



Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Departamento de Engenharia Elétrica

Ana Flávia Regis Macêdo

Ciência de Dados Aplicada à Análise do Consumo Energético para Casos de Extrema Demanda

Campina Grande, Paraíba, Brasil
27 de março de 2025

Ana Flávia Regis Macêdo

Ciência de Dados Aplicada à Análise do Consumo Energético para Casos de Extrema Demanda

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenaria de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Edmar Candeia Gurjão, D.Sc.

Campina Grande, Paraíba, Brasil

27 de março de 2025

Ana Flávia Regis Macêdo

Ciência de Dados Aplicada à Análise do Consumo Energético para Casos de Extrema Demanda

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenaria de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em: 27/03/2025

Prof. Edmar Candeia Gurjão, D.Sc.
Orientador

Prof. Célio Anésio da Silva, D.Sc.
Avaliador

Campina Grande, Paraíba, Brasil
27 de março de 2025

"Dedico este trabalho ao meu irmão João Marcos (In memoriam). Você sempre está em meus pensamentos. Queria que tivéssemos tido mais tempo."

Agradecimentos

São muitas as pessoas responsáveis por eu estar aqui vivendo este exato momento e é impossível elencar cada uma, pois a probabilidade de deixar alguém de fora é muito grande.

Então a todos que me fortaleceram na árdua jornada do antes e durante a graduação, aos que me incentivaram a continuar, aos que me levantaram e me guiaram, muito obrigada.

Mas ainda quero agradecer a algumas pessoas em específico. A mim, por não ter desistido, mesmo querendo muito. E às minhas crianças, Ana Julia, João Miguel, Brenda Laura e Vitória Emanuela, que mesmo sem fazerem ideia, me salvaram de muitas formas e em muitos momentos. Eu amo vocês de um jeito que nem sei explicar.

E mesmo que eu não transpareça, estou constantemente tentando não desistir de mim.

Resumo

Este trabalho investiga a evolução do consumo energético no contexto de aumento na utilização de ar-condicionados e na adoção de veículos elétricos no Brasil motivados por mudanças climáticas e avanços tecnológicos. A pesquisa utilizou métodos de ciência de dados para analisar dados de geração e demanda elétrica em cenários extremos, como a utilização universal de ar-condicionados em residências e a conversão completa da frota de veículos para elétricos. Foram realizados os cálculos das demandas para cada cenário utilizando como base os dados reais e alguns dados estipulados como valores médios. Os resultados indicam um aumento significativo na demanda energética, destacando a importância da melhoria da infraestrutura existente e da exigência de políticas robustas para eficiência energética e expansão de fontes renováveis.

Palavras-chaves: Consumo Energético. Ar-condicionados. Veículos Elétricos. Ciência de Dados. Sustentabilidade Energética.

Abstract

This study investigates the evolution of energy consumption in the context of increased use of air conditioners and the adoption of electric vehicles in Brazil, driven by climate change and technological advancements. The research applied data science methods to analyze energy generation and electricity demand data in extreme scenarios, such as the universal use of air conditioners in households and the complete conversion of the vehicle fleet to electric. Demand calculations for each scenario were performed based on real data and some stipulated as average values. The results indicate a significant increase in energy demand, highlighting the importance of improving existing infrastructure and the need for robust policies to enhance energy efficiency and expand renewable energy sources.

Key-words: Energy Consumption. Air Conditioners. Electric Vehicles. Data Science. Energy Sustainability.

Lista de abreviaturas e siglas

ABVE	Associação Brasileira de Veículos Elétricos
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEV	<i>Battery Electric Vehicle</i>
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CEEI	Centro de Engenharia Elétrica e Informática
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FCEV	<i>Fuel Cell Electric Vehicle</i>
GPU	<i>Graphics Processing Unit</i>
HEV	<i>Hybrid Electric Vehicle</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PHEV	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i>
REEV	<i>Range Extended Electric Vehicle</i>
SIN	Sistema Interligado Nacional
TPU	<i>Tensor Processing Unit</i>
UAEE	Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
VE	Veículo Elétrico

Lista de ilustrações

Figura 1 – Comparação entre Geração Total e Consumo dos Domicílios no Cenário Real (Escala Logarítmica).	27
Figura 2 – Comparação entre Geração Total e Consumo dos Domicílios no Cenário Extremo (Escala Logarítmica).	27
Figura 3 – Comparação entre Geração Total e Consumo de Carregamento de Veículos Elétricos.	30

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	2
1.1.1	Objetivos Específicos	2
1.2	Metodologia	2
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1	Energia Elétrica	4
2.1.1	Corrente Elétrica	5
2.1.2	Tensão Elétrica	5
2.1.3	Potência Elétrica	7
2.1.4	Consumo de Energia Elétrica	8
2.2	Ciência de Dados	9
2.2.1	Ferramentas de Ciência de Dados	10
2.2.1.1	Python e Bibliotecas Python	10
2.3	Operador Nacional do Sistema Elétrico	12
2.3.1	Descrição das Tabelas de Dados	13
2.3.1.1	Geração por Usina em Base Horária	13
2.4	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	14
2.4.1	Descrição das Tabelas de Dados	15
2.4.1.1	Distribuição de Domicílios	15
2.4.1.2	Domicílios Particulares Permanentes	16
2.4.1.3	Domicílios Recenseados e Variação Relativa	16
2.5	Empresa de Pesquisa Energética	16
2.5.1	Relatório com Cenários Tendenciais sobre Posse de Equipamentos Elétricos e os Impactos na Demanda por Energia Elétrica	17
2.6	Ministério dos Transportes	19
2.6.1	Descrição das Tabelas de Dados	20
2.6.1.1	Quantidade de Veículos por UF Município e Combustível	20
2.7	Associação Brasileira de Veículos Elétricos	21
2.7.1	Descrição das Tabelas de Dados	21
2.7.1.1	Vendas de Veículos Eletrificados no Brasil	21
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	23
3.1	Resultados	23
3.2	Ar-Condicionado	23
3.2.1	Cenário Real	24

3.2.1.1	Caso 1: Domicílios Ocupados	24
3.2.1.2	Caso 2: Totalidade dos Domicílios Recenseados	24
3.2.2	Cenário Extremo	25
3.2.2.1	Caso 1: Domicílios Ocupados	25
3.2.2.1.1	Caso 1.1: 1 Equipamento por Domicílio	25
3.2.2.1.2	Caso 1.2: 1,79 Equipamentos por Domicílio	25
3.2.2.2	Caso 2: Totalidade dos Domicílios Recenseados	26
3.2.2.2.1	Caso 2.1: 1 Equipamento por Domicílio	26
3.2.2.2.2	Caso 2.2: 1,79 Equipamentos por Domicílio	26
3.2.3	Comparação Entre Cenários	26
3.3	Veículos Elétricos	28
3.3.1	Caso Real	28
3.3.1.1	Caso Extremo	28
3.3.2	Comparação Entre Cenários	29
4	CONCLUSÃO	31
4.1	Perspectivas	31
	REFERÊNCIAS	33
	ANEXOS	34

1 Introdução

A transformação no perfil de consumo energético mundial é um fenômeno impulsionado por mudanças climáticas e avanços tecnológicos. O aumento progressivo das temperaturas globais tem intensificado a necessidade de sistemas de climatização eficientes, particularmente ar-condicionados, que são responsáveis por uma parcela crescente do consumo de eletricidade em áreas urbanas. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) publicou em 2021 o "*Relatório com cenários tendenciais sobre posse de equipamentos elétricos e os impactos na demanda por energia elétrica*", que apresenta projeções detalhadas sobre a posse de aparelhos de ar-condicionado no Brasil até 2050 (4). De acordo com o relatório, no cenário de alto crescimento, o número de aparelhos de ar-condicionado pode aumentar significativamente, passando de 36 milhões de unidades em 2020 para 160 milhões em 2050.

Este crescimento acarreta desafios não apenas ambientais, mas também econômicos. O aumento do consumo de energia para climatização exige investimentos substanciais em infraestrutura energética, além de impulsionar a necessidade de políticas que promovam eficiência energética e energia renovável. Paralelamente, a eletromobilidade se apresenta como uma alternativa inovadora, capaz de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e diminuir as emissões de gases de efeito estufa. Veículos elétricos (VEs) utilizam energia elétrica, promovendo uma operação mais limpa e integrada ao avanço das *smart grids* e das fontes renováveis.

Atualmente, os VEs podem ser classificados em diferentes categorias, de acordo com sua tecnologia de propulsão.

- ***Battery Electric Vehicles (BEVs)***: funcionam exclusivamente com eletricidade, armazenando energia em baterias recarregáveis e eliminando completamente a necessidade de combustíveis fósseis.
- ***Hybrid Electric Vehicles (HEVs)***: combinam um motor a combustão com um motor elétrico, permitindo maior eficiência energética, embora ainda dependam de combustíveis fósseis.
- ***Plug-in Hybrid Electric Vehicles (PHEVs)***: são uma variação da tecnologia HEV, que, além de contar com um motor a combustão, podem ser recarregados externamente e percorrer distâncias maiores utilizando apenas eletricidade.
- ***Fuel Cell Electric Vehicles (FCEVs)***: utilizam hidrogênio para gerar eletricidade, emitindo apenas vapor d'água como subproduto.

- **Range Extended Electric Vehicles (REEVs):** nos quais um pequeno motor a combustão é utilizado unicamente para recarregar a bateria quando necessário, garantindo maior flexibilidade no uso diário.

A adoção em massa de VEs apresenta desafios logísticos e de infraestrutura, incluindo a necessidade de ampliação das redes de estações de carregamento e adaptações na geração e distribuição de energia elétrica. Este cenário demanda um planejamento cuidadoso e a implementação de políticas públicas que incentivem o uso de veículos elétricos, garantindo uma transição energética sustentável e eficiente.

Este trabalho explora a intersecção entre o aumento do uso de ar-condicionados e a expansão da eletromobilidade, empregando técnicas de ciência de dados para analisar o consumo energético em cenários de extrema demanda.

1.1 Objetivos

Investigar e analisar a demanda de energia elétrica necessária para atender cenários, cujo consumo está muito acima da normalidade, como o uso de, pelo menos, um equipamento de ar-condicionado por residência ocupada no Brasil e o carregamento de automóveis elétricos, considerando a troca de toda a frota automotiva a combustão por modelos elétricos, também no Brasil.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Analisar dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Ministério dos Transportes e da Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE), identificando as tabelas e informações relevantes para os cenários do uso de ar-condicionados e do carregamento de veículos elétricos.
- Aplicar técnicas de pré-processamento de dados.
- Realizar cálculos das demandas necessárias para o cenário do uso dos condicionadores de ar e do carregamento dos automóveis elétricos, para os casos reais e extremos.
- Comparar os casos extremos com os reais.

1.2 Metodologia

O estudo foi conduzido por meio de estudos de caso de demanda energética, adotando uma abordagem quantitativa e descritiva. Baseado em dados públicos obtidos de

fontes secundárias, a saber, do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Ministério dos Transportes e da Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE); as informações incluem registros históricos de geração de energia elétrica, variáveis socioeconômicas relevantes, descrição da frota veicular do Brasil e quantitativo da venda de modelos de veículos elétricos no Brasil.

Esses dados foram pré-processados e serviram como base para os cálculos das demandas para os cenários elaborados, uso de ar-condicionados e carregamento dos veículos elétricos. Ao final, esses cenários foram comparados com a demanda real para um dos cenários.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Energia Elétrica

A energia elétrica é um dos pilares fundamentais para o funcionamento da sociedade contemporânea, estando presente em praticamente todas as atividades do dia a dia. Desde a iluminação residencial e o uso de eletrodomésticos, até a operação de equipamentos industriais, hospitais e instituições de ensino, sua disponibilidade confiável é essencial para garantir o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida da população.

A eletricidade pode ser gerada a partir de diversas fontes, que podem ser classificadas em renováveis e não renováveis. Para as fontes não renováveis, tem-se:

- **Termelétricas:** utilizam combustíveis fósseis como carvão, gás natural e petróleo.
- **Usinas nucleares:** produzem eletricidade a partir da fissão do urânio.

Já as fontes renováveis incluem:

- **Hidrelétricas:** Utilizam o movimento da água para movimentar turbinas geradoras.
- **Energia solar:** Converte a energia da luz solar em energia elétrica.
- **Energia eólica:** Usa o vento para movimentar hélices que movimentam os geradores de energia elétrica.
- **Biomassa:** produz energia através da queima de materiais orgânicos como madeira, resíduos agrícolas.
- **Geotérmica:** utiliza o calor proveniente do interior da Terra para gerar energia.
- **Maré e ondas:** é gerada pelo movimento das marés e ondas do mar, que acionam turbinas.
- **Biogás:** produzido pela decomposição de matéria orgânica por bactérias em ambientes anaeróbicos.

Nos últimos anos, o avanço tecnológico e o crescimento populacional aumentaram significativamente a demanda por energia elétrica. Esse crescimento tem colocado desafios para os sistemas de geração, transmissão e distribuição, exigindo investimentos contínuos para garantir a estabilidade e a eficiência energética. Além disso, a crescente preocupação com impactos ambientais tem acelerado a transição para fontes de energia mais limpas

e sustentáveis, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e incentivando o uso de tecnologias de eficiência energética (5).

Além dos impactos econômicos e ambientais, a eletricidade desempenha um papel essencial no bem-estar da população. Falhas no fornecimento podem gerar grandes prejuízos financeiros para indústrias e comércios, além de comprometer serviços essenciais, como hospitais, transporte público e telecomunicações. Dessa forma, a confiabilidade do sistema elétrico é um fator fundamental para assegurar a segurança e a qualidade de vida da sociedade (11).

2.1.1 Corrente Elétrica

A corrente elétrica é o movimento organizado de elétrons dentro de um material condutor, como um fio de cobre. Para que esse movimento ocorra, é necessária uma diferença de potencial elétrico, que pode ser fornecida por uma bateria ou uma tomada de energia. Existem dois tipos principais de corrente elétrica:

- **Corrente contínua (CC):** sempre flui no mesmo sentido, como acontece em pilhas e baterias. Ela é utilizada em diversas aplicações porque seu fluxo constante de elétrons em uma única direção permite um fornecimento de energia mais estável e previsível. Esse tipo de corrente é essencial para dispositivos eletrônicos, como celulares, computadores e televisores, pois esses equipamentos necessitam de uma tensão estável para operar corretamente sem oscilações que possam comprometer seus componentes.
- **Corrente alternada (CA):** muda de direção várias vezes por segundo, sendo o tipo mais usado em residências e indústrias, pois facilita o transporte de eletricidade a longas distâncias com menor perda de energia.

A intensidade da corrente elétrica é medida em ampères (A), que indica a quantidade de carga elétrica que passa por um ponto do circuito em um determinado tempo (6).

2.1.2 Tensão Elétrica

A tensão elétrica, também chamada de diferença de potencial elétrico, é a grandeza responsável por impulsionar as cargas elétricas dentro de um circuito. Medida em volts (V), a tensão desempenha um papel essencial no funcionamento de qualquer sistema elétrico, pois determina a quantidade de energia disponível para mover essas cargas.

A relação entre tensão, corrente elétrica e resistência de um material é descrita pela Lei de Ohm, expressa pela seguinte equação:

$$V = R \cdot I \quad (2.1)$$

onde, segundo (12):

- V representa a tensão elétrica (em volts, V).
- R é a resistência elétrica do material (em ohms, Ω).
- I corresponde à corrente elétrica (em amperes, A).

Essa relação mostra que, para uma resistência fixa, quanto maior a tensão aplicada, maior será a corrente que percorre o circuito. Esse princípio é fundamental para entender o funcionamento de componentes elétricos e eletrônicos.

De acordo com (6), a tensão elétrica pode ser classificada em dois tipos principais, assim como a corrente elétrica: tensão contínua (CC) e tensão alternada (CA).

A rede elétrica das residências e indústrias opera com tensão alternada, pois essa característica permite reduzir perdas de energia durante a transmissão, viabilizar a transmissão de eletricidade a longas distâncias e adequar a tensão para o uso em diferentes dispositivos elétricos. No Brasil, por exemplo, a frequência da tensão alternada utilizada nas tomadas domésticas é de 60 Hz (ou seja, a corrente inverte sua direção 60 vezes por segundo).

Quando a energia elétrica é gerada em usinas, ela precisa ser transportada por longas distâncias até chegar às cidades e aos consumidores finais. Se essa eletricidade fosse transmitida em baixa tensão, haveria uma perda significativa de energia na forma de calor nos cabos elétricos, devido à resistência dos condutores. Isso ocorre porque, de acordo com a fórmula da potência elétrica dissipada $P = I^2 \cdot R$, quanto maior a corrente elétrica, maior será a perda de energia por efeito Joule - quando uma corrente elétrica passa por um condutor, os elétrons em movimento colidem com os átomos do material, transferindo parte de sua energia cinética para esses átomos. Essa transferência de energia aumenta a agitação térmica do material, resultando no aumento de sua temperatura. Quanto maior for a resistência elétrica do material, mais calor será gerado. Para reduzir essas perdas, a solução adotada é aumentar a tensão e reduzir a corrente, pois a potência transmitida pode ser mantida constante ao se elevar a tensão e diminuir a corrente proporcionalmente.

Nas subestações próximas aos centros urbanos, a tensão elevada precisa ser reduzida novamente para valores seguros, adequados ao uso residencial e industrial. Nas residências, por exemplo, os dispositivos elétricos comuns operam com tensões mais baixas, como 127V ou 220V, pois esses valores são mais seguros para os usuários e evitam riscos de choques elétricos fatais. Em aplicações industriais, a tensão pode ser mantida

mais alta, pois certos equipamentos exigem níveis superiores de energia para operar com eficiência.

O processo de elevação e redução da tensão é realizado por transformadores, que permitem alterar os níveis de tensão sem grandes perdas de energia. Isso possibilita um sistema elétrico mais eficiente, econômico e seguro, garantindo que a eletricidade seja transportada com o mínimo de desperdício e fornecida em condições adequadas para o consumo final (5).

2.1.3 Potência Elétrica

A potência elétrica mede a taxa de transferência de energia dentro de um sistema elétrico, ou seja, a quantidade de energia elétrica que é transferida ou convertida por um sistema em um determinado intervalo de tempo, e pode ser definida pela seguinte equação:

$$P = V \cdot I \quad (2.2)$$

onde:

- P representa a potência elétrica, medida em watts (W).
- V é a tensão elétrica, expressa em volts (V).
- I corresponde à corrente elétrica, medida em ampères (A).

A potência elétrica é um conceito fundamental para entender o funcionamento de dispositivos e sistemas elétricos, pois determina a quantidade de energia fornecida e consumida pelos equipamentos.

Existem três tipos principais de potência elétrica, cada um com um papel específico dentro dos circuitos e sistemas elétricos (5):

- **Potência Ativa (P):** Corresponde à energia efetivamente convertida em trabalho, como iluminação, aquecimento e acionamento de motores. Essa é a energia que realmente é consumida para realizar uma função específica.
- **Potência Reativa (Q):** é um tipo de potência elétrica que circula em um sistema de corrente alternada (CA) sem ser efetivamente convertida em trabalho. Nos circuitos elétricos, a potência reativa surge porque alguns dispositivos, como motores elétricos, transformadores e lâmpadas fluorescentes, não apenas consomem energia, mas também armazenam parte dela temporariamente em campos magnéticos ou elétricos antes de devolvê-la à rede elétrica. Esse ciclo de ida e volta da energia

acontece constantemente em cada ciclo da corrente alternada. Embora não seja diretamente convertida em trabalho, a potência reativa é necessária para manter o funcionamento de dispositivos que dependem de campos magnéticos para operar (11). No entanto, um excesso de potência reativa pode sobrecarregar a rede elétrica, reduzindo a eficiência do sistema e aumentando a necessidade de compensação com dispositivos como capacitores, que ajudam a equilibrar essa energia. Dessa forma, a potência reativa não é "desperdício de energia", mas sim um efeito natural em sistemas de corrente alternada, que precisa ser gerenciado para evitar impactos no desempenho da rede elétrica.

- **Potência Aparente (S):** É a soma vetorial da potência ativa e da potência reativa, representando a carga total demandada do sistema elétrico. Sua unidade de medida é o volt-ampère (VA), e ela indica a capacidade necessária da infraestrutura elétrica para suportar a operação dos equipamentos conectados.

A eficiência de um sistema elétrico pode ser avaliada pelo fator de potência, que é a razão entre a potência ativa e a potência aparente. O fator de potência mede o quanto da potência total consumida em um sistema elétrico é realmente utilizado para realizar trabalho útil.

Um fator de potência próximo de 1 indica um uso eficiente da energia elétrica, reduzindo desperdícios e custos operacionais. Sistemas elétricos com baixo fator de potência exigem maior quantidade de potência aparente para fornecer a mesma quantidade de potência ativa, o que pode sobrecarregar a rede elétrica e aumentar as perdas de energia (6). Por isso, em instalações industriais e comerciais, são utilizadas técnicas de correção do fator de potência, como a instalação de capacitores, para minimizar essas perdas e melhorar a eficiência do sistema.

2.1.4 Consumo de Energia Elétrica

O consumo de energia elétrica é um fator essencial para avaliar a eficiência de sistemas elétricos e a sustentabilidade no uso da eletricidade. Ele é medido em kilowatt-hora (kWh), unidade que representa a quantidade de energia consumida por um dispositivo ao longo do tempo (5). Ou seja, se um aparelho de 1.000 watts (1 kW) for utilizado por uma hora, ele terá consumido 1 kWh.

O custo da energia elétrica é determinado por um sistema de tarifação que considera diversos fatores, como a demanda do consumidor, horário de consumo e custo de geração da eletricidade. As tarifas podem variar conforme o país e a concessionária responsável pelo fornecimento. Um dos principais fatores que influenciam o custo final da energia é o tipo de geração de eletricidade, já que algumas fontes são mais caras do que outras devido às suas características operacionais e à infraestrutura necessária.

As fontes de geração de energia mais caras geralmente são aquelas que dependem de combustíveis fósseis, como as usinas termelétricas a carvão, a óleo diesel e a gás natural. Isso ocorre porque esses combustíveis precisam ser extraídos, processados e transportados, além de terem preços sujeitos a variações no mercado internacional. Além disso, essas usinas possuem altos custos operacionais e de manutenção, já que exigem a compra constante de combustível para manter o funcionamento.

Outro fator que encarece essas fontes é a necessidade de controle ambiental, pois a queima de combustíveis fósseis gera emissões de gases poluentes, como o dióxido de carbono (CO_2), exigindo investimentos em tecnologias de mitigação dos impactos ambientais. Durante períodos de alta demanda, como em horários de pico ou em períodos de seca, quando as usinas hidrelétricas operam com menor capacidade, as concessionárias recorrem às termelétricas, elevando o custo da energia para os consumidores.

Por outro lado, fontes como as hidrelétricas, eólicas e solares apresentam custos operacionais mais baixos, pois utilizam recursos naturais renováveis, que não requerem gastos com combustível. No entanto, essas fontes podem ter custos iniciais elevados, especialmente no caso das hidrelétricas, que demandam grandes investimentos em infraestrutura e construção de barragens. Já a energia solar e eólica, apesar de apresentarem queda nos custos nos últimos anos, ainda dependem de fatores climáticos e de sistemas de armazenamento para garantir fornecimento contínuo.

2.2 Ciência de Dados

A Ciência de Dados é uma área interdisciplinar que combina conceitos de estatística, matemática e computação para coletar, organizar, analisar e interpretar grandes dados. Seu objetivo principal é extrair informações que possam embasar decisões estratégicas e otimizar processos em diferentes setores. Com a crescente digitalização e a explosão na geração de dados provenientes de fontes diversas, como sensores industriais, redes sociais e transações financeiras, tornou-se necessário o desenvolvimento de técnicas mais sofisticadas para lidar com esse grande volume de informações de maneira eficiente e precisa. Segundo (10), essas novas abordagens têm sido essenciais para a evolução da área, permitindo análises cada vez mais detalhadas e preditivas.

Para transformar dados brutos em *insights* acionáveis, os profissionais de Ciência de Dados utilizam algoritmos avançados de aprendizado de máquina (*machine learning*) e inteligência artificial (IA). Esses algoritmos são projetados para identificar padrões ocultos, prever tendências futuras e otimizar processos complexos em diversos setores. No setor energético, por exemplo, técnicas de aprendizado supervisionado são aplicadas para prever o consumo de eletricidade com base em dados históricos, auxiliando na gestão eficiente dos recursos e na redução de desperdícios. Já na indústria, métodos como redes

neurais profundas (*deep learning*) e aprendizado por reforço são empregados para aprimorar processos produtivos, prever falhas em máquinas e reduzir custos operacionais. Essas aplicações demonstram como a Ciência de Dados não apenas melhora a eficiência operacional, mas também desempenha um papel crucial na automação e inovação tecnológica.

Para que os cientistas de dados consigam implementar essas soluções de forma eficiente, é essencial o uso de ferramentas e linguagens de programação especializadas. Entre as mais utilizadas, destacam-se Python, R e SQL, que oferecem bibliotecas robustas para análise estatística, modelagem de dados e aprendizado de máquina. O Python, por exemplo, conta com pacotes como Pandas, NumPy e Scikit-Learn, que permitem manipular grandes volumes de dados com facilidade. O R é amplamente adotado para análises estatísticas avançadas, enquanto o SQL é indispensável para gerenciar e consultar bancos de dados relacionais. Além das linguagens de programação, plataformas como o Google Colab têm se tornado cada vez mais populares, pois oferecem um ambiente colaborativo baseado na nuvem, permitindo a execução de códigos sem necessidade de infraestrutura local e facilitando o compartilhamento de projetos entre equipes. Como destaca (2), essas ferramentas viabilizam o uso de recursos computacionais avançados, como GPUs e TPUs, tornando os processos de análise e treinamento de modelos mais rápidos e eficientes.

2.2.1 Ferramentas de Ciência de Dados

2.2.1.1 Python e Bibliotecas Python

Python é uma linguagem de programação de alto nível amplamente reconhecida por sua clareza sintática, legibilidade e simplicidade, o que a torna acessível tanto para iniciantes quanto para programadores experientes. Criada por Guido van Rossum e lançada oficialmente em 1991, a linguagem foi projetada para ser intuitiva, permitindo um desenvolvimento mais ágil e um código mais limpo. Seu design favorece a legibilidade e a redução da complexidade, permitindo que os programadores se concentrem mais na solução de problemas e menos na sintaxe da linguagem. Além disso, Python adota uma abordagem multiplataforma e interpretada, o que significa que pode ser executado em diferentes sistemas operacionais, como Windows, macOS e Linux, sem a necessidade de compilação.

Na área de ciência de dados, Python se destaca por sua versatilidade e um ecossistema rico de bibliotecas especializadas que facilitam a manipulação, análise e visualização de dados, além da implementação de modelos de aprendizado de máquina e inteligência artificial. Algumas das bibliotecas mais utilizadas incluem:

- **NumPy (*Numerical Python*):** Uma das bibliotecas fundamentais para ciência de dados, fornece suporte para operações matemáticas avançadas, manipulação eficiente de arrays multidimensionais e funções científicas complexas. NumPy é essencial

para cálculos matriciais e estatísticos, sendo a base para outras bibliotecas, como Pandas e Scikit-Learn.

- **Pandas:** Uma biblioteca poderosa para manipulação, limpeza e análise de dados tabulares, oferecendo estruturas de dados eficientes, como DataFrames e Series, que facilitam a organização de grandes volumes de informações. Com Pandas, é possível realizar operações como filtragem, agregação e transformação de dados com poucos comandos.
- **Matplotlib:** Uma das bibliotecas mais populares para visualização de dados, permitindo a criação de gráficos detalhados, desde gráficos de linha e dispersão até histogramas e gráficos de barras. A flexibilidade da Matplotlib permite personalizar visualizações para facilitar a comunicação dos resultados obtidos na análise de dados.
- **Seaborn:** Construída sobre a Matplotlib, Seaborn oferece uma interface de alto nível para a criação de gráficos estatísticos mais avançados e visualmente atraentes. Com recursos para análises de correlação, distribuição de dados e categorização, a Seaborn torna a visualização mais intuitiva e interpretável.

Além das bibliotecas voltadas à manipulação e visualização de dados, Python também é amplamente utilizado no desenvolvimento de modelos de aprendizado de máquina e inteligência artificial, contando com um ecossistema robusto de ferramentas especializadas:

- **Scikit-Learn:** Uma das bibliotecas mais utilizadas para aprendizado de máquina, oferece implementações eficientes de algoritmos supervisionados e não supervisionados, como regressão linear, árvores de decisão, k-means, SVM (*Support Vector Machines*) e redes neurais simples. Scikit-Learn também possui módulos para engenharia de características, seleção de modelos e validação cruzada.
- **TensorFlow:** Desenvolvida pelo Google, TensorFlow é uma biblioteca de aprendizado profundo (*deep learning*) que permite a construção e o treinamento de redes neurais complexas. Sua estrutura altamente escalável possibilita a execução de modelos tanto em CPUs quanto em GPUs, tornando-a ideal para aplicações que exigem alto poder computacional, como reconhecimento de imagens e processamento de linguagem natural.
- **Keras:** Inicialmente uma API de alto nível para aprendizado profundo, Keras agora faz parte do TensorFlow e oferece uma abordagem mais simplificada e intuitiva para a construção de redes neurais profundas. Com Keras, os cientistas de dados podem

definir e treinar modelos de forma rápida e eficiente, utilizando apenas algumas linhas de código.

Além dessas bibliotecas, Python se destaca por sua flexibilidade e portabilidade, permitindo que aplicações de ciência de dados sejam implementadas em diferentes plataformas e ambientes computacionais.

2.3 Operador Nacional do Sistema Elétrico

O Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é o órgão responsável pela coordenação e controle da geração e transmissão de energia elétrica no Brasil. Criado para garantir a operação eficiente do Sistema Interligado Nacional (SIN) - principal rede de transmissão e distribuição de energia elétrica no Brasil. Conecta as principais usinas geradoras de eletricidade às cidades, indústrias e demais consumidores em todo o território nacional, permitindo uma operação coordenada e eficiente do setor elétrico (9). O SIN é responsável por aproximadamente 98% de toda a energia consumida no país, garantindo a integração entre diferentes regiões e fontes de geração de eletricidade - o ONS atua na supervisão do suprimento de eletricidade e na prevenção de falhas na rede.

A atuação do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) é fundamental para garantir o equilíbrio entre a oferta e a demanda de energia no Brasil, permitindo que a eletricidade seja gerada, transmitida e distribuída de forma segura e eficiente. Esse equilíbrio é essencial para evitar apagões, desperdícios de energia e sobrecargas na rede elétrica, garantindo que o SIN funcione de maneira estável e confiável.

Para desempenhar suas funções, o ONS realiza um monitoramento contínuo e em tempo real das usinas geradoras, subestações e linhas de transmissão em todo o território nacional. Esse monitoramento permite ajustes imediatos na operação do sistema elétrico, garantindo que a energia chegue aos consumidores com qualidade e estabilidade. Por meio de sofisticados sistemas computacionais e sensores espalhados pelo país, o ONS acompanha variáveis como carga elétrica, tensão, frequência e fluxo de potência, prevenindo falhas e otimizando o uso dos recursos disponíveis.

Além da operação diária do sistema, o ONS desempenha um papel estratégico no planejamento energético de curto, médio e longo prazo. Ele realiza estudos detalhados para prever a demanda futura de energia, levando em conta fatores como crescimento populacional, expansão industrial, sazonalidade do consumo e impacto de eventos climáticos. Com base nessas análises, o ONS define estratégias para a geração e transmissão de eletricidade, buscando otimizar a matriz energética do país e reduzir custos operacionais.

Outro aspecto essencial da atuação do ONS é a integração das diferentes fontes de geração de energia no sistema elétrico nacional. Como o Brasil possui uma matriz ener-

gética diversificada, composta por hidrelétricas, termelétricas, eólicas e solares, cabe ao ONS coordenar a operação dessas fontes para garantir um suprimento constante de eletricidade. Esse gerenciamento é especialmente desafiador no caso das energias renováveis intermitentes, como a eólica e a solar, que dependem das condições climáticas. Para mitigar variações inesperadas na geração dessas fontes, o ONS atua na regulação do despacho de usinas termelétricas e hidrelétricas, garantindo estabilidade no fornecimento.

A atuação do ONS também impacta diretamente a economia e a sustentabilidade do setor elétrico. Suas diretrizes influenciam políticas públicas e decisões de investimento na infraestrutura energética, garantindo que novos empreendimentos sejam planejados de forma alinhada com a demanda projetada. Além disso, o ONS participa da formulação de estratégias para reduzir desperdícios de energia e incentivar a eficiência energética, contribuindo para um setor mais sustentável e resiliente.

Em momentos de crise energética, como períodos de seca intensa que afetam os reservatórios das hidrelétricas, o ONS desempenha um papel crucial na definição de medidas emergenciais, como o acionamento de usinas termelétricas e a implementação de programas de redução do consumo.

2.3.1 Descrição das Tabelas de Dados

2.3.1.1 Geração por Usina em Base Horária

Essa tabela apresenta dados detalhados sobre a quantidade de energia gerada por cada usina no país, atualizados de hora em hora.

A tabela inclui várias colunas importantes, tais como:

- *din_instante*: Mostra o momento exato da geração, com data e hora.
- *id_subsistema*: Sigla da região da usina.
- *nom_subsistema*: Nome da região da usina.
- *id_estado*: Sigla do estado da usina.
- *nom_estado*: Nome do estado da usina.
- *cod_modalidadeoperacao*: Forma como a usina opera dentro do SIN.
- *nom_tipousina*: Tipo da usina.
- *nom_tipocombustivel*: Tipo de combustível usado na usina.
- *nom_usina*: Identifica a usina que está gerando a energia.
- *id_ons*: ID da usina.

- *ceg*: Condição especial de geração.
- *val_geracao* (*MWmed*): Mede a quantidade de energia elétrica produzida em megawatts durante aquela hora específica.

2.4 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) é a principal instituição do Brasil responsável pela coleta, análise e divulgação de dados estatísticos e geográficos. Criado em 1936, o IBGE desempenha um papel fundamental no mapeamento e entendimento da população, da economia e das características geográficas do território nacional, sendo essencial para a formulação de políticas públicas e para o desenvolvimento de estudos socioeconômicos.

O IBGE realiza diferentes censos e pesquisas com periodicidades variadas, garantindo a atualização contínua das informações sobre o país. O Censo Demográfico, sua pesquisa mais abrangente, ocorre a cada 10 anos e tem como objetivo contar a população brasileira, além de coletar informações detalhadas sobre condições de moradia, educação, trabalho, renda e acesso a serviços públicos. Essa operação envolve milhares de recenseadores, que visitam todos os domicílios do país, utilizando questionários padronizados e tecnologias modernas para a coleta de dados (7).

Além do Censo Demográfico, o IBGE conduz diversas pesquisas periódicas, como a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua), realizada trimestralmente, que fornece informações sobre o mercado de trabalho, rendimento da população e acesso à educação. Já a Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF), feita a cada 5 anos, investiga os hábitos de consumo das famílias brasileiras, sendo essencial para a definição da cesta básica e do Índice de Preços ao Consumidor. Outra pesquisa importante é a Pesquisa Industrial Mensal (PIM), que acompanha a evolução da produção industrial no Brasil, sendo uma referência para análises econômicas.

Os dados produzidos pelo IBGE são vitais para uma série de aplicações estratégicas. Eles servem como base para planejamento governamental, investimentos privados e formulação de políticas públicas, auxiliando no entendimento das necessidades da população e no direcionamento de recursos para áreas prioritárias. Por meio de censos, pesquisas socioeconômicas e estudos geográficos, o IBGE oferece um panorama detalhado e atualizado da realidade do país.

Essas estatísticas não apenas informam quantas pessoas vivem em determinada região, mas também como vivem, o que consomem e como esses padrões mudam ao longo do tempo.

2.4.1 Descrição das Tabelas de Dados

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) classifica os domicílios em várias categorias durante seus censos e pesquisas para capturar uma variedade de condições de moradia e composição familiar. Essa classificação é fundamental para entender melhor as condições de vida da população e planejar políticas públicas adequadas. Aqui estão as principais categorias usadas pelo IBGE para classificar os domicílios:

- **Domicílios Particulares Permanentes:** Refere-se a unidades habitacionais projetadas ou adaptadas para servir de moradia permanente. Incluem casas, apartamentos e habitações em cômodos (como quartos em cortiços).
- **Domicílios Particulares Improvisados:** São aqueles utilizados como moradia, mas que originalmente não foram construídos para esse fim, como por exemplo, espaços em galpões, garagens ou sob viadutos.
- **Domicílios Coletivos:** São aqueles destinados a habitação coletiva, onde não se pode distinguir limites privativos em seus cômodos, como hotéis, hospitais, quartéis, conventos, e asilos.

Além dessas categorias, o IBGE também considera as condições de ocupação do domicílio:

- **Ocupado:** Domicílio que tinha pelo menos uma pessoa residente no momento da pesquisa.
- **Vago:** Domicílio que não tinha ninguém residindo nele no momento da pesquisa.

2.4.1.1 Distribuição de Domicílios

A tabela apresenta o número de domicílios dos tipos classificados pelo IBGE e contém as seguintes colunas:

- **Particulares Improvisados.**
- **Coletivos.**
- **Particulares Permanentes.**
- **Recorte Geográfico:** Se refere ao território de análise, no caso, o Brasil.

2.4.1.2 Domicílios Particulares Permanentes

A tabela apresenta o número de domicílios particulares permanentes de acordo com a sua ocupação ou não. As colunas são:

- **Não-ocupados:** São aqueles domicílios que estavam fechados e vazios no momento do censo. Esses domicílios não estão sendo utilizados por ninguém como moradia habitual ou temporária, o que pode ocorrer por diversos motivos, como venda, reforma ou abandono.
- **Não-ocupados de Uso Ocasional:** São domicílios que, embora fechados no momento do censo, são utilizados esporadicamente pelos proprietários ou locatários. Isso geralmente se aplica a casas de veraneio, apartamentos de temporada ou outras propriedades usadas para lazer e não como moradia principal ou regular.
- **Ocupados:** Referem-se aos domicílios que estavam ocupados no momento do censo, ou seja, são residências habituais dos moradores.
- **Recorte Geográfico:** Se refere ao território de análise, no caso, o Brasil

2.4.1.3 Domicílios Recenseados e Variação Relativa

Essa tabela possui as seguintes colunas de dados:

- **Ano da Pesquisa:** O ano em que foi realizada a pesquisa do censo.
- **Domicílios:** O número de domicílios recenseados durante o censo.
- **Variação:** É uma medida estatística usada para comparar a diferença entre dados censitários de dois períodos diferentes, expressa em termos percentuais.
- **Recorte Geográfico:** Se refere ao território de análise, no caso, o Brasil

2.5 Empresa de Pesquisa Energética

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) desempenha um papel crucial no planejamento energético do Brasil, sendo responsável pela produção de estudos técnicos e análises estratégicas que subsidiam decisões no setor elétrico. Criada para fornecer suporte especializado ao governo e às agências reguladoras, a EPE desempenha um papel fundamental na avaliação da viabilidade de novas fontes de energia e na identificação da necessidade de expansão da infraestrutura elétrica do país. Seus estudos possibilitam uma visão integrada da evolução da oferta e da demanda de energia, permitindo um planejamento eficiente para garantir a segurança energética e a sustentabilidade do setor (3).

A EPE conduz diversas pesquisas e projeções, abrangendo diferentes segmentos do setor energético. Entre os estudos mais relevantes, destacam-se as análises sobre a demanda futura de eletricidade, essenciais para estimar o crescimento do consumo energético no Brasil e evitar déficits na oferta. Além disso, a empresa realiza projeções sobre a capacidade instalada das usinas elétricas, fornecendo dados detalhados sobre a necessidade de novas infraestruturas para geração, transmissão e distribuição de energia.

Outro foco importante das pesquisas da EPE está na integração de fontes renováveis na matriz energética brasileira. A empresa realiza estudos sobre o potencial de geração eólica, solar, hidrelétrica e de biomassa, avaliando não apenas a viabilidade técnica, mas também os impactos econômicos e ambientais dessas fontes. Essas análises são essenciais para orientar políticas públicas de incentivo às energias limpas e reduzir a dependência de combustíveis fósseis. A EPE também investiga o desempenho das redes elétricas, analisando como as redes inteligentes (*smart grids*) podem contribuir para a estabilidade do fornecimento de eletricidade e a otimização do uso da energia.

Além do setor elétrico, a atuação da EPE se estende a outras áreas do setor energético, como os mercados de petróleo, gás natural e biocombustíveis. A empresa realiza avaliações sobre a produção, importação e exportação desses insumos, bem como seus impactos no abastecimento energético nacional. Esse tipo de estudo é fundamental para garantir a segurança energética do país, reduzindo riscos de crises no fornecimento de combustíveis essenciais para a economia.

Além de sua função analítica, a EPE também contribui significativamente para a formulação de políticas públicas. Suas pesquisas são voltadas para o desenvolvimento de soluções inovadoras que ajudam na modernização do setor energético e na criação de marcos regulatórios adequados à evolução tecnológica.

2.5.1 Relatório com Cenários Tendenciais sobre Posse de Equipamentos Elétricos e os Impactos na Demanda por Energia Elétrica

O "Relatório com Cenários Tendenciais sobre Posse de Equipamentos Elétricos e os Impactos na Demanda por Energia Elétrica", produzido pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), é um documento essencial para compreender como o uso de equipamentos elétricos no Brasil pode afetar a demanda futura de energia. O estudo projeta diferentes cenários de crescimento do consumo elétrico, levando em consideração fatores como crescimento populacional, mudanças econômicas, avanço tecnológico e padrões de comportamento dos consumidores.

A EPE analisa esses fatores para estimar quantos e quais tipos de dispositivos elétricos estarão presentes nos lares e empresas brasileiras nas próximas décadas. O relatório contempla tanto equipamentos já amplamente difundidos, como geladeiras, televisores

e ar-condicionado, quanto tecnologias emergentes, como veículos elétricos, sistemas de automação residencial e dispositivos mais eficientes em termos energéticos.

Com base nessas projeções, o relatório estabelece diferentes cenários prospectivos, cada um representando uma possível evolução da posse de equipamentos elétricos e seu impacto na demanda por energia:

- **Cenário de Referência:** Considera um crescimento médio da economia e da população, refletindo uma tendência moderada na aquisição de novos equipamentos elétricos. Esse cenário assume que a eficiência energética seguirá melhorando gradualmente, mas sem mudanças radicais na matriz energética ou no comportamento dos consumidores.
- **Cenário de Crescimento Acelerado:** Supõe um contexto em que o Brasil experimenta um crescimento econômico robusto, acompanhado pelo avanço tecnológico acelerado e pelo maior poder de compra das famílias. Nesse caso, há uma expansão significativa da posse de equipamentos elétricos, inclusive de dispositivos de maior consumo energético, como sistemas de climatização, veículos elétricos e eletrodomésticos conectados à internet (IoT), levando a um aumento expressivo na demanda por eletricidade.
- **Cenário de Eficiência e Sustentabilidade:** Considera um futuro onde políticas públicas, incentivos governamentais e a conscientização ambiental impulsionam um uso mais eficiente da energia elétrica. Esse cenário projeta um crescimento mais equilibrado da demanda, impulsionado pelo uso de equipamentos com maior eficiência energética, maior penetração de fontes renováveis distribuídas, como painéis solares fotovoltaicos em residências, e a adoção de tecnologias de armazenamento de energia.
- **Cenário de Estagnação Econômica:** Representa uma estagnação ou desaceleração da economia, impactando a aquisição de novos equipamentos elétricos. Nesse caso, o crescimento da demanda por energia elétrica seria mais lento, com menor renovação dos dispositivos antigos e um consumo mais estável no longo prazo.

O relatório de 2021 apresentou um cenário específico impactado pelos efeitos da pandemia da COVID-19, que provocou mudanças significativas no padrão de consumo de eletricidade. Com o aumento do trabalho remoto e a permanência prolongada das pessoas em casa, houve um crescimento expressivo no uso de ar-condicionado, computadores, televisores e eletrodomésticos, elevando o consumo residencial.

Além disso, a crise sanitária impactou diretamente o crescimento econômico, tornando as projeções mais incertas. O relatório de 2021 destacou que a recuperação da

economia poderia levar a um aumento no consumo energético a médio prazo, especialmente em setores como indústria e comércio, onde a demanda havia sido reduzida durante os períodos de lockdown. Ao mesmo tempo, apontou um aumento no interesse por tecnologias mais eficientes, impulsionado pelo crescimento do mercado de energia solar e pelo avanço da mobilidade elétrica.

O documento também reforçou a necessidade de investimentos na infraestrutura elétrica do Brasil para acomodar essas mudanças no padrão de consumo. Com a maior penetração de fontes renováveis e o crescimento dos veículos elétricos, o relatório destacou a importância da modernização das redes elétricas, incluindo a expansão das redes inteligentes (*smart grids*) para melhorar a distribuição de energia e a estabilidade do sistema elétrico.

Os cenários projetados no relatório servem como base para o planejamento do setor energético brasileiro, ajudando a definir estratégias para garantir um fornecimento de energia seguro, eficiente e sustentável. As recomendações da EPE incluem:

- Incentivos para a adoção de tecnologias eficientes, reduzindo o impacto do crescimento da demanda por eletricidade.
- Expansão da capacidade de geração renovável, integrando mais fontes como energia solar e eólica.
- Investimentos em redes elétricas mais inteligentes, permitindo maior flexibilidade na distribuição de energia e maior integração de fontes intermitentes.

2.6 Ministério dos Transportes

O Ministério dos Transportes do Brasil desempenha um papel crucial na formulação e execução de políticas voltadas ao desenvolvimento da infraestrutura de transportes no país. Este setor está diretamente ligado ao consumo de energia, sendo um dos principais responsáveis pela demanda por combustíveis fósseis, especialmente no transporte rodoviário e aéreo (8).

Diante dos desafios ambientais e da necessidade de reduzir emissões de gases de efeito estufa, o Ministério tem implementado uma série de projetos e medidas estratégicas para tornar o setor de transportes mais eficiente e sustentável. Entre as principais iniciativas está a eletrificação do transporte público, que inclui a introdução de ônibus elétricos nas frotas urbanas, expansão da infraestrutura de recarga elétrica e incentivos para que estados e municípios substituam gradativamente veículos movidos a diesel por modelos elétricos ou híbridos. Além disso, o governo tem estimulado o desenvolvimento da indús-

tria nacional de mobilidade elétrica, fomentando a produção de baterias e componentes tecnológicos necessários para essa transição.

Outro pilar dessas políticas é o incentivo ao uso de biocombustíveis, como etanol e biodiesel, que representam uma alternativa mais limpa e renovável aos combustíveis fósseis. Programas como o RenovaBio estabelecem metas para a redução da pegada de carbono do setor de transportes, promovendo a produção e o consumo de combustíveis com menor impacto ambiental. O avanço dos combustíveis sintéticos e do hidrogênio verde também tem sido estudado como possíveis soluções para reduzir as emissões do transporte de cargas e da aviação.

Além da substituição dos combustíveis, o Ministério dos Transportes tem investido na melhoria da eficiência logística, adotando medidas como a modernização das rodovias, ampliação do transporte ferroviário e desenvolvimento da navegação interior. A otimização das rotas de transporte e o uso de tecnologias para monitoramento de tráfego e gestão de cargas ajudam a reduzir o consumo de combustível, diminuir custos operacionais e minimizar a emissão de poluentes.

A integração entre as políticas de transporte e o planejamento energético é essencial para reduzir a dependência dos combustíveis fósseis e impulsionar a mobilidade sustentável. Essa integração acontece por meio da coordenação entre diferentes órgãos do governo, como o Ministério de Minas e Energia, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE). O objetivo é garantir que a transição para veículos elétricos e biocombustíveis seja acompanhada por investimentos na expansão da infraestrutura energética, como redes de carregamento para veículos elétricos e incentivos para a geração de energia renovável que alimente esses sistemas.

Além disso, a integração envolve a compatibilização de incentivos e regulamentações, assegurando que os investimentos em infraestrutura de transportes e geração de energia caminhem juntos. Isso inclui linhas de financiamento para veículos sustentáveis, incentivos fiscais para empresas que adotam frotas elétricas ou híbridas e políticas que favorecem o uso de tecnologias de armazenamento e distribuição de energia.

2.6.1 Descrição das Tabelas de Dados

2.6.1.1 Quantidade de Veículos por UF Município e Combustível

A tabela é organizada de forma a apresentar uma visão clara da quantidade de veículos em cada estado (UF) e município, categorizados pelo tipo de combustível utilizado. O dataset possui as seguintes colunas:

- **UF:** Sigla do estado onde o veículo está registrado.
- **Município:** Nome do município de registro do veículo.

- **Combustível:** Tipo de combustível que o veículo utiliza, como gasolina, etanol, diesel, elétrico, entre outros.
- **Quantidade:** Número de veículos registrados para cada categoria de combustível no município especificado.

2.7 Associação Brasileira de Veículos Elétricos

A Associação Brasileira de Veículos Elétricos (ABVE) é uma entidade sem fins lucrativos que desempenha um papel fundamental na promoção e no desenvolvimento do setor de veículos elétricos no Brasil. Fundada com o objetivo de apoiar a transição do país para uma mobilidade mais sustentável, a ABVE congrega fabricantes, distribuidores, tecnólogos e usuários de veículos elétricos e híbridos. A missão da associação é fomentar o mercado de eletrificação veicular, promovendo políticas, iniciativas e parcerias que contribuam para a modernização do transporte e a redução de emissões de gases poluentes (1).

Entre as principais atividades da ABVE, destaca-se a articulação com órgãos governamentais para a elaboração de legislação favorável ao crescimento do setor. A associação também promove eventos, seminários e campanhas educativas que visam aumentar a conscientização pública sobre os benefícios ambientais e econômicos dos veículos elétricos. Além disso, a ABVE colabora com instituições de pesquisa para o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e acessíveis, essenciais para a expansão da infraestrutura de suporte, como estações de carregamento.

2.7.1 Descrição das Tabelas de Dados

2.7.1.1 Vendas de Veículos Eletrificados no Brasil

A tabela em questão apresenta dados dos modelos vendidos no Brasil de veículos elétricos do tipo BEV (*Battery Electric Vehicle*), que são automóveis totalmente elétricos, movidos exclusivamente por baterias elétricas e sem motor de combustão interna. Eles são recarregados através de uma conexão com a rede elétrica, seja em casa, no trabalho ou em estações de recarga pública.

As colunas encontradas são:

- **Modelo:** Modelo do veículo.
- **Fabricante:** Fabricante do veículo.
- **Quantidade:** Número de veículos elétricos de tecnologia BEV vendidos no Brasil.

- **MarketShare:** A participação de mercado dos veículos eletrificados em relação ao total de emplacamentos de veículos leves no mercado doméstico do Brasil.

3 Resultados e Discussões

3.1 Resultados

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir das análises realizadas no estudo. São discutidos os impactos do consumo energético de aparelhos de ar-condicionado e veículos elétricos em diferentes cenários, utilizando dados reais e projeções extremas.

A análise dos dados foi conduzida em Python, com o uso da biblioteca Pandas para manipulação e tratamento das informações. No **Anexo A**, encontra-se o carregamento do conjunto de dados utilizado em todas as análises deste trabalho. Esses dados referem-se à geração de energia elétrica descrita pelo ONS para os anos de 2022 e 2024. Foram calculadas as gerações anuais correspondentes a esses anos, a partir da soma dos dados disponibilizados pelo ONS de arquivos mensais.

3.2 Ar-Condicionado

Para a análise do consumo energético dos aparelhos de ar-condicionado, utilizou-se como referência a geração de energia elétrica de 2022. Essa escolha se justifica pela disponibilidade dos dados do Censo IBGE do referido ano, que fornecem informações detalhadas sobre o número de domicílios no Brasil, permitindo maior precisão nos resultados e discussões.

No **Anexo B - Parte I**, são apresentados o carregamento e a visualização dos conjuntos de dados provenientes do IBGE, incluindo informações sobre a distribuição dos domicílios, domicílios particulares permanentes e domicílios recenseados.

Com base na classificação dos domicílios estabelecida pelo IBGE e considerando os objetivos deste estudo, calculou-se a quantidade de domicílios ocupados. Esse valor foi obtido subtraindo-se do total de domicílios recenseados o número de domicílios particulares improvisados e os permanentes não ocupados.

$$Domicilios = DR - (PI + PNO) \quad (3.1)$$

onde:

- *Domicilios* representa o número de domicílios considerados como ocupados.
- *DR* representa os Domicílios Recenseados.
- *PI* corresponde aos Domicílios Particulares Improvisados.

- *PNO* representa os Domicílios Permanentes Não-Ocupados.

Ainda no **Anexo B - Parte I**, encontram-se os valores de referência definidos pelo relatório da Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Os parâmetros utilizados para os cálculos foram:

- **Posse Média:** quantidade média de aparelhos de ar-condicionado por domicílio.
- **Potência Média:** potência média dos aparelhos considerada para os cálculos.
- **Horas:** número médio de horas de funcionamento diário dos equipamentos.
- **Dias:** número médio de dias em que os equipamentos são utilizados ao longo do ano.

Como a metodologia exata utilizada pela EPE para obtenção desses valores não estava acessível, a análise foi realizada em dois cenários distintos:

- O uso do número total de domicílios recenseados.
- O uso do número de domicílios ocupados, com base no cálculo acima.

3.2.1 Cenário Real

Neste cenário, a estimativa da demanda energética foi baseada no valor de posse média de 0,18 aparelhos por domicílio, conforme dados da EPE.

3.2.1.1 Caso 1: Domicílios Ocupados

Aqui considerou-se apenas os domicílios ocupados.

No **Anexo B - Parte II**, encontram-se os cálculos do consumo anual de energia e sua representatividade na geração total do país:

- Consumo anual estimado: **7,82 TWh**.
- Participação relativa na geração total: **1,28%**.

3.2.1.2 Caso 2: Totalidade dos Domicílios Recenseados

Considerou-se o número total de domicílios recenseados.

O **Anexo B - Parte III** apresenta os valores do consumo anual e sua participação na geração total:

- Consumo anual estimado: **38,99 TWh**.
- Participação relativa na geração total: **6,4%**.

3.2.2 Cenário Extremo

Neste cenário, foram mantidas as mesmas características utilizadas no cenário real, de Potência Média, Uso Diário e Uso Anual.

3.2.2.1 Caso 1: Domicílios Ocupados

Assim como no cenário real, nesse primeiro caso, considerou-se apenas os domicílios ocupados.

3.2.2.1.1 Caso 1.1: 1 Equipamento por Domicílio

Primeiramente, será considerada a posse de apenas 1 unidade de ar-condicionado por domicílio.

Neste caso, assumiu-se que cada domicílio ocupado possui um único aparelho de ar-condicionado. Os cálculos apresentados no **Anexo C - Parte I** resultaram em:

- Consumo anual estimado: **49,42 TWh**.
- Participação relativa na geração total: **7,13%**.

O consumo neste cenário extremo é **seis vezes superior** ao do cenário real para este caso.

3.2.2.1.2 Caso 1.2: 1,79 Equipamentos por Domicílio

Já para esse caso, o número de equipamentos condicionadores de ar por domicílio levará em consideração o número médio de moradores por domicílio. A lógica utilizada foi a de que, se uma residência possui mais de 2 pessoas, então provavelmente possui, pelo menos, 2 dormitórios, havendo a necessidade do uso de mais um ar-condicionado. Então, de acordo com este pensamento e o número médio de moradores por domicílios fornecido pelo IBGE, de 2,79, será considerado que o número de equipamentos por domicílio é de 1,79.

Os cálculos no **Anexo C - Parte II** indicam:

- Consumo anual estimado: **77,72 TWh**.
- Participação relativa na geração total: **12,76%**.

O consumo neste cenário é **dez vezes superior** ao do cenário real para este caso.

3.2.2.2 Caso 2: Totalidade dos Domicílios Recenseados

No segundo caso, considerou-se o número total de domicílios recenseados.

3.2.2.2.1 Caso 2.1: 1 Equipamento por Domicílio

No **Anexo C - Parte III**, encontram-se os cálculos deste cenário, que apresentam os seguintes valores:

- Consumo anual estimado: **216,59 TWh**.
- Participação relativa na geração total: **35,57%**.

O consumo anual desse cenário extremo equivale a **6 vezes** o consumo anual do cenário real para este caso.

3.2.2.2.2 Caso 2.2: 1,79 Equipamentos por Domicílio

Considerando 1,79 aparelhos por domicílio, os cálculos do **Anexo C - Parte IV** resultaram em:

- Consumo anual estimado: **387,7 TWh**.
- Participação relativa na geração total: **63,67%**.

O consumo anual desse cenário extremo equivale a **10 vezes** o consumo anual do cenário real para este caso.

3.2.3 Comparação Entre Cenários

A projeção de um cenário no qual todas as residências possuem ao menos um ar-condicionado revelou um impacto significativo no consumo de energia elétrica. Atualmente, a presença desses aparelhos nos lares brasileiros ainda é relativamente limitada, mas mesmo assim sua participação na demanda nacional já é expressiva. No entanto, ao extrapolar para uma realidade onde o uso de climatizadores se torna universal, o consumo se expande de maneira abrupta, podendo atingir 387,7 TWh nos cenários mais críticos, como visto nas Figuras 1 e 2. Esse crescimento impõe um desafio considerável à geração e distribuição de eletricidade, especialmente nos momentos de pico de demanda, como em períodos de calor intenso, quando a necessidade de refrigeração aumenta substancialmente.

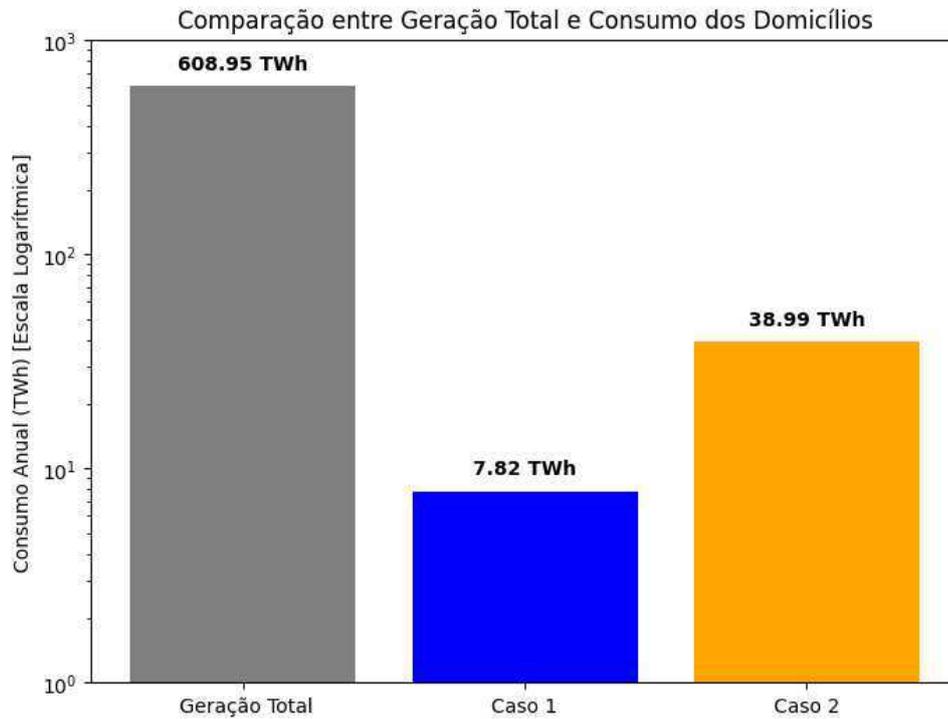


Figura 1 – Comparação entre Geração Total e Consumo dos Domicílios no Cenário Real (Escala Logarítmica).

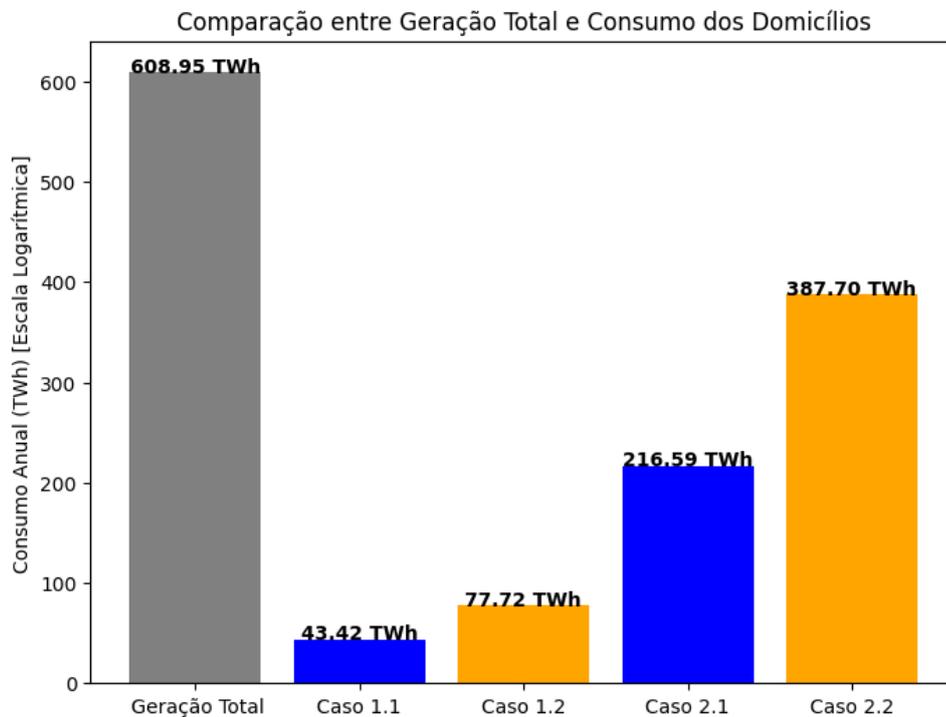


Figura 2 – Comparação entre Geração Total e Consumo dos Domicílios no Cenário Extremo (Escala Logarítmica).

Um ponto importante a ser considerado nesse contexto é que o padrão de uso do ar-condicionado segue um comportamento previsível, pois está diretamente associado às

variações climáticas e sazonais. Isso significa que há momentos específicos do dia e do ano em que a demanda tende a se intensificar, gerando picos que podem sobrecarregar a rede elétrica.

3.3 Veículos Elétricos

A análise do consumo energético para carregamento de veículos elétricos utilizou como referência a geração de energia de 2024.

No **Anexo D - Parte I**, encontram-se os dados do Ministério dos Transportes e da ABVE, que passaram por limpeza, normalização e manipulação. Para a frota brasileira de 2024, foram separadas as informações entre o total de veículos e o total de veículos elétricos.

Além disso, para a tabela de Frota Elétrica da ABVE foram adicionadas duas outras colunas, uma com a potência de bateria e outra com a autonomia para cada um dos modelos da tabela original. Esses valores foram adicionados de forma manual, um a um, baseados em pesquisas nos sites dos fabricantes dos veículos.

A partir dessa nova tabela, foi feito o cálculo da média ponderada para os valores de potência e autonomia médios, utilizando no cálculo a quantidade de veículos de cada modelo, informação contida na tabela.

De acordo com (??), considerou-se que cada veículo percorre, em média, 12.000 km por ano, baseado na quilometragem estipulada para troca de pneus. Com essa informação e a autonomia média, foi feito o cálculo da quantidade de carregamentos anuais por veículo.

3.3.1 Caso Real

O cálculo do consumo foi realizado considerando apenas o número real de veículos elétricos. No **Anexo D - Parte II**, encontram-se os seguintes valores:

- Consumo anual estimado: **20,32 GWh**.
- Participação relativa na geração total: **0,02%**.

O consumo anual desse cenário é infimamente pequeno quando em comparação com a geração total.

3.3.1.1 Caso Extremo

Enquanto que para o caso extremo, para o cálculo de consumo considera-se o número total da frota veicular como sendo elétrica.

Neste caso, foi considerado que toda a frota veicular, que inclui todos os tipos de combustíveis, é 100% elétrica. No **Anexo D - Parte III**, os cálculos resultaram em:

- Consumo anual estimado: **233,28 TWh**.
- Participação relativa na geração total: **33,49%**.

O consumo anual desse cenário extremo equivale a **11482 vezes** o consumo anual do cenário real.

3.3.2 Comparação Entre Cenários

A eletrificação da frota de veículos apresenta um padrão de consumo energético distinto em comparação ao uso de ar-condicionados. Enquanto a climatização residencial tende a gerar picos de demanda concentrados em horários específicos do dia, os veículos elétricos oferecem uma maior flexibilidade na distribuição da carga elétrica, pois podem ser recarregados em diferentes períodos. No entanto, essa transformação no setor automotivo também impõe desafios estruturais, exigindo a expansão da infraestrutura de recarga e o aprimoramento da rede de distribuição de energia, de modo a garantir um fornecimento estável diante do crescimento da demanda.

De posse das demandas calculadas, os dados analisados sugerem que, em um cenário onde toda a frota automotiva do país fosse convertida para veículos elétricos, o consumo anual de eletricidade poderia ultrapassar 200 TWh, como visto na Figura 3, alterando significativamente o perfil da demanda energética nacional. Para que essa mudança ocorra de forma sustentável, seria essencial não apenas ampliar a capacidade de geração e transmissão, mas também intensificar os investimentos em fontes renováveis. Somente assim a transição para a mobilidade elétrica poderia cumprir seu papel de reduzir emissões de poluentes sem sobrecarregar o sistema elétrico com uma matriz predominantemente baseada em combustíveis fósseis.

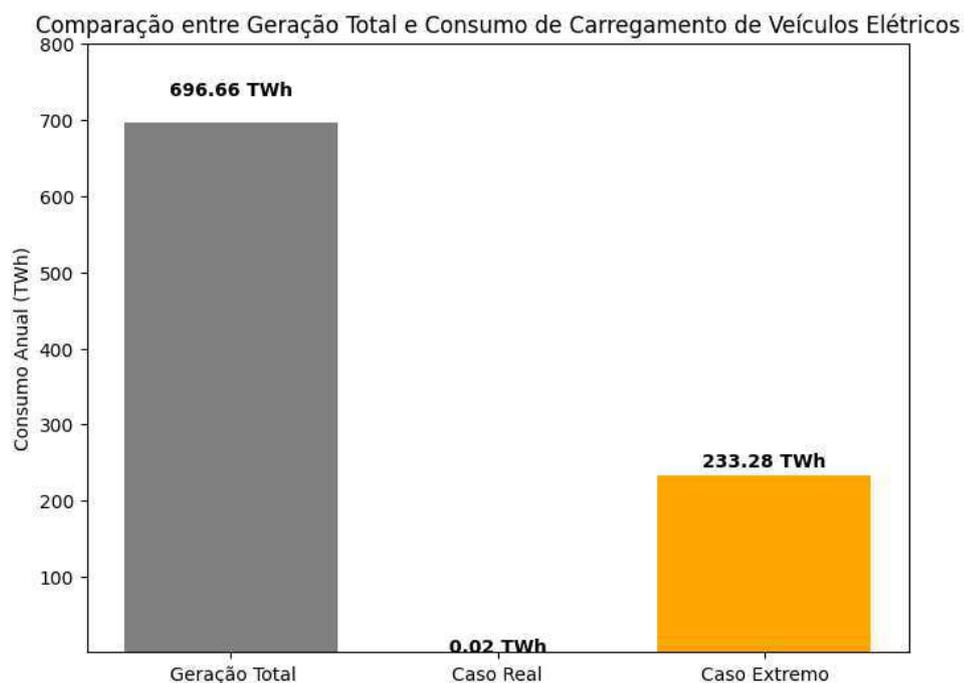


Figura 3 – Comparação entre Geração Total e Consumo de Carregamento de Veículos Elétricos.

Outro aspecto crucial é a necessidade de implementar tecnologias inteligentes de gerenciamento energético, como *smart grids* e sistemas de armazenamento de energia. A possibilidade de programação da recarga para períodos de menor demanda pode ajudar a evitar sobrecargas na rede elétrica, permitindo uma distribuição mais eficiente do consumo.

4 Conclusão

Este estudo investigou o impacto do crescimento do consumo de energia no Brasil, impulsionado pelo aumento da utilização de ar-condicionados e pela expansão da eletromobilidade. Utilizando técnicas de Ciência de Dados, foram projetados cenários extremos para avaliar a demanda energética em um contexto onde todas as residências possuem climatização e toda a frota automotiva é composta por veículos elétricos. Os resultados apontam para a necessidade de investimentos na infraestrutura elétrica, além da importância de políticas públicas voltadas à eficiência energética e ao desenvolvimento de fontes renováveis.

Os dados analisados indicam que, no cenário mais crítico, onde o uso de ar-condicionados se torna universal, o consumo de energia aumentaria de forma expressiva, colocando pressão sobre o Sistema Interligado Nacional (SIN). Da mesma forma, a eletrificação dos veículos representa um avanço importante em termos ambientais, mas impõe novos desafios à distribuição de eletricidade, tornando essencial a expansão das estações de recarga e a otimização da rede elétrica.

Além disso, este trabalho reforça o papel da Ciência de Dados como uma ferramenta essencial para o planejamento energético e a formulação de estratégias setoriais. A capacidade de processar grandes volumes de informação permite prever padrões de consumo, antecipar demandas futuras e embasar decisões mais assertivas no setor elétrico. Dessa forma, a pesquisa contribui para um debate fundamental sobre a sustentabilidade do sistema energético brasileiro, oferecendo insumos para futuras pesquisas e para o aprimoramento de políticas públicas alinhadas à realidade do país.

4.1 Perspectivas

Trabalhos futuros podem se concentrar em várias áreas importantes:

- **Desenvolvimento de Tecnologias de Eficiência Energética:** Investigações adicionais são necessárias para melhorar a eficiência dos aparelhos de ar-condicionado e dos sistemas de carregamento de veículos elétricos. Tecnologias que consomem menos energia e que se integram melhor às fontes renováveis podem fazer uma grande diferença.
- **Políticas Públicas e Incentivos:** A formulação de políticas públicas que incentivem o uso de tecnologias sustentáveis é essencial. Pesquisas futuras poderiam avaliar a eficácia de diferentes políticas e incentivos na promoção de uma transição energética.

tica mais rápida e ampla, como, por exemplo, a isenção de impostos para o uso de Micro e Minigeração Distribuída com o uso de painéis solares em residências.

Referências

- 1 Associação Brasileira de Veículos Elétricos. Disponível em: <<https://abve.org.br/>>. 21
- 2 Bisong, Anthony. *Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform*. Apress, 2019. 10
- 3 Empresa de Pesquisa Energética. *Planejamento Energético do Brasil 2021*. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br>. 16
- 4 Empresa de Pesquisa Energética. *Relatório com cenários tendenciais sobre posse de equipamentos elétricos e os impactos na demanda por energia elétrica*. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/ee/publicacoes-e-estudos/RelatorioP2_Final.pdf>. 1
- 5 Gonen, Turan. *Electric Power Distribution Engineering*. CRC Press, 2015. 5, 7, 8
- 6 Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl. *Fundamentos de Física*. Editora LTC, 2014. 5, 6, 8
- 7 Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Banco de Dados Agregados do IBGE*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. 14
- 8 Ministério dos Transportes. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/>>. 19
- 9 Operador Nacional do Sistema Elétrico. Disponível em: <https://www.ons.org.br>. 12
- 10 Provost, Foster; Fawcett, Tom. *Data Science for Business*. O'Reilly Media, 2013. 9
- 11 Serway, Raymond A.; Jewett, John W. *Física para Cientistas e Engenheiros*. Cengage Learning, 2016. 5, 8
- 12 Tipler, Paul A.; Mosca, Gene. *Física para Cientistas e Engenheiros*. Editora Bookman, 2008. 6

Anexos

CIÊNCIA DE DADOS APLICADA À ANÁLISE DE CONSUMO ENERGÉTICO EM CASOS DE EXTREMA DEMANDA

✓ ANEXO A

✓ DADOS GERAIS PARA ANÁLISE

✓ IMPORTS

```
import pandas as pd
```

✓ DADOS ONS

- CARREGAMENTO DOS DATASETS

Dados de geração de energia elétrica do ONS para o ano de 2022.

```
geracao_01_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_01.csv", delimiter=
geracao_02_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_02.csv", delimiter=
geracao_03_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_03.csv", delimiter=
geracao_04_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_04.csv", delimiter=
geracao_05_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_05.csv", delimiter=
geracao_06_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_06.csv", delimiter=
geracao_07_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_07.csv", delimiter=
geracao_08_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_08.csv", delimiter=
geracao_09_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_09.csv", delimiter=
geracao_10_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_10.csv", delimiter=
geracao_11_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_11.csv", delimiter=
geracao_12_2022 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2022_12.csv", delimiter=
```

Dados de geração de energia elétrica do ONS para o ano de 2024.

```
geracao_01_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_01.csv", delimiter=
geracao_02_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_02.csv", delimiter=
geracao_03_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_03.csv", delimiter=
geracao_04_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_04.csv", delimiter=
geracao_05_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_05.csv", delimiter=
geracao_06_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_06.csv", delimiter=
geracao_07_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_07.csv", delimiter=
geracao_08_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_08.csv", delimiter=
geracao_09_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_09.csv", delimiter=
geracao_10_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_10.csv", delimiter=
geracao_11_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_11.csv", delimiter=
geracao_12_2024 = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCEG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ONS/GERACAO_USINA-2_2024_12.csv", delimiter=
```

- PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS

```
dfs_2022 = [geracao_01_2022, geracao_02_2022, geracao_03_2022, geracao_04_2022, geracao_05_2022, geracao_06_2022,
geracao_07_2022, geracao_08_2022, geracao_09_2022, geracao_10_2022, geracao_11_2022, geracao_12_2022]
```

```
df_geracao_2022 = pd.concat(dfs_2022)
df_geracao_2022 = df_geracao_2022.dropna()
```

```
df_geracao_2022
```

	din_instante	id_subsistema	nom_subsistema	id_estado	nom_estado	cod_modalidadeoperacao	nom_tipousina	nom_tipocombust
0	2022-01-01 00:00:00	N	NORTE	AM	AMAZONAS	TIPO I	HIDROELÉTRICA	Hidr:
1	2022-01-01 00:00:00	N	NORTE	AM	AMAZONAS	TIPO I	TÉRMICA	
2	2022-01-01 00:00:00	N	NORTE	AM	AMAZONAS	TIPO I	TÉRMICA	
3	2022-01-01 00:00:00	N	NORTE	AM	AMAZONAS	TIPO I	TÉRMICA	
4	2022-01-01 00:00:00	N	NORTE	AM	AMAZONAS	TIPO I	TÉRMICA	
...
462979	2022-12-31 23:00:00	SE	SUDESTE	SP	SAO PAULO	TIPO II-B	TÉRMICA	Bion
462980	2022-12-31 23:00:00	SE	SUDESTE	SP	SAO PAULO	TIPO II-A	TÉRMICA	Bion

```
dfs_2024 = [geracao_01_2024, geracao_02_2024, geracao_03_2024, geracao_04_2024, geracao_05_2024, geracao_06_2024, geracao_07_2024, geracao_08_2024, geracao_09_2024, geracao_10_2024, geracao_11_2024, geracao_12_2024]
```

```
df_geracao_2024 = pd.concat(dfs_2024)
df_geracao_2024 = df_geracao_2024.dropna()
```

df_geracao_2024

	din_instante	id_subsistema	nom_subsistema	id_estado	nom_estado	cod_modalidadeoperacao	nom_tipousina	nom_tipocombust
0	2024-01-01 00:00:00	N	NORTE	AC	ACRE	Pequenas Usinas (MMGD)	FOTOVOLTAICA	Fotovo
1	2024-01-01 00:00:00	N	NORTE	AM	AMAZONAS	Pequenas Usinas (MMGD)	FOTOVOLTAICA	Fotovo
2	2024-01-01 00:00:00	N	NORTE	AM	AMAZONAS	TIPO I	HIDROELÉTRICA	Hidr:
3	2024-01-01 00:00:00	N	NORTE	AM	AMAZONAS	TIPO I	TÉRMICA	
4	2024-01-01 00:00:00	N	NORTE	AM	AMAZONAS	TIPO I	TÉRMICA	
...
519691	2024-12-31	SE	SUDESTE	SP	SAO PAULO	TIPO III	TÉRMICA	Bion

• MANIPULAÇÃO E CÁLCULO DA GERAÇÃO TOTAL DO ANO DE 2022

```
geracao_2022 = df_geracao_2022["val_geracao"].sum()
geracao_2022 = round(geracao_2022 * 1_000_000)
print("A geração durante o ano de 2022 foi de", round(geracao_2022/1_000_000_000_000, 2), "TWh.")
```

A geração durante o ano de 2022 foi de 608.95 TWh.

```
geracao_2024 = df_geracao_2024["val_geracao"].sum()
geracao_2024 = round(geracao_2024 * 1_000_000)
print("A geração durante o ano de 2024 foi de", round(geracao_2024/1_000_000_000_000, 2), "TWh.")
```

A geração durante o ano de 2024 foi de 696.66 TWh.

✓ ANEXO B - PARTE I

✓ AR CONDICIONADO

Análise de consumo energético para o caso de demanda extrema em que todos os domicílios brasileiros fazem uso de, pelo menos, 1 equipamento de ar condicionado.

Análise comparativa de valores de consumo real, com dados reais de consumo e número de equipamentos, e de consumo hipotético.

A análise é feita com dados do ano de 2022, devido à data do último recenseamento do IBGE, de mesmo ano. Foi decidido fazer uso dos dados desse ano para que os dados fossem mais precisos.

✓ DADOS PARA A ANÁLISE

✓ DADOS IBGE

Dados do número de domicílios no ano de 2022.

• CARREGAMENTO DOS DATASETS

```
distribuicao_domicilios = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/IBGE/Censo 2022 - Distribuição de c
domicilios_permanentes = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/IBGE/Censo 2022 - Domicílios Particu
domicilios_recenseados = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/IBGE/Censo 2022 - Domicílios recense
```

• VISUALIZAÇÃO DOS DATASETS

distribuicao_domicilios

	Particulares Improvisados	Coletivos	Particulares Permanentes	Recorte Geográfico	Unnamed: 4
0	66004	104517	90534061	Brasil	NaN

domicilios_permanentes

	Não-ocupados vagos	Não-ocupados de uso ocasional	Ocupados	Recorte Geográfico	Unnamed: 4
0	72456368		11400705	6676988	Brasil

domicilios_recenseados

	Ano da pesquisa	Domicílios	Variação	Recorte Geográfico	Unnamed: 4
0	2022	90.704.582,00	34,24	Brasil	NaN

• NÚMERO DE DOMICÍLIOS PARA ANÁLISE

```
# Número retirado do dataset domicilios_recenseados
N_DOMICILIOS_RECENSEADOS = 90_704_582
```

```
# Domicílios improvisados e coletivos e permanentes não ocupados
domicilios_n_contabilizados = (distribuicao_domicilios['Particulares Improvisados'].iloc[0] +
                               domicilios_permanentes['Não-ocupados vagos'].iloc[0])
```

```
# Número de domicílios coletivos e permanentes ocupados
domicilios_ocupados = N_DOMICILIOS_RECENSEADOS - domicilios_n_contabilizados
```

domicilios_ocupados

```
np.int64(18182210)
```

✓ DADOS DO RELATÓRIO COM CENÁRIOS TENDENCIAIS SOBRE POSSE DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS E OS IMPACTOS NA DEMANDA POR ENERGIA ELÉTRICA

```
# Estima-se que a Posse Média (número de equipamentos por domicílio) é de aproximadamente 0,18 em 2022, segundo a EPE, Empresa de Pesqui
POSSE_MEDIA = 0.18
```

```
# Considerando uma potência média de 1.005 W.
POTENCIA_MEDIA = 1005
```

```
# Número de horas de uso por dia
HORAS = 8
```

```
# Número de dias de uso por ano
DIAS = 297
```

✓ ANEXO B - PARTE II

✓ CENÁRIO REAL

Aqui será considerada posse média de equipamentos condicionadores de ar, de 0,18 equipamentos por domicílio, de acordo com dados da EPE.

Como não foi possível acesso à metodologia utilizada para a estimativa desses dados, iremos analisar o caso para o número de domicílios ser igual ao número total recenseado e outro usando apenas o número de domicílios permanentes ocupados e coletivos.

✓ CASO 1

Levando em consideração apenas o número de domicílios permanentes ocupados e coletivos.

```
consumo_anual_caso_real_1 = (domicilios_ocupados * POSSE_MEDIA) * (POTENCIA_MEDIA * HORAS * DIAS)
print("Logo, o consumo anual nesse cenário será de", "{:,.2f}".format(consumo_anual_caso_real_1).replace(",", "."), "Wh, ou", round(consumo_anual_caso_real_1 / geracao_2022, 2))
↳ Logo, o consumo anual nesse cenário será de 7.815.048.410.664.00 Wh, ou 7.82 TWh.

porcentagem_consumo_caso_real_1 = round((consumo_anual_caso_real_1 / geracao_2022) * 100, 2)
print("A porcentagem de participação dos condicionares de ar na demanda de energia elétrica nos domicílios brasileiros é de", porcentagem_consumo_caso_real_1)
↳ A porcentagem de participação dos condicionares de ar na demanda de energia elétrica nos domicílios brasileiros é de 1.28 %.
```

✓ ANEXO B - PARTE III

✓ CASO 2

Já aqui vamos levar em consideração o número total de domicílios recenseados.

```
consumo_anual_caso_real_2 = (N_DOMICILIOS_RECENSEADOS * POSSE_MEDIA) * (POTENCIA_MEDIA * HORAS * DIAS)
print("Logo, o consumo anual nesse cenário será de", "{:,.2f}".format(consumo_anual_caso_real_2).replace(",", "."), "Wh, ou", round(consumo_anual_caso_real_2 / geracao_2022, 2))
↳ Logo, o consumo anual nesse cenário será de 38.986.498.307.908.80 Wh, ou 38.99 TWh.

porcentagem_consumo_caso_real_2 = round((consumo_anual_caso_real_2 / geracao_2022) * 100, 2)
print("A porcentagem de participação dos condicionares de ar na demanda de energia elétrica nos domicílios brasileiros é de", porcentagem_consumo_caso_real_2)
↳ A porcentagem de participação dos condicionares de ar na demanda de energia elétrica nos domicílios brasileiros é de 6.4 %.
```

✓ ANEXO C - PARTE I

✓ CENÁRIO EXTREMO

Aqui iremos considerar que cada domicílio brasileiro, ocupado ou não, possui um equipamento condicionador de ar, com as mesmas características da situação real:

- Potência média de 1005 W;
- Uso diário de 8h;
- Uso anual de 297 dias.

✓ CASO 1

Usando o número de domicílios permanentes ocupados e coletivos.

✓ CASO 1.1

Aqui foi considerado que cada domicílio tem apenas 1 condicionador de ar.

```
n_equipamentos_caso_extremo_1_1 = domicilios_ocupados
consumo_diario_caso_extremo_1_1 = n_equipamentos_caso_extremo_1_1 * POTENCIA_MEDIA * HORAS
consumo_anual_caso_extremo_1_1 = round(consumo_diario_caso_extremo_1_1 * DIAS, 2)
print("Logo, o consumo anual nesse cenário será de", "{:,.2f}".format(consumo_anual_caso_extremo_1_1).replace(",","."), "Wh, ou", round(
↳ Logo, o consumo anual nesse cenário será de 43.416.935.614.800.00 Wh, ou 43.42 TWh.
```

COMPARAÇÃO

```
n_vezes_caso_extremo_1_1 = round((consumo_anual_caso_extremo_1_1 / consumo_anual_caso_real_1))
porcentagem_consumo_caso_extremo_1_1 = round((consumo_anual_caso_extremo_1_1 / geracao_2022) * 100, 2)
print("O consumo anual do cenário extremo hipotético equivale a", n_vezes_caso_extremo_1_1, "vezes o consumo anual do cenário real. \n I
↳ O consumo anual do cenário extremo hipotético equivale a 6 vezes o consumo anual do cenário real.
E o equivalente a 7.13 % do total de energia gerada durante todo o ano.
```

✓ ANEXO C - PARTE II

✓ CASO 1.2

Considerando o número médio de moradores por domicílios, que é de 2,79, escolheu-se por calcular que acima de 2 moradores cada domicílio terá mais um equipamento.

Então, o cálculo do número de equipamentos, ficou como $1,79 * \text{o número de domicílios recenseados}$.

```
n_equipamentos_caso_extremo_1_2 = round(domicilios_ocupados*1.79)
consumo_diario_caso_extremo_1_2 = n_equipamentos_caso_extremo_1_2 * POTENCIA_MEDIA * HORAS
consumo_anual_caso_extremo_1_2 = round(consumo_diario_caso_extremo_1_2 * DIAS, 2)
print("Logo, o consumo anual nesse cenário será de", "{:,.2f}".format(consumo_anual_caso_extremo_1_2).replace(",","."), "Wh, ou", round(
↳ Logo, o consumo anual nesse cenário será de 77.716.314.989.280.00 Wh, ou 77.72 TWh.
```

COMPARAÇÃO

```
n_vezes_caso_extremo_1_2 = round((consumo_anual_caso_extremo_1_2 / consumo_anual_caso_real_1))
porcentagem_consumo_caso_extremo_1_2 = round((consumo_anual_caso_extremo_1_2 / geracao_2022) * 100, 2)
print("O consumo anual do cenário extremo hipotético equivale a", n_vezes_caso_extremo_1_2, "vezes o consumo anual do cenário real. \n E
↳ O consumo anual do cenário extremo hipotético equivale a 10 vezes o consumo anual do cenário real.
E o equivalente a 12.76 % do total de energia gerada durante todo o ano.
```

✓ ANEXO C - PARTE III

✓ CASO 2

Usando o número total de domicílios recenseados.

✓ CASO 2.1

Aqui foi considerado que cada domicílio tem apenas 1 condicionador de ar.

```
n_equipamentos_caso_extremo_2_1 = N_DOMICILIOS_RECENSEADOS
consumo_diario_caso_extremo_2_1 = n_equipamentos_caso_extremo_2_1 * POTENCIA_MEDIA * HORAS
consumo_anual_caso_extremo_2_1 = round(consumo_diario_caso_extremo_2_1 * DIAS, 2)
print("Logo, o consumo anual nesse cenário será de", "{:,.2f}".format(consumo_anual_caso_extremo_2_1).replace(",","."), "Wh, ou", round(
```

↳ Logo, o consumo anual nesse cenário será de 216.591.657.266.160.00 Wh, ou 216.59 TWh.

COMPARAÇÃO

```
n_vezes_caso_extremo_2_1 = round((consumo_anual_caso_extremo_2_1 / consumo_anual_caso_real_2))
porcentagem_consumo_caso_extremo_2_1 = round((consumo_anual_caso_extremo_2_1 / geracao_2022) * 100, 2)

print("O consumo anual do cenário extremo hipotético equivale a", n_vezes_caso_extremo_2_1, "vezes o consumo anual do cenário real. \n I
```

↳ O consumo anual do cenário extremo hipotético equivale a 6 vezes o consumo anual do cenário real.
E o equivalente a 35.57 % do total de energia gerada durante todo o ano.

✓ ANEXO C - PARTE IV

✓ CASO 2.2

Considerando o número médio de moradores por domicílios, que é de 2,79, escolheu-se por calcular que acima de 2 moradores cada domicílio terá mais um equipamento.

Então, o cálculo do número de equipamentos, ficou como 1,79 * o número de domicílios recenseados.

```
n_equipamentos_caso_extremo_2_2 = round(N_DOMICILIOS_RECENSEADOS*1.79)

consumo_diario_caso_extremo_2_2 = n_equipamentos_caso_extremo_2_2 * POTENCIA_MEDIA * HORAS

consumo_anual_caso_extremo_2_2 = round(consumo_diario_caso_extremo_2_2 * DIAS, 2)

print("Logo, o consumo anual nesse cenário será de", "{:, .2f}".format(consumo_anual_caso_extremo_2_2).replace(",", "."), "Wh, ou", round
```

↳ Logo, o consumo anual nesse cenário será de 387.699.067.031.760.00 Wh, ou 387.7 TWh.

COMPARAÇÃO

```
n_vezes_caso_extremo_2_2 = round((consumo_anual_caso_extremo_2_2 / consumo_anual_caso_real_2))
porcentagem_consumo_caso_extremo_2_2 = round((consumo_anual_caso_extremo_2_2 / geracao_2022) * 100, 2)

print("O consumo anual do cenário extremo hipotético equivale a", n_vezes_caso_extremo_2_2, "vezes o consumo anual do cenário real. \n I
```

↳ O consumo anual do cenário extremo hipotético equivale a 10 vezes o consumo anual do cenário real.
E o equivalente a 63.67 % do total de energia gerada durante todo o ano.

✓ ANEXO D - PARTE 1

✓ VEÍCULOS ELÉTRICOS

Análise de consumo energético para o caso de demanda extrema em que todos os veículos brasileiros são elétricos.

Análise comparativa de valores de consumo real, com dados reais de consumo e número de veículos, e de consumo extremo, para carregamentos dos veículos.

Será considerado que cada veículo roda 12.000 km por ano.

✓ DADOS PARA ANÁLISE

✓ DADOS MINISTÉRIO DO TRANSPORTE

✓ CARREGAMENTO DOS DATASETS

```
frota = pd.read_excel("/content/drive/MyDrive/UFCG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/MTR/D_Frota_por_UF_Municipio_COMBUSTIVEL_Dezembro_;
```

✓ LIMPEZA E NORMALIZAÇÃO DOS DADOS

```
# normalização dos dados da coluna combustível
frota['Combustível Veículo'] = frota['Combustível Veículo'].str.replace(' ', '', regex=True).str.lower()
```

```
distribuicao_frota = frota['UF'].value_counts()

frota.replace('Sem Informação', pd.NA, inplace=True)
frota.replace('Não se Aplica', pd.NA, inplace=True)
frota.replace('Não Identificado', pd.NA, inplace=True)

# Removendo linhas que contêm NaN
frota.dropna(inplace=True)
```

▼ FROTA COMPLETA

```
frota_total = frota['Qtd. Veículos'].sum()
frota_total
```

```
np.int64(123974521)
```

▼ MANIPULAÇÃO DOS DADOS E CÁLCULO DA FROTA ELÉTRICA NO BRASIL ATÉ DEZEMBRO DE 2024

```
veiculos_eletricos = frota[frota['Combustível Veículo'].str.contains('eletrico', case=False, na=False)]
```

```
frota_eletrica = veiculos_eletricos.groupby('UF').size().reset_index(name='Qtd. Veículos')
```

```
frota_eletrica_2024 = frota_eletrica['Qtd. Veículos'].sum()
frota_eletrica_2024
```

```
np.int64(10797)
```

▼ DADOS ABVE

▼ CARREGAMENTO DOS DADOS

```
modelos_eletricos = pd.read_csv("/content/drive/MyDrive/UFCG/ENG. ELÉTRICA/2024.2/TCC/TCC/data/ABVE/modelos_eletricos.csv", delimiter=";")
```

```
modelos_eletricos = modelos_eletricos.dropna()
```

▼ TABELA POTÊNCIA BATERIA E AUTONOMIA DOS VEÍCULOS

```
def update_all_rows(df, col1_name, col1_values, col2_name, col2_values):
    df[col1_name] = col1_values
    df[col2_name] = col2_values
    return df
```

```
potencia_bateria = [
    100, 100, 50, 81, 42, 55, 63, 91, 108, 31,
    15, 95, 95, 95, 100, 114, 105, 114, 41, 102,
    42, 84, 67, 81, 102, 108, 77, 109, 65, 65,
    65, 80, 65, 66, 53, 53, 45, 31, 45, 60,
    0, 85, 82, 0, 0, 60, 50, 67, 75, 100,
    0, 30, 0, 0, 0, 66, 50, 37, 49, 33,
    10, 66, 66, 53, 54, 45, 39, 39, 38, 61,
    54, 54, 54, 80, 80, 75, 30, 30, 55, 50,
    0, 50, 71, 93, 93, 95, 54, 60, 39, 39,
    70, 82, 50, 77, 50, 27, 67, 67, 67, 80,
    91, 91, 91, 108, 108, 118, 0, 85, 45, 68,
    68, 68, 68, 68, 89, 89, 88, 88, 100, 27,
    51, 69, 69, 69, 67, 63, 98, 98, 98, 98,
    42, 68, 68, 68, 91, 0, 70, 205, 212, 63,
    48, 85, 31, 15, 32, 170, 213, 200, 170, 88,
    63, 39, 42, 81, 66, 81, 81, 102, 102, 31,
    77, 91, 67, 97, 92, 92, 0, 28, 77, 90,
    90, 90, 77, 111, 105, 65, 65, 65, 74, 30,
    30, 55, 0, 50, 41, 67, 55, 0, 92, 0,
    0, 90, 90, 90, 44, 44, 0, 88, 49, 40,
    40, 54, 47, 91, 66, 70, 66, 80, 89, 108,
    100, 18, 100, 100, 100, 35, 60, 33, 33, 33,
    10, 10, 10, 0, 100, 60, 75, 78, 60, 60,
    100, 100, 100, 100, 100, 75, 75, 75, 75, 91,
    99, 76, 41, 41, 64, 64, 33, 65, 62, 30,
    63, 48, 48, 50, 50, 50, 100, 100, 100, 79,
    79, 93, 79, 79, 93, 93, 93, 100, 114, 114,
    114, 135, 135, 63, 86, 27, 45, 33, 40, 0,
    52, 120, 93, 82, 54, 54, 54, 83, 83, 83,
```

```
18, 18, 31, 31, 31, 93, 44, 77, 77, 79,
79, 79, 79, 79, 93, 93, 54, 82, 82, 82,
54, 54, 100, 100, 100, 100, 100, 75, 75, 82,
82, 44, 0, 0, 78, 78, 78, 78, 51, 51,
51, 78, 78, 78, 82, 82, 36, 66, 66, 100,
100, 78, 78, 78, 60, 60, 100, 100, 66, 66
]
```

```
autonomia = [
426, 426, 362, 269, 320, 442, 430, 470, 580, 280,
120, 417, 444, 370, 411, 481, 472, 441, 338, 481,
335, 500, 483, 520, 600, 500, 403, 600, 430, 417,
418, 460, 397, 416, 371, 371, 291, 301, 291, 427,
0, 550, 520, 0, 0, 420, 400, 420, 450, 500,
200, 300, 300, 247, 513, 417, 340, 400, 400, 235,
52, 320, 320, 371, 300, 291, 280, 280, 280, 427,
329, 405, 405, 500, 500, 330, 302, 302, 420, 330,
0, 330, 436, 487, 472, 446, 403, 530, 250, 300,
385, 404, 402, 220, 300, 185, 304, 291, 272, 271,
615, 573, 613, 586, 652, 722, 672, 443, 170, 317,
317, 317, 317, 402, 402, 402, 555, 434, 331,
250, 338, 338, 338, 423, 450, 480, 480, 480, 480,
320, 350, 350, 350, 379, 0, 550, 792, 467, 319,
232, 349, 280, 120, 280, 505, 529, 488, 505, 313,
418, 252, 254, 484, 418, 395, 412, 512, 512, 301,
520, 467, 320, 200, 235, 235, 0, 280, 507, 298,
298, 298, 403, 549, 630, 430, 416, 417, 460, 302,
302, 420, 0, 400, 320, 320, 260, 0, 280, 0,
0, 470, 470, 470, 300, 300, 300, 555, 320, 364,
270, 315, 150, 375, 426, 469, 419, 417, 480, 529,
418, 135, 516, 606, 591, 200, 470, 200, 200, 200,
57, 57, 57, 0, 561, 640, 702, 528, 491, 491,
647, 628, 475, 565, 547, 531, 531, 488, 531, 379,
600, 450, 338, 338, 317, 317, 200, 407, 385, 200,
319, 232, 232, 220, 210, 220, 613, 606, 590, 431,
490, 504, 474, 450, 557, 558, 538, 656, 600, 600,
600, 644, 644, 385, 515, 298, 285, 170, 300, 0,
395, 520, 472, 550, 400, 400, 400, 500, 500, 500,
160, 160, 200, 200, 200, 470, 250, 550, 600, 431,
431, 488, 474, 463, 412, 412, 350, 568, 567, 560,
402, 423, 602, 652, 628, 561, 531, 534, 505, 507,
285, 0, 0, 420, 420, 420, 400, 350, 400, 430,
420, 420, 400, 520, 420, 350, 400, 430, 560, 500,
420, 420, 400, 400, 370, 600, 500, 425, 400, 400
]
```

```
modelos_eletricos["autonomia"] = 0
modelos_eletricos["potencia_bateria"] = 0
```

```
modelos_eletricos = update_all_rows(modelos_eletricos, "autonomia", autonomia, "potencia_bateria", potencia_bateria)
```

modelos_eletricos

	Modelo	Fabricante	Quantidade	MarketShare	autonomia	potencia_bateria	
1	001 FLAGSHIP	ZEEKR	35	0,00%	426	100	
2	001 PREMIUM	ZEEKR	4	0,00%	426	100	
3	208 E-GT	PEUGEOT	23	0,00%	362	50	
4	320 ESPRINTER F	M.BENZ	2	0,00%	269	81	
5	500E ICON	FIAT	58	0,10%	320	42	
...	
346	YUAN PRO GS 290EV	BYD	751	0,80%	600	60	
347	ZEEKR 001 FLAGSHIP	ZEEKR	21	0,00%	500	100	
348	ZEEKR 001 PREMIUM	ZEEKR	2	0,00%	425	100	
349	ZEEKR X FLAGSHIP	ZEEKR	23	0,00%	400	66	
350	ZEEKR X PREMIUM	ZEEKR	11	0,00%	400	66	

350 rows x 6 columns

Próximas etapas: [Gerar código com modelos_eletricos](#) [Ver gráficos recomendados](#) [New interactive sheet](#)

✓ CÁLCULO DO VALOR MÉDIO DE POTÊNCIA DA BATERIA E AUTONOMIA

```
total_veiculos = modelos_eletricos['Quantidade'].sum()
```

POTÊNCIA DA BATERIA

```
total_podenrado_potencia = (modelos_eletricos['potencia_bateria'] * modelos_eletricos['Quantidade']).sum()
```

```
media_podenrada_potencia = round(total_podenrado_potencia / total_veiculos)
media_podenrada_potencia
```

↻ 53

AUTONOMIA

```
total_podenrado_autonomia = (modelos_eletricos['autonomia'] * modelos_eletricos['Quantidade']).sum()
```

```
media_podenrada_autonomia = round(total_podenrado_autonomia / total_veiculos)
media_podenrada_autonomia
```

↻ 338

✓ DADOS GERAIS

```
rodagem_anual = 12000
rodagem_mensal = rodagem_anual / 12
```

```
qtd_carregamentos_mensais_caso_real = rodagem_mensal / media_podenrada_autonomia
qtd_carregamentos_anuais_caso_real = rodagem_anual / media_podenrada_autonomia
```

✓ ANEXO D - PARTE II

✓ CENÁRIO REAL

```
consumo_anual_caso_real_veiculos = round(frota_eletrica_2024 * media_podenrada_potencia * qtd_carregamentos_anuais_caso_real)
```

```
print("Logo, o consumo anual nesse cenário será de", "{:,.0f}".format(consumo_anual_caso_real_veiculos).replace(",", "."), "KWh, ou", r"
```

↻ Logo, o consumo anual nesse cenário será de 20.316.249 KWh, ou 20.32 GWh.

```
porcentagem_consumo_caso_real_veiculos = round(((consumo_anual_caso_real_veiculos*1000) / geracao_2024) * 100, 2)
```

```
print("A porcentagem de participação do carregamento de veículos elétricos na demanda de energia elétrica no Brasil é de", porcentagem_c
```

↻ A porcentagem de participação do carregamento de veículos elétricos na demanda de energia elétrica no Brasil é de 0.0 %.

✓ ANEXO D - PARTE III

✓ CENÁRIO EXTREMO

```
consumo_anual_caso_extremo_veiculos = round(frota_total * media_podenrada_potencia * qtd_carregamentos_anuais_caso_real)
```

```
print("Logo, o consumo anual nesse cenário será de", "{:,.0f}".format(consumo_anual_caso_extremo_veiculos).replace(",", "."), "KWh, ou"
```

↻ Logo, o consumo anual nesse cenário será de 233.277.501.053 KWh, ou 233.28 TWh.

```
n_vezes_caso_extremo_1 = round((consumo_anual_caso_extremo_veiculos / consumo_anual_caso_real_veiculos))
```

```
porcentagem_consumo_caso_extremo_veiculos = round(((consumo_anual_caso_extremo_veiculos*1000) / geracao_2024) * 100, 2)
```

```
print("O consumo anual do cenário extremo hipotético equivale a", n_vezes_caso_extremo_1, "vezes o consumo anual do cenário real. \nA p
```

↻ O consumo anual do cenário extremo hipotético equivale a 11482 vezes o consumo anual do cenário real.
A porcentagem de participação do carregamento de veículos elétricos na demanda de energia elétrica no Brasil é de 33.49 %.