

GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (GE68A)

Proposta de Estudo de Viabilidade

**Tema 6: Suprimento de Energia de Alta Confiabilidade para Data
Center Modular**

Aleksander Da Silva Toth
Emanuel Dantas de Carvalho
Gabriel Eidi Lopes Yamashita

31 DE OUTUBRO DE 2025

1 Introdução

Os data centers são frequentemente descritos como as "fábricas do século XXI"[7]. Eles representam a espinha dorsal da economia digital, mas também são grandes consumidores de energia elétrica. Um dos maiores desafios em seu projeto é o gerenciamento térmico: sistemas de climatização podem ser responsáveis por até 50% do consumo total de energia de uma instalação tradicional [7].

A nível nacional, o consumo total de energia elétrica no Brasil atingiu 578,9 TWh em 2023 [3]. O setor comercial, onde se enquadram os data centers, é uma parcela significativa desse consumo e apresenta uma demanda por energia de alta qualidade e confiabilidade. A ascensão da Inteligência Artificial e a necessidade de processamento de dados em larga escala impulsionam essa demanda, exigindo soluções de geração cada vez mais robustas e eficientes.

Este projeto propõe o estudo de viabilidade de um sistema de suprimento de alta confiabilidade para um data center modular. O foco será projetar um sistema híbrido, combinando a rede da concessionária com fontes de geração distribuída (Geração Solar Fotovoltaica) [9] e sistemas de armazenamento (BESS/UPS) [5, 15], garantindo a confiabilidade através de geradores de backup [10].

2 Referencial Teórico e Metodológico

O desenvolvimento do projeto será fundamentado nos pilares teóricos das disciplinas de Geração de Energia (GE68A), Sistemas Elétricos (SEEL6O), Economia (EN67A) e Ciências do Ambiente (CA68A).

2.1 Análise de Demanda e Carga (Base GE68A)

O pilar de qualquer projeto de geração é o entendimento da carga. Um data center é uma carga de missão crítica que opera 24/7, o que resulta em um Fator de Carga (FC) elevado, próximo de 1.0 [7]. Serão analisadas a **Curva de Carga**, a **Demanda Máxima** (D_{max}) e o **Fator de Carga** ($FC = D_{mdia}/D_{max}$) para o dimensionamento dos equipamentos [7].

2.2 Análise de Confiabilidade e Elétrica (Base SEEL6O)

O requisito de "alta confiabilidade" do projeto será baseado na classificação TIER (Tier 3 ou 4) [7]. A metodologia de dimensionamento seguirá as normas de **Instalações Elétricas Industriais** [10], respeitando a norma **ABNT NBR 14039** para a conexão em média tensão [13]. A análise de confiabilidade (proteção) será baseada nos cálculos de curto-circuito da norma **IEC 60909** [6].

2.3 Análise das Tecnologias de Geração (Base IC e GE68A)

O sistema híbrido será composto por:

- **Geração Solar Fotovoltaica:** Dimensionada conforme a metodologia de engenharia para sistemas fotovoltaicos [9].

- **Gerador de Backup (Diesel):** Dimensionado como fonte de emergência, conforme as práticas de instalações industriais [10].
- **Sistema BESS/UPS:** O sistema de armazenamento (baterias) e o nobreak (UPS) são baseados em conversores de eletrônica de potência, cujo embasamento teórico se encontra em referências clássicas da área [15, 5, 14].

2.4 Análise Econômica (Base EN67A)

A comparação entre as soluções será feita usando o **Custo Nivelado de Energia (LCOE)**. Esta é uma metodologia de análise de viabilidade de investimento que utiliza conceitos de Valor Presente Líquido (VPL) para comparar o custo total de um projeto (CAPEX e OPEX) pela sua geração de energia ao longo da vida útil, conforme os princípios de economia [11, 16].

2.5 Análise de Impactos (Base CA68A)

A análise qualitativa dos "Impactos socioambientais" será baseada na metodologia de **Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)** [12]. Serão analisados os impactos da poluição atmosférica (do gerador diesel) [2] e o ciclo de vida e descarte dos painéis solares e baterias [1].

3 Objetivos

3.1 Objetivo Geral

Garantir o fornecimento ininterrupto de energia a um data center modular, através do estudo de viabilidade de um sistema híbrido de alta confiabilidade.

3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um estudo técnico-econômico comparativo entre diferentes soluções de geração.
- Definir o perfil de carga (Curva de Carga) de um data center modular.
- Dimensionar preliminarmente os principais equipamentos (Transformadores, Geradores, BESS, Cabos).
- Calcular os indicadores de viabilidade (CAPEX, OPEX, LCOE).
- Analisar os impactos socioambientais, confiabilidade e flexibilidade de cada solução.

4 Metodologia e Divisão de Responsabilidades

Para cobrir os requisitos obrigatórios, a equipe definiu a seguinte divisão de tarefas, alinhada ao referencial teórico:

4.1 Membro 1 (Aleksander Da Silva Toth)

- **Caracterização da curva de carga** (Metodologia da Seção 2.1).
- Estimativa da potência instalada necessária [9, 10].
- Estimativa da geração anual de energia [9].
- **Estimativa dos custos de implantação (CAPEX)** [11].
- Análise da Flexibilidade operacional.

4.2 Membro 2 (Emanuel Dantas de Carvalho)

- **Cálculo da demanda máxima** (Metodologia da Seção 2.1).
- Consideração do fator de capacidade de cada tecnologia [4, 9].
- Uso de dados de recursos energéticos da região [3].
- **Estimativa dos custos de operação e manutenção (OPEX)** [16].
- **Análise da Confiabilidade** do sistema [10, 6].

4.3 Membro 3 (Gabriel Eidi Lopes Yamashita)

- **Cálculo do Fator de carga** (Metodologia da Seção 2.1).
- Cálculo do Consumo anual de energia.
- **Dimensionamento preliminar dos equipamentos** [13, 8].
- **Cálculo do Custo Nivelado de Energia (LCOE)** [11, 16].
- **Análise dos Impactos socioambientais** [12, 1, 2].

Referências

- [1] Benedito et al. Braga. *Engenharia Ambiental e Sanitária*. 2^a. Pearson Prentice Hall, 2005.
- [2] José Carlos Derisio. *Introdução ao Controle de Poluição Ambiental*. 4^a. Bookman, 2012.
- [3] Empresa de Pesquisa Energética - EPE. *Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2024 (ano base 2023) - Versão 20 anos*. Rel. téc. Fonte citada no plano de ensino de GE68A. Ministério de Minas e Energia, 2024. URL: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/anuario-estatistico-de-energia-eletrica-2024>.
- [4] Hélio M. Gomes. *Energia Eólica: Fundamentos e Tecnologia*. Editora LTC, 2015.
- [5] Daniel W Hart. *Power electronics*. Referência da IC. McGraw-Hill Education, 2011.
- [6] *IEC 60909-0: Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part 0: Calculation of currents*. International Electrotechnical Commission (IEC), 2016.
- [7] Juarez Santana Fracalossi Junior. *Eficiência Energética em Data Center: Estudo de Caso Univates*. Monografia (Engenharia da Computação). Lajeado, 2015.
- [8] Irving L. Kosow. *Máquinas Elétricas e Transformadores*. 15^a. Editora Globo, 2009.
- [9] Arno Krenzinger e Hélio M. Gomes. *Energia Solar Fotovoltaica: Manual de Engenharia*. Editora LTC, 2014.
- [10] João Mamede. *Instalações Elétricas Industriais*. 8^a. Editora LTC, 2012.
- [11] N. Gregory Mankiw. *Introdução à Economia*. 5^a. Cengage Learning, 2009.
- [12] Evandro M. et al. Moretto. *Avaliação de Impactos Ambientais: Aplicações Práticas*. Editora da UFSC, 2012.
- [13] *NBR 14039: Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV*. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2005.
- [14] Katsuhiko Ogata. *Modern control engineering*. Referência da IC. Prentice-Hall, 2010.
- [15] Muhammad H Rashid. *Power electronics: circuits, devices, and applications*. Referência da IC. Pearson Education, 2009.
- [16] Marco Antonio S. Vasconcellos e Manuel E. Garcia. *Manual de Economia*. 6^a. Editora Atlas, 2011.