UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

Consumo Energético: Análise no Brasil e no Mundo

ARTUR SCHNEIDER TRAUTENMULLER

ORIENTADOR: MARCELO STEHLING DE CASTRO

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

GOIÂNIA, GO, BRASIL: 2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio do Repositório Institucional (RI/UFG), regulamentado pela Resolução CEPEC no 1240/2014, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo dos Trabalhos de Conclusão dos Cursos de Graduação disponibilizado no RI/UFG é de responsabilidade exclusiva dos autores. Ao encaminhar(em) o produto final, o(s) autor(a)(es)(as) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação (TCCG)

Nome(s) completo(s) do(a)(s) autor(a)(es)(as): Artur Schneider Trautenmuller

Título do trabalho: **Consumo Energético: Análise no Brasil e no Mundo**

2. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador) Concorda com a liberação total do documento [X] SIM [ ] NÃO[1]

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: a) consulta ao(à)(s) autor(a)(es)(as) e ao(à) orientador(a); b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo do TCCG. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro.

Obs.: Este termo deve ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.

---

sei! assinatura eletrônica

Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Stehling De Castro**, **Professor do Magistério Superior**, em 16/07/2024, às 10:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020 .

---

sei! assinatura eletrônica

Documento assinado eletronicamente por **Artur Schneider Trautenmuller**, **Discente**, em 16/07/2024, às 10:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4673621** e o código CRC **19C7B57E**.

ARTUR SCHNEIDER TRAUTENMULLER

Consumo Energético: Análise no Brasil e no Mundo

Trabalho de conclusão de curso apresentado na Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação como requisito para a conclusão do curso de Engenharia de Computação e obtenção do título de Engenharia de Computação.

Universidade Federal de Goiás - UFG

Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação - EMC

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Stehling de Castro

Goiânia, Goiás, Brasil: 2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Trautenmuller, Artur Schneider
Consumo Energético: Análise no Brasil e no Mundo [manuscrito] / Artur Schneider Trautenmuller. - 2024.
XV, 15 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Stehling De Castro.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC), Engenharia da Computação, Goiânia, 2024.
Bibliografia.

1. Business Inteligence. 2. Energia. 3. ETL. I. Castro, Marcelo Stehling De, orient. II. Título.

CDU 004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao(s) **16** dia(s) do mês de **julho** do ano de **2024** iniciou-se a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado **"Consumo Energético: Análise no Brasil e no Mundo** ", de autoria de **Artur Schneider Trautenmuller e** , do curso de **Engenharia de Computação**, da **Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC)** da UFG. Os trabalhos foram instalados pelo Prof. Dr. **Marcelo Stehling de Castro** – **EMC/UFG** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Prof. Dr. **Fernando Nunes Belchior** – **FCT/UFG** e Engenheiro Especialista **Gustavo Dias de Oliveira** – **EMC/UFG**. Após a apresentação, a banca examinadora realizou a arguição do(a) estudante. Posteriormente, de forma reservada, a Banca Examinadora atribuiu a nota final de **10,0**, tendo sido o TCC considerado **APROVADO**.

Proclamados os resultados, os trabalhos foram encerrados e, para constar, lavrou-se a presente ata que segue assinada pelos Membros da Banca Examinadora

---

Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Stehling De Castro**, **Professor do Magistério Superior**, em 16/07/2024, às 10:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020 .

Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Dias De Oliveira**, **Técnico de Tecnologia da Informação**, em 16/07/2024, às 10:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020 .

Documento assinado eletronicamente por **Fernando Nunes Belchior**, **Professor do Magistério Superior**, em 16/07/2024, às 10:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020 .

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4673964** e o código CRC **39D5C8A4**.

Referência: Processo nº 23070.016835/2024-39 SEI nº 4673964

Consumo Energético: Análise no Brasil e no Mundo

Artur Schneider Trautenmuller[1], Marcelo Stehling de Castro[2]
Universidade Federal de Goiás (UFG) - Escola de Engenharia Elétrica, Mecânica e de Computação (EMC) - Goiânia, Goiás, Brasil 74601-010, e-mails: artur_trautenmuller@discente.ufg.br[1], graduando em Engenharia de Computação. mcastro@ufg.br[2], Professor Associado - EMC/UFG.

Resumo— Nos últimos anos empresas e instituições têm investido cada vez mais em sistemas de análise de informações tanto para tomada de decisão e para entender com mais detalhes a realidade em que estão inseridas. Uma das áreas-chave nesse investimento é a inteligência de negócios (BI - *Business Intelligence).* Este trabalho de final de curso concentra-se na coleta, organização e análise de dados para oferecer *insights* valiosos que impulsionam a tomada de decisões informadas dentro das organizações. Os sistemas de BI ajudam as empresas a entenderem melhor seus processos internos, o mercado em que operam e até mesmo as tendências futuras. Este projeto propõe construir painéis analíticos relacionados ao consumo de energia elétrica e primária no Mundo e no Brasil consolidando informações de diferentes fontes.

Palavras-chave— *Business Intelligence*, Energia, ETL

Abstract—In recent years, companies and institutions have been increasingly investing in information analysis systems both for decision-making and for gaining a deeper understanding of the reality they are embedded in. One of the key areas in this investment is Business Intelligence (BI). This final course work focuses on the collection, organization, and analysis of data to provide valuable insights that drive informed decision-making within organizations. BI systems help companies better understand their internal processes, the market they operate in, and even future trends. This project proposes to build analytical dashboards related to electricity and primary energy consumption worldwide and in Brazil by consolidating information from different sources.

Index Terms— Business Intelligence, Energy, ETL

I. Introdução

Nos últimos anos, a proliferação de dados destacou a necessidade de mecanismos eficazes para extrair *insights* acionáveis de vastos conjuntos de dados. A Inteligência de Negócios emergiu como uma solução, permitindo que organizações aproveitem o poder da análise de dados para impulsionar a tomada de decisões estratégicas. Este artigo analisa os aspectos fundamentais da BI e sua importância no cenário empresarial contemporâneo.

No seu cerne, a Inteligência de Negócios engloba um conjunto de ferramentas, tecnologias e metodologias destinadas a reunir, armazenar, analisar e apresentar dados para apoiar processos de tomada de decisão. Desde o armazenamento de dados até a mineração e visualização de dados, o BI abrange um amplo espectro de metodologias projetadas para desbloquear o valor oculto nos dados organizacionais.

Um dos principais objetivos do BI é capacitar os tomadores de decisão com informações oportunas, relevantes e precisas. Ao consolidar dados de fontes diversas e transformá-los em *insights* acionáveis, os sistemas de BI permitem que as organizações tomem decisões informadas em todos os níveis da empresa. Seja otimizando a eficiência operacional, identificando tendências de mercado ou prevendo demanda futura, a BI desempenha um papel fundamental no sucesso organizacional.

Além de informar decisões estratégicas, o BI também contribui para o aprimoramento da eficiência operacional dentro das organizações. Ao fornecer visibilidade em tempo real sobre indicadores-chave de desempenho (KPIs) e processos de negócios, a BI permite que os *stakeholders* identifiquem gargalos, otimizem fluxos de trabalho e alocam recursos de forma mais eficaz, otimizando assim o desempenho operacional.

No ambiente empresarial hipercompetitivo de hoje, obter uma vantagem competitiva é primordial para o sucesso organizacional. O sistema de BI equipa as empresas com as ferramentas necessárias para obter uma compreensão mais profunda das dinâmicas de mercado, do comportamento do cliente e das tendências emergentes, permitindo-lhes adaptar-se rapidamente às condições de mercado em constante mudança e superar os concorrentes.

Outro aspecto significativo do BI é sua capacidade de facilitar a análise preditiva, permitindo que as organizações antecipem tendências e eventos futuros com base em padrões de dados históricos. Ao aproveitar técnicas analíticas avançadas, como aprendizado de máquina e modelagem preditiva, os sistemas de BI permitem que as organizações prevejam demanda, identifiquem oportunidades emergentes e mitiguem riscos potenciais de forma proativa.

A. Motivação

Desde o início da revolução industrial no final do século XVIII, o mundo passa por uma série de transformações nos métodos de produção e um aumento expressivo na população global, esses fatores exigem demandas energéticas cada vez maiores que consequentemente implicam em impactos ambientais relevantes.

Atualmente, dados relacionados a consumo de energia primária e eletricidade, dados relacionados à macroeconomia e a emissão de gás carbônico estão amplamente disponíveis, o que possibilitará por meio deste projeto a criação de diversos indicadores para entender como se dá o consumo de energia e seus impactos e como se diferenciam em cada região do mundo.

B. Objetivos

As seções a seguir apresentam os objetivos geral e específicos do estudo.

1) Objetivo geral

Propõe-se a construção de painéis analíticos relacionados ao consumo de energia elétrica e primária no Mundo e no Brasil.

2) Objetivos específicos

Elaborar painéis consolidando informações sobre diferentes óticas do consumo energético no mundo ao longo do tempo, de

modo que seja possível compreender de forma mais ampla a configuração do uso de energia.

Criar indicadores relacionados ao desenvolvimento sustentável e eficiência energética, comparando métricas de consumo energético com métricas macroeconômicas e de produção industrial.

Construir painéis de modo a simular projeções de consumo energético de modo a auxiliar na elaboração de estratégias para o desenvolvimento energético.

C. Estrutura do trabalho

Para o desenvolvimento da solução é preciso fazer um levantamento de todas as bases de dados necessárias para a criação dos indicadores, análises e projeções, Órgãos internacionais e institutos de pesquisa fornecem dados precisos e detalhados estes assuntos, entre eles o Banco Mundial e a Organização das Nações Unidas (ONU).

Indicadores são definidos e servem de orientação para a etapa de processamento das informações. Assim que todas as bases de dados forem definidas é realizado um estudo de qual a melhor maneira de extrair essas informações, sendo que a maneira mais eficaz é através de uma API, pois assim é possível manter as informações atualizadas de forma automática.

Com as informações já extraídas, elas devem ser tratadas dentro de um processo chamado ETL, na qual é feito a normalização e padronização dos dados que por sua vez tem origens diferentes e o desenvolvimento de cálculos que podem ser pré-processados antes de entrar na etapa de visualização.

Os dados processados pelo ETL são salvos de modo a serem consumidos por uma ferramenta de visualização de dados, nesta fase são feitas diversas verificações relacionadas a configuração das informações, se todas as regras foram atendidas pelo ETL e se não existem inconsistências nas bases processadas.

Com a validação das informações concluída, dentro da ferramenta de visualização, os dados são então modelados e são desenvolvidos os indicadores que foram definidos, análises necessárias e funções para tornar a análise mais simples, nesta fase novas ideias de análise podem surgir e ser também implementadas. Enfim, os painéis e relatórios são disponibilizados de forma pública na Internet.

Dentro deste artigo serão abordados os conceitos ferramentas empregados no projeto (Seção 2), a descrição das etapas de desenvolvimento (Seção 3), a análise de resultados e descobertas que foram obtidos pelo projeto (Seção 4), e as conclusões finais (Seção 5) .

II. CONCEITOS E FERRAMENTAS

A. Business Intelligence

O conceito de *Business Intelligence* (BI) tem evoluído significativamente desde seu surgimento. Inicialmente, o termo foi criado no século XIX, mas ganhou popularidade no final do século XX, quando as organizações começaram a perceber a importância de usar dados para obter vantagens competitivas. BI refere-se ao uso de dados e tecnologias para ajudar as organizações a tomar decisões informadas e estratégicas. Isso inclui a coleta, organização, análise e visualização de dados, transformando-os em informações valiosas para a tomada de decisões [1].

Nos anos 1980 e 1990, o termo BI começou a ganhar destaque com o advento de sistemas de suporte à decisão e *data warehousing*. Estes sistemas permitiram que as organizações armazenassem grandes volumes de dados de forma estruturada e os utilizassem para análise. A verdadeira revolução do BI, no entanto, veio com os avanços na tecnologia da informação, especialmente com a computação em nuvem, Big Data e inteligência artificial. Esses avanços permitiram que as empresas processassem grandes volumes de dados de maneira rápida e eficiente, abrindo novas fronteiras para a análise de dados [2].

A computação em nuvem, por exemplo, oferece escalabilidade e flexibilidade, permitindo que as organizações armazenem e processem dados sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura. O Big Data, por sua vez, refere-se à capacidade de processar e analisar grandes volumes de dados que são gerados em alta velocidade e em diversos formatos. Já a inteligência artificial e o machine learning permitem a identificação de padrões e tendências nos dados, oferecendo *insights* que seriam difíceis de detectar manualmente [3].

No coração do BI está o *data warehousing*, que é a prática de coletar e gerenciar dados de várias fontes em um repositório central. Isso facilita a análise de dados, pois permite que os analistas acessem informações de forma consistente e estruturada. Ralph Kimball e Bill Inmon são dois dos principais nomes na área de *data warehousing*, com diferentes abordagens para a modelagem de dados. Kimball é conhecido por sua abordagem dimensional, enquanto Inmon defende um modelo corporativo centralizado [4].

A coleta e a organização dos dados são apenas o começo do processo de BI. Após os dados serem armazenados em um *data warehouse*, eles são analisados usando várias técnicas e ferramentas. Isso inclui *Online Analytical Processing* (OLAP), que permite a análise multidimensional de grandes volumes de dados. OLAP facilita a visualização de dados em diferentes perspectivas, permitindo que os analistas explorem informações de forma dinâmica e interativa [5].

Outra técnica crucial no BI é a mineração de dados, que envolve a exploração de grandes conjuntos de dados para descobrir padrões ocultos e relações. A mineração de dados utiliza algoritmos de machine learning e estatísticas para identificar tendências e anomalias nos dados. Essa técnica é particularmente útil para prever comportamentos futuros e tomar decisões baseadas em dados históricos [6].

A visualização de dados é outro componente fundamental do BI. Ela envolve a representação gráfica dos dados para facilitar a interpretação e a comunicação dos *insights*. Ferramentas de visualização de dados, como o Microsoft Power BI, Tableau e QlikView, permitem a criação de *dashboards* interativos e relatórios detalhados. Essas ferramentas transformam dados complexos em gráficos, tabelas e mapas, que podem ser facilmente compreendidos pelos tomadores de decisão [7].

A implementação de BI também pode melhorar a eficiência operacional das organizações. Ao fornecer visibilidade em tempo real sobre indicadores-chave de desempenho (KPIs) e processos de negócios, BI permite que os *stakeholders* identifiquem gargalos, otimizem fluxos de trabalho e alocam recursos de forma mais eficaz. Isso resulta em melhor desempenho operacional e maior satisfação dos clientes [1].

BI não se limita apenas a informar decisões estratégicas. Ele também pode facilitar a análise preditiva, permitindo que as organizações antecipem tendências e eventos futuros com base em padrões de dados históricos.

Ao aproveitar técnicas analíticas avançadas, como aprendizado de máquina e modelagem preditiva, os sistemas de BI permitem que as organizações prevejam demanda, identifiquem oportunidades emergentes e mitiguem riscos potenciais de forma proativa [8].

Outra vantagem significativa do BI é sua capacidade de promover uma cultura de tomada de decisões baseada em dados dentro das organizações. Ao democratizar o acesso aos dados e ferramentas analíticas, BI capacita funcionários de todos os níveis a tomar decisões informadas. Isso não apenas melhora a qualidade das decisões, mas também aumenta a agilidade da organização em responder a mudanças no mercado [9].

As ferramentas de BI também suportam a automação de relatórios e processos analíticos, reduzindo a carga de trabalho manual e minimizando erros. Isso permite que os analistas e tomadores de decisão se concentrem em tarefas de maior valor, como a interpretação de *insights* e o desenvolvimento de estratégias. A automação de BI pode incluir alertas e notificações baseadas em condições específicas, permitindo uma resposta rápida a eventos críticos [10].

Em suma, *Business Intelligence* é uma disciplina vital para as organizações modernas, proporcionando uma visão profunda e acionável dos dados. A capacidade de transformar dados brutos em *insights* significativos permite que as organizações não apenas sobrevivam, mas prosperem em um ambiente de negócios cada vez mais complexo e competitivo. A adoção de BI é, portanto, uma estratégia essencial para qualquer organização que deseja se manter relevante e competitiva no cenário atual.

B. Processo de Extract, Transform, Load

O processo de extração, transformação e carregamento (ETL) do inglês *Extract*, *Transform*, *Load*, é uma peça central na arquitetura de *Business Intelligence*, pois permite a coleta, transformação e carregamento de dados de diversas fontes em um repositório centralizado, como um Data Warehouse. ETL é crucial para garantir que os dados estejam limpos, consistentes e prontos para análise [4].

A fase de extração (*Extract*) envolve a coleta de dados de diferentes fontes, que podem incluir bancos de dados relacionais, arquivos de texto, planilhas, APIs e sistemas legados.

Essa diversidade de fontes significa que os dados podem estar em vários formatos e estruturas, o que torna a extração um desafio significativo. Ferramentas como Apache Nifi, Talend e Pentaho são amplamente utilizadas para automatizar essa fase, permitindo a coleta eficiente de grandes volumes de dados [11].

Uma vez que os dados são extraídos, eles entram na fase de transformação (*Transform*), onde são limpos, normalizados e preparados para análise. Isso pode incluir a remoção de duplicatas, correção de erros, conversão de formatos de dados e aplicação de regras de negócios.

A transformação também pode envolver a integração de dados de diferentes fontes, criando uma visão unificada e coerente dos dados [12].

Python, uma das linguagens de programação mais populares para ciência de dados, oferece diversas bibliotecas que facilitam a fase de transformação no processo de ETL.

A biblioteca pandas é particularmente útil para a manipulação e análise de dados. Pandas fornece estruturas de dados como *Data Frames*, que permitem a realização de operações complexas de transformação de forma eficiente e intuitiva [13].

Com pandas, é possível realizar operações como agregações, fusões e filtragem de dados, bem como aplicar funções personalizadas para transformar os dados conforme necessário.

Além de pandas, Python integra-se bem com outras bibliotecas e ferramentas de ETL. Por exemplo, SQLAlchemy permite a interação com bancos de dados SQL, facilitando a extração e a carga de dados. Bibliotecas como *requests* e BeautifulSoup são usadas para extrair dados de APIs e páginas web, respectivamente.

A flexibilidade e a vasta gama de bibliotecas disponíveis tornam Python uma escolha ideal para implementar processos de ETL robustos e escaláveis [14].

A fase final do ETL é o carregamento (*Load*), onde os dados transformados são inseridos em um repositório central, como um Data Warehouse ou um Data Lake.

Esse repositório serve como a fonte única de verdade para a organização, permitindo análises consistentes e confiáveis. Ferramentas como Azure Synapse Analytics e Amazon Redshift são frequentemente usadas para armazenar grandes volumes de dados, proporcionando escalabilidade e desempenho [15].

O processo de ETL é crítico para garantir que os dados estejam prontos para análise. Dados de alta qualidade são essenciais para a tomada de decisões informadas. Se os dados estiverem incompletos, incorretos ou inconsistentes, as análises resultantes serão falhas, levando a decisões errôneas [4].

Portanto, a implementação de um processo de ETL eficiente e eficaz é uma prioridade para qualquer organização que busca utilizar *Business Intelligence*.

Python, com suas poderosas bibliotecas e vasta comunidade, desempenha um papel vital na implementação de processos de ETL.

A biblioteca pandas, em particular, oferece uma plataforma robusta para a transformação de dados, permitindo que os analistas e cientistas de dados realizem operações complexas de maneira.

C. Energia

O consumo de energia é um indicador crítico do desenvolvimento econômico e social de uma nação. Ele é geralmente dividido em dois grandes grupos: consumo de energia elétrica e consumo de energia primária.

Energia elétrica refere-se à eletricidade consumida por residências, indústrias, comércio e serviços públicos, enquanto energia primária inclui todas as fontes de energia utilizadas antes de serem convertidas em eletricidade, como petróleo, gás natural, carvão, energia nuclear e fontes renováveis [16].

O consumo de energia elétrica tem crescido substancialmente nas últimas décadas, impulsionado pelo aumento da população, urbanização e desenvolvimento industrial. No Brasil, por exemplo, o setor residencial

representa uma parcela significativa do consumo elétrico, seguido pelo setor industrial e comercial.

Este crescimento é impulsionado pela expansão das áreas urbanas, o aumento da renda das famílias e a maior acessibilidade a aparelhos elétricos e eletrônicos. Além disso, a digitalização da economia e o crescimento do setor de serviços também contribuem para a demanda crescente por eletricidade. No Brasil, o setor residencial é um dos maiores consumidores de energia elétrica. O aumento do poder aquisitivo das famílias brasileiras nos últimos anos resultou na maior adoção de aparelhos eletrodomésticos e sistemas de climatização, o que, por sua vez, aumentou o consumo de eletricidade nas residências. Além disso, a expansão das áreas urbanas e a melhoria na infraestrutura elétrica têm contribuído para o crescimento contínuo do consumo residencial.

O **setor industrial** é outro grande consumidor de energia elétrica, utilizando-a para operar máquinas, equipamentos e processos de produção. A eletrificação de processos industriais, que anteriormente dependiam de combustíveis fósseis, também tem aumentado a demanda por eletricidade.

O **setor comercial**, por sua vez, inclui lojas, escritórios, hotéis e outros estabelecimentos que consomem energia principalmente para iluminação, aquecimento, resfriamento e operações diárias. O crescimento do setor de serviços e a expansão do comércio eletrônico têm contribuído para o aumento da demanda elétrica neste setor.

Já o consumo de energia primária é um indicador abrangente da demanda total de energia de um país, refletindo tanto o uso direto de combustíveis quanto a produção de eletricidade.

Este indicador inclui todas as fontes de energia utilizadas antes de serem convertidas em eletricidade ou outros produtos energéticos. O consumo de energia primária abrange petróleo, gás natural, carvão, energia nuclear e fontes renováveis, como hidrelétrica, solar e eólica.

O consumo de energia primária oferece uma visão mais ampla da demanda energética de uma nação e é crucial para planejar estratégias de sustentabilidade. Por exemplo, a transição para fontes renováveis de energia primária é uma prioridade para muitos países que buscam reduzir suas emissões de gases de efeito estufa e combater as mudanças climáticas.

O aumento do uso de energia renovável também pode reduzir a dependência de combustíveis fósseis, melhorar a segurança energética e promover o desenvolvimento econômico sustentável.

A análise do consumo de energia permite avaliar a eficiência energética, identificar tendências de uso e planejar estratégias de sustentabilidade. Indicadores como o consumo per capita e a intensidade energética (consumo de energia por unidade de PIB) são utilizados para monitorar o progresso em direção a um uso mais eficiente e sustentável da energia [17].

A intensidade energética, em particular, é um indicador importante da eficiência com que uma economia usa energia para gerar riqueza.

Reduções na intensidade energética indicam que um país está conseguindo produzir mais com menos energia, refletindo melhorias na eficiência energética e nas tecnologias de produção.

O aumento do consumo de energia apresenta desafios significativos, incluindo a necessidade de expandir a infraestrutura energética, gerenciar o impacto ambiental e garantir a segurança do fornecimento.

No entanto, também oferece oportunidades para inovação tecnológica, desenvolvimento de energias renováveis e implementação de políticas de eficiência energética.

A adoção de tecnologias limpas e práticas de gestão de energia mais eficientes pode ajudar a mitigar os impactos negativos do aumento do consumo energético.

Para enfrentar esses desafios, é essencial desenvolver políticas e estratégias de planejamento energético que promovam a sustentabilidade.

Isso inclui investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias de energia limpa, incentivos para a adoção de fontes renováveis e iniciativas de educação e conscientização sobre a importância da eficiência energética.

A colaboração internacional também é crucial, pois muitos dos desafios energéticos são globais e requerem soluções coordenadas.

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 7 que está entre os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável definidas pelas Nações Unidas tem como foco assegurar que todos tenham acesso a energia acessível, sustentável e moderna, na qual os indicadores definidos por este projeto (% de Energia Renovável, % de Eletricidade e Consumo per capita) servem como auxilio neste acompanhamento.

Em conclusão, o consumo de energia é um indicador fundamental do desenvolvimento econômico e social, refletindo a demanda por energia em diferentes setores da economia.

A análise detalhada do consumo de energia elétrica e primária permite uma melhor compreensão das tendências de uso, eficiência energética e sustentabilidade, fornecendo uma base sólida para a tomada de decisões e o planejamento estratégico.

D. Visualização de Dados

A visualização de dados é um componente essencial do *Business Intelligence* (BI), permitindo que os dados sejam apresentados de maneira clara e intuitiva para facilitar a interpretação e a tomada de decisões.

Ferramentas de visualização de dados transformam conjuntos de dados complexos em gráficos, tabelas e mapas interativos que destacam padrões e *insights* que podem ser facilmente compreendidos pelos tomadores de decisão [18].

Uma das principais vantagens da visualização de dados é a sua capacidade de sintetizar grandes volumes de dados em representações visuais concisas.

Isso permite que os analistas identifiquem rapidamente tendências, padrões e outliers que poderiam passar despercebidos em análises puramente numéricas.

Além disso, as visualizações ajudam a comunicar informações complexas de forma mais acessível, facilitando a compreensão por parte de públicos diversos, incluindo aqueles sem formação técnica.

O Microsoft Power BI é uma das ferramentas de visualização de dados mais populares e poderosas no mercado atualmente. Ele oferece uma interface amigável e uma ampla gama de funcionalidades para a criação de *dashboards* interativos e relatórios detalhados.

Power BI se destaca pela sua capacidade de integrar-se com diversas fontes de dados, incluindo bancos de dados SQL, arquivos Excel, serviços web e plataformas de *cloud computing* [19].

Uma das características mais valiosas do Power BI é sua capacidade de atualizar dados em tempo real. Isso significa que os *dashboards* e relatórios podem refletir as informações mais recentes, permitindo aos usuários monitorarem continuamente suas métricas de desempenho e tomar decisões informadas com base em dados atualizados.

Esta funcionalidade é particularmente importante em ambientes de negócios dinâmicos, onde as condições podem mudar rapidamente.

Além das funcionalidades básicas de visualização, o Power BI suporta uma série de recursos avançados, como análises preditivas e *machine learning*. Esses recursos permitem que os usuários não apenas analisem dados históricos, mas também façam previsões e identifiquem tendências futuras. Por exemplo, utilizando modelos preditivos, uma empresa pode antecipar a demanda de produtos, identificar riscos financeiros ou prever comportamentos de clientes.

O Power BI também possui uma forte capacidade de personalização. Os usuários podem criar visualizações personalizadas adaptadas às suas necessidades específicas, utilizando uma vasta biblioteca de gráficos, tabelas e outros elementos visuais.

Adicionalmente, a ferramenta permite a criação de visualizações personalizadas através do uso de R e Python, ampliando ainda mais suas capacidades analíticas.

Outra vantagem significativa do Power BI é sua integração com outras ferramentas e plataformas da Microsoft, como Azure, Office 365 e SharePoint. Isso facilita a importação e exportação de dados, bem como a colaboração entre equipes.

Os relatórios e *dashboards* do Power BI podem ser facilmente compartilhados com *stakeholders* através de *links* diretos ou integrados em outros aplicativos da Microsoft, promovendo uma cultura de tomada de decisões baseada em dados.

A interatividade é um dos principais atrativos das visualizações de dados no Power BI. Os usuários podem interagir com os *dashboards*, filtrando dados, explorando diferentes cenários e obtendo *insights* detalhados sobre aspectos específicos dos dados. Esta interatividade permite uma análise mais profunda e personalizada, capacitando os usuários a explorarem os dados de acordo com suas necessidades e interesses.

A segurança dos dados é uma preocupação crítica em qualquer projeto de BI, e o Power BI oferece robustas funcionalidades de segurança e governança. Os administradores podem definir permissões detalhadas, controlando quem pode acessar, visualizar e modificar os dados. Além disso, a integração com o Active Directory da Microsoft facilita a gestão de usuários e a implementação de políticas de segurança consistentes.

O Power BI é utilizado em uma ampla variedade de indústrias e aplicações. No setor financeiro, por exemplo, é usado para monitorar indicadores de desempenho, analisar riscos e prever tendências de mercado.

No varejo, as empresas utilizam o Power BI para analisar o comportamento do consumidor, otimizar estoques e melhorar estratégias de marketing. Em operações de manufatura, a ferramenta é utilizada para monitorar a eficiência da produção, identificar gargalos e melhorar a qualidade dos produtos.

A adoção bem-sucedida do Power BI requer uma abordagem estratégica que considere as necessidades e os objetivos específicos da organização. Isso envolve a identificação das fontes de dados relevantes, a definição de métricas e KPIs, e a criação de *dashboards* que atendam às necessidades dos *stakeholders*. Além disso, é importante estabelecer um plano de governança de dados para garantir a qualidade e a integridade das informações. À medida que a quantidade de dados continua a crescer exponencialmente, a importância da visualização de dados no BI só tende a aumentar.

O futuro da visualização de dados promete ser ainda mais interativo, personalizado e integrado, capacitando os tomadores de decisão com informações mais precisas e acionáveis.

Em conclusão, a visualização de dados é um componente vital do *Business Intelligence*, transformando dados complexos em informações compreensíveis e úteis.

Ferramentas como o Power BI estão constantemente evoluindo, incorporando novas tecnologias como inteligência artificial e realidade aumentada para fornecer *insights* ainda mais poderosos. Sua capacidade de visualização, análise e compartilhamento de dados, facilitando a tomada de decisões informada e eficaz. Ao integrar e apresentar dados de maneira intuitiva, essas ferramentas desempenham um papel crucial na promoção de uma cultura de dados dentro das organizações.

III. Desenvolvimento da Solução

A. Levantamento das Bases de Dados

Para a construção de painéis analíticos relacionados ao consumo de energia elétrica e primária no Brasil e no mundo, é fundamental realizar um levantamento abrangente das bases de dados necessárias.

Essas bases de dados fornecem as informações essenciais para a análise do consumo energético, das emissões de CO2, da demografia e do desenvolvimento econômico. A seguir, são descritas as principais fontes de dados utilizadas no levantamento e a importância de cada uma.

A **primeira fonte** de dados utilizada é a **plataforma Our World in Data**, especificamente a ferramenta de exploração de dados energéticos [20]. Essa ferramenta permite acessar dados detalhados sobre o consumo de energia primária por país, ao longo dos anos.

Através dela, é possível analisar as tendências de consumo energético em diferentes regiões do mundo, comparar o desempenho de vários países e identificar padrões globais e regionais. Este recurso é crucial para entender como o consumo de energia evolui e quais fatores podem estar influenciando essas mudanças.

A **segunda fonte** de dados é o **Banco Mundial**, especificamente o indicador de população total [21]. A população total de um país é um fator determinante no consumo de energia, uma vez que o aumento populacional geralmente resulta em maior demanda por recursos energéticos.

Os dados populacionais permitem ajustar as análises de consumo energético para refletir o impacto do crescimento populacional e calcular métricas como o consumo de energia per capita.

Outra fonte importante é a base de dados de emissões por combustível da **Our World in Data** [22]. Esta fonte fornece informações detalhadas sobre as emissões de CO2 de diferentes tipos de combustíveis, permitindo uma análise aprofundada dos impactos ambientais associados ao consumo de energia.

Ao correlacionar esses dados com o consumo energético, é possível avaliar a eficiência energética e a sustentabilidade das práticas energéticas em diferentes regiões.

Os dados demográficos detalhados são extraídos do site Population Pyramid [23]. Este site fornece pirâmides etárias para todos os países, permitindo uma análise demográfica detalhada.

A demografia é um fator importante na análise de consumo de energia, pois diferentes faixas etárias têm diferentes padrões de consumo. Por exemplo, uma população envelhecida pode ter um perfil de consumo de energia diferente de uma população mais jovem.

Além disso, os indicadores de desenvolvimento econômico são obtidos dos *World Development Indicators* do Banco Mundial [24]. Esses indicadores permitem a classificação das economias por renda (baixa, média-baixa, média-alta e alta renda) e região.

O nível de desenvolvimento econômico de um país é um determinante crucial do consumo de energia, pois economias mais desenvolvidas tendem a consumir mais energia devido à maior industrialização e padrões de vida mais elevados.

Por fim, a base de dados *World Data Info* fornece códigos de países [25]. Esses códigos são essenciais para padronizar a identificação dos países nas diferentes bases de dados e garantir a integridade dos dados durante o processo de integração e análise. A utilização de códigos de países uniformes facilita a junção de dados de diferentes fontes e a realização de análises comparativas precisas.

A integração dessas fontes de dados permite uma análise abrangente e multifacetada do consumo de energia. A combinação de dados sobre consumo energético, emissões de CO_2, demografia e desenvolvimento econômico proporciona uma visão holística das dinâmicas que influenciam o consumo de energia em diferentes partes do mundo.

Além disso, a capacidade de comparar esses dados entre países e ao longo do tempo permite identificar tendências, prever futuras demandas energéticas e formular políticas de sustentabilidade mais eficazes.

Para garantir a qualidade e a consistência dos dados, cada fonte foi cuidadosamente avaliada quanto à sua credibilidade e atualidade. As fontes utilizadas são reconhecidas internacionalmente e atualizadas regularmente, o que assegura a precisão e a relevância das análises.

O processo de ETL foi empregado para extrair dados dessas fontes, transformá-los para um formato adequado e carregá-los em um repositório central para análise.

Em conclusão, o levantamento de bases de dados para o projeto de análise de consumo energético envolveu a seleção de fontes de dados confiáveis e abrangentes.

Essas fontes fornecem informações críticas que, quando integradas, permitem uma compreensão profunda do consumo de energia e seus impactos econômicos e ambientais.

A utilização de ferramentas e técnicas avançadas de BI e ETL assegura que os dados sejam tratados de forma eficaz, proporcionando uma base sólida para análises e decisões informadas.

B. Processo de ETL

A primeira etapa do processo de ETL é a extração (Extract) dos dados de diferentes fontes. O *script* Extract_OurWorldInData.py ilustra bem essa fase, onde dados sobre indicadores energéticos são extraídos da API da Our World in Data. Utilizando a biblioteca *requests* de Python, o *script* envia requisições HTTP para a API e obtém os dados em formato JSON. Esses dados são então carregados em um *Data Frame* do pandas para processamento posterior. O *script* lê um arquivo Excel que contém os indicadores a serem extraídos e, para cada indicador, realiza a extração dos dados e os salva em arquivos CSV para armazenamento temporário.

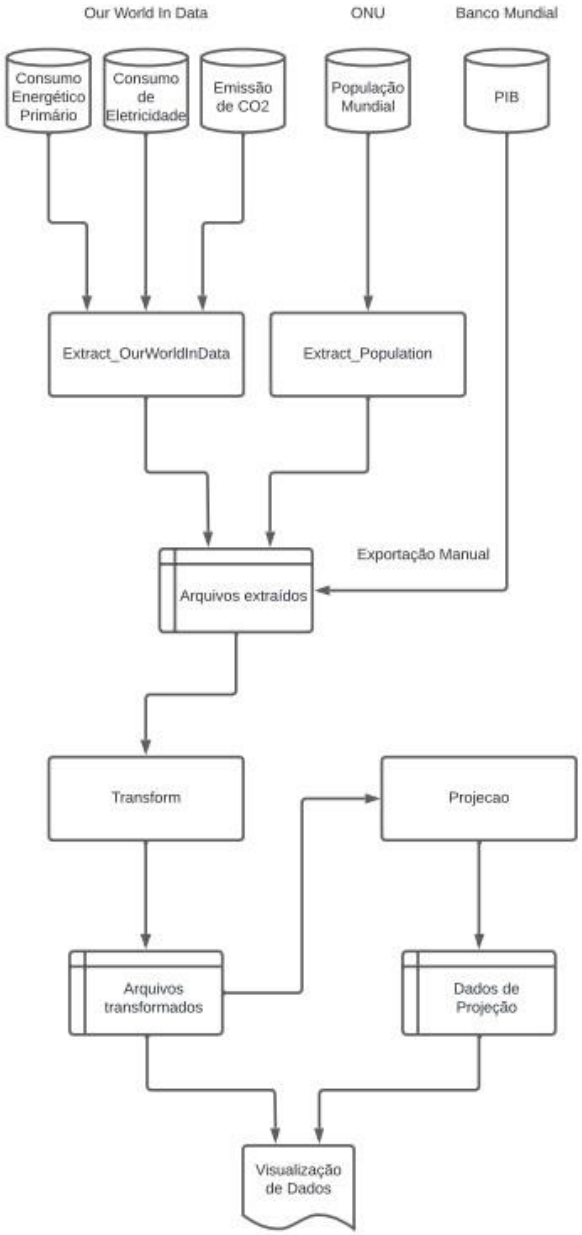

Fig. 1: Diagrama do processo de ETL aplicado no projeto. Fonte: Autoria própria.

A extração de dados populacionais segue um processo semelhante, conforme ilustrado no *script* Extract_Population.py. Este *script* lê um arquivo CSV que contém os códigos dos países e, para cada código, envia requisições HTTP para a API Population Pyramid, obtendo dados demográficos detalhados por ano. Esses dados são então salvos em arquivos CSV individuais para cada país.

Após a extração, a etapa de transformação (Transform) é crucial para garantir que os dados estejam limpos, consistentes e prontos para análise. O *script* Transform.py exemplifica essa fase, onde diversos conjuntos de dados são processados e integrados.

Este *script* começa lendo arquivos CSV de diferentes fontes de energia (carvão, gás, petróleo, nuclear, hidrelétrica, solar, eólica) e combina esses dados em um único *Data Frame*. Durante a transformação, os dados são renomeados, colunas desnecessárias são removidas e valores nulos são tratados.

O *script* Transform.py também inclui funções para transformar dados sobre eletricidade e emissões de CO2, aplicando processos semelhantes de integração e limpeza.

Por exemplo, na transformação dos dados de eletricidade, fontes como carvão, gás, petróleo, nuclear, hidrelétrica, solar e eólica são combinadas e processadas para criar um conjunto de dados unificado.

A transformação das emissões de CO2 envolve a leitura de dados de várias fontes de combustível e a criação de um *Data Frame* consolidado que representa as emissões por tipo de combustível para cada país.

C. Construção das visualizações

A construção das visualizações é uma etapa crucial no projeto de análise do consumo energético global. As visualizações fornecem uma maneira intuitiva e interativa de entender os dados, identificar padrões e tendências, e comunicar *insights* de forma eficaz.

Neste projeto, foram criados cinco painéis principais, cada um focado em um aspecto específico do consumo de energia e das emissões de CO2. A seguir, descrevemos cada painel em detalhes, destacando suas principais características e o propósito de cada visualização.

O **primeiro painel** "***DashBoard***" (Figura 2) apresenta uma visão geral dos principais indicadores de consumo de energia. Ele inclui visualizações que mostram o consumo primário total de energia, o consumo de eletricidade, a porcentagem de eletricidade e a porcentagem de fontes renováveis.

Além disso, há gráficos que detalham o consumo primário por tipo de fonte (como petróleo, carvão, gás, hidrelétrica, nuclear, eólica e solar) e um mapa que mostra o consumo total por país.

Indicadores Principais:

- **Consumo Primário Total (TWh):** Representa a quantidade total de energia consumida em TWh.
- **Consumo de Eletricidade (TWh):** Mostra a quantidade de eletricidade consumida em TWh.
- **% Eletricidade:** Indica a porcentagem do consumo total de energia que é eletricidade.
- **% Renovável:** Representa a porcentagem do consumo total de energia que provém de fontes renováveis.

Esses indicadores fornecem uma visão rápida do estado atual do consumo de energia global, facilitando a identificação de quais fontes de energia são mais utilizadas e a participação das energias renováveis no mix energético global.

Fig. 2: Primeira visualização construída do projeto (*DashBoard*). Fonte: Autoria própria.

O **segundo painel "Evolução"** (Figura 3) se concentra na análise do crescimento do consumo de energia ao longo do tempo. Ele apresenta gráficos de linha que mostram a evolução do consumo total de energia por ano e gráficos de barras empilhadas que detalham a evolução do consumo por tipo de fonte (fóssil, nuclear e renovável).

Visualizações Principais:

- **Consumo Total por Ano (TWh):** Gráfico de linha mostrando o crescimento do consumo de energia ao longo do tempo.
- **Evolução por Fonte:** Gráfico de barras empilhadas mostrando a contribuição de cada tipo de fonte ao longo do tempo.

Estas visualizações permitem acompanhar as mudanças no consumo de energia e identificar tendências importantes, como o aumento do uso de energias renováveis ou a persistência do uso de combustíveis fósseis.

Fig. 3: Segunda visualização construída do projeto (Evolução). Fonte: Autoria própria.

O **terceiro painel "Emissão de CO2"** (Figura 4) apresenta uma análise detalhada das emissões de CO2 associadas ao consumo de energia. Ele inclui gráficos que mostram as

emissões anuais de CO2, a emissão de CO2 por tipo de fonte (carvão, petróleo, gás), e a emissão de CO2 per capita.

Visualizações Principais:

- **Emissão de CO2 Anual (toneladas):** Gráfico de linha mostrando a evolução das emissões de CO2 ao longo do tempo.
- **Emissão de CO2 por Fonte:** Gráfico de área mostrando a contribuição de cada tipo de fonte.
- **Emissão de CO2 Per Capita:** Gráfico de linha mostrando a evolução das emissões per capita ao longo do tempo.

Estas visualizações são essenciais para entender o impacto ambiental do consumo de energia e identificar quais fontes de energia são mais poluentes.

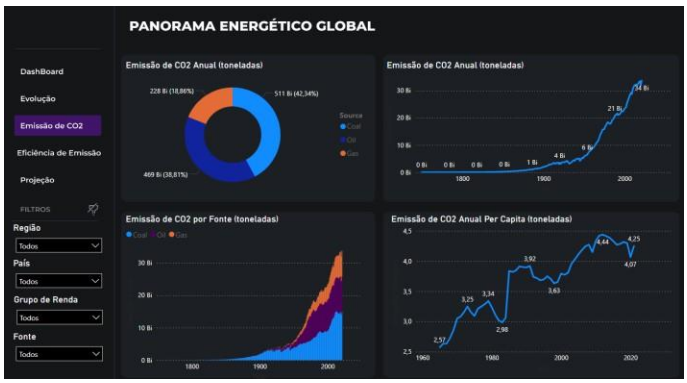

Fig. 4: Terceira visualização construída do projeto (Emissão de CO2). Fonte: Autoria própria.

O **quarto painel "Eficiência de Emissão"** (Figura 5) analisa a relação entre a quantidade de CO2 emitido e a quantidade de energia produzida para diferentes tipos de combustíveis (carvão, petróleo e gás). Ele apresenta gráficos de linha que mostram a eficiência de emissão ao longo do tempo.

Visualizações Principais:

- **Emissão de CO2 por Energia Primária Consumida do Carvão (g/kWh):** Gráfico de linha mostrando a variação da eficiência de emissão do carvão ao longo dos anos.
- **Emissão de CO2 por Energia Primária Consumida do Petróleo (g/kWh):** Gráfico de linha mostrando a variação da eficiência de emissão do petróleo.
- **Emissão de CO2 por Energia Primária Consumida do Gás (g/kWh):** Gráfico de linha mostrando a variação da eficiência de emissão do gás.

Estas visualizações ajudam a identificar quais combustíveis são mais eficientes em termos de emissões de CO2 e podem informar políticas para melhorar a eficiência energética.

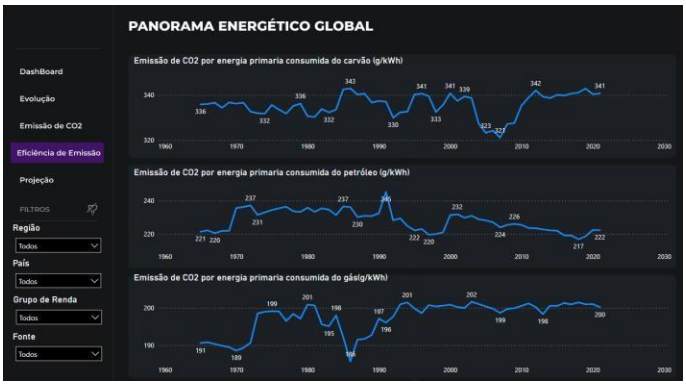

Fig. 5: Quarta visualização construída do projeto (Eficiência de Emissão). Fonte: Autoria própria.

O **quinto painel "Projeção"** (Figura 6) apresenta uma análise das projeções do consumo de energia para o futuro. Ele inclui gráficos que mostram as projeções da população total, do consumo per capita e do consumo total de energia até 2100.

Visualizações Principais:

- **Projeção da População Total:** Gráfico de linha mostrando o crescimento projetado da população global.
- **Projeção do Consumo Per Capita por Ano (MWh):** Gráfico de linha mostrando o crescimento projetado do consumo per capita.
- **Projeção do Consumo Total por Ano (TWh):** Gráfico de linha mostrando o crescimento projetado do consumo total de energia.

Estas visualizações permitem planejar e tomar decisões estratégicas sobre o futuro do consumo de energia, considerando o crescimento populacional e as tendências de consumo.

Fig. 6: Quinta visualização construída do projeto (Projeção). Fonte: Autoria própria.

D. Desenvolvimento das Projeções

O desenvolvimento das projeções de consumo energético é uma parte crucial deste projeto, visando prever o consumo futuro de energia com base em dados históricos, tendências atuais e diversas variáveis econômicas e demográficas.

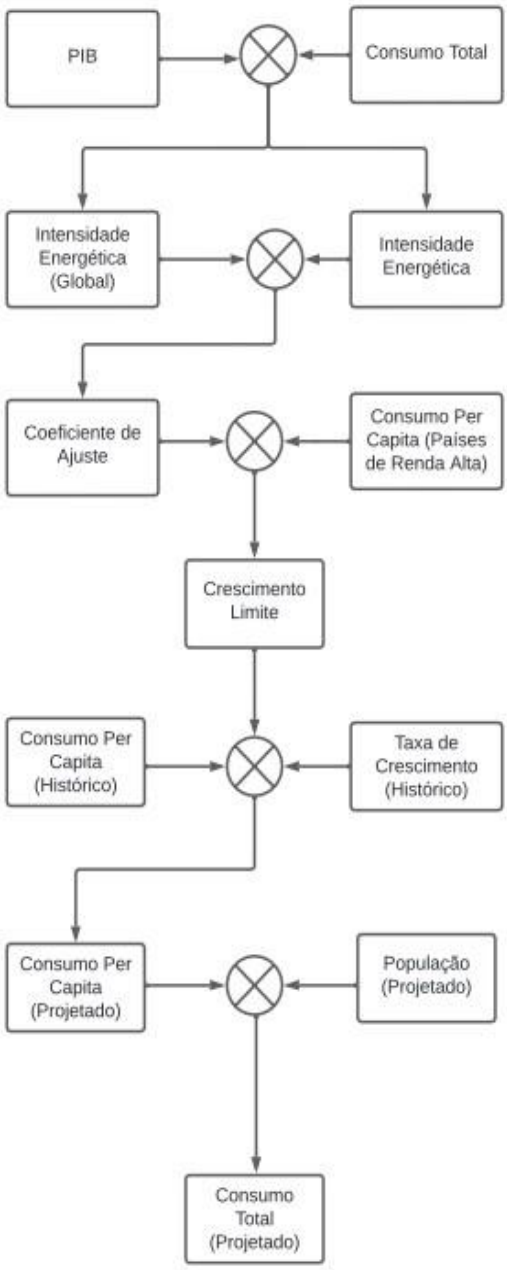

Fig. 7: Diagrama do processo de cálculo para obtenção das projeções. Fonte: Autoria própria.

A estratégia definida para calcular as projeções, mostrada na Figura 7, consiste em:

1. Decompor o Cálculo do Consumo Total em Consumo Per Capita x População Projetada, pois os dados de projeções de população já existem em bases confiáveis como as das Nações Unidas.
2. Analisar as informações relacionadas ao consumo per capita dos países já desenvolvidos para auxiliar nas projeções dos países emergentes e subdesenvolvidos.
3. Diferentes países podem ter discrepâncias relacionadas ao consumo energético por conta de sua atividade econômica, exemplo com economias orientadas a produção industrial como China, México e Coreia do Sul devem consumir mais energia em relação ao seu PIB do que a média mundial, por isso será calculado um indicador chamado **Intensidade Energética** que deverá compor os cálculos de projeções para cada país

O *script* Projecao.py desempenha um papel central nesse processo, implementando várias etapas para consolidar dados, calcular consumos per capita, ajustar fatores econômicos e gerar projeções detalhadas.

A seguir, será explicada lógica por trás de cada etapa do *script*, destacando como elas contribuem para as projeções finais e apresentamos as fórmulas matemáticas utilizadas.

A **primeira etapa** no *script* é a **consolidação dos dados populacionais**. Nesta fase, o *script* lê arquivos CSV individuais contendo projeções populacionais para cada país. Os dados são então combinados em um único *Data Frame*, facilitando a análise conjunta.

A integração dos dados populacionais com informações de códigos de países assegura consistência e completude, essencial para as etapas subsequentes de análise. Esta etapa é fundamental para garantir que as projeções de consumo energético sejam ajustadas para mudanças populacionais futuras.

A **segunda etapa** é o **cálculo do consumo per capita de energia**. Nesta fase, o *script* combina dados de consumo total de energia com dados populacionais para calcular quanto de energia, em média, cada pessoa consome ao longo dos anos. Esse cálculo é fundamental para entender como o consumo de energia varia com a demografia. O resultado é um *Data Frame* que mostra a evolução do consumo de energia per capita em diferentes países.

$$Cpc = \frac{Ctotal}{P} \quad (1)$$

onde:

Cpc = Consumo per capita (1)
$Ctotal$ = Consumo primário total
P = População total

A **terceira etapa** é a **análise de intensidade energética**. Esta fase envolve a relação entre o consumo total de energia e o PIB. A intensidade energética é uma medida crítica de eficiência energética, indicando quanto de energia é usado para gerar uma unidade de PIB. A fórmula utilizada para calcular a intensidade energética é

$$Ic = \frac{Ctotal}{PIB} \quad (2)$$

onde:

Ic = Intensidade Energética (2)
$Ctotal$ = Consumo primário total
PIB = Produto Interno Bruto

Para calcular essa métrica, o *script* lê dados de consumo total e PIB, integrando-os em um *Data Frame*. Com base nisso, calcula-se um coeficiente de ajuste, que ajuda a normalizar os dados entre diferentes países e facilita comparações internacionais. Esta etapa é crucial para entender como a eficiência energética evolui e como ela pode impactar o consumo futuro de energia.

A **quarta etapa** é o **cálculo da taxa de crescimento limite para o consumo de energia per capita**. Nesta fase, o *script* diferencia países de alta renda dos demais, utilizando dados históricos para calcular a média de crescimento dos últimos dez anos. Essa média é ajustada com o coeficiente de ajuste calculado anteriormente.

$$Gmed = \frac{\sum_{i=1}^{10} \left(\frac{Cpci}{Cpc(i-1)} - 1\right)}{10} \quad (3)$$

onde:

$Gmed$ = Taxa de Crescimento médio dos últimos 10 anos (3)

$Cpci$ = Consumo per capita (1) do ano i

$Cpc(i-1)$ = Consumo per capita (1) do ano i - 1

Esse passo é crucial para garantir que as projeções considerem as capacidades específicas de crescimento de cada país, evitando superestimação ou subestimação. Esta abordagem assegura que as projeções sejam realistas e baseadas em tendências históricas verificáveis.

Nesta fase, o *script* calcula o **coeficiente de ajuste** para normalizar a intensidade energética entre diferentes países

$$CA = \frac{Iem\ país}{Iem\ global} \quad (4)$$

onde:

CA = Coeficiente de Ajuste (4)

$Iem\ país$ = Intensidade energética (2) média do país nos últimos 10 anos

$Iem\ global$ =Intensidade energética (2) média global nos últimos 10 anos

A definição **de limites de crescimento no consumo per capita** utiliza dados históricos para calcular a taxa de crescimento limite, diferenciando entre países de alta renda e outros. Essa abordagem assegura que as projeções considerem a capacidade específica de crescimento de cada país, evitando projeções irrealistas.

A **quinta etapa** é a projeção do consumo per capita **de energia**. Utilizando dados históricos de consumo per capita, taxas médias de crescimento e limites de crescimento, o *script* projeta o consumo futuro. A lógica por trás dessa etapa é que o consumo per capita futuro de um país depende não só do crescimento econômico e populacional, mas também das tendências históricas de consumo.

$$Gproj = max(Gmed, Gmin) \quad (5)$$

onde:

$Gproj$ = Taxa de crescimento projetado (5).

$Gmin$ = Taxa de crescimento mínimo, é a menor taxa de crescimento necessária para atingir o valor ($Cpclimite$) ao final da série temporal.

$$Cpclimite = Cpchic \times CA \quad (6)$$

onde:

$Cpchic$ = Consumo percapita (1) dos países de renda alta (média dos últimos 10 anos)

CA = Coeficiente de ajuste (4).

$$Cpcf = min(Cpca \times (1 + Gproj), Cpclimite) \quad (7)$$

onde:

$Cpcf$ = Consumo per capita futuro (7)

$Cpca$ = Consumo per capita (4) atual

$Cpclimite$ = Consumo percapita limite (6)

Finalmente, a etapa de **cálculo do consumo total de energia** combina todas as projeções per capita com dados populacionais projetados para calcular o consumo total de energia para cada país e ano.

$$Ctotalf = Cpcf \times Pf \quad (8)$$

onde:

$Ctotalf$ = Consumo total futuro (8)

$Cpcf$ = Consumo per capita futuro (7)

Pf = População futura

Este cálculo é essencial para planejar e implementar políticas energéticas e ambientais, permitindo que os países ajustem suas estratégias para atender às futuras demandas de energia de forma sustentável para ilustrar as projeções com exemplos concretos:

- **Brasil:** As projeções indicam que o consumo total de energia aumentará significativamente até 2100, refletindo o crescimento populacional e econômico. O país deverá investir em tecnologias de energia renovável para manter a sustentabilidade.
- **Estados Unidos:** As projeções mostram um aumento mais modesto no consumo total, com melhorias contínuas na eficiência energética compensando parte do crescimento da demanda.
- **China:** As projeções sugerem um aumento acentuado no consumo total de energia, impulsionado pela industrialização e urbanização. O país enfrentará desafios para equilibrar crescimento econômico e sustentabilidade ambiental.

IV. Análise dos Resultados

A análise dos resultados obtidos a partir das visualizações desenvolvidas nos painéis do Power BI oferece uma compreensão detalhada e integrada do panorama energético global.

Os dados apresentados nos painéis fornecem *insights* valiosos sobre o consumo de energia, a evolução histórica, as emissões de CO2, a eficiência de emissão e as projeções futuras de consumo. Esta seção irá abordar cada um desses aspectos com base nas visualizações apresentadas.

O painel de visão geral apresenta os principais indicadores de consumo de energia, oferecendo uma visão imediata do estado atual do consumo energético global.

O consumo primário total de energia é de 162.053 TWh, com um consumo de eletricidade de 27.335 TWh. A porcentagem de eletricidade no consumo total é de 16,87%, enquanto as fontes renováveis representam 13,98% do total.

Esses números destacam a predominância das fontes não-renováveis no mix energético global, apesar do crescente interesse e investimento em energias renováveis.

O gráfico de barras da Figura 9 indica o consumo primário por fonte revela que o óleo continua sendo a principal fonte de energia, seguido pelo carvão e pelo gás.

As fontes renováveis, embora em crescimento, ainda representam uma fração menor do consumo total. Este panorama é crucial para entender as dinâmicas do mercado energético e a dependência global de combustíveis fósseis.

A análise da evolução do consumo de energia ao longo do tempo é fundamental para identificar tendências e mudanças significativas. O gráfico de linha que mostra o consumo total por ano indica um crescimento constante desde 1960, com um aumento acentuado nas últimas décadas. Este crescimento é impulsionado pelo aumento da população global, a industrialização e a expansão econômica, especialmente em países em desenvolvimento.

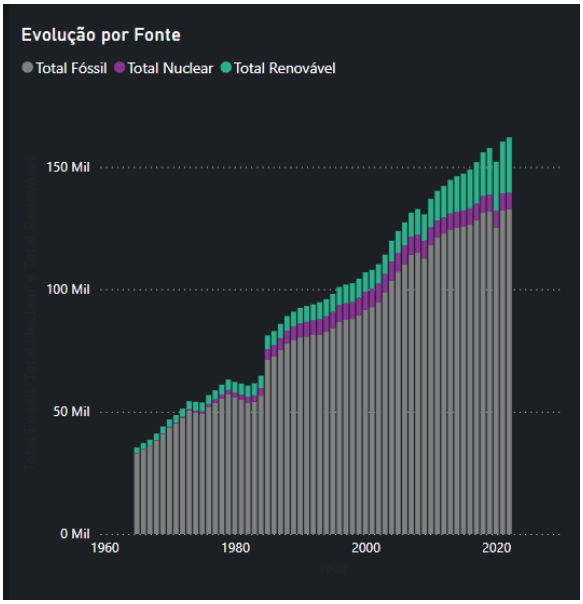

Fig. 8: Gráfico indicando a evolução do consumo energético primário por tipo de fonte de energia (Fóssil, Nuclear e Renovável). Fonte: Autoria própria.

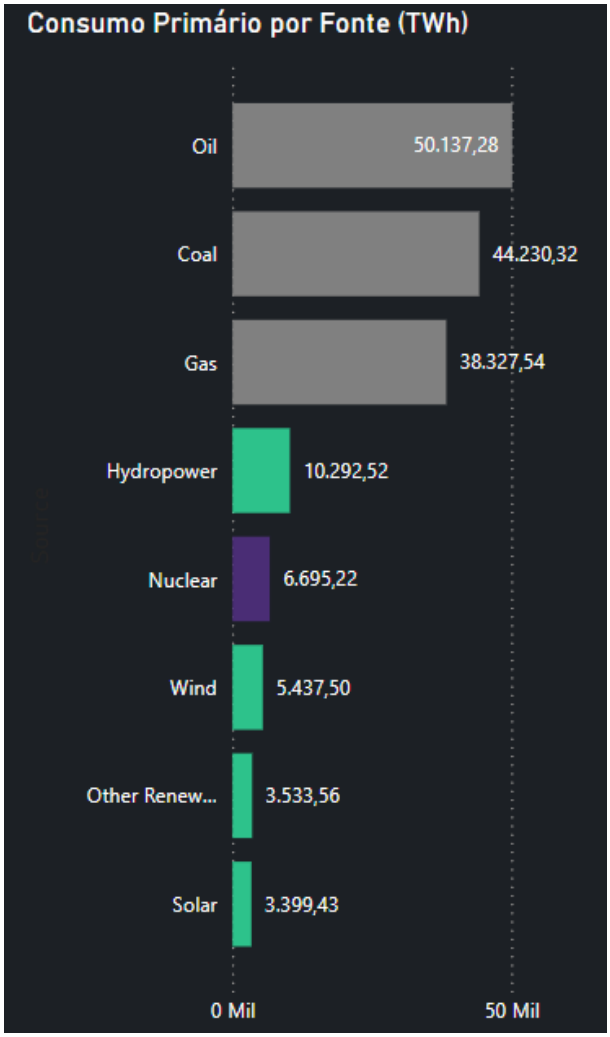

Fig. 9: Gráfico indicando a produção total de energia primária por fonte em 2022. Fonte: Autoria própria.

Os gráficos de barras empilhadas, mostrados na Figura 8, que detalham a evolução do consumo por tipo de fonte evidenciam a transição gradual de fontes fósseis para renováveis. Embora o carvão e o óleo ainda dominem o cenário energético, há um crescimento significativo no uso de energia eólica e solar, refletindo os esforços globais para diversificar a matriz energética e reduzir as emissões de carbono.

A análise das emissões de CO2 é crucial para avaliar o impacto ambiental do consumo de energia. O gráfico de linha mostrando a evolução das emissões anuais de CO2 destaca um aumento dramático a partir da revolução industrial, com um pico significativo nas últimas décadas. Este aumento está diretamente relacionado ao uso intensivo de combustíveis fósseis, como carvão, óleo e gás.

O gráfico de área da Figura 8 que mostra as emissões de CO2 por fonte reforça a contribuição desproporcional do carvão e do óleo para as emissões totais.

Em contraste, as fontes renováveis têm um impacto muito menor, sublinhando a importância de investir em tecnologias limpas para mitigar as mudanças climáticas. O gráfico de

emissões per capita da Figura 10 também fornece *insights* importantes, revelando variações significativas entre países desenvolvidos e em desenvolvimento.

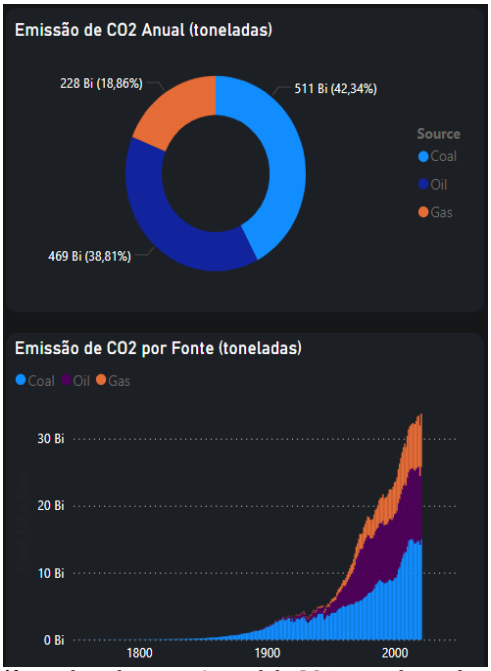

Fig. 10: Gráfico indicando a emissão total de CO2 por ao longo do tempo e por combustível. Fonte: Autoria própria.

A eficiência de emissão, ou a relação entre a quantidade de CO2 emitido e a quantidade de energia produzida, é um indicador vital para avaliar a sustentabilidade das fontes de energia. Os gráficos de linha da Figura 11 que mostram a eficiência de emissão para carvão, petróleo e gás ao longo do tempo indicam algumas melhorias na eficiência, mas também flutuações significativas.

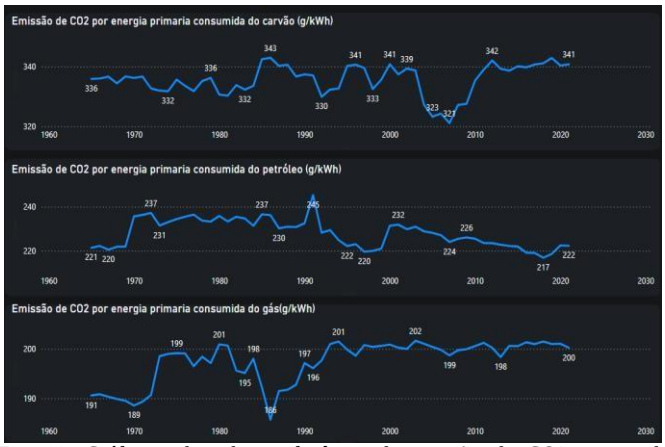

Fig. 11: Gráfico indicando a eficiência de emissão de CO2 para cada combustível ao longo do tempo. Fonte: Autoria própria.

Essas flutuações podem ser atribuídas a avanços tecnológicos, mudanças nas práticas de gestão de energia e políticas regulatórias. Por exemplo, o gráfico de emissão de CO2 por energia primária consumida do carvão mostra uma ligeira melhoria na eficiência nas últimas décadas, refletindo a adoção de tecnologias mais limpas e eficientes. No entanto, o carvão continua a ser uma das fontes mais poluentes, destacando a necessidade urgente de transição para fontes mais limpas.

O painel de projeção indicado na Figura 12 oferece uma visão crítica sobre o futuro do consumo de energia, considerando o crescimento populacional e as tendências de consumo. As projeções indicam um aumento contínuo na demanda de energia, com a população global projetada para crescer de 8 bilhões em 2020 para 10,3 bilhões em 2100. Este crescimento populacional impulsiona o aumento do consumo per capita, projetado para subir de 26 MWh em 2020 para 55 MWh em 2100.

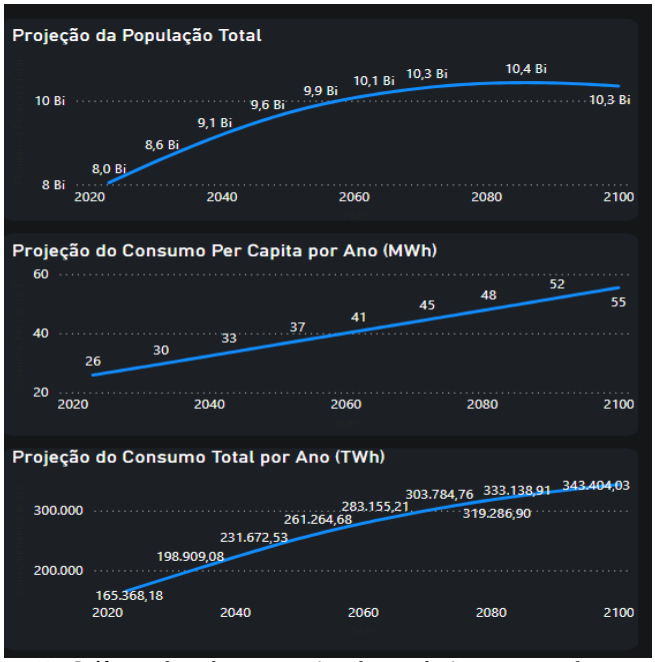

Fig. 12: Gráfico indicando as projeções de população, consumo de energia primário per capita e consumo total de energia primária, respectivamente. Fonte: Autoria própria.

As projeções de consumo total por ano indicam que o consumo global de energia deve mais que dobrar até o final do século, alcançando 343.404 TWh em 2100. Este aumento substancial coloca uma pressão significativa sobre os recursos energéticos e destaca a necessidade de estratégias de sustentabilidade robustas. A diversificação das fontes de energia e a adoção de tecnologias mais eficientes serão cruciais para atender a essa demanda crescente de forma sustentável.

A análise dos resultados destaca várias tendências importantes no panorama energético global. O crescimento contínuo do consumo de energia, a dependência persistente de combustíveis fósseis, e o aumento das emissões de CO2 são desafios críticos que necessitam de atenção urgente. Ao mesmo tempo, os avanços na eficiência energética e o aumento do uso de fontes renováveis são sinais positivos de progresso.

Para enfrentar os desafios futuros, será essencial continuar investindo em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias limpas, promover políticas energéticas sustentáveis e incentivar a cooperação internacional.

A transição para uma matriz energética mais diversificada e limpa não é apenas uma necessidade ambiental, mas também uma oportunidade econômica para criar um futuro energético mais resiliente e sustentável.

A construção das visualizações neste projeto desempenha um papel fundamental ao transformar dados complexos em *insights* acionáveis. As visualizações interativas permitem explorar diferentes cenários, comparar tendências e tomar decisões informadas. Ao integrar dados históricos, atuais e projetados, os painéis fornecem uma ferramenta poderosa para analisar e planejar o futuro energético global.

Em resumo, a análise detalhada dos dados de consumo de energia e emissões de CO2 fornece uma base sólida para entender as dinâmicas energéticas globais e desenvolver estratégias eficazes para um futuro sustentável.

A combinação de indicadores claros, gráficos detalhados e projeções informativas permite uma compreensão abrangente dos desafios e oportunidades no setor energético.

Uma análise mais detalhada das projeções de consumo de energia para diferentes países, mostrada na Figura 13, revela variações significativas. Por exemplo, a China e a Índia estão projetadas para ter um aumento substancial no consumo de energia, refletindo seu rápido crescimento econômico e populacional.

País	2023	2100	Variação
China	45.201,67	62.918,80	39,20%
United States	26.776,18	31.032,43	15,90%
India	10.950,24	73.153,02	568,05%
Russian Federation	8.083,79	10.632,13	31,52%
Japan	4.929,92	2.944,65	-40,27%
Canada	3.961,91	5.506,83	38,99%
Brazil	3.847,46	10.070,05	161,73%
Korea, Rep.	3.527,85	1.642,04	-53,45%
Iran, Islamic Rep.	3.491,07	9.382,44	168,76%
Germany	3.413,20	2.824,83	-17,24%
Saudi Arabia	3.240,52	4.426,44	36,60%
Indonesia	2.834,40	11.213,65	295,63%
Mexico	2.484,11	5.166,14	107,97%
France	2.334,59	2.193,81	-6,03%
United Kingdom	2.038,73	2.121,45	4,06%
Türkiye	1.988,66	2.717,34	36,64%
Italy	1.701,97	1.066,04	-37,36%
Total	**165.368,18**	**343.404,03**	**107,66%**

Fig. 13: Tabela indicando as projeções de consumo primário total por país em 2100 e comparando com o consumo atual em 2023. Fonte: Autoria própria.

A China deve aumentar seu consumo de 45.201,67 TWh em 2023 para 62.918,80 TWh em 2100, enquanto a Índia deve ver um aumento dramático de 10.950,24 TWh para 73.153,02 TWh, um crescimento de 568,05%.

Em contraste, alguns países desenvolvidos como o Japão e a Alemanha estão projetados para ver uma diminuição no consumo de energia. O Japão, por exemplo, deve diminuir seu consumo de 4.929,92 TWh em 2023 para 2.944,65 TWh em 2100, uma redução de 40,27%.

A Alemanha também está projetada para ver uma diminuição de 17,24% no consumo de energia. Estas reduções podem ser atribuídas a políticas de eficiência energética, declínio populacional e transição para energias renováveis.

O Brasil também apresenta uma tendência significativa de aumento no consumo de energia, projetado para crescer de 3.847,46 TWh em 2023 para 10.070,05 TWh em 2100, um aumento de 161,73%. Este crescimento reflete tanto o aumento populacional quanto o desenvolvimento econômico do país.

V. Conclusões

O presente estudo de análise de consumo energético global e nacional, utilizando ferramentas de *Business Intelligence* (BI), revelou uma série de *insights* críticos que podem orientar decisões estratégicas e políticas públicas.

Através do desenvolvimento de painéis interativos no Power BI, foi possível transformar dados complexos em informações acessíveis e acionáveis.

Este projeto não apenas mapeou o consumo atual de energia, mas também projetou tendências futuras, destacando a importância de políticas energéticas sustentáveis e a transição para fontes de energia renováveis.

O processo de ETL desempenhou um papel crucial na consolidação de dados provenientes de diversas fontes, garantindo a qualidade e consistência dos dados utilizados nas análises.

A utilização de *scripts* em Python, especificamente com as bibliotecas pandas e requests, permitiu a extração eficiente de dados de APIs e arquivos CSV, seguido de uma transformação robusta para padronização e integração dos dados.

Este processo foi fundamental para preparar os dados para análise e visualização no Power BI, assegurando que os *insights* obtidos fossem baseados em dados precisos e atualizados.

As projeções de consumo de energia indicam um aumento contínuo na demanda global, impulsionado pelo crescimento populacional e pelo desenvolvimento econômico.

A população mundial está projetada para crescer de 8 bilhões em 2020 para 10,3 bilhões em 2100, resultando em um aumento proporcional no consumo de energia. As projeções mostram que o consumo global de energia deve mais que dobrar até o final do século, colocando uma pressão significativa sobre os recursos energéticos existentes.

Países como China e Índia estão projetados para experimentar os maiores aumentos no consumo de energia, refletindo seu rápido crescimento econômico e populacional. A China, por exemplo, deverá aumentar seu consumo de 45.201,67 TWh em 2023 para 62.918,80 TWh em 2100.

A Índia verá um aumento ainda mais dramático, de 10.950,24 TWh para 73.153,02 TWh, um crescimento de 568,05%. Esses aumentos destacam a necessidade urgente de investimentos em eficiência energética e tecnologias de energia limpa.

A transição para uma matriz energética mais diversificada e sustentável é um dos principais desafios identificados neste estudo. Embora as fontes renováveis estejam crescendo, elas ainda representam uma pequena fração do consumo total de energia.

O aumento do uso de energias renováveis, como a eólica e a solar, é crucial para reduzir as emissões de CO2 e mitigar as mudanças climáticas. No entanto, essa transição requer investimentos significativos em infraestrutura e tecnologia.

A melhoria da eficiência energética é uma estratégia vital para reduzir o consumo de energia e as emissões de CO2. As

análises mostraram que, embora haja alguns avanços na eficiência de emissão, ainda existem flutuações significativas.

Tecnologias mais limpas e práticas de gestão de energia mais eficientes são essenciais para alcançar esses objetivos. Políticas públicas que incentivem a eficiência energética e penalizem as emissões de carbono podem acelerar essa transição.

A cooperação internacional é fundamental para enfrentar os desafios globais do consumo de energia e das mudanças climáticas. Políticas energéticas coordenadas, compartilhamento de tecnologias e financiamento de projetos sustentáveis são essenciais para promover um desenvolvimento energético equilibrado e sustentável em todo o mundo.

Iniciativas como os acordos climáticos internacionais desempenham um papel crucial na promoção de ações coletivas para reduzir as emissões globais de carbono.

Políticas públicas eficazes são essenciais para promover a sustentabilidade energética. Incentivos econômicos, como subsídios para energias renováveis e impostos sobre emissões de carbono, podem incentivar a adoção de práticas mais sustentáveis.

Regulamentações que promovam a eficiência energética e a redução de emissões também são fundamentais para orientar o setor energético rumo a um futuro mais sustentável.

A inovação tecnológica é um motor crucial para a transformação do setor energético. O desenvolvimento de novas tecnologias, como redes elétricas inteligentes, sistemas de armazenamento de energia e fontes de energia renovável mais eficientes, pode acelerar a transição para uma matriz energética mais limpa.

Investimentos em pesquisa e desenvolvimento são fundamentais para fomentar essa inovação e tornar as tecnologias emergentes acessíveis e viáveis economicamente.

A educação e conscientização sobre a importância da sustentabilidade energética são essenciais para promover mudanças de comportamento e adoção de práticas mais eficientes.

Campanhas educativas e programas de formação podem ajudar a aumentar a compreensão pública sobre os desafios energéticos e as soluções disponíveis. A participação ativa da sociedade é crucial para o sucesso das iniciativas de sustentabilidade energética.

O monitoramento contínuo e a avaliação dos dados de consumo de energia e emissões de CO2 são essenciais para ajustar políticas e estratégias conforme necessário.

As visualizações interativas, como as desenvolvidas neste projeto, fornecem uma ferramenta poderosa para acompanhar o progresso e identificar áreas que necessitam de atenção. O uso de painéis de controle permite uma análise dinâmica e em tempo real, facilitando a tomada de decisões informadas.

A sustentabilidade a longo prazo requer uma abordagem integrada que considere aspectos econômicos, ambientais e sociais. O planejamento de longo prazo é essencial para garantir que as estratégias energéticas atendam às necessidades futuras sem comprometer os recursos naturais.

Políticas que promovam a sustentabilidade energética devem ser complementadas por esforços para preservar ecossistemas, promover a justiça social e garantir a segurança energética.

Em conclusão, este estudo destaca a complexidade e a interconexão dos desafios energéticos globais.

O crescimento contínuo do consumo de energia, a dependência de combustíveis fósseis e o aumento das emissões de CO2 exigem uma resposta coordenada e multifacetada.

A transição para uma matriz energética mais diversificada e sustentável é não apenas uma necessidade ambiental, mas também uma oportunidade para promover o desenvolvimento econômico e a resiliência energética.

É percebido que a emissão de CO2 e a produção total de energia oriunda de fontes fosseis continuam aumentando apesar de esforços internacionais como o Acordo de Paris firmado em 2015.

As ferramentas de BI, como as visualizações interativas desenvolvidas neste projeto, desempenham um papel fundamental na transformação de dados complexos em *insights* acionáveis.

Ao integrar dados históricos, atuais e projetados, essas ferramentas permitem uma compreensão abrangente das dinâmicas energéticas e informam políticas e estratégias para um futuro energético sustentável.

O compromisso coletivo com a inovação tecnológica, a eficiência energética e a cooperação internacional serão essenciais para enfrentar os desafios e aproveitar as oportunidades que o futuro energético nos reserva.

Este projeto compreende apenas uma amostra de todas as possibilidades que podem ser exploradas por este tema. Com a mesma base de dados utilizada e com a contribuição de mais informações, outras óticas e análises podem ser exploradas, entre elas a análise do consumo em relação ao setor (Industrial, Transporte, Residencial e Comércio). Testar e Implementar novos métodos de *forecast* e projeções além executá-lo com mais níveis de detalhes é um dos pontos que podem ser explorados em projetos futuros.

AGRADECIMENTOS

Aos meus colegas de classe, deixo aqui meu sincero agradecimento pela parceria, apoio e colaboração durante todos esses anos. Cada um de vocês teve um papel essencial na minha jornada acadêmica.

A todos os professores que contribuíram para minha formação, agradeço a dedicação, paciência e compromisso com o ensino. Suas orientações e ensinamentos foram cruciais para meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Agradeço a todos os profissionais que compõem as diversas áreas da Universidade Federal de Goiás, que tornam possível a minha formação e de vários outros alunos.

Quero expressar meu profundo agradecimento ao professor Marcelo Stehling de Castro, que proporcionou uma educação de excelência e foi uma fonte constante de inspiração. Seus ensinamentos e seu exemplo como profissional foram fundamentais para minha formação.

Obrigado a todos que me apoiaram.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Turban, E., Sharda, R., Delen, D., & King, D., “Business Intelligence: A Managerial Approach,” 2nd ed., Pearson, 2011.

[2] Chen, H., Chiang, R. H. L., & Storey, V. C., “Business Intelligence and Analytics: From Big Data to Big Impact,” MIS Quarterly, vol. 36, no. 4, pp. 1165-1188, 2012.

[3] Russom, P., “Big Data Analytics,” TDWI Best Practices Report, Fourth Quarter, 2011.
[4] Kimball, R. & Ross, M., “The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling,” 3rd ed., Wiley, 2013.
[5] Sherman, R., “Business Intelligence Guidebook: From Data Integration to Analytics,” Morgan Kaufmann, 2014.
[6] Han, J., Kamber, M., & Pei, J., “Data Mining: Concepts and Techniques,” 3rd ed., Morgan Kaufmann, 2012.
[7] Few, S., “Show Me the Numbers: Designing Tables and Graphs to Enlighten,” 2nd ed., Analytics Press, 2012.
[8] Davenport, T. H. & Harris, J. G., “Competing on Analytics: The New Science of Winning,” Harvard Business Review Press, 2007.
[9] Watson, H. J. & Wixom, B. H., “The Current State of Business Intelligence,” Computer, vol. 40, no. 9, pp. 96-99, 2007.
[10] Imhoff, C. & White, C., “Self-Service Business Intelligence,” TDWI Best Practices Report, Second Quarter, 2011.
[11] Inmon, W. H., “Building the Data Warehouse,” 4th ed., Wiley, 2005.
[12] Vassiliadis, P., “A Survey of Extract--Transform--Load Technology,” International Journal of Data Warehousing and Mining, vol. 5, no. 3, pp. 1-27, 2009.
[13] McKinney, W., “Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython,” 1st ed., O'Reilly Media, 2012.
[14] Reitz, K. & Schlusser, T., “The Hitchhiker's Guide to Python: Best Practices for Development,” O'Reilly Media, 2016.
[15] Bauer, A. & Günzel, H., “Data Warehouse Systems: Design and Implementation,” 2nd ed., Springer, 2011.
[16] International Energy Agency, “World Energy Outlook 2023,” [Online]. Available: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023. [Acesso em 03 04 2024].
[17] British Petroleum, “Statistical Review of World Energy 2022,” [Online]. Available: https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2022-full-report.pdf. [Acesso em 03 04 2024].
[18] Few, S., “Show Me the Numbers: Designing Tables and Graphs to Enlighten,” 2nd ed., Analytics Press, 2012.
[19] Microsoft, “Power BI Documentation,” [Online]. Available: https://docs.microsoft.com/en-us/power-bi/. [Acesso em 10 10 2023].
[20] Our World in Data, “Energy Explorer,” [Online]. Available: https://ourworldindata.org/explorers/energy?tab=chart&country=USA~GBR~CHN~OWID_WRL~IND~BRA~ZAF&Total+or+Breakdown=Total&Energy+or+Electricity=Primary+energy&Metric=Annual+consumption. [Acesso em 09 12 2023].
[21] Banco Mundial, “Indicador de População Total,” [Online]. Available: https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL. [Acesso em 10 12 2023].
[22] Our World in Data, “Emissions by Fuel,” [Online]. Available: https://ourworldindata.org/emissions-by-fuel. [Acesso em 10 12 2023].
[23] Population Pyramid, “Pirâmides Etárias,” [Online]. Available: https://www.populationpyramid.net/. [Acesso em 17 12 2023].
[24] Banco Mundial, “World Development Indicators: The World by Income and Region,” [Online]. Available: https://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/the-world-by-income-and-region.html#:~:text=The%20World%20Bank%20classifies%20economies,%2Dmiddle%2C%20and%20high%20income. [Acesso em 03 02 2024].
[25] World Data Info, “Country Codes,” [Online]. Available: https://www.worlddata.info/countrycodes.php. [Acesso em 17 12 2023].

Artur Schneider Trautenmuller é estudante de graduação em Engenharia da Computação pela Universidade Federal de Goiás, atua em linhas de pesquisas nas áreas de *Business Inteligence* e ETL. Atualmente trabalha como engenheiro de dados no Grupo Luiz Höhl.

Marcelo S. de Castro graduou-se em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (1992), com mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (1995) e doutorado em Engenharia Elétrica pela UnB (2010). Professor Associado da Universidade Federal de Goiás, tendo ingressado em 1996. Possui experiência na área de engenharia de redes, computação paralela e distribuída, comunicações óticas e tecnologias alternativas de última milha (BPL, ZigBee, Wi-Fi). Desenvolve pesquisas em temas que incluem redes de comunicação (5G, Gigabit Wi-Fi), *Smart Grids*, *Smart Cities*, *Smart Campus*. Participa do CPTEn, financiado pela FAPESP e do CERISE, financiado pela FAPEG.