, que abrange uma extensão de 8.740,9300 hectares, a Serra do Itapeti, com 5.138,9400 hectares, e a Bacia do Paraíba do Sul, que se estende por 292.599,92 hectares. No total, essas áreas protegidas englobam 301.479,79 hectares de vegetação de Mata Atlântica, conforme documentado no guia de referência (INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE, 2023). Essa escolha se baseia na significativa extensão e importância ecológica dessa região, tornando-a particularmente relevante para nosso estudo.

Resultados

Como primeira análise proposta neste trabalho, transformamos o mapa real das linhas de transmissão apresentado na Figura 1 no grafo da Figura 2. Assim, para conseguir

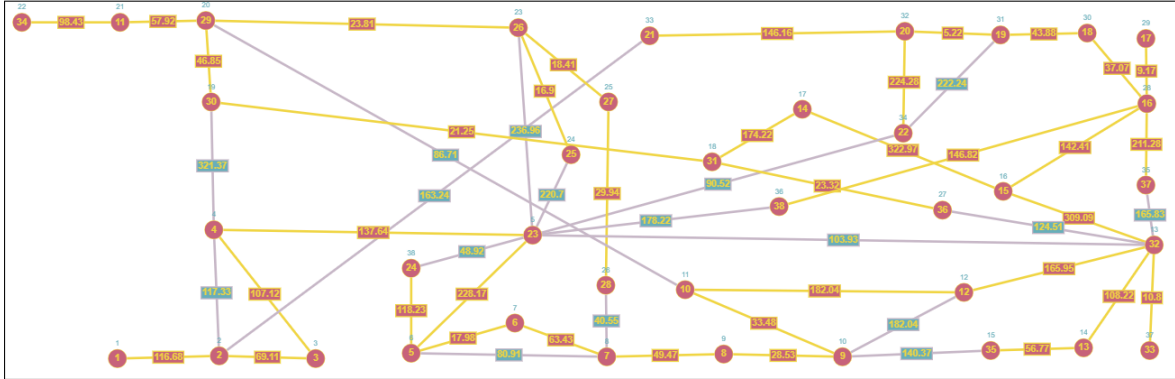


Figura 2: Grafo de busca em profundidade com exclusão das conexões entre as subestações Água Azul e Santo Ângelo, e entre Replan e Santo Ângelo

um planejamento para a proteção dessa região foi feito um estudo de busca em profundidade que explora todos os vizinhos de um nó antes de seguir para os vizinhos dos vizinhos. Na imagem da Figura 2 conseguimos ver que conseguimos eliminar as linhas de transmissão: LT 440 kV Água Azul - Santo Ângelo entre as subestações 9 e 10 e a LT 440 kV Replan - Santo Ângelo entre as subestações 9 e 35. Nesta análise ainda

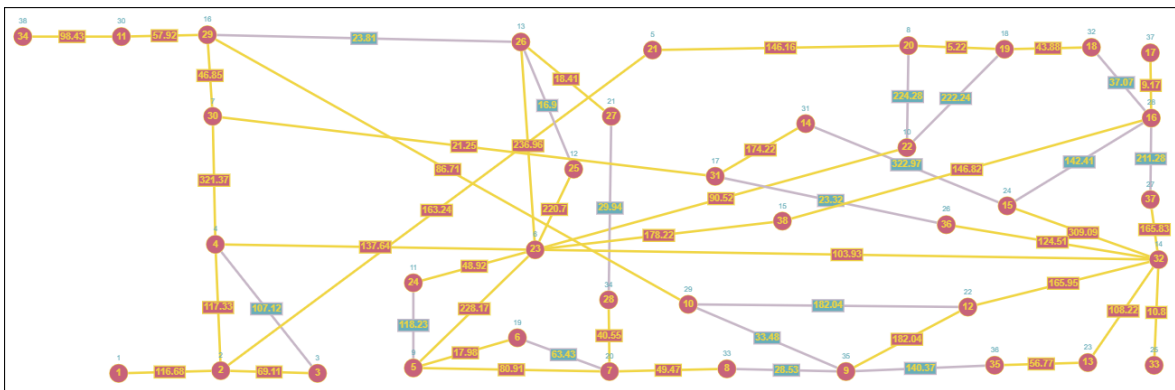


Figura 3: Grafo de busca em largura sem a conexão entre as subestações Santo Ângelo e Mogi Mirim.

mantemos a mesma interligação, mas neste caso, evitando que se passe por áreas de conservação ambiente.

Porém com o algoritmo de busca em profundidade, seguindo o mesmo caminho, temos a linha de transmissão LT 440 kV Mogi Mirim III - Santo Ângelo, que fica entre

as subestações 9 e 12 que não foi transposta. Assim, complementando com o algoritmo de busca em profundidade conseguimos um caminho alternativo para esta rota. Este algoritmo começa a partir de um nó inicial e, em seguida, explora o máximo possível ao longo de cada ramo antes de retroceder, como é possível ver na Figura 3. Assim, unindo múltiplos algoritmos da teoria dos grafos, foi possível resolver o problema das zonas de conservação ambiental, uma vez que o trajeto possui 3 linhas de transmissão percorrendo o caminho.

Ao analisarmos as linhas de transmissão e os riscos que podem representar para a vegetação, bem como as ameaças que a vegetação pode gerar para as linhas, percebemos que é fundamental priorizar a qualidade da energia e a preservação de nossas áreas florestais. Uma abordagem eficaz para demonstrar a utilidade dos métodos baseados em grafos é identificar subestações que possuem múltiplas linhas de transmissão conectadas. A Figura 4 destaca como o cálculo do grau dos vértices, que avalia o número de arestas incidentes, oferece uma abordagem viável para conduzir essa análise. E conseguimos confirmar que cada subestação possui mais de uma linha de transmissão

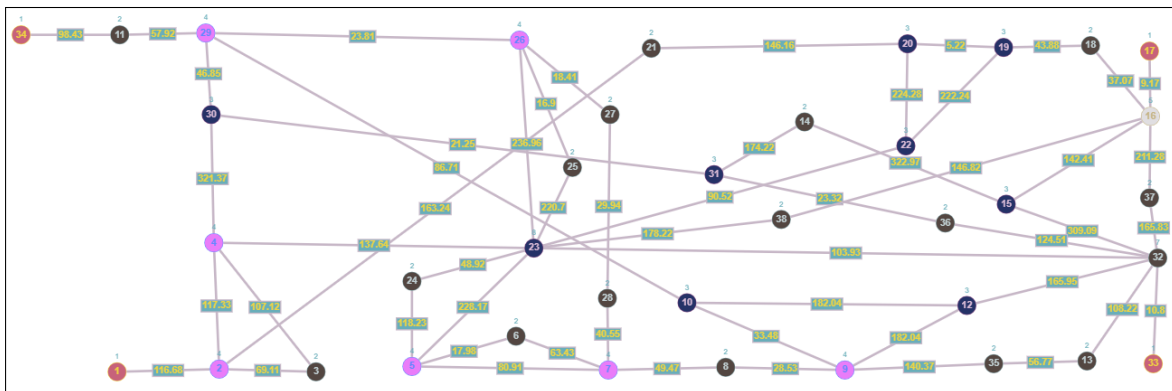


Figura 4: Grafo que representa o número de arestas conectada a cada vértice

para conectar, facilitando que seja criado novos caminhos para atingir o caminho final desejado.

Conclusão

O estudo realizado neste trabalho ressalta a crescente necessidade de preservação ambiental à medida que examinamos os impactos da degradação do meio ambiente. Destacamos a importância de abordar pequenos problemas que podem resultar em grandes erros e a urgência de mudar nossos hábitos. Além disso, destacamos a identificação

de múltiplos caminhos para subestações como um resultado significativo na análise de grafos em redes elétricas. Os algoritmos em grafos provaram ser eficazes na resolução desse problema, considerando as particularidades de cada linha de transmissão. A capacidade de encontrar várias rotas para a mesma subestação é essencial para o planejamento e operação eficiente do sistema de transmissão de energia, aumentando sua confiabilidade, qualidade e permitindo manutenções periódicas sem interrupção do fornecimento de energia, enquanto preserva nossas áreas florestais.

Portanto, a identificação e análise de múltiplos caminhos nas redes elétricas emergem como aspectos cruciais a serem considerados tanto por profissionais quanto por pesquisadores no campo da engenharia elétrica. Como perspectivas para trabalhos futuros, temos a intenção de conduzir análises adicionais, explorando diferentes algoritmos em grafos para aprimorar o planejamento das áreas de posicionamento das linhas de transmissão. Além disso, planejamos estender nossa análise para abranger as áreas de terras indígenas sob a jurisdição da Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI) por onde passam linhas de transmissão, com o objetivo de mitigar potenciais riscos de incêndios nessas regiões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAMARIA GOMIDE, J. S. **Elementos de Matemática Discreta para computação**. [S.l.: s.n.], 2011.

MINAS E ENERGIA MMA E EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA EPE, M. de. Relatório Síntese 2021. **EPE - Empresa de Pesquisa Energética**, 2021.

BRASIEL, H. C.; LIMA, D. A. Exploring the influence of wind, vegetation and water sources on the spread of forest fires in the Brazilian Cerrado Biome using Cellular Automata. In: SBC. ANAIS do XIV Workshop de Computação Aplicada à Gestão do Meio Ambiente e Recursos Naturais. [S.l.: s.n.], 2023. P. 61–70.

CAMPOS, J. J. F. de. Sustentabilidade energética no Brasil: Proposta de indicadores para elaboração de relatórios de sustentabilidade por empresas do Setor Elétrico.

Fundação Getúlio Vargas - Escola de administração de empresas de São Paulo, 2005.

CTEEP, I. **Queimadas causaram aumento de 400% no número de ocorrências em linhas de transmissão de energia.** [S.l.: s.n.], 2021.
<https://www.isactEEP.com.br/pt/noticias/queimadas-causaram-aumento-de-400-no-numero-de-ocorrencias-em-linhas-de-transmissao-de-energia>. Accessed on September 01, 2023.

ESTADO DE SÃO PAULO, G. do. **Plataforma estadual mostra que SP tem 30 mil parques do Ibirapuera em áreas protegidas.** [S.l.: s.n.], 2023.
<https://www.saopaulo.sp.gov.br/>. Accessed on September 01, 2023.

FONSECA, M.; LAMAS, I.; KASECKER, T. O Papel das Unidades de Conservação, 2010.

INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE, S. de. **Guia de áreas protegidas.** [S.l.: s.n.], 2023. <https://guiadeareasprotegidas.sp.gov.br/>. Accessed on September 04, 2023.

LIMA, D. A.; OLIVEIRA, G. M. Formal analysis in a cellular automata ant model using swarm intelligence in robotics foraging task. In: IEEE. 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). [S.l.: s.n.], 2017. P. 1793–1798.

MARABÁ, 2. V. **Petição: 3618 - Crimes contra o Meio Ambiente e o Patrimônio Genético.** [S.l.: s.n.], 2015.
<https://processual.trf1.jus.br/consultaProcessual/processo.php?proc=0003219-65.2015.4.01.3901secao=MBA>. Assessment date June 22, 2015.

MURER, B. M.; MELO FUTADA, S. de. **Unidades de conservação no Brasil - Painel de Dados.** [S.l.: s.n.], 2023.
<https://uc.socioambiental.org/pt-br/paineldedados>. Accessed August 31, 2023.

NACIONAL, S. -. S. I. **O sistema interligado nacional.** [S.l.: s.n.], 2023.
<https://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>. Accessed on August 30, 2023.

PESQUISA ENERGETICA, E. de. **Resenha Mensal: O consumo nacional de eletricidade em dezembro foi 42.937 GWh, o maior valor para o mês em toda a série histórica, desde 2004.** [S.l.: s.n.], 2023. Accessed on August 30, 2023.

VASCONCELOS, F. M. de. **Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica.** [S.l.]: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.