

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

João Pedro Padovan dos Reis

**Dimensionamento de Infraestrutura Elétrica de *Data Center*
Através de um Sistema Desenvolvido em Python**

Ilha Solteira - SP
2024



João Pedro Padovan dos Reis

**Dimensionamento de Infraestrutura Elétrica de *Data Center*
Através de um Sistema Desenvolvido em Python**

Trabalho de graduação apresentado à
Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira
– Unesp como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro
Eletricista

Prof. Dr. Carlos Antônio Alves:
Orientador

Ilha Solteira - SP

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Reis, João Pedro Padovan dos.

R375d Dimensionamento de infraestrutura elétrica de data center através de um
sistema desenvolvido em Python / João Pedro Padovan dos Reis. -- Ilha Solteira:
[s.n.], 2024
53 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Elétrica) -
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira,
2024

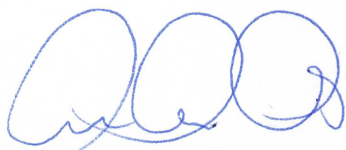
Orientador: Carlos Antônio Alves

Inclui bibliografia

1. Infraestrutura elétrica. 2. Data center. 3. Dimensionamento. 4. Python.

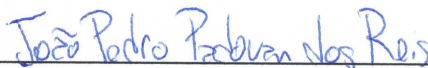
ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Aos treze dias do mês de dezembro do ano de dois mil e vinte e quatro, o discente **João Pedro Padovan dos Reis**, matriculado sob o nº 191053406, tendo como banca examinadora o seu orientador, o Prof. Dr. Carlos Antonio Alves, o Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro e o Prof. Dr. Fábio Bertequini Leão, apresentou o Trabalho de Graduação intitulado "**Dimensionamento de Infraestrutura Elétrica de Data Center Através de um Sistema Desenvolvido em Python**", obtendo a nota 9.0 (NOVE) e conceito APROVADO.



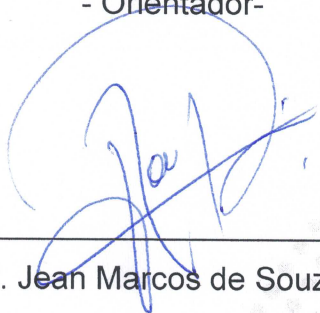
Prof. Dr. Carlos Antonio Alves

- Orientador -



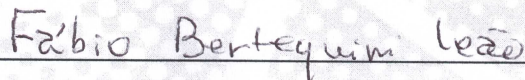
João Pedro Padovan dos Reis

- Discente -



Prof. Dr. Jean Marcos de Souza Ribeiro

- Membro da Banca -



Prof. Dr. Fábio Bertequini Leão

- Membro da Banca -

Dedico este trabalho a meu avô, que faleceu durante a realização deste.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda minha família, em especial à minha mãe e ao meu falecido avô materno, pelo apoio e por me proporcionar o privilégio de me dedicar exclusivamente à minha formação acadêmica.

Também agradeço a todos os docentes que contribuíram, da melhor forma possível, para meu desenvolvimento acadêmico, dedicando seu tempo e esforço para a formação de seus discentes.

“É inútil fazer com mais aquilo que pode ser feito com menos” (Guilherme de Ockham, 1288 - 1348).

RESUMO

Com o crescimento em massa da digitalização, seja em tarefas complexas empresariais ou no cotidiano, os *datas centers* são cada vez mais importantes, sendo responsáveis pelo processamento e armazenamento de informações cruciais para a continuidade da operação dos mais diversos tipos de negócios, dito isso a infraestrutura elétrica (*facilities*) destes ambientes de missão crítica, precisam garantir a operação contínua e segura dessas instalações, evitando ao máximo qualquer tipo de falha. Dentro deste contexto o dimensionamento desta infraestrutura é de fundamental importância, garantindo a construção de sistemas resilientes e redundantes, assegurando a disponibilidade ininterrupta de energia elétrica. Este trabalho aborda a elaboração de um sistema desenvolvido em linguagem Python que é capaz de executar este dimensionamento. Como resultado, a ferramenta possibilita os profissionais a executarem esta ação de forma acessível e eficiente, proporcionando escalabilidade, flexibilidade e otimização para seus projetos de *Data Center* de pequeno e médio porte, satisfazendo majoritariamente as demandas deste setor no mercado brasileiro.

Palavras-chave: Infraestrutura Elétrica; *Data Center*; Dimensionamento; Python

ABSTRACT

With the massive growth of digitalization, whether in complex business tasks or in everyday life, data centers are increasingly important, being responsible for processing and storing information that is crucial to the continued operation of the most diverse types of business. That said, the electrical infrastructure (facilities) of these mission-critical environments must guarantee the continuous and safe operation of these facilities, avoiding any type of failure as much as possible. In this context, the sizing of this infrastructure is of fundamental importance, guaranteeing the construction of resilient and redundant systems and ensuring the uninterrupted availability of electricity. This work addresses the development of a system developed in Python that is capable of performing this sizing. As a result, the tool enables professionals to carry out this action in an accessible and efficient way, providing scalability, flexibility and optimization for their small and medium-sized Data Center projects, however, for more complex centers there are still insufficient resources. Despite this, the result achieved satisfies most of the demands of this sector in the Brazilian market.

Keywords: Electrical Infrastructure; Data Center; Sizing; Python

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Aumento dos Usuários da Internet.....	16
Figura 2 - Camadas da Infraestrutura Digital.....	16
Figura 3 - Segmentação do Mercado (bilhões de U\$D) de <i>Data Centers</i> por Setor..	17
Figura 4 – Diagrama Elétrico de <i>Tier</i> I, II, III e IV	24
Figura 5 - Ilustração de Sistema de Infraestrutura de um Data Center	25
Figura 6 - Esquema Básico de um UPS Offline.....	27
Figura 7 - Esquema Básico de um UPS Interativo	28
Figura 8 - Esquema Básico de um UPS Online Dupla Conversão	29
Figura 9 - PDU 75 - 300 kVA Eaton	31
Figura 10 - PDU 3 – 11 kW da Eaton	31
Figura 11 - Imagem de um Rack.....	32
Figura 12 - Consumo médio do DC em funções de seus sistemas principais.....	33
Figura 13 – Fluxograma Conceitual do Programa.....	41
Figura 14 – Visão Geral da Interface Inicial com Usuário	42
Figura 15 – Visão Detalhada da Interface Inicial com Usuário	43
Figura 16 – Exemplo de Inserção de Dados para Dimensionamento	43
Figura 17 – Visão Geral da Página com Resultado do Dimensionamento	44
Figura 18 – Visão Ampliada das Especificações Técnicas	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características de acordo com a classificação <i>tier</i>	23
Tabela 2 – Bateria VRLA <i>versus</i> Íon Lítio	30
Tabela 3 - Determinação dos Fatores de Demanda.....	34
Tabela 4 - Principais Especificações da Linha <i>Centum</i> da Cummins.....	35
Tabela 5 – Principais Especificações da Linha Eaton 93PR	36
Tabela 6 - Principais Especificações da HRL.....	37
Tabela 7 - Especificação da Linha Zenith ATS.....	38
Tabela 8 - Especificação da Linha Eaton PowerPak PDU	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AI	Artificial Intelligence
ATS	<i>Automatic Transfer Switch</i>
AVR	<i>Automatic Voltage Regulation</i>
DC	<i>Data Center</i>
ENIAC	Electronic Numerical Integrator and Computer
IoT	Internet of Things
PDU	Power Distribution Unit
TI	Tecnologia da Informação
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i>
VRLA	<i>Valve Regulated Lead Acid</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVO.....	17
2	MATERIAIS E MÉTODOS	19
2.1	LINGUAGEM PYTHON	20
2.1.1	PYCHARM	20
2.1.2	PYSIMPLEGUI	20
2.1.3	MATH	21
3	DATA CENTER.....	22
3.1	DEFINIÇÃO	22
3.2	CLASSIFICAÇÃO TIER.....	22
3.3	INFRAESTRUTURA ELÉTRICA (<i>FACILITIES</i>)	25
3.3.1	GERADOR OU GRUPO GERADOR.....	25
3.3.2	CHAVE DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA (ATS)	26
3.3.3	SISTEMA DE FONTE DE ENERGIA ININTERRUPTA	26
3.3.3.1	UPS OFFLINE OU STANDBY	27
3.3.3.2	UPS INTERATIVO	27
3.3.3.3	UPS ONLINE DUPLA CONVERSÃO	28
3.3.3.4	BANCO DE BATERIA	29
3.3.4	UNIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA (PDU)	30
3.3.5	RACKS (OU GABINETES).....	32
4	DIMENSIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA ELÉTRICA DE DATA CENTER 33	
4.1	ANÁLISE DE CARGA DE DATA CENTERS	33
4.2	CÁLCULOS E ESPECIFICAÇÕES	34
4.2.1	GERADOR (OU MOTOR-GERADOR)	35
4.2.2	SISTEMA UPS	35

4.2.3	CHAVE DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA (ATS)	38
4.2.4	RACKS (OU GABINETES)	38
4.2.5	UNIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA (PDU)	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1	DESCRIÇÃO DO SISTEMA	40
5.2	APRESENTAÇÃO DO SISTEMA	42
6	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47
	APÊNDICE 1 – CÓDIGO FONTE DO SISTEMA	49

1 INTRODUÇÃO

A história do *data center* foi desenvolvida em paralelo a evolução da informática, analisando, por exemplo, o primeiro computador eletrônico da história, o ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*) lançado em 1946, com o peso aproximado de 30 toneladas e dimensões de 150 metros quadrados, além de demandar um alto consumo de energia, era necessária uma grande infraestrutura dedicada a este sistema (CNN Brasil, 2021). Com o passar dos anos e a evolução tecnológica, estes computadores foram reduzindo seus tamanhos e aumentando a capacidade de processamento e armazenamento de dados.

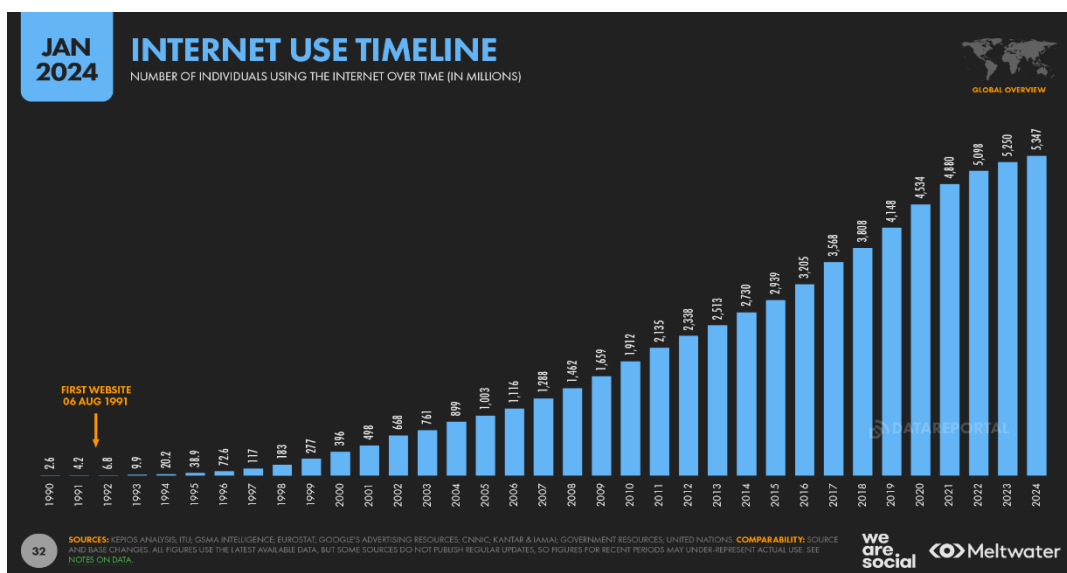
Inicialmente estes sistemas eram utilizados apenas por grandes instituições financeiras e governamentais, devido a seu alto custo e sua complexidade na construção. Os anos de 1970, foram extremamente importantes neste cenário, onde diversas empresas (*Apple, Microsoft, Intel e Oracle Corporation*) foram fundadas e revolucionaram o mercado, com destaque para o lançamento do primeiro microprocessador (*Intel 4004*), possibilitando o início do desenvolvimento dos primeiros computadores pessoais, e com as primeiras redes locais (LANs), permitindo a comunicação entre máquinas. Outro marco muito importante para todo esse processo, foi a explosão da Internet da década de 1990.

Com esta expansão e popularização da demanda de processamento e armazenamento de dados, proveio a necessidade de melhoramento nos *data centers*, surgindo diversas empresas especializadas e a criação de normas internacionais para a construção destes centros.

Desde o início deste século, a digitalização está presente em todos os momentos e ambientes da sociedade, desde serviços de entretenimento, como as redes sociais e os *streams*, até áreas cruciais como sistemas de saúde, de educação, financeiro e governamentais.

Esta importância vem crescendo exponencialmente, e mais recentemente com a ampliação de conceitos como o IoT (*Internet of Things*), Big Data, AI (*Artificial Intelligence*), além da tecnologia de virtualização e sistemas de nuvens. Na Figura 1 é apresentado o crescimento de usuários da internet no mundo desde a criação em 1990.

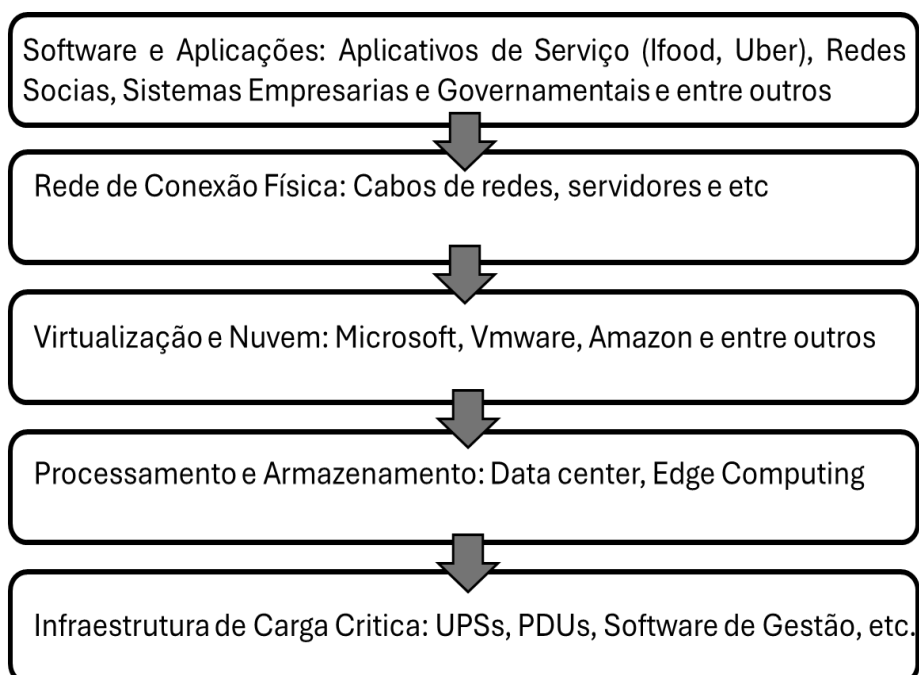
Figura 1 - Aumento dos Usuários da Internet



Fonte: (Data Reportal, 2024)

Nota-se, portanto, que os data centers são a base desta pirâmide, responsáveis por manter todo esse ecossistema em funcionamento contínuo, permitindo que as empresas e os governos forneçam serviços diários a sociedade. Na Figura 2 são indicadas as camadas digitais.

Figura 2 - Camadas da Infraestrutura Digital

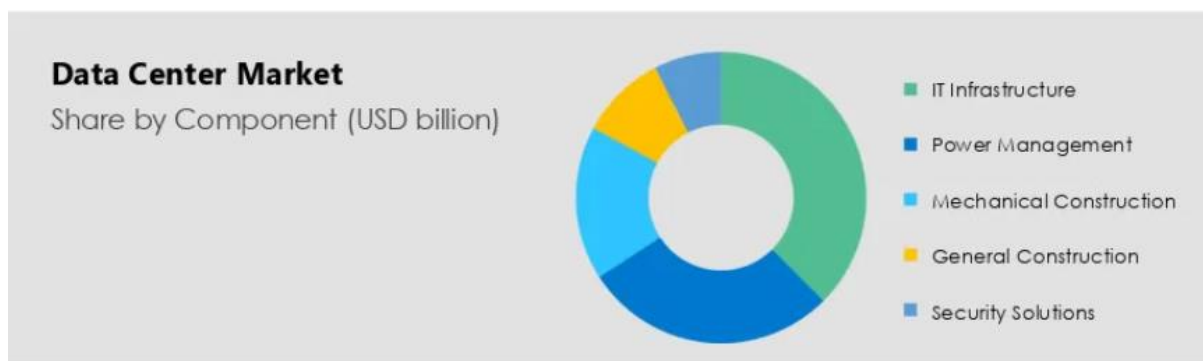


Fonte: Próprio Autor

Observa-se que, mesmo não sendo percebido pelos usuários finais, a infraestrutura elétrica das cargas críticas desempenham um papel crucial dentro do cotidiano da sociedade atual, garantindo que todo esse sistema se mantenha em execução. Esta responsabilidade só pode ser assegurada através de sistemas robustos, resilientes, eficientes e confiáveis.

Analisando com a perspectiva para o mercado específico de *Data Centers* a relevância também é notada na representação de mercado que os componentes de gerenciamento de energia compõem. Na Figura 3, em pesquisa realizada pela *TechNavio*, empresa líder em pesquisa e consultoria no mercado global de tecnologia, é apresentada como é a atual distribuição do mercado de *data centers* (DC).

Figura 3 - Segmentação do Mercado (bilhões de USD) de *Data Centers* por Setor



Fonte: (TechNavio, 2023)

Evidentemente que os equipamentos de TI em si, (*servidores, switches, storages*) são os segmentos cruciais deste mercado. No entanto, nota-se que os componentes de gerenciamento de energia apresentam uma fatia importante deste mercado que movimenta bilhões de dólares anualmente.

1.1 OBJETIVO

O trabalho de graduação tem como foco o desenvolvimento de um sistema por meio da biblioteca *PySimpleGUI*, usando a linguagem *Python*, onde será possível dimensionar a infraestrutura elétrica de um data center, através do processamento dos dados de entrada, para descrever a demanda específica, e de acordo com as normas e classificações a ferramenta retorna as especificações dos componentes elétricos deste centro. Tal, sistema, tem como objetivo ser uma ferramenta auxiliar para os profissionais da área, técnicos ou engenheiros habilitados, responsáveis pela

concepção do projeto, otimizando o processo de cálculo, garantindo a exatidão e rapidez no desenvolvimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a concepção da ferramenta, é fundamental compreender, em primeiro lugar, os conceitos técnicos e as aplicações de todos os componentes presentes na infraestrutura elétrica de gerenciamento de energia em um *Data Center*. Isso inclui não apenas os dispositivos e sistemas utilizados, mas também uma compreensão aprofundada das normas e convenções praticadas no mercado, que são essenciais para garantir a conformidade e a eficiência dos projetos.

Com essa base bem fundamentada, é necessário entender detalhadamente o processo de dimensionamento para o profissional responsável pela execução do projeto. Esse entendimento envolve a identificação e a coleta de informações básicas, que variam de acordo com a demanda específica de cada projeto. Essas informações são essenciais para possibilitar a execução precisa e eficiente da atividade de dimensionamento, garantindo que os componentes e sistemas selecionados atendam às necessidades de desempenho e segurança.

Além disso, com o mapeamento do processo e dos conceitos teóricos bem definidos, torna-se útil a estruturação de um procedimento claro para a transformação dessa atividade para a linguagem computacional. Isso significa converter os requisitos técnicos e operacionais em algoritmos e funções que possam ser implementados de forma concisa e organizada em um *software*. A precisão e a clareza na tradução desses conceitos para a linguagem de programação são cruciais para evitar erros e garantir que o sistema funcione conforme o esperado.

O desenvolvimento de uma ferramenta eficaz e intuitiva, que seja capaz de realizar os cálculos de dimensionamento dos componentes de gerenciamento de energia respeitando as normas vigentes e os conceitos elétricos, inicia-se com a escolha adequada da linguagem de programação. Esta é fundamental, pois a linguagem selecionada deve permitir a criação de uma interface amigável para o usuário, além de facilitar o tratamento dos cálculos e das especificações técnicas.

Neste cenário, a linguagem *Python* se destaca como uma opção ideal, devido à sua versatilidade e à ampla gama de bibliotecas e *frameworks* disponíveis. O *Python* oferece ferramentas poderosas para a implementação de algoritmos complexos e para a criação de interfaces de usuário intuitivas, o que é essencial para a elaboração de um sistema que seja tanto funcional quanto acessível para os profissionais do setor.

2.1 LINGUAGEM PYTHON

Com o avanço da computação na última década, a utilização das ferramentas disponíveis dentro da engenharia tem sido cada vez mais explorada, ajudando principalmente na aceleração de processos longos e na redução de erros. Dentre elas, a linguagem em *Python* se destaca devido à sua simplicidade e legibilidade.

Lançada em 1991 pelo matemático (e programador) holandês Guido Van Rossum, desde o início ganhou notoriedade rapidamente, sendo amplamente utilizada em desenvolvimento web, análise de dados, aprendizado de máquina e automação de tarefas.

Como principais características da linguagem tem-se a sintaxe, projetada para ser intuitiva facilitando o entendimento e a programação, e a disponibilidade de diversas bibliotecas e *frameworks* acelerando o desenvolvimento. Uma característica externa que é de fundamental importância, também, é a comunidade de desenvolvedores compartilhando diversos documentos e recursos constantemente por meio da internet.

2.1.1 Pycharm

Para o desenvolvimento do programa em Python é de grande ajuda a utilização de um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE), possibilitando editar, depurar, executar e testar, o código em um único ambiente. Neste projeto fez o uso do *PyCharm*, que é uma ferramenta desenvolvida pela empresa *JetBrains*.

O *PyCharm* oferece como recursos adicionais, para os desenvolvedores, um sistema de autocomplementação muito eficiente e uma detecção de erros em tempo real, aumentando a produtividade.

2.1.2 PySimpleGUI

O *PySimpleGUI* é uma biblioteca de Python que simplifica a criação de interfaces gráficas de usuários (GUIs), possuindo uma abordagem simples e intuitiva por meio de sua sintaxe sucinta e eficiente. Conforme o site oficial *PySimpleGUI* “Seu código é mais fácil de entender e mais rápido de escrever, mas é igualmente poderoso, ajudando-o a fornecer excelentes soluções para tarefas complexas.”

2.1.3 Math

Por fim, fez-se uso, também, da biblioteca *Math*, sendo uma biblioteca padrão do Python. Esta biblioteca inclui funções para operações aritméticas básicas, cálculos trigonométricos, exponenciais, logaritmos e diversas outras operações matemáticas. Seu uso permite a execução dessas operações de forma mais intuitiva e rápida, permitindo cálculos mais precisos e otimizados.

3 DATA CENTER

Conforme comentado no capítulo anterior, previamente é necessário o entendimento e domínio dos dispositivos que compõem a infraestrutura elétrica dos centros de dados, assim como suas classificações e principais convenções. Este capítulo tem como intuito elucidar estes pontos.

3.1 DEFINIÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pela NBR 14565:2013, onde são tratados requisitos para projetos, construção e operação de *data centers*, buscando garantir que esses centros cumpram os requisitos de confiabilidade, segurança, eficiência e sustentabilidade, define os *Data Centers* como:

Local destinado a abrigar equipamentos de tecnologia da informação, compreendendo sala de computadores, instalações para processamento de dados, armazenamento de informações e infraestrutura para suporte desses equipamentos, com capacidade de abrigar servidores de diversos tipos, tais como: mainframes, servidores de rede, servidores de armazenamento, servidores de aplicação, entre outros (NBR 14565,2013).

3.2 CLASSIFICAÇÃO TIER

No mercado global de DC, a classificação melhor aceita e respeitada é a classificação em *Tier*, iniciativa do instituto norte-americano *Uptime*. Esta classificação é feita com base nas características da estrutura física, por meio de índices como redundância, disponibilidade e confiabilidade. De acordo com isso, o instituto classifica em quatro níveis: *Tier I*, *Tier II*, *Tier III* e *Tier IV*.

- a) *Tier I*: O primeiro e mais básico dos níveis têm como requisito para a instalação a presença de sistema UPS, área dedicada aos equipamentos de TI, equipamento de refrigeração dedicado e gerador de energia. Esse nível é suscetível a indisponibilidade causada por quedas de energia longas, falhas de equipamentos e necessidade de manutenção. Sendo assim, este nível é indicado para pequenos e médios negócios, onde não haja grandes perdas durante uma adversidade.

- b) *Tier II*: Neste nível é adicionado componentes de redundâncias dentro do mesmo ramo elétrico, principalmente módulos de UPSs e grupos de geradores. Como consequência, um DC dentro desta classificação permite a manutenção e troca de alguns equipamentos sem interrupção, entretanto o sistema ainda é vulnerável para interrupções não planejadas e falhas complexas, que necessitam de uma manutenção mais longa.
- c) *Tier III*: Mantendo os ganhos do *Tier II*, e adicionando redundância no ramo de distribuição, permitindo que os componentes podem ser desligados (manutenção ou por troca, por exemplo) sem que a operação seja interrompida, já que os equipamentos de TI são alimentados de forma dupla.
- d) *Tier IV*: As principais características que este nível traz, é sua capacidade de recuperação de falhas no sistema de infraestrutura, ou seja, torna-se um sistema resiliente a falhas, habilidade que nenhum outro nível apresenta.

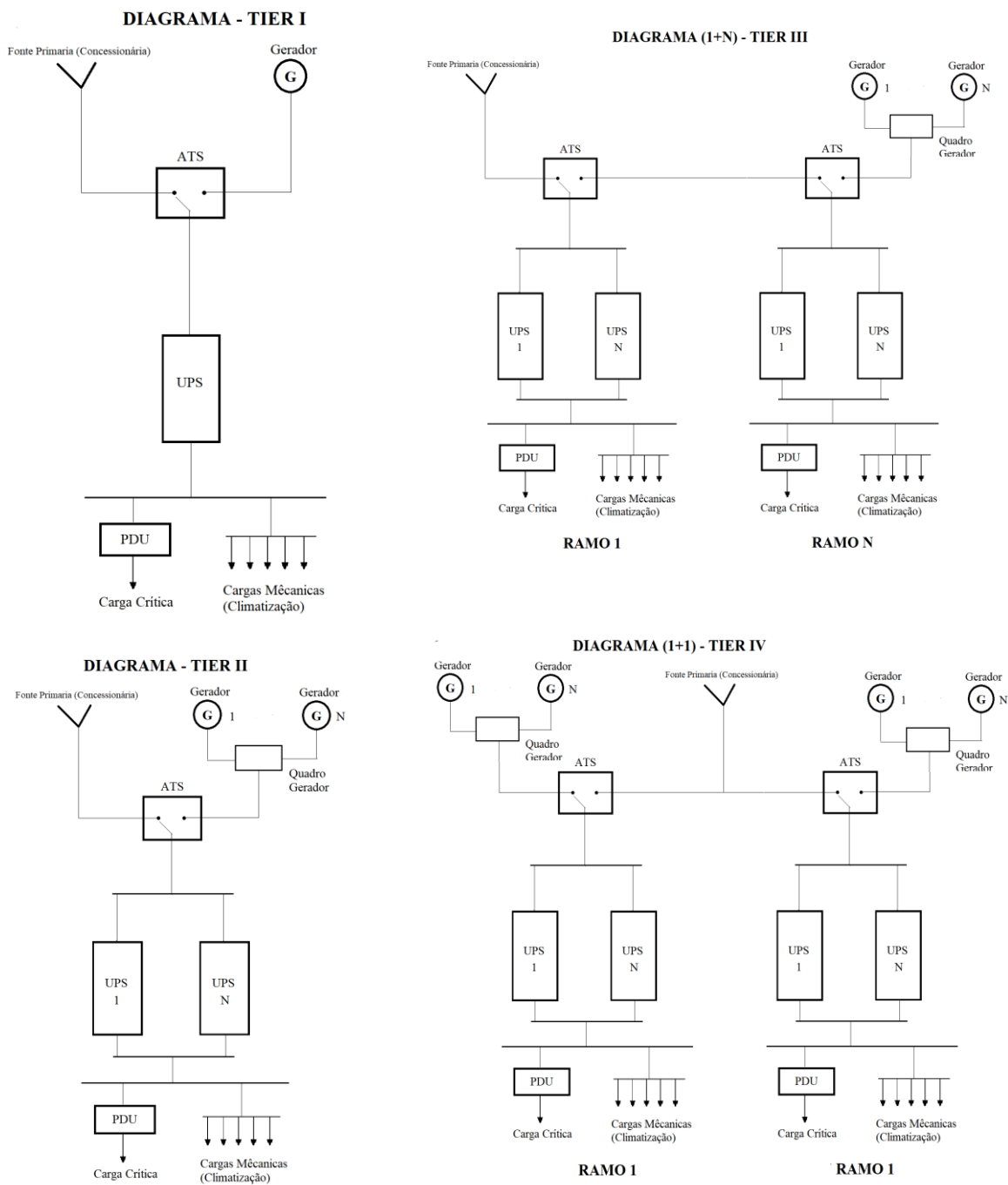
Em resumo, a *Uptime Institute* tem como propósito munir os profissionais de projeto, operadores de datacenter e gerentes de Tecnologia da Informação (TI) com meios efetivos para a identificação do desempenho de diferentes topologias de projeto de infraestrutura de distribuição elétrica e climatização de *sites* em centros de dados. Na Tabela 1 são apresentadas as principais características de cada classificação.

Tabela 1 – Características de acordo com a classificação *tier*

Característica	<i>Tier I</i>	<i>Tier II</i>	<i>Tier III</i>	<i>Tier IV</i>
Ramos de distribuição da infraestrutura elétrica e de climatização	1	1	1 Ativo 1 Reserva	2 Ativos Simultaneamente
Operação e Manutenção Concomitantes	Não	Não	Sim	Sim
Probabilidade de Disponibilidade (estimada)	99,67%	99,75%	99,98%	99,99%

Fonte: (MARIN, 2011)

Na sequência, de acordo com estas características de cada classificação, referente a redundância e disponibilidade dos componentes elétricos, na Figura 4 são apresentados os diagramas elétricos exemplares para cada grupo.

Figura 4 – Diagrama Elétrico de *Tier* I, II, III e IV

Fonte: Próprio Autor

Constata-se de forma mais clara, com a Figura 4, como a disponibilidade e a resiliência do sistema de infraestrutura vai ampliando conforme as classificações *Tier*. Em consequência desta ampliação, o investimento financeiro e a complexidade técnica das instalações aumentam proporcionalmente a esta disparidade.

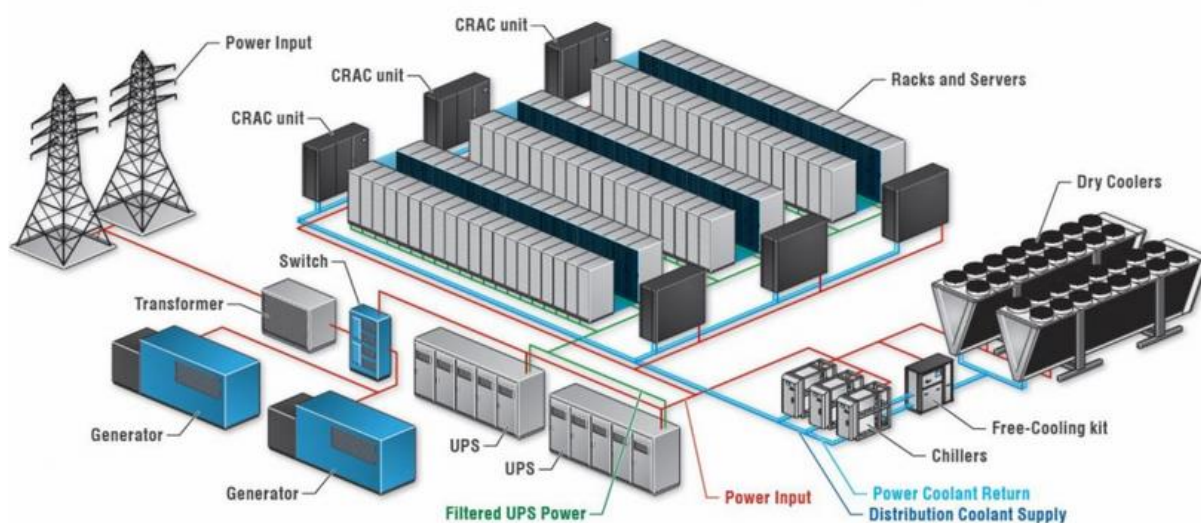
3.3 INFRAESTRUTURA ELÉTRICA (FACILITIES)

Como foi visto na classificação de *tiers*, todos os níveis apresentam equipamentos e estruturas em comum, apenas se diferenciando em questões de redundância. Sendo os principais equipamentos presentes na infraestrutura;

- a) Gerador (ou Grupo Motor-Gerador);
- b) Chave de Comutação Automática (ATS)
- c) Sistema de Fonte de Energia Ininterrupta (UPS) e Bancos de Bateria;
- d) Unidade Distribuidora de Energia (PDU);

Na Figura 5 pode-se analisar um esquema onde são apresentados os principais componentes da infraestrutura elétrica e do sistema de refrigeração de um *Data Center* de porte médio.

Figura 5 - Ilustração de Sistema de Infraestrutura de um Data Center



Fonte: (Data Level, 2024)

3.3.1 GERADOR OU GRUPO GERADOR

Dado à alta eficiência e confiabilidade, no DC são utilizados geradores com combustão a diesel, nos quais tem a fundamental função de, na falta de energia provinda de fonte primária (da concessionária), prover energia para a capacidade plena do *data center*, incluindo não só os equipamentos de TI, mas também a

climatização e iluminação da planta. Os geradores devem, segundo o Anexo F da ABNT NBR 145655:2013:

- ser abastecidos por tanques reservatórios de combustíveis com capacidade mínima de 24h de alimentação. Considerações devem ser feitas para permitir maior tempo de alimentação. Contratos para abastecimento de combustível com fornecedores locais devem ser previstos;
- entrar em operação por chaves de transferência automática, ensaiadas previamente e com rotinas de ensaios periódicos (recomenda-se quinzenalmente)

3.3.2 CHAVE DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA (ATS)

Outro dispositivo elétrico fundamental para esta estrutura é a ATS (Chave de Transferência Automática do inglês *Automatic Transfer Switch*), sua função vai ser monitorar a fonte de alimentação primária, e caso haja alguma inconsistência, transferir para as fontes alternativas. Na aplicação de *Data Centers* as ATS podem aparecer em dois momentos, no paralelismo por redundância de UPSs (podendo ser dois ou mais) e no início do sistema na transferência entre rede primária, gerador e nobreak.

As ATS são divididas em dois grupos principais, as ATS eletromecânicas, contatos mecânicos para realizar a comutação, e ATS estática que usa eletrônica de potência (triacs e tiristores, por exemplo). Notoriamente, devido à alta criticidade da aplicação estudada, as ATS eletromecânicas são obsoletas, já que apresentam um maior tempo de transição e uma maior suscetibilidade a falhas.

3.3.3 SISTEMA DE FONTE DE ENERGIA ININTERRUPTA

Um dos mais importantes equipamentos presentes na infraestrutura elétrica desses centros são os UPSs (*Uninterruptible Power Supply*), popularmente conhecido como nobreak no Brasil. Por definição, um UPS é um equipamento elétrico que possui baterias para manter (sem interrupção) a alimentação de energia para as cargas críticas, mesmo com a queda do sistema primário (normalmente, energia provida das concessionárias). Além dessa função primordial, estes equipamentos protegem as cargas de outros eventuais problemas de energia, como oscilações e picos de tensão.

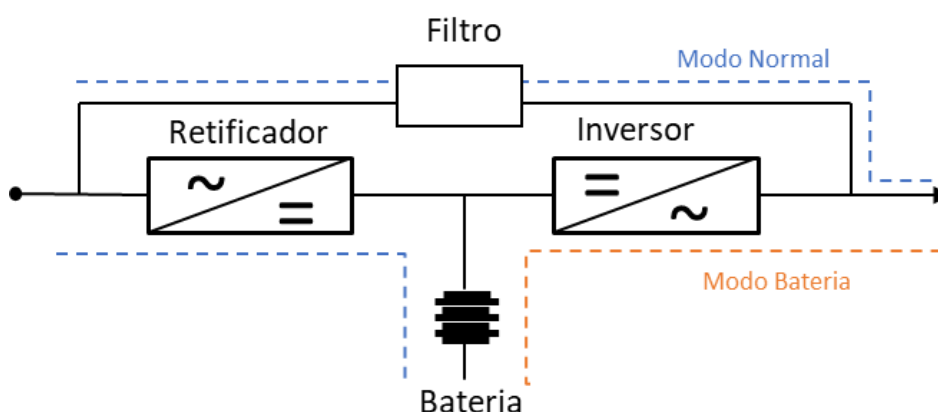
Os nobreaks são divididos em três principais topologias, os quais vão atender diferentes necessidades e aplicações. Ainda, os UPSs serão subdivididos de acordo

com o tipo da rede elétrica utilizada na instalação, sendo eles sistemas monofásicos (127 V ou 220 V), bifásico (220 V) ou trifásicos (380 V e 220 V), normalmente utilizados em nobreaks de potência superiores a 10 kVA devido a corrente elétrica.

3.3.3.1 UPS OFFLINE OU STANDBY

Como o nome sugere nesta topologia o nobreak permanece em modo de espera, monitorando a qualidade da energia, ou seja, em condições normais, a energia da fonte primária alimenta diretamente a carga, já quando há uma queda da rede o nobreak entra em ação e fornece energia através de suas baterias. Na Figura 6 o esquema básico dessa topologia é apresentado.

Figura 6 - Esquema Básico de um UPS Offline



Fonte: Próprio Autor

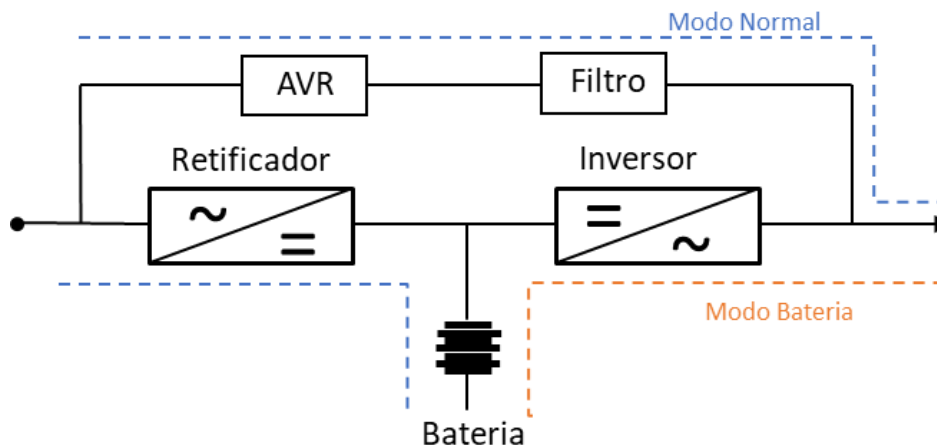
Dado o diagrama indicado, nota-se que esta configuração é capaz de proteger a carga contra três problemas de energia, blecautes (quedas), com o acionamento das baterias, oscilação de energia e picos de tensão, por meio do filtro. Outro ponto importante é o tempo de comutação, entre o modo normal e o modo bateria, que pode ser sentido por cargas mais sensíveis.

3.3.3.2 UPS INTERATIVO

Avançando tem-se a topologia de nobreaks nomeado como Linha Interativa, sendo semelhante a anterior, porém com a adição de um regulador de tensão automático (AVR do inglês *Automatic Voltage Regulation*). O acréscimo do AVR, faz

com que o sistema acumule a proteção contra mais dois distúrbios, subtensão e sobretensão, além dos três citados na topologia anterior. Na Figura 7 o diagrama básico dessa configuração é apresentado.

Figura 7 - Esquema Básico de um UPS Interativo



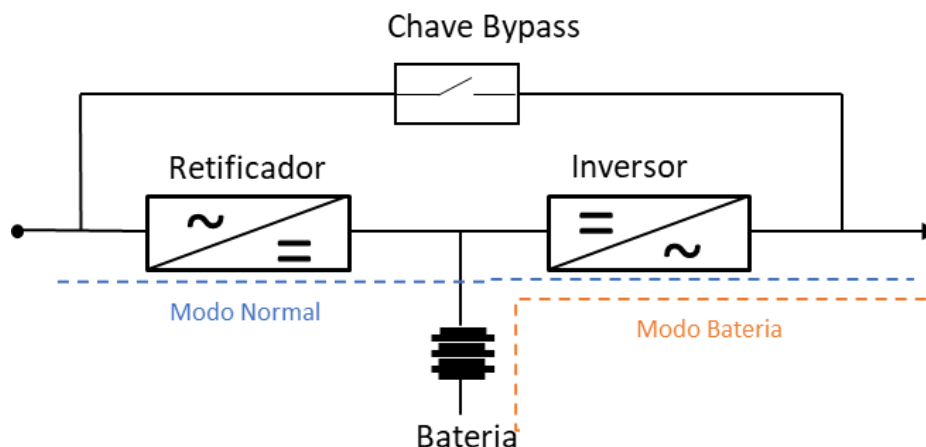
Fonte: Próprio Autor

3.3.3.3 UPS ONLINE DUPLA CONVERSÃO

Por fim, a topologia mais avançada, Online Dupla Conversão, que fora os cinco distúrbios já citados, ainda garante a proteção contra ruídos de linha, variação de frequência, transientes de comutação e distorção harmônica, garantido a proteção total de energia.

Nesta tecnologia, como o nome indica, há sempre duas conversões de energia, independentemente se a carga está sendo alimentada pela fonte primária ou pelas baterias, garantindo a entrega de uma energia limpa sem ter em conta a qualidade da energia da entrada. Na Figura 8 é retratado o diagrama básico deste.

Figura 8 - Esquema Básico de um UPS Online Dupla Conversão



Fonte: Próprio Autor

Observa-se, portanto, que a energia na forma AC (corrente alternada) é convertida em DC (corrente contínua), por meio do retificador, e novamente transformada para AC pelo inversor.

Conclui-se, portanto, que a topologia mais adequada para os centros de dados são os nobreaks de tecnologia de dupla conversão, visto que há uma grande densidade de equipamentos de TI, que além de serem sensíveis e de alto valor agregado, são base para funcionamento de toda a cadeia digital.

3.3.3.4 BANCO DE BATERIA

As baterias são elementos fundamentais nos UPSs, já que a energia elétrica acumulada nelas irá alimentar a carga caso a fonte primária tenha problemas. Além disso, elas são os componentes que mais impactam no custo, volume e no peso do sistema. Devido a essa influência, os nobreaks possuem baterias em duas configurações: baterias internas, em pequena capacidade resultando em autonomia curtas, e baterias externas, montadas em banco de bateria, possibilitando autonomia maiores (porém com um alto custo).

Para *data centers* são utilizados dois tipos de bateria: VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*) e de Íon Lítio, sendo definido a partir principalmente da autonomia, custo e manutenção. Na Tabela 2 são apresentadas as vantagens e desvantagens das duas tecnologias.

Tabela 2 – Bateria VRLA *versus* Íon Lítio

Característica	VRLA	Íon-Lítio
Densidade Energética (Wh/kg)	-	3 a 5 vezes mais
Manutenção (por ano)	2	1
Durabilidade (vida útil)	3 a 5 anos	15 a 20 anos

Fonte: (MITSUBISHI CRITICAL, 2024)

3.3.4 UNIDADE DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA (PDU)

Avançando na estrutura elétrica dos data centers, têm-se as PDUs (Unidade de Distribuição de Energia, do inglês *Power Distribution Unit*) que são ligadas diretamente ao UPS e será responsável pela distribuição da energia elétrica para os múltiplos equipamentos de TI, garantindo ainda mais que a carga seja alimentada de forma eficiente e segura.

É importante ressaltar que como comentado anteriormente, por definição esse dispositivo faz a distribuição (e alguns casos gerenciamento) de energia, podendo ser um painel de distribuição ou um simples filtro de linha.

Na Figura 9 é apresentado o interior de uma PDU trifásica da marca norte-americana Eaton, onde é possível ver o sistema de controle e os dispositivos do equipamento, que fará a distribuição e gerenciamento da energia proveniente do nobreak para as cargas críticas

Figura 9 - PDU 75 - 300 kVA Eaton



Fonte: (Eaton, 2021)

Em contrapartida, tem-se as de capacidade bem inferior e de instalação interna ao rack, possibilitando a conexão *plug-in*, as quais são comumente utilizadas para pequenos data centers ou para pequenas salas de TI de empresas. Na Figura 10 é possível visualizar um exemplo desse modelo, do mesmo fabricante.

Figura 10 - PDU 3 – 11 kW da Eaton



Fonte: (Eaton, 2021)

Essas são comercialmente dadas de acordo com seu nível de monitoramento e gerenciamento, sendo as chamadas PDU Básicas, as que não possuem nenhum tipo de monitoramento e controle remoto ou local, as PDU Monitoradas, as que possuem a capacidade de monitorar (consumo, corrente, tensão) de forma local e/ou remota, e as PDUs Gerenciáveis, que além do monitoramento remoto possuem a capacidade de controlar (reiniciando alguma carga, por exemplo) os ativos.

Também, vão existir diferenças de características técnicas, como capacidade de carga suportada, padrão de conexão, números de saídas, formato e tipo de montagem.

3.3.5 Racks (ou Gabinetes)

Os *racks*, ou gabinetes, são as estruturas metálicas, podendo ser fechadas ou abertas, utilizadas para armazenar equipamentos de rede como servidores, *storages* *switches* e similares. Na Figura 11 é apresentado um exemplo de gabinete.

Figura 11 - Imagem de um Rack



Fonte: (Schneider, 2024)

Os racks não apresentam muitas definições oficiais, entretanto existem alguns padrões de dimensões adotados pelo mercado para que haja compatibilidade física com os equipamentos de TI. Para a largura, o mais comum são racks de largura útil de 19" (600 mm), já para a altura em geral encontra-se 1,9 e 2,10 m (42 U e 44 U), geralmente especificados em "U" equivalente a 44,45 mm.

4 DIMENSIONAMENTO DA INFRAESTRUTURA ELÉTRICA DE DATA CENTER

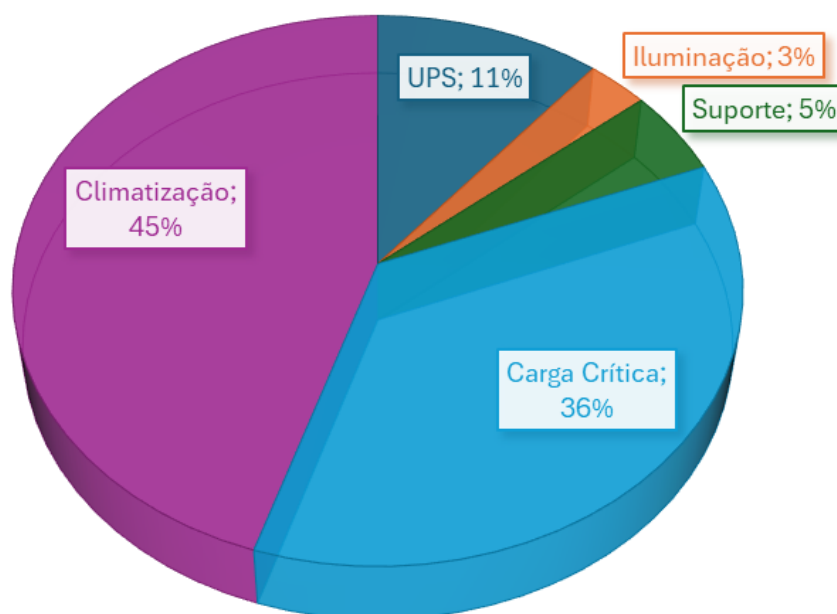
Para o processo de cálculo do dimensionamento dos componentes dos centros de dados é importante a avaliação da necessidade específica de cada projeto. Para esta ferramenta será necessário a coleta de três características de projeto, sendo elas, a carga total dos equipamentos de TI, a classificação *Tier* e a tensão de entrada de alimentação.

Todas estas três variáveis impactam diretamente no resultado do dimensionamento, tanto nas especificações técnicas de cada componente (carga dos equipamentos de TI e tensão de entrada) como no requisito de redundância e disponibilidade (classificação *Tier*).

4.1 ANÁLISE DE CARGA DE DATA CENTERS

Inicialmente, deve-se analisar qual é a carga total presente nesses centros, com base na carga planejada para os equipamentos TI. Na Figura 12 é indicada a distribuição de consumo de energia elétrica típica de um *data center*.

Figura 12 - Consumo médio do data center em funções de seus sistemas principais



Fonte: MARIN (2011)

Esta distribuição pode variar de acordo com diversos fatores, como a aplicação específica do *data center*, a localidade (que altera especialmente o clima ambiente),

o tamanho e a tecnologia utilizada, entretanto esses dados apresentam uma média realista, e será utilizado neste trabalho.

Nota-se, portanto, que o profissional responsável pelo projeto de infraestrutura necessita dos dados da carga total consumida pelos equipamentos de TI (carga crítica e área de suporte) previamente, de acordo com a aplicação do projeto.

$$Carga_{Total} = Carga_{TI} / Fator_{TI} \quad (1)$$

Com o valor da carga total do DC encontrado, pode-se fazer uma aproximação de consumo médio para cada sistema, conforme a distribuição apresentada na Figura 12, da seguinte maneira.

$$Carga_x = Carga_{Total} \cdot Fator_x \quad (2)$$

Aplicando a Equação 2 com os dados referentes da Figura 12, tem-se uma premissa para iniciar o dimensionamento do sistema de infraestrutura do centro. Na Tabela 3 são indicados os fatores de demanda para cada sistema.

Tabela 3 - Determinação dos Fatores de Demanda

Descrição (x)	$Fator_x$
Carga Crítica	0,36
Climatização	0,45
Sistema UPS	0,11
Suporte	0,05
Iluminação	0,03

Fonte: Próprio Autor

Antes de avançar, outro ponto importante de alinhamento entre o projetista e o cliente é a intenção de crescimento no decorrer dos próximos anos. Esse fator de crescimento depende de diversos fatores (disponibilidade financeira e espaço físico, principalmente).

4.2 CÁLCULOS E ESPECIFICAÇÕES

Para o dimensionamento dos sistemas de *facilities* a corrente de entrada que o sistema suporta é de fundamental relevância, portanto precisa-se encontrá-la previamente. Com a carga total do DC, $Carga_{Total}$, estabelece um fator de sobrecarga, $Fator_{Sobrecarga}$, nesta aplicação será utilizado 1,25, garantindo a

proteção do sistema, é possível determinar a corrente do alimentador, de acordo com a seguinte relação;

$$I_{SE} = \frac{Carga_{Total} \cdot Fator_{sobrecarga}}{V \cdot \sqrt{3}} = \frac{Carga_{PSE}}{V \cdot \sqrt{3}} \quad (3)$$

Outra grandeza importante para seguir, é a potência aparente do sistema, S_{SE} , levando em conta o fator de potência médio do sistema, comumente para esta aplicação variando de 0,8 a 1, sendo assim tem-se a equação;

$$S_{SE} = \frac{Carga_{PSE}}{f.p} \quad (4)$$

A partir da determinação desses dados e da classificação *Tier*, conforme Tabela 1 apresentada, a qual determina questões de redundância e disponibilidade do sistema, pode-se dimensionar os equipamentos de *facilities*.

4.2.1 Gerador (ou motor-gerador)

O gerador ou grupo motor-gerador são os responsáveis de prover energia elétrica para a capacidade plena do DC, em casos de queda de energia proveniente da concessionária do local. Portanto o gerador deve ter a capacidade superior ao S_{SE} , acrescentando um fator de segurança, sendo representado da seguinte forma;

$$S_{Gerador} = S_{SE} \cdot Fator_{Gerador} \quad (5)$$

Para esta aplicação será levado como referência a linha de grupo geradores *Centum* da empresa Cummins, a qual é amplamente aplicada em Data Centers. Na Tabela 4 são apresentadas as principais especificações informadas pelo fabricante.

Tabela 4 - Principais Especificações da Linha *Centum* da Cummins

Modelo do Gerador	kVA/kW	Tipo de Combustível	Consumo Médio de Diesel/hora (L/h)
C1250D6E	1705/1364	Diesel	200 – 300
C1500D6E	1420/1136	Diesel	200 – 300

Fonte: (Cummins, 2023)

4.2.2 Sistema UPS

Como visto anteriormente, como os geradores são máquinas mecânicas, há um intervalo de tempo entre sua partida e a estabilização do sistema, é nesse intervalo

de tempo que o sistema de UPS deve atuar, permitindo que a alimentação à carga não seja ininterrupta.

De acordo com a ABNT NBR 14565:2013, às seguintes recomendações se aplicam ao UPS;

- Deve atuar em tempo real (on-line, de conversão dupla), trifásico, com operação contínua;
deve estar alimentado pelo sistema elétrico da edificação e prover alimentação aos equipamentos eletrônicos do datacenter;
- Deve ter baterias seladas para prover energia em corrente contínua;
- Deve ter chave bypass que permita transferir a energia entre a rede convencional, e vice-versa, sem interrupção da alimentação;
- Deve ter uma variação máxima da tensão de entrada de +15 % a – 15 %, 60 Hz +/- 6 %;
- Deve ser instalado em espaço com troca de ar para evitar acúmulo de gases provenientes dos bancos de baterias.

Atualmente todas as principais empresas fornecedoras de nobreak (Schneider, Eaton, Vertiv, Huawei e ABB), possuem no seu portfólio soluções que atendem essas recomendações mínimas.

Da mesma forma que o Gerador, o sistema UPS deve ser capaz de alimentar a carga crítica em plena capacidade, e ter uma autonomia que possibilite o gerador entrar estabilização, comumente projetista consideram quinze minutos para esta aplicação, tempo mais do que cauteloso.

Dentro desse contexto, será utilizado como referência a linha Eaton 93PR 380 V, um nobreak trifásico, modular e de dupla conversão online, que é amplamente utilizado em DC e atende todas as especificações impostas pela norma brasileira. Na Tabela 5 são apresentadas as principais especificações da linha de acordo com o fabricante.

Tabela 5 – Principais Especificações da Linha Eaton 93PR

Descrição	93PR 25/200 kW
Potência Nominal (kW)	25, 50, 75, 100, 125, 175, 200
Tensão (V)	380 (padrão) – 400/415
Eficiência (%)	Acima de 9
Fator de Potência	1,0 (kW=kVA)
Tipo de Bateria	VRLA, 12 V

Tensão Nominal do Banco de Bateria (V)	480
Limite de Tensão de Carga	5 A (padrão), configurável até 25 A
Capacidade de Paralelismo	Até 4 Unidades (max. 800 kW)

Fonte: (Eaton, 2016)

Seguindo o modelo bateria indicado pela fabricante do nobreak, serão considerados modelos de bateria VRLA de tensão de 12 V, da empresa norte-americana CSB. Na Tabela 6 são indicadas as características das baterias de acordo com a empresa.

Tabela 6 - Principais Especificações da HRL

Modelo	Tensão (Vdc)	Capacidade (W)	Potência de Descarga Constante Watts (15 min / 1,67 Vdc / 25°C)
HRL 12150W	12	150	935
HRL 12200W	12	200	1308
HRL 12280W	12	280	1700
HRL 12330W	12	330	2131
HRL 12390W	12	390	2483
HRL 12540W	12	540	3250

Fonte: (CSB, 2024)

Considerando, portanto, as condições de tensão de corte igual a 1,67 V e 25°C, além das especificações da linha Eaton 93PR e das baterias, pode-se aplicar a seguinte equação,

$$WATTS_{Descarga} = \frac{Potência (VA) \cdot fp}{N^{\circ} Bateria \cdot Rendimento} Fator_{Envelhecimento} \quad (6)$$

Sendo o rendimento da máquina de 96%, o número de bateria por banco é de 40 (Tensão nominal do banco de bateria, 480 Vdc, pela tensão de cada bateria 12 Vdc), o fator de potência e o de envelhecimento são unitários, e por fim a potência vai depender da carga.

4.2.3 Chave de Transferência Automática (ATS)

Sendo responsável pela comutação entre a fonte primária, proveniente da concessionária, e da fonte de emergência, o grupo gerador, é fundamental que a ATS seja capaz de suportar a corrente de entrada do sistema em plena carga, I_{se} .

Para este item será usado como alusão a linha Zenith ATS, da empresa suíça ABB, a qual é indicada para aplicações de missão crítica e tem compatibilidade com os outros equipamentos até então citados. Na Tabela 7 são indicadas as principais especificações da linha segundo a própria empresa.

Tabela 7 - Especificação da Linha Zenith ATS

Modelo	Faixa de Tensão (V)	Frequência (Hz)	Tempo de Transferência (ms)
ZBTS T 100-200 A	200-480	50 / 60	< 50
ZBTS T 260-1200 A	200-480	50 / 60	< 50
ZBTS T 1600-300 A	200-480	50 / 60	< 50

Fonte: (ABB, 2024)

4.2.4 Racks (ou Gabinetes)

A tarefa de determinação de quantidade, dimensões e distribuição dos racks está muito mais relacionada aos profissionais de TI, visto que esta condição irá depender diretamente das especificações de aplicação dos equipamentos. Entretanto, devido aos padrões de mercado é possível executar um cálculo médio bem aproximado.

Segundo Faccioni Filho (2016, pg. 37) “...em geral, os projetistas do sistema elétrico de data centers adotam um consumo nominal (valor de projeto) de 15 kW por *rack*.” Sendo assim, é possível estimar a quantidade média de racks para a aplicação, conforme apresentado na equação;

$$QNTD_{rack} = \frac{Carga_{TI}}{15 \text{ kW}} \quad (7)$$

4.2.5 Unidade de Distribuição de Energia (PDU)

Para a distribuição de energia advinda do nobreak é notório que a PDU precisa apresentar compatibilidade de capacidade de potência, de modo a suportar a corrente e distribuí-la de maneira adequada as cargas. Atualmente estes modelos, também já possuem como opcional a inclusão de transformadores, para a adequação de tensão.

Para a aplicação o modelo usado como sugestão no dimensionamento é a linha *PowerPak PDU 2* da Eaton, o qual tem uma janela de capacidade compatível com o que será empregado, como apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 - Especificação da Linha Eaton PowerPak PDU

Especificações Técnicas	
Janela de Potência kVA	100 a 400
Entrada de Tensão (V)	380 – 415
Transformadores (kVA)	100, 125, 200, 225, 300 e 400
Saída de Tensão (V)	380 – 415 ou 208-230

Fonte: (Eaton, 2021)

Para as PDUs montadas nos racks, a partir da mesma estimativa do tópico anterior, que cada rack em média possui carga de 15 kW, e que em um rack de 42 Us não vai haver mais que 24 equipamentos de TI

$$QNTD_{PDU_{rack}} = QNTD_{rack} \quad (8)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema desenvolvido tem como público-alvo o profissional de TI e o projetista do sistema elétrico responsável por toda a infraestrutura elétrica do centro. Para isto, a ferramenta foi concebida para ser intuitiva e acessível, possibilitando utilizá-la de forma eficaz.

Pensando no profissional de TI, o programa vai ajudá-lo principalmente no planejamento e no levantamento de custo para construção do DC. Já para o projetista eletricitista, a ferramenta vai auxiliá-lo otimizando seus recursos nos componentes de gerenciamento de energia crítica.

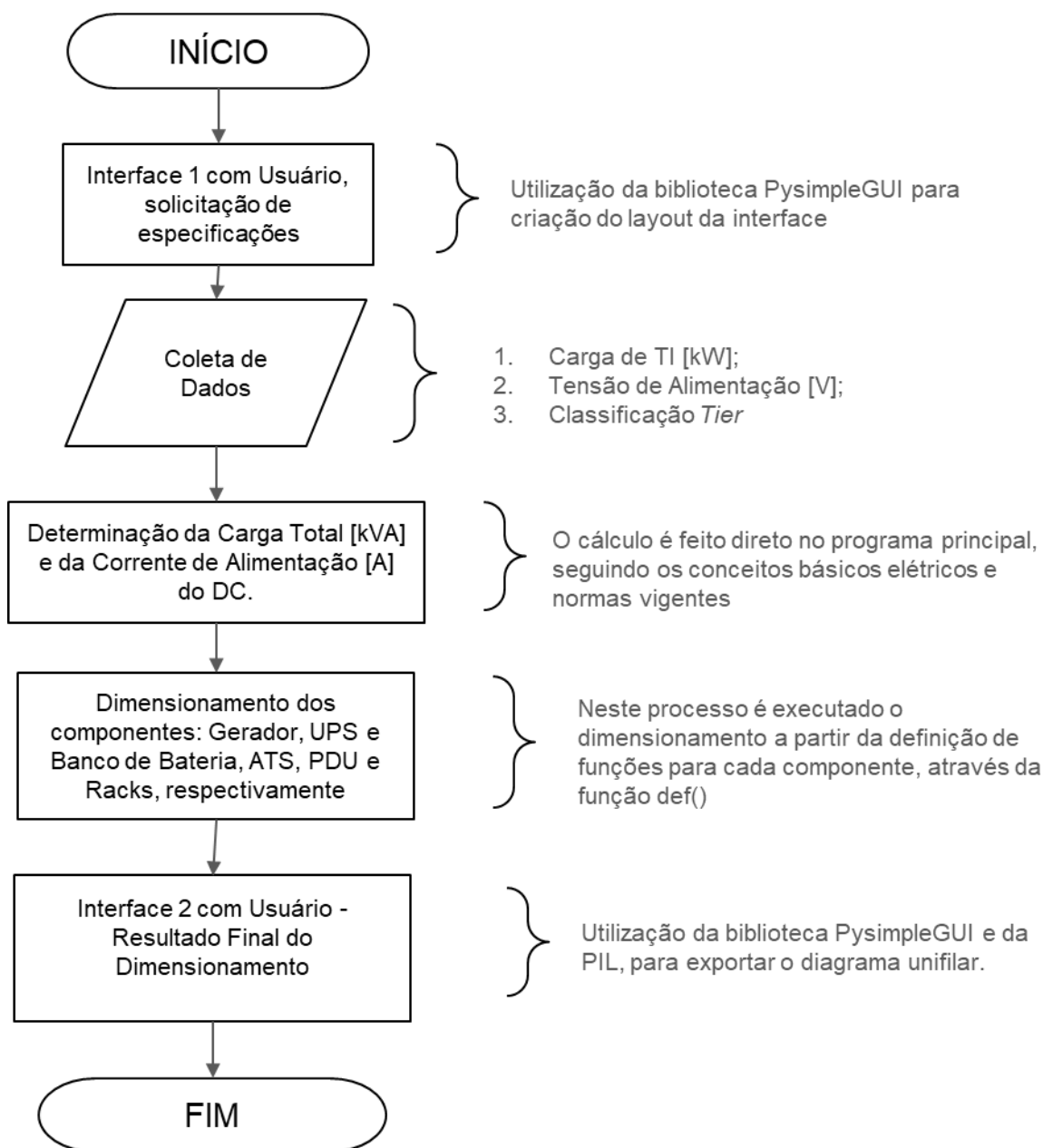
Considerando o contexto citado anteriormente, a ideia da ferramenta é ser mais simples e intuitiva possível para o usuário, porém que seja eficiente na ajuda no processo do dimensionamento dos principais componentes de gerenciamento de energia crítica.

Convergindo com este ideal, a escolha da utilização da linguagem *Python* e da biblioteca *PySimpleGUI* corrobora com a simplicidade e eficácia planejada na elaboração do sistema.

5.1 DESCRIÇÃO DO SISTEMA

Para a concepção do código de forma eficiente, possibilitando melhor visualização e percepção de possíveis erros ou falhas no processo, criou-se um fluxograma do problema previamente. Na Figura 13 este fluxograma de apoio é apontado.

Figura 13 – Fluxograma Conceitual do Programa



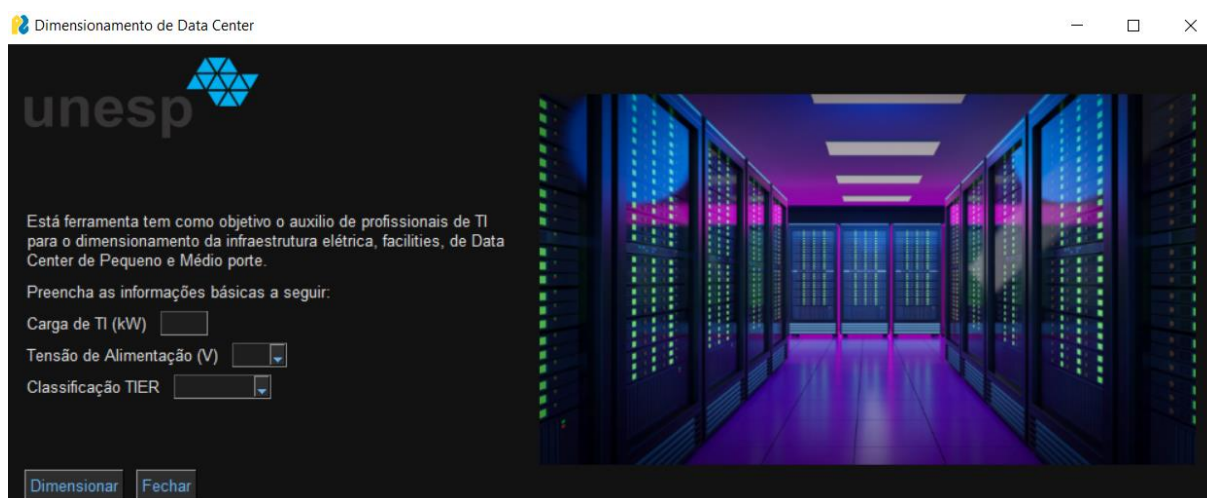
Fonte: Próprio Autor

A criação do fluxograma possibilita uma transcrição mais eficiente do problema em linguagem de programação, resultando em um código mais limpo e evitando possíveis erros. O código em *Python*, apresentado de forma integral no Apêndice I, foi desenvolvido seguindo a lógica de cada quadrante do fluxograma.

5.2 APRESENTAÇÃO DO SISTEMA

Discorrido o propósito e as bases fundamentais para a formulação do sistema através da linguagem *Python*, neste capítulo é apresentado o resultado do desenvolvimento deste. Na Figura 14 é apresentado a página inicial do sistema, onde o usuário terá a primeira interação.

Figura 14 – Visão Geral da Interface Inicial com Usuário



Fonte: Próprio Autor

Observa-se que nesta página, ao lado esquerdo é indicado um texto introdutório, indicando o objetivo e a funcionalidade da ferramenta, e em sequência é solicitado três especificações básicas, que serão de ponto de partida para o dimensionamento.

A primeira é a carga de TI total que o *data center* demanda, seguido da tensão de alimentação que a concessionária disponibilizará e por fim, a classificação *tier*. Sendo a primeira e a última, especificações fundamentais definidas pelos realizadores do DC, de acordo com seus objetivos no mercado. Na Figura 15 é possível visualizar de maneira mais clara (destacado em vermelho) esta área.

Figura 15 – Visão Detalhada da Interface Inicial com Usuário



Dimensionamento de Data Center

unesp

Esta ferramenta tem como objetivo o auxílio de profissionais de TI para o dimensionamento da infraestrutura elétrica, facilities, de Data Center de Pequeno e Médio porte.

Preencha as informações básicas a seguir:

Carga de TI (kW)

Tensão de Alimentação (V)

Classificação TIER

Fonte: Próprio Autor

Com a finalidade de demonstrar na prática, na Figura 16 é exibido o preenchimento dos três campos com 120 kW, 380 V e *Tier III*, respectivamente, de maneira arbitrária. Completando os dados solicitados, para dar sequência o usuário deve pressionar o botão “Dimensionar”, destacado em vermelho.

Figura 16 – Exemplo de Inserção de Dados para Dimensionamento



Dimensionamento de Data Center

unesp

Esta ferramenta tem como objetivo o auxílio de profissionais de TI para o dimensionamento da infraestrutura elétrica, facilities, de Data Center de Pequeno e Médio porte.

Preencha as informações básicas a seguir:

Carga de TI (kW)

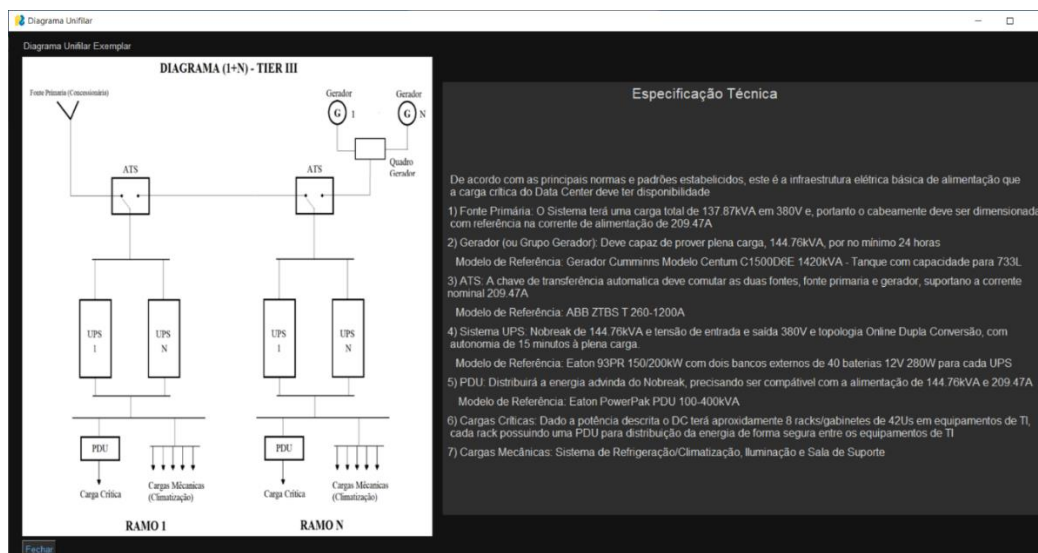
Tensão de Alimentação (V)

Classificação TIER

Fonte: Próprio Autor

Executando este passo, o programa exibirá uma segunda tela apresentando o resultado do dimensionamento do DC. Na Figura 17 estes resultados são mostrados, de acordo com o preenchimento indicado anteriormente.

Figura 17 – Visão Geral da Página com Resultado do Dimensionamento



Fonte: Próprio Autor

No lado esquerdo da página é indicado o diagrama unifilar dos componentes de *facilities* (indicando a sequência dos componentes e a redundância, caso aplicado) e ao lado direito, os componentes são especificados, de forma complementar são indicadas soluções das principais empresas do segmento. Para melhor visibilidade na Figura 18 é apresentado de forma ampliada a coluna de especificação técnica.

Figura 18 – Visão Ampliada das Especificações Técnicas

Especificação Técnica
De acordo com as principais normas e padrões estabelecidos, este é a infraestrutura elétrica básica de alimentação que a carga crítica do Data Center deve ter disponibilidade
1) Fonte Primária: O Sistema terá uma carga total de 137.87kVA em 380V e, portanto o cabeamento deve ser dimensionada com referência na corrente de alimentação de 209.47A
2) Gerador (ou Grupo Gerador): Deve capaz de prover plena carga, 144.76kVA, por no mínimo 24 horas Modelo de Referência: Gerador Cummins Modelo Centum C1500D6E 1420kVA - Tanque com capacidade para 733L
3) ATS: A chave de transferência automática deve comutar as duas fontes, fonte primária e gerador, suportando a corrente nominal 209.47A Modelo de Referência: ABB ZTBS T 260-1200A
4) Sistema UPS: Nobreak de 144.76kVA e tensão de entrada e saída 380V e topologia Online Dupla Conversão, com autonomia de 15 minutos à plena carga. Modelo de Referência: Eaton 93PR 150/200kW com dois bancos externos de 40 baterias 12V 280W para cada UPS
5) PDU: Distribuirá a energia advinda do Nobreak, precisando ser compatível com a alimentação de 144.76kVA e 209.47A Modelo de Referência: Eaton PowerPak PDU 100-400kVA
6) Cargas Críticas: Dado a potência descrita o DC terá aproximadamente 8 racks/gabinetes de 42Us em equipamentos de TI, cada rack possuindo uma PDU para distribuição da energia de forma segura entre os equipamentos de TI
7) Cargas Mecânicas: Sistema de Refrigeração/Climatização, Iluminação e Sala de Suporte

Fonte: Próprio Autor

Nota-se que o sistema especifica todos os componentes ilustrados no diagrama elétrico em detalhes, e a apresentação de modelos de referência das principais marcas, proporciona ao usuário uma facilidade no levantamento de custo do sistema e a utilização deste como base para comparações cruzadas entre cada solução do mercado.

De forma geral, o dimensionamento executado pelo programa engloba projetos de todas as classificações *Tier*, entretanto a potência e a tensão de alimentação podem causar alguns entraves para projetos de grande porte.

No caso da potência, a partir de demandas maiores que 800 kVA as especificações são válidas, entretanto, o modelo de nobreak referenciado não atende. E em relação a tensão de alimentação, para projetos onde a tensão é diferente das opções sugeridas (380 V, 400 V e 415 V), os componentes de referência, também, possuem restrições.

6 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de uma ferramenta capaz de otimizar o dimensionamento da infraestrutura de gerenciamento de energia de *Data Centers* de pequeno e médio porte. O principal pretexto para a concepção deste sistema é a busca de suprir as demandas vindas de profissionais de TI e projetistas eletricitas, dado a limitação de profissionais especialistas para esta aplicação, contrastando com a ascensão do mercado.

A solução obtida permite de forma rápida e descomplicada, por meio de exclusivamente três informações advindas do usuário, formular o dimensionamento dos componentes de gerenciamento de energia, indicando suas especificações de modo a atender as normas vigentes e as necessidades particulares da demanda

A ferramenta possui limitações, frente principalmente a DC de grande porte, onde a complexidade do sistema de infraestrutura é maior, no entanto o sistema possui uma estrutura flexível, permitindo o melhoramento contínuo ou até a possibilidade de adição de novas funcionalidades. Isso abre caminho para futuras pesquisas e desenvolvimentos, visando ampliar a aplicabilidade da ferramenta para estes ambientes mais complexos.

Em suma, o sistema alcançou seu propósito, atendendo as necessidades do mercado de pequeno e médio porte, estabelecendo um dimensionamento confiável e eficaz, cumprindo com vigor as normas e os princípios conceituais. Por consequência, beneficiando os profissionais do mercado brasileiro visto o crescimento exponencial das demandas projetadas pelo mercado para os próximos anos.

REFERÊNCIAS

ABB. ZBTS T-Series 100-3000A, 1SCC303028C0201. Brochure, 22 abr. Disponível em: <https://www.abb.com>. Acesso em: 29 ago. 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14565:2013: Cabeamento para telecomunicações em edifícios comerciais - Projeto e execução de infraestruturas. Rio de Janeiro, 2013.

CNN BRASIL. Do ENIAC ao notebook: confira a evolução dos computadores nas últimas décadas. CNN Brasil Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/do-eniac-ao-notebook-confira-a-evolucao-dos-computadores-nas-ultimas-decadas/>. Acesso em: 27 ago. 2024.

CSB BATTERY. HRL Series. Disponível em: <https://csb-battery.com/product/hrl-series/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

CUMMINS. C1250D6E/C1500D6E Centum Series. Disponível em: <https://www.cummins.com/generators/c1250d6e-c1500d6e-centum-series>. Acesso em 27 ago 2024

DATALEVEL. Design and delivery of critical infrastructure. Disponível em: <https://www.datalevel.cz/en/applications/design-and-delivery-of-critical-infrastructure/>. Acesso em: 28 ago. 2024.

DATAREPORTAL. Digital 2024 global overview report. Disponível em: <https://datareportal.com/reports/digital-2024-global-overview-report>. Acesso em: 18 ago. 2024.

EATON. Eaton 93PR 25-200kW UPS. Disponível em: https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/backup-power-ups-surge-it-power-distribution/au-products/eaton-93pr/93PR_25-200kW_8PP_EA_FINAL.pdf. Acesso em: 29 ago. 2024.

EATON. PowerPak 2 PDU. Disponível em: <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/backup-power-ups-surge-it-power-distribution/power-distribution-for-it-equipment/pdi-powerpak-2-pdu/eaton-pdi-powerpak-2-pdu-brochure-br155042-en-us.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2024.

FACCIONI FILHO, Mauro. Conceitos e infraestrutura de Data Centers. 2016. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/68713305-Conceitos-e-infraestrutura-de-datacenters.html>>. Acesso em: 02 de agosto de 2024

MARIN, M. Infraestrutura Crítica em Data Centers. São Paulo: Editora Técnica, 2011.

MITSUBISHI CRITICAL. Lithium-ion vs VRLA. Disponível em: <https://www.mitsubishicritical.com/uninterruptible-power-supplies/battery-and-dc-technologies/lithium-ion-vs-vrla/>. Acesso em: 28 ago. 2024.

SCHNEIDER ELECTRIC. Gabinete NetShelter SX 42U. Disponível em: <https://www.se.com/br/pt/product/AR3150/gabinete-netshelter-sx-42u-750mm-de-largura-x-1070mm-de-profundidade-com-partes-laterais-pretas/>. Acesso em: 28 ago. 2024.

TECHNAVIO. Data center market - industry analysis. Disponível em: <https://www.technavio.com/report/data-center-market-industry-analysis>. Acesso em: 18 ago. 2024

APÊNDICE 1 – CÓDIGO FONTE DO SISTEMA

```

import PySimpleGUI as sg
import math
from PIL import Image

sg.theme('DarkGrey15')
def dim(kW_TI, V, tier):
    global S_SE, I_SE, S_ger, S_ups, qnt_rack
    CargaTotal = kW_TI / 1.36
    CargaClimatizacao = CargaTotal * 1.45
    CargaUPS = CargaTotal * 1.11
    CargaSuporte = CargaTotal * 1.05
    Cargallum = CargaTotal * 1.03
    F_ger = float(1.05)
    F_Sobrecarga = float(1.25)
    P_Total = kW_TI / 1.36
    S_Total = P_Total / 0.8
    S_SE = round(S_Total * F_Sobrecarga, 2)
    I_SE = round((S_SE * 1000) / (V * math.sqrt(3)), 2)

    # Gerador
    S_ger = round(S_SE * F_ger, 2)

    # UPS
    S_ups = S_ger

    # ATS

    # PDU

    # Rack dos equipamentos de TI
    qnt_rack = int(kW_TI / 15)

    return {S_SE, I_SE, S_ger, S_ups, qnt_rack}

def def_ger(S_ger):
    combus = int(S_ger*300*24/1420)
    ger = "Gerador Cumminns Modelo Centum C1500D6E 1420kVA - Tanque com capacidade para {}L".format(combus)
    return ger

def def_ups(S_ups):
    if 600 < S_ups < 800:
        qnt_ups = 4
        x = S_ups - 600
        Qnt_modulos = math.ceil(x / 25)

```

```

    pot = Qnt_modulos * 25
    ups = "Eaton 93PR 200/200kW // 93PR 200/200kW // 93PR 200/200kW // 93PR
{}/200kW".format(pot)
elif 400 < S_ups < 600:
    qnt_ups = 3
    x = S_ups - 400
    Qnt_modulos = math.ceil(x / 25)
    pot = Qnt_modulos * 25
    ups = "Eaton 93PR 200/200kW // 93PR 200/200kW // 93PR {}".format(pot)
elif 200 < S_ups < 400:
    qnt_ups = 2
    x = S_ups - 200
    Qnt_modulos = math.ceil(x / 25)
    pot = Qnt_modulos * 25
    ups = "Eaton 93PR 200/200kW // 93PR {}".format(pot)
else:
    qnt_ups = 1
    Qnt_modulos = math.ceil(S_ups / 25)
    pot = Qnt_modulos * 25
    ups = "Eaton 93PR {}".format(pot)
#Banco de Bateria Externo
potencia = S_ups / qnt_ups
num_banco = 2
num_bateria = (480 / 12) * num_banco
rend = 0.96
fp = 1
F_envelhecimento = 1
watts = ((potencia * 1000 * fp) / (num_bateria * rend)) * F_envelhecimento
watts_modeloBat = [
    [150, 200, 280, 330, 390, 540],
    [935, 1308, 1700, 2131, 2483, 3250]
]
linha = 1
linha_escolhida = watts_modeloBat[linha]
mais_proximo = min(linha_escolhida, key=lambda num: abs(num - watts))
posicao = linha_escolhida.index(mais_proximo)
ModeloBat = watts_modeloBat[linha - 1][posicao]
EBM = f"dois bancos externos de 40 baterias 12V {ModeloBat}W para cada UPS"

return ups, EBM

def def_ats(I_SE):
    if I_SE < 200:
        ats = f"ABB ZTBS T 100-200A"
    elif 200 < I_SE < 1200:
        ats = f"ABB ZTBS T 260-1200A"

```

```

else:
    ats = f"ABB ZTBS T 1600-3000A"

return ats

def diagrama(tier):
    imagem = f'{tier}.png'
    red_imagem = Image.open(imagem)
    imagem_redimensionada = red_imagem.resize((600, 700))
    imagem_redimensionada.save('imagem_redimensionada.png')
    ups, EBM = def_ups(S_ups)
    ats = def_ats(I_SE)
    ger = def_ger(S_ger)
    diagrama_coluna = sg.Column([
        [sg.Text("Diagrama Unifilar Exemplar", size=20)],
        [sg.Image("imagem_redimensionada.png")],
        [sg.Button("Fechar")]
    ])
    dim_coluna = sg.Column([
        [sg.Text("Especificação Técnica", font=("arial", 16), background_color='grey18')],
        [sg.Text("", background_color='grey18')],
        [sg.Text("", background_color='grey18')],
        [sg.Text(f"\n De acordo com as principais normas e padrões estabelecidos, este é a
infraestrutura elétrica básica de alimentação que\n "
f"a carga crítica do Data Center deve ter disponibilidade", font = ('arial',12),
background_color='grey18')],
        [sg.Text(f"1) Fonte Primária: O Sistema terá uma carga total de {S_SE}kVA em {V}V e,
portanto o cabeamento deve ser dimensionada\n"
f" com referência na corrente de alimentação de {I_SE}A", font = ('arial',12),
background_color='grey18')],
        [sg.Text(f"2) Gerador (ou Grupo Gerador): Deve capaz de prover plena carga,
{S_ger}kVA, por no mínimo 24 horas", font = ('arial', 12), background_color='grey18')],
        [sg.Text(f" Modelo de Referência: {ger}", font = ('arial',12), background_color='grey18')],
        [sg.Text(f"3) ATS: A chave de transferência automatica deve comutar as duas fontes,
fonte primaria e gerador, suportano a corrente \n"
f"nominal {I_SE}A", font=('arial',12), background_color='grey18')],
        [sg.Text(f" Modelo de Referência: {ats}", font = ('arial',12), background_color='grey18')],
        [sg.Text(f"4) Sistema UPS: Nobreak de {S_ups}kVA e tensão de entrada e saída {V}V e
topologia Online Dupla Conversão, com\n"
f" autonomia de 15 minutos à plena carga.", font = ('arial',12),
background_color='grey18')],
        [sg.Text(f" Modelo de Referência: {ups} com {EBM}", font = ('arial',12),
background_color='grey18')],
        [sg.Text(f"5) PDU: Distribuirá a energia advinda do Nobreak, precisando ser compatível
com a alimentação de {S_ups}kVA e {I_SE}A", font = ('arial',12), background_color='grey18')],
        [sg.Text(f" Modelo de Referência: Eaton PowerPak PDU 100-400kVA", font = ('arial',12),
background_color='grey18')],

```

```

[sg.Text(f'6) Cargas Críticas: Dado a potência descrita o DC terá aproximadamente
{qnt_rack} racks/gabinetes de 42Us em equipamentos de TI,\n"
    f" cada rack possuindo uma PDU para distribuição da energia de forma segura
entre os equipamentos de TI", font = ('arial',12), background_color='grey18')],
[sg.Text(f'7) Cargas Mecânicas: Sistema de Refrigeração/Climatização, Iluminação e
Sala de Suporte", font = ('arial',12), background_color='grey18')],
[sg.Text("", background_color='grey18')],
[sg.Text("", background_color='grey18')],
[sg.Text("",background_color='grey18')],
], background_color='grey18')

```

```

layout2 = [[diagrama_coluna, dim_coluna]]
screen_width, screen_height = sg.Window.get_screen_size()
window = sg.Window("Diagrama Unifilar", layout2, size=(screen_width, screen_height),
resizable=True)

```

```

while True:
    event2, values2 = window.read()
    if event2 == sg.WIN_CLOSED or event2 == "Fechar":
        break
window.close()

```

```

coluna_input = sg.Column([
    [sg.Image('unesp-logo.png')],
    [sg.Text("")],
    [sg.Text("")],
    [sg.Text("Esta ferramenta tem como objetivo o auxílio de profissionais de TI para o
dimensionamento da infraestrutura elétrica, facilities, de Data Center de Pequeno e Médio
porte.", size=(50,3))],
    [sg.Text('Preencha as informações básicas a seguir:')],
    [sg.Text("Carga de TI (kW)", sg.Input(key='kW_TI', size=(5,1))],
    [sg.Text("Tensão de Alimentação (V)", sg.Combo([380, 400, 415], key="V")],
    [sg.Text("Classificação TIER", sg.Combo(["Tier I", "Tier II", "Tier III", "Tier IV"], key="tier")],
    [sg.Text("")],
    [sg.Text("")],
    [sg.Button("Dimensionar"), sg.Button("Fechar")]
])

```

```

coluna_imagens = sg.Column([
    [sg.Image('datacenter.png')],
])

```

```

layout = [[coluna_input, coluna_imagens]]
window = sg.Window("Dimensionamento de Data Center", layout, resizable=True)

```

```

while True:
    event, values = window.read()
    if event == sg.WIN_CLOSED or event == "Fechar":

```

```
        break
    if event == "Dimensionar":
        kW_TI = float(values["kW_TI"])
        V = int(values["V"])
        tier = values["tier"]
        resultados = dim(kW_TI, V, tier)
        diagrama(tier)
    window.close()
```