

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS**  
ESCOLA POLITÉCNICA E DE ARTES  
ENGENHARIA ELÉTRICA  
Trabalho Final de Curso II

**Gabriel Caetano Gontijo de Sousa**

Descrição Prática E Teórica Sobre O Dimensionamento De Sistema  
Ups (Nobreak) Com Banco De Baterias E Memorial De Cálculo.

Trabalho Final de Curso II como parte dos requisitos para  
obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica  
apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Cassio Hideki Fujisawa – Orientador. POLI-PUC Goiás.  
Prof. Dr. Antônio Marcos de Melo Medeiros – POLI-PUC Goiás.  
Prof. Dr. Bruno Quirino de Oliveira – Externo

Goiânia, 13 de Dezembro de 2024.

# Descrição Prática e Teórica Sobre o Dimensionamento de Um Sistema UPS (Nobreak) com Banco de Baterias.

Gabriel Caetano Gontijo de Sousa

Cassio Hideki Fujisawa – Orientador

Antônio Marcos de Melo Medeiros – Coorientador

Bruno Quirino de Oliveira – IFG de Trindade, Goiás

**Abstract** – This final course project presents the development of all the necessary stages of knowledge for the design of a UPS system, explaining its topology, operation, and parallelism, the main disturbances and the UPS's response to them, as well as the Battery Bank, detailing its main characteristics, connection schemes, and the type of battery used. Additionally, it includes the creation of a project containing the calculation report with examples, aiming for the best possible didactic approach.

**Keywords** – UPS, UPS Topology, UPS Design, Stabilized Network, Batteries, Battery Bank, Battery Bank Design.

**Resumo** – Este trabalho apresenta o desenvolvimento de todas as etapas necessárias de conhecimento para o dimensionamento de um sistema UPS, explicando sua topologia, funcionamento e paralelismo, principais distúrbios e a ação do UPS sobre, Banco de Baterias, explicando características principais, esquema de ligações e o tipo de bateria utilizada, além da elaboração de um projeto contendo o memorial de cálculo com exemplos, visando a melhor didática possível.

**Palavras-chave** – UPS, Topologia UPS, Dimensionamento UPS, Rede Estabilizada, Baterias, Banco de Baterias, Dimensionamento Banco de Baterias.

## I. INTRODUÇÃO

Considerando o aumento progressivo no uso da energia elétrica nas unidades consumidoras, tem-se feito necessário cada vez mais a utilização contínua e ininterrupta de energia, visando a celeridade e segurança de diversos trabalhos, estudos e dados.

Contudo, as concessionárias de energia não possuem capacidade de manter uma rede ideal todo o tempo, gerando ocasionalmente distorções e ausências na rede elétrica.

Visando solucionar este problema, a tecnologia de fontes ininterruptas de energia (Nobreak, Uninterruptable Power Supply – UPS), foi desenvolvida e aprimorada ao longo dos anos para a finalidade de fornecimento estável e de qualidade para o usuário final. [1]

Este Trabalho tem como seu objetivo principal levar o conhecimento necessário para o estudante ou engenheiro implementar um Sistema UPS com Banco de Baterias. em detrimento de maior conhecimento técnico sobre o assunto supracitado, este trabalho pretende amostrar todo o conhecimento teórico e a aplicação de forma técnica para a implementação de um sistema UPS com Banco de Bateria (BB). Adentrando no tipo, modo de operação e paralelismo de um UPS, nos distúrbios da rede elétrica mais comuns e a influência do sistema UPS, características e topologias das baterias e por fim a elaboração de um Projeto Elétrico, **encontrando-se no apêndice ao final**, com memorial de cálculo.

Entretanto é importante ressaltar que não será levado em consideração o espaço físico de instalação do Nobreak e Banco de Baterias, sendo recomendado a leitura das **NBR's 14204, 14205 e 14206**, para conhecimento sobre armazenamento das baterias de chumbo ácido VRLA. [1]

## Timeline

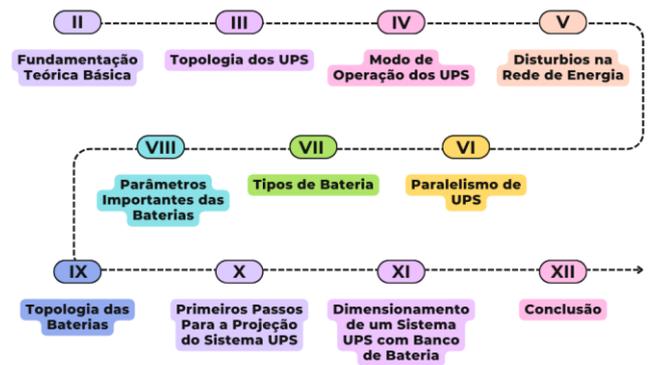


Figura 1: Timeline

É importante destacar alguns pontos, sendo o primeiro ser recomendado ler a **NBR15014 Conversor a semicondutor – sistema de alimentação de potência ininterrupta, com saída em corrente alternada (nobreak) – terminologia**, sendo de fundamental importância, uma vez que **esta norma define as topologias dos nobreaks**, podendo ser utilizada de apoio a este trabalho. O segundo ponto é que **não será considerado o espaço físico do armazenamento de baterias de chumbo ácido**, portanto, **não foi abordado as NBR's 14204, 14205 e 14206**.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA BÁSICA

Apesar dos diversos tipos de UPS, todos possuem uma topologia similar, se consiste em um retificador, necessário para transformar energia CA para CC, para executar o carregamento das baterias, possuem um inversor, para transformar CC em CA e por último uma Chave de Transferência para alternar entre a energia da rede comum e da rede estabilizada.

O sistema UPS possui em sua maioria 3 (três) modos de operação, Bypass, Normal, Bateria. No modo Bypass, a carga está sendo alimentada diretamente pela rede da concessionária, de forma simplificada é como se não existisse o sistema UPS neste modo. O modo de operação Normal, a rede está alimentando o nobreak e o nobreak alimenta a carga enquanto simultaneamente carrega as baterias. O último modo, a Bateria, a carga está sendo alimentada pela bateria do nobreak quando não há energia advinda da rede [1].

Os Nobreaks podem ser classificados por seu tipo, sendo eles, Stand-By, Linha Interativa, Online de dupla conversão e conversão delta on-line, e podem ser classificados de acordo com sua forma de onda na saída, sendo esses, Onda Quadrada, Onda Semi-Senoidal e Onda Senoidal ou Senoidal Pura. Sendo estas as principais características levadas em consideração para a escolha de um nobreak [1].

Após a análise do Nobreak é necessário levantar a análise

sobre o tipo de bateria que será utilizada. Neste estudo será levado em consideração a utilização das baterias de Chumbo-Ácido VRLA. Isto posto, em uma análise a fundo sobre este tipo, pode ser encontrado dois tipos, as AGM e GEL [2].

Entretanto, para começar o estudo sobre seus tipos é necessário o estudo sobre o que caracteriza uma bateria de Chumbo-Ácido VRLA, estas baterias são largamente utilizadas devido suas características de versatilidade, confiabilidade e custo/benefício. Esse tipo de bateria foi criado com o intuito de diminuir a manutenção da bateria, dispensando a adição de água à célula, pois a bateria foi projetada para não existir grandes escapes de gases [2].

Para tanto foi desenvolvido a tecnologia a GEL, a tecnologia a gel mistura ácido sulfúrico e microsfílica, que resulta em um eletrólito de consistência de gelatinosa.

Em contrapartida, foi desenvolvido outro tipo de tecnologia mais comumente utilizada devido a sua alta taxa de eficiência que é a tecnologia Absorved Glass Mat (AGM). Trata-se de redes de micro fibra de vidro, posicionadas entre as placas de chumbo da bateria, que servem como uma esponja, absorvendo o ácido [2].

Após a constatação dos dois tipos de bateria, é necessário efetuar o dimensionamento das baterias com o intuito de dimensionar o Banco de Baterias.

Nesta etapa é necessário levar em consideração muitos fatores de cada bateria, entretanto os mais importantes para esta etapa são a tensão final da bateria, representada em [V], capacidade da bateria, geralmente representada em [Ah] ou [mAh].

É também levado em consideração juntamente com a escolha da bateria a potência que será suprida da carga, quanto tempo será necessário a autonomia e qual será a tensão final que a bateria deve fornecer ao nobreak. Para suprir as questões acima geralmente é necessário o ligamento de diversas baterias em paralelo e/ou em série, sendo que cada ligamento possui suas propriedades [3].

### III. TOPOLOGIA DOS UPS

Conforme supracitado, os nobreaks podem ser caracterizados diante aos seus tipos, sendo eles: Off-line, interativo de linha e On-line.

Em destaque ao tipo de nobreak Off-line, este tipo também é chamado de Shrot Breaks, pelo fato de não fornecerem energia ininterrupta, existindo um “delay” entre o tempo de encerramento de energia e o fornecimento pelas baterias, não garantindo a confiabilidade dos sistemas para os equipamentos conectados [4].

Esta topologia possui uma chave de transferência que possui parâmetros previamente estabelecidos, portanto, quando a energia advinda da rede encontra-se divergente destes parâmetros a chave é acionada e transferida para o acionamento do sistema UPS e retornando a rede assim que a energia da concessionária retorna aos parâmetros da chave, conforme fig. 02 [4].

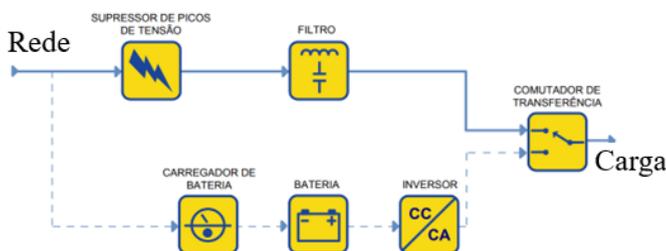


Figura 2: Topologia do Nobreak Standby

Dando continuidade ao raciocínio, existem os nobreaks

interativos de linha, ilustrado na fig. 03, sendo este a concepção mais comum para cargas não críticas. Diferente da topologia anterior nesta o inversor está sempre ligado à saída da UPS, desta forma, enquanto houver energia disponível da rede elétrica, o inversor estará sendo utilizado para carregar a bateria ao mesmo tempo que fornece energia a carga [4].

No caso de falha na alimentação de entrada, geralmente advinda da concessionária, uma chave de transferência se abre e o inversor é acionado de forma inversa, transformando a energia proveniente da bateria novamente em CA e disponibilizando na saída do nobreak [4].

Principais vantagens, como o inversor está sempre ativo no circuito, este tipo de sistema oferece um menor tempo de comutação da alimentação em relação ao modelo Standby.

Outro ponto importante a ressaltar é que nesse sistema ele possui geralmente incorporado um transformador com variação de tap, este componente exerce um controle sobre a variação da tensão na entrada, sendo de extrema importância, pois sem esse componente a bateria seria acionada diversas vezes sem necessidade, devido a momentos em que a tensão na entrada estiver baixa.

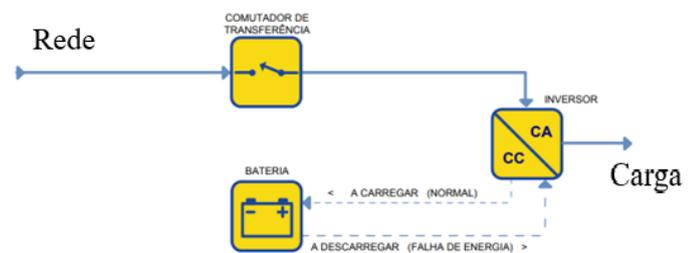


Figura 3: Topologia Nobreak Interativo de Linha

Como ultimo modelo mais comum existe o UPS de dupla conversão on-line, ilustrado na fig. 04, este tipo é essencialmente usado para cargas críticas, tendo em vista que seu funcionamento, quando montado a topologia de forma correta, faz com que a carga tenha energia a todo momento, independente de falhas advindas da concessionária [4].

Nesta topologia as falhas da energia advinda da rede gera atuação da chave de transferência, tendo em vista que a bateria está sempre sendo carregada e conectada diretamente com a saída, deixando a carga a todo o momento com energia.

Entretanto, um dos maiores problemas gerados nesta topologia é que todo o fluxo da carga passa pelo retificador e inversor, resultando em menor eficiência energética e maior produção de calor [4].

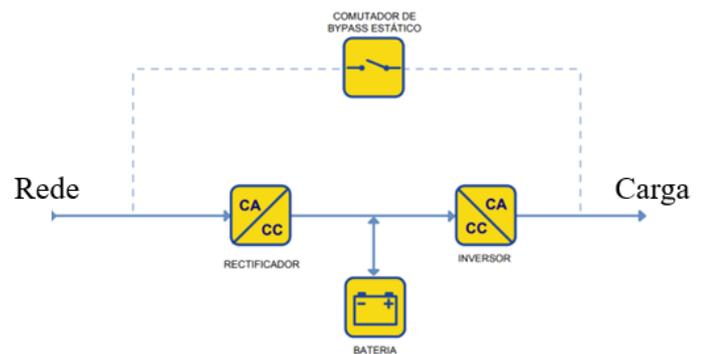


Figura 4: Topologia do Nobreak On-line de Dupla Conversão

Por fim, a topologia de nobreak mais recente e de maior eficiência, ups de conversão delta on-line, ilustrado na fig. 05,

esta topologia foi introduzida com o intuito de eliminar as desvantagens da concepção de Dupla Conversão On-line e está disponível para usar em uma ampla gama de potências, podendo variar de 5kVA a 1,6 MW [4].

Conforme análise de sua topologia é constatado o fato de que o inversor está sempre fornecendo energia a carga. Contudo, o conversor também distribui alimentação para a saída do inversor. Conforme representado abaixo [4].

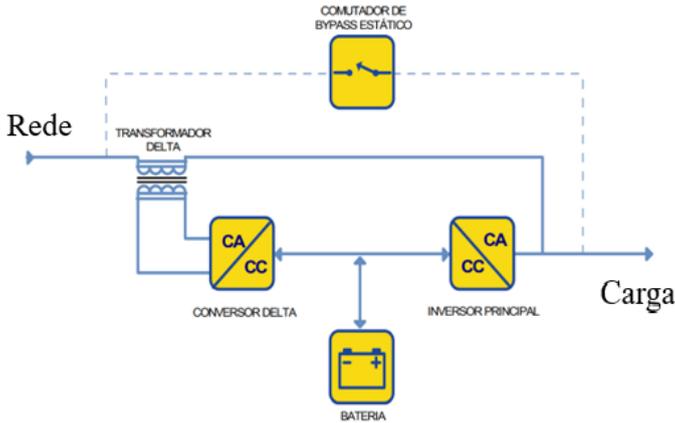


Figura 5: Topologia do Nobreak de Conversão Delta On-Line

Uma maneira ilustrativa de compreender melhor o funcionamento desta topologia, seria considerar a energia necessária para entregar uma embalagem do 4º ao 5º andar de um edifício. O de Conversão Dupla será necessário descer todas as escadas do quarto andar e subir novamente para o quinto andar. Já o de Conversão Delta será utilizado um caminho direto para o quinto andar, conforme ilustração (fig. 06) [4].

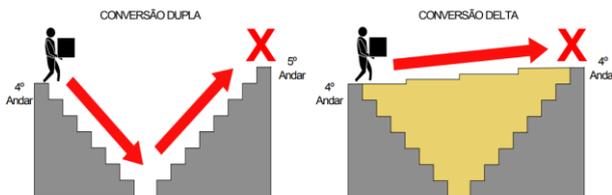


Figura 6: Comparativo de Conversão Dupla e Conversão Delta

Dissertando com maior atenção a ilustração supracitada, o Nobreak de Conversão Delta On-line, enquanto existe energia na rede, ela é transferida diretamente para a alimentação da carga. Da mesma forma, durante a ausência da energia advinda da rede elétrica a carga é alimentada instantaneamente pela bateria, uma vez que o inversor já está ligado diretamente a carga. Superando em eficiência energética a topologia de Dupla Conversão On-Line.

#### IV. MODO DE OPERAÇÃO DOS UPS

Em suma, a maioria dos nobreaks possuem 3 (três) modos de operação, Bypass, Normal e Bateria, sendo utilizado amplamente por quase todas as topologias.

Um ponto interessante a constatar é que alguns nobreaks possuem ilustrações com LEDs para indicar qual o caminho que a energia está percorrendo para alimentar a carga, conforme ilustrado nas fig. 7, 8 e 9. Ressalvo que as figuras são meramente ilustrativas, tendo em vista que podem variar de acordo com marca, modelo e topologia de cada nobreak.

O primeiro modo é o Bypass, ilustrado na fig. 06, neste modo a carga é alimentada diretamente pela rede de energia sem que o fluxo passe pelo nobreak, fazendo com que isole o nobreak do sistema, em termos simples, neste modo de atuação a carga está recebendo energia como se não existisse um nobreak [1].

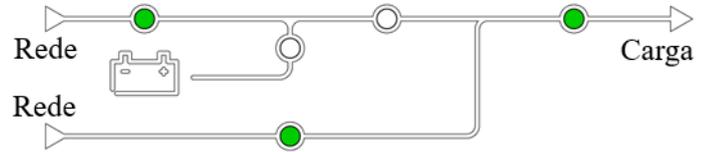


Figura 7: Nobreak em Modo de Operação Bypass

O segundo modo de operação é o Normal, ilustrado na fig. 07, neste modo a energia passa pelo nobreak seguindo normalmente o caminho predefinido nas topologias anteriormente citadas, sem qualquer tipo de perturbação advinda da rede elétrica, um ponto interessante a destacar é que neste modo os nobreaks estão carregando suas baterias [1].

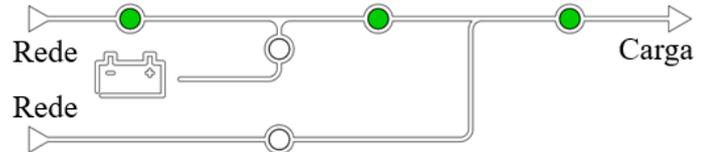


Figura 8: Nobreak em Modo de Operação Normal

O terceiro modo de operação "Bateria", ilustrado na fig. 08, é o modo de operação quando a energia que abastece a carga advém das baterias do nobreak até determinado nível de tensão [1].

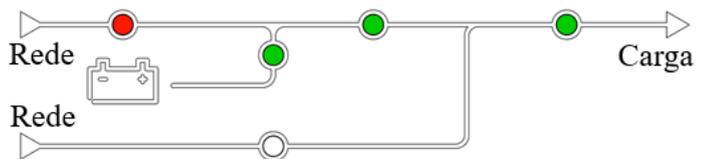


Figura 9: Nobreak em Modo Operação Bateria

#### V. DISTÚRBIOS NA REDE DE ENERGIA

Um dos passos importantes para o dimensionamento de um Sistema UPS é conhecer os tipos de distúrbios da rede aliado ao conhecimento dos tipos de nobreak, para o correto dimensionamento e segurança da carga.

Existem os distúrbios mais comuns são: interrupções, afundamentos instantâneos de tensão, elevação instantânea de tensão, afundamento momentâneo de tensão, elevação momentânea de tensão, transitório impulsivo, variação na frequência, ruídos e distorções harmônicas. Estes são os 9 (nove) distúrbios mais comuns que ocorrem na rede elétrica, que posteriormente serão explicadas detalhadamente, abaixo consta a fig. 10 com os distúrbios e o nível de proteção de cada topologia dos nobreaks.

Problema (Distúrbio)	Forma de onda	Stand-by	Interativo	On-line
1) interrupção (outage, ou blackouts)		✓	✓	✓
2) afundamento instantâneo de tensão (sags, ou dip)		✓	✓	✓
3) elevação instantânea de tensão (surge)		✓	✓	✓
4) afundamento momentâneo de tensão (brownouts)			✓	✓
5) elevação momentânea de tensão (swell)			✓	✓
6) transitório impulsivo (spikes)				✓
7) variação na frequência				✓
8) ruídos				✓
9) distorção harmônica				✓

Figura 10: Tabela com os Distúrbios e Nível de Proteção de Cada Nobreak

**Interrupção (outage, ou blackouts)** – caracterizado pela ausência total no fornecimento de energia da rede elétrica, deixando a carga sem energia [6].

**Afundamento instantâneo de tensão (sags ou dip)** – tipo de distúrbio que se caracteriza por uma redução momentânea de tensão, com duração de 3 a 4 ciclos senoidais, geralmente causado pela partida de grandes cargas, as quais requerem altas correntes de partida [6].

**Elevação instantânea de tensão (surge)** – determinada pelo crescimento na tensão com duração de meio ciclo por minuto. Causadas por curto-circuito fase-terra, onde a fase com pleno funcionamento sofre elevação de tensão [6].

**Afundamento momentâneo de tensão (brownouts)** – determinado pela redução no valor da tensão eficaz da rede elétrica por um longo intervalo de tempo, geralmente causadas por problemas no funcionamento das concessionárias ou sobrecargas na rede elétrica [6].

**Elevação momentânea de tensão (swell)** – caracterizado pelo aumento da tensão eficaz, geralmente causada por um grande aumento na demanda de tensão de um sistema elétrico, podendo gerar desligamentos e queima de equipamentos [6].

**Transitório impulsivo (spikes)** – causado por descargas atmosféricas, caracterizado pelo tempo de subida e descida do impulso, possuem frequências extremamente diferentes da rede elétrica com impulsos unidirecionais em polaridade (positivo ou negativo) [6].

**Variação na frequência** – caracterizado pela variação do valor da frequência fundamental, podendo causar desligamento em massa de equipamentos, podendo chegar ao desligamento de bairros e cidades [6].

**Ruídos** – caracterizado por frequências inferiores a 200kHz, que somam ao sinal de potência principal, causado por diversos equipamentos com características eletromagnéticas ao longo do sistema.

**Distorção harmônica** – caracterizado por equipamentos com cargas não lineares, uma vez que estas são responsáveis pela inserção de corrente ou tensão com diferentes níveis, frequências ou formas de onda na rede elétrica [6].

## VI. PARALELISMO DE NOBREAKS

Para o ideal dimensionamento é necessário analisar se a carga precisara de redundância para garantir seu funcionamento em qualquer situação.

Portanto, existem dois tipos de paralelismo mais comuns, Paralelismo Passivo e Paralelismo Redundante Ativo [7].

**Paralelismo Passivo** ocorre quando existem pelo menos dois nobreaks, de mesma potência, com um nobreak principal

que esta sempre alimentando a carga e sua alternativa é conectado ao segundo nobreak [7], conforme fig. 11.

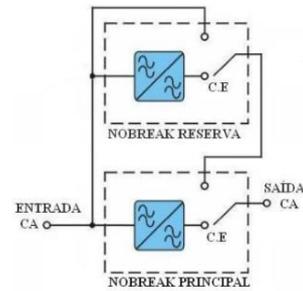


Figura 11: Dois Nobreaks em Paralelismo Passivo

No caso de manutenção, proteções ou falha do primeiro equipamento, a carga é transferida integralmente ao segundo equipamento, somente no caso de sobrecargas, curto-circuito ou falha dos dois equipamentos simultaneamente, a carga será alimentada pela rede [7].

Outro modo de redundância é o Paralelismo Ativo, nesta configuração existem dois ou mais nobreaks alimentando a carga simultaneamente de modo compartilhado, suas saídas são conectadas diretamente entre si e à carga [7], conforme fig. 12.

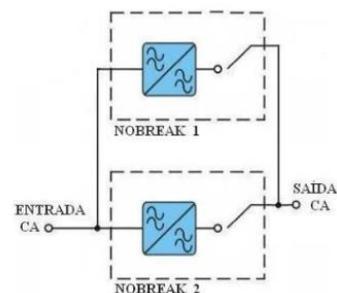


Figura 12: Dois Nobreaks em Paralelismo Ativo

Neste tipo de topologia é necessário que seja dimensionado corretamente a potencia dos nobreaks para a carga, tendo em vista que no caso de uma carga de 12KVA e o dimensionamento de dois nobreaks de 10KVA, no caso da falha de um nobreak o outro estará operando em sobrecarga, podendo cessar o fornecimento de energia a carga.

## VII. TIPOS DE BATERIAS

Conforme supracitado, após a análise dos Nobreaks (UPS) é necessário realizar o estudo sobre as baterias e seus tipos, entretanto tendo em foco os nobreaks, será direcionado este estudo das baterias Chumbo-Ácido VRLA.

Primeiramente é importante constatar o que é uma bateria Chumbo-Ácido. Estas são de um tipo de bateria recarregável que utilizam chumbo e dióxido de chumbo como materiais do eletrodo, com um eletrólito de ácido sulfúrico diluído. São amplamente utilizadas devido sua capacidade de fornecer altas correntes por períodos curtos de tempo.

Com o passar dos anos e o aprimoramento tecnológico sobre as baterias, as baterias de chumbo-Ácido evoluíram para possuir tecnologia VRLA (*Valve-Regulated Lead-Ácid*), que significa Chumbo-Ácido Regulado por Válvula, para tanto foram desenvolvidos dois tipos mais comuns no mercado desta bateria, sendo elas VRLA GEL e VRLA AGM.

As Baterias VRLA GEL, utilizam um eletrólito de ácido sulfúrico imobilizado em forma de gel, com o ácido sulfúrico é misturado com sílica pirogênica usada como agente espessante, devido estas características esta bateria pode ser posicionada

em qualquer posição e possui maior resistência a temperaturas extremas, com resistência a choques e vibrações [8].

As Baterias VRLA AGM (Absorbent Glass Mat), que pode ser traduzido como Rede Absorvente de Vidro, neste tipo, a bateria tem o eletrólito absorvido em um separador de fibra de vidro [8]. Com esse design é possível que a bateria ofereça uma **resistência interna menor**, permitindo a entrega de **altas correntes** em comparação as baterias de GEL.

### VIII. PARÂMETROS IMPORTANTES DAS BATERIAS

Com a finalização do tópico sobre tipos baterias, é necessário avaliar quais são os principais parâmetros que deve ser levado em consideração para o dimensionamento de um banco de baterias. Para tanto será estudado os parâmetros: Tensão de flutuação, Equalização, Capacidade, Tensão Final e Tensão por célula.

**Tensão de Flutuação:** está refere-se a tensão do retificador sobre a bateria, neste modo o retificador exerce uma tensão sobre a bateria a qual a mantém carregada **sem fornecer energia** a carga.

Dando posteriores explicações, para melhor entendimento, tendo em vista a existência de um banco de bateria com **2,0V/cél** e a existência de **12 elementos** no banco de bateria, significa que o banco possui uma tensão nominal de **24V**. Portanto, se este banco for submetido a uma tensão maior que 24V, gerada pelo retificador, tem-se então duas fontes de corrente contínua em paralelo, sendo que a fonte de maior potencial irá fornecer toda a corrente requisitada pela carga [9].

Em resumo, é chamado de tensão de flutuação, a tensão na qual a bateria não fornece corrente, por estar sendo submetido em paralelo, a uma fonte de maior valor.

Sendo de extrema importância o conhecimento o valor da tensão de flutuação, geralmente podendo ser consultada no manual do fabricante (*datasheet*).

**Tensão de Equalização:** este é um parâmetro de carga utilizado visando garantir que todas as células da bateria sejam carregadas de maneira uniforme. Este processo envolve a aplicação de sobrecarga controlada, geralmente após um período de uso ou quando as células estão desequilibradas. A equalização ajuda a eliminar sulfatação e a manter a capacidade e a vida útil da bateria.

**Capacidade:** A capacidade de uma bateria é um parâmetro fundamental que define a quantidade de carga elétrica que a bateria pode armazenar e fornecer sob determinadas condições. É geralmente expressa em (Ah) representando a quantidade de corrente que pode ser fornecida em um período, como exemplo 10 amperes por uma hora, ou 1 ampere por 10 horas.

**Tensão Final:** a tensão final de uma bateria é um dos parâmetros mais importantes, pois é definido nela quando a bateria está totalmente carregada, além de que define o máximo que se poderá carregar a bateria, tendo em vista que caso a tensão ultrapasse este limite a vida útil da bateria é severamente reduzida.

**Tensão por Célula:** define a tensão nominal e operacional de cada célula individual dentro da bateria. Sendo de extrema importância o conhecimento sobre todos os parâmetros, podendo ser constado nos manuais do fabricante como, por exemplo:

**Tensão Nominal:** 2,0V por célula

**Tensão de Carga Completa:** 2,1V a 2,15V por célula

**Tensão de Flutuação:** 2,23V a 2,27V por célula

**Tensão de Equalização :** 2,4V a 2,5V por célula

É importante destacar que, todos os parâmetros acima possuem relação direta com a temperatura das baterias, sendo normalmente as baterias de Chumbo-Ácido VRLA AGM serem criadas para utilização em **25 °C**, para manter sua máxima

eficiência de tensão, capacidade e vida útil, podendo variar todos os parâmetros supracitados conforme a baixa ou a alta da temperatura.

É importante destacar que a cada acréscimo de **8,5 °C** na temperatura após os **25 °C** a vida útil da bateria cai pela metade [10], devido à Equação de **Arrhenius**, a qual relaciona a taxa de reação química e a temperatura.

### IX. TOPOLOGIA DAS BATERIAS

Com a finalização das explicações sobre os parâmetros mais relevantes nas análises das baterias, será discorrido sobre as topologias de baterias, podendo ser encontradas em Série e em Paralelo, cada uma possuindo suas particularidades.

Esquema de ligação em **Série**: nesta ligação, as baterias somam suas tensões mantendo a mesma capacidade, como exemplo, duas baterias de 12V e 200Ah são ligadas em série, portanto existirá uma tensão de 24V e capacidade de 200Ah [11], **Conforme fig. 13**.

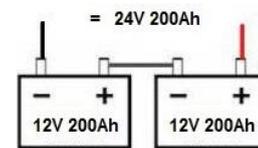


Figura 13: Ligação em Série de Baterias

Esquema de ligação em **Paralelo**: nesta ligação, as baterias somam a Capacidade enquanto mantém a mesma tensão. Como exemplo, duas baterias de 12V e 200Ah quando conectadas em paralelo possuem uma tensão de 12V e capacidade de 400Ah [11], **Conforme fig. 14**.

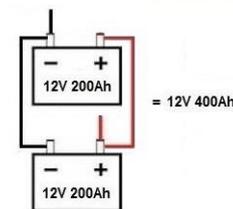


Figura 14: Ligação em Paralelo de Baterias

Existe também uma terceira possibilidade em que as baterias estão conectadas em série e em paralelo, podendo ser representadas **conforme a fig. 14**, seguindo o mesmo exemplo das anteriores.

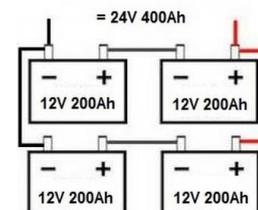


Figura 15: Ligação em Série e Paralelo de Baterias

É de extrema necessidade este conhecimento porque diversos nobreaks possuem tensões mínimas para o funcionamento, como exemplo um nobreak que funciona apenas após ser acionado uma tensão de 24V advinda das baterias, para tanto é necessário a utilização de uma bateria de 24V ou duas baterias de 12V em série, totalizando 24V, ou 4 baterias de 6V em série, também totalizando 24V, para a

possibilidade de utilização deste nobreak.

Além disso, em UPS maiores é necessário a definição de cada um dos parâmetros, como exemplo, Tensão Nominal das Baterias, Tensão de Carga Completa, Tensão de Flutuação, Tensão de Equalização e Tensão final do Banco de Baterias, este último podendo ser a tensão total das baterias em série.

Caso exista a má configuração de algum dos parâmetros acima, poderá reduzir drasticamente a vida útil das baterias, podendo até mesmo inutilizar completamente o banco de baterias em um curto período.

#### X. PRIMEIROS PASSOS PARA A PROJEÇÃO DO SISTEMA UPS

Inicialmente é necessário responder algumas perguntas, **qual a carga que eu preciso proteger?, qual a carga total?, qual a tensão de entrada e saída?, qual tempo que devo assegurar a carga em caso de falha no fornecimento da energia?** Todas essas perguntas são de extrema importância, uma vez que respondidas corretamente asseguram que o sistema será eficiente e suprirá a necessidade.

Encaminhando a primeira pergunta, **qual a carga que eu preciso proteger?**, é interessante este questionamento, uma vez que a resposta dele condiz em qual será a topologia do sistema UPS utilizada, tendo em vista que uma carga de um *data center* se difere de uma carga de um computador pessoal, sendo considerado diferentes níveis de segurança para cada.

Em prosseguimento existe o segundo ponto. **Qual a carga total?**, é de grande interesse, uma vez deverá ser calculado a potência máxima, dimensionado a carga em kVA, visando evitar sobrecargas.

**Qual a tensão de entrada e saída?** Representa a necessidade de averiguação de que, em caso de uma carga muito grande, será necessário a utilização de um nobreak de entrada trifásica 380V para um menor custo no dimensionamento dos cabos e uma saída monofásica em 220V ou 127V para o atendimento da carga.

**Qual tempo devo assegurar a carga em caso de falha no fornecimento de energia?** Existindo a necessidade diferente de acordo com cada carga, será necessário mensurar qual o tempo total que deve ficar em funcionamento a carga, sendo considerado que algumas cargas poderão durar apenas alguns minutos com o intuito de salvar todos os trabalhos e desligar de forma segura os equipamentos, já outras deverão permanecer funcionando de forma ininterrupta por horas, para manter funcionando até que o fornecimento de energia da concessionária se estabeleça novamente.

Como pode ser notado, cada pergunta corresponde a situações singulares, não sendo possível a padronização de um melhor sistema, sendo necessário o levantamento correto de cada pergunta para então a possibilidade do melhor atendimento.

#### XI. DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA UPS COM BANCO DE BATERIA.

Até o momento, foi desenvolvido o passo a passo e todo o conhecimento técnico necessário para ser desenvolvido de forma correta o dimensionamento de um sistema UPS com banco de baterias.

Para tanto, a fim de suprir finalmente o objetivo do trabalho, será realizado a simulação de 1 (um) sistema UPS com banco de baterias, utilizando todo o conhecimento técnico previamente mencionado, sendo realizado além do cálculo o projeto elétrico de rede estabilizada como exemplo, anexado ao final da pesquisa.

Considere a situação: Um escritório de engenharia, o qual possui **18 estações de trabalho**, sendo considerados 1 computador, 1 impressora e 2 monitores por estação de

trabalho, e requer o **funcionamento ininterrupto** pelo menos **3 horas** no caso de falha de energia advinda da concessionária. Para tanto foi considerado 18 pontos de trabalho, possuindo 725 kVA cada ponto, conforme *Quadro I - Potência por Estação de Trabalho*. Destaco que essa situação está ilustrada no **Projeto Elétrico de 302 m<sup>2</sup>** que se encontra em apêndice ao final deste trabalho.

*Quadro I: Potência por Estação de Trabalho.*

Potência por WorkStation					
Item	Qnt.	Potência Unitária [W]	Fator de Potência [FP]	Potência Unitária [VA]	Potência Total [VA]
Computador	1	300,00 [W]	0,8	375,00 [VA]	375,00 [VA]
Monitor	2	90,00 [W]	0,8	112,50 [VA]	225,00 [VA]
Impressora	1	100,00 [W]	0,8	125,00 [VA]	125,00 [VA]
<b>Total</b>					<b>725,00 [VA]</b>

Em uma análise inicial é necessário desenvolver a primeira pergunta, “Qual a carga que devo proteger?”, por se tratar de estações de trabalho que em caso de falha continua no fornecimento de energia advinda da concessionária será impossibilitado a ação laboral, sendo por tanto necessário que seja constante e de forma ininterrupta o fornecimento a estas mesas de trabalho. Portanto, será utilizado um **Nobreak Online de Dupla Conversão**.

Encaminhando-se para a segunda questão, “Qual a carga total?”, para tanto será necessário efetuar o quadro de carga, por tanto será dimensionado a quantidade de circuitos, correntes e potências totais **Em kVA**.

Considerando que cada circuito estabilizado a 220V, será considerado 4 circuitos com suas devidas potências e correntes conforme *Quadro II – Quadro de Carga*, abaixo.

*Quadro II: Quadro de Carga*

Quadro de Carga						
Circuito	Qntd. de Pontos	Potência por Ponto	Potência Total [VA]	Corrente de Projeto [A]	Cabo [mm <sup>2</sup> ]	Disjuntor [A]
1	4	725,00 [VA]	2900,00 [VA]	13,18 [A]	2,5 mm <sup>2</sup>	20 [A]
2	4	725,00 [VA]	2900,00 [VA]	13,18 [A]	2,5 mm <sup>2</sup>	20 [A]
3	4	725,00 [VA]	2900,00 [VA]	13,18 [A]	2,5 mm <sup>2</sup>	20 [A]
4	6	725,00 [VA]	4350,00 [VA]	19,77 [A]	2,5 mm <sup>2</sup>	20 [A]
<b>Total</b>			<b>13050,00 [VA]</b>	<b>19,83 [A]</b>	<b>4 mm<sup>2</sup></b>	<b>25 [A]</b>

Após a análise de carga correta de toda situação, foi constatado que a potência total em **VA** que o *nobreak* deve possuir é de **13050,00 [VA]** caso este ser **monofásico**, entretanto a fim de reduzir os custos e maior eficiência será considerado um *nobreak* Trifásico, podendo ser dividido por 3 (três) a Potência Total, obtendo **4350 [VA]**, uma vez que a potência estará passando em 3 fases e não em apenas uma.

É importante destacar que durante o dimensionamento do quadro de carga, é respondido automaticamente à pergunta, “Qual a tensão de entrada e saída?” tendo em visto que na nossa situação se obtém uma tensão de **entrada Fase-Neutro (FN) de 380V e de saída Fase-Neutro (FN) 220V**.

Para fins acadêmicos foi pesquisado e encontrado o NO BREAK LINHA UPSuper Trifásico de 5 a 100KVA com transformador isolado [12]. Na Tabela 1, é possível identificar diversas versões de nobreak com potências variando de 5 a 100 kVA, com suas tensões de Bateria, VCC e dimensões.

Quadro III: Quadro dos Nobreaks

Potência (KVA)	Tensão Bat (VCC)	Dimensões (mm)		
		L	A	P
5	144	550	1100	350
6	144	550	1100	350
8	144	550	1100	350
10	144	550	1100	350
12	216	550	1100	350
15	216	550	1100	350
18	216	550	1600	600
20	216	550	1600	600
25	216	550	1600	600
30	288	550	1600	600
35	288	550	1600	600
40	288	550	1600	700
50	288	550	1600	800
60	384	550	1600	800
80	384	550	1600	600
100	528	1100	1600	600

Considerando a situação que a potência total trifásica é de **4350 [VA]**, e para suprir a potência total será considerado *nobreak* de **15 [kVA]**.

Por fim obtém-se a pergunta “Qual tempo devo assegurar a carga em caso de falha no fornecimento de energia?” visando dimensionar o banco de bateria. Considerando a necessidade de suprir as 4 horas de funcionamento ininterrupto, obtém-se as seguintes situações. (*Quadro IV - Autonomia do Nobreak*)

Quadro IV: Autonomia do Nobreak

Autonomia do Nobreak								
Situação	Tensão Por Bateria [V]	Corrente Por Bateria [Ah]	Carga [VA]	Baterias em Série	Baterias em Paralelo	Tensão Total BB [V]	Corrente Total BB [Ah]	Tempo em Minutos
1	12	7	13050	1	1	12	7	0,4
2	12	7	13050	6	4	72	28	9,3
3	24	7	13050	9	24	216	168	166,8
4	24	18	13050	9	9	216	162	160,9
5	24	40	13050	9	5	216	200	198,6
6	24	60	13050	9	3	216	180	178,8
7	24	80	13050	9	3	216	240	238,3
8	24	100	13050	9	2	216	200	198,6
9	24	120	13050	9	1	216	120	119,2

Considerando diversas situações, citadas no *Quadro IV: Autonomia do Nobreak*, em que utilizando o datasheet das baterias VRLA – Chumbo-Ácido Seladas Reguladas por Válvula da WEG [13], foi possível constatar as 09 situações descritas, apenas a título de exemplificação, foram expressadas duas situações que são possíveis de encontrar, (constatadas no *Quadro IV*):

**Situação 05:** 45 Baterias, 5 strings de 9 baterias, totalizando 216V, 200Ah com autonomia de 198,6 minutos.

**Situação 08:** 18 Baterias, 2 strings de 9 baterias, totalizando 216V, 200Ah com autonomia de 198,6 minutos.

Sabendo que pode ser escolhido qualquer caso em que o tempo seja maior ou igual 180 minutos, foi escolhido a **situação 08**, que possui 2 strings de 9 baterias, com o **modelo de bateria de 24V 100Ah**.

Em observação ao *Quadro IV: Autonomia do Nobreak*, para efetuar a montagem do mesmo é necessário possuir o conhecimento das formulas para o calculo da autonomia. A autonomia portanto pode ser descrita da seguinte forma:

$$I_a = \frac{\text{Potência da Carga}}{\text{Tensão VCC}}$$

Primeiramente é necessário encontrar a corrente  $I_a$ , sendo encontrada levando em consideração a **Potência da Carga [VA]** e a **Tensão do Banco de Bateria [VCC]**, portanto é encontrado a situação:

$$I_a = \frac{13050}{216} \rightarrow I_a = 60,417$$

Com o valor de  $I_a$ , ele será utilizado para encontrar a

Autonomia em Horas do Banco de Baterias, utilizando a formula:

$$T_{(h)} = \frac{I_{bat}}{I_a}$$

Portanto substituindo os valores nos temos **T(h) = 3,31 horas ou 198,6 minutos:**

$$T_{(h)} = \frac{200}{60,417} \rightarrow T_{(h)} = 3,31$$

Este tópico possui uma parte importante ser levado em consideração, o ambiente de instalação, considerado as dimensões da sala, tamanho o gabinete de baterias, com seu peso máximo e peso por bateria. Entretanto, como mencionado anteriormente, **neste trabalho não serão considerados as situações de ambiente e de instalação.**

Por fim, pode se concluir que então nessa situação fictícia existirá um Nobreak Trifásico de Dupla Conversão Online com onda senoidal de **15 [kVA]**, tensão de entrada 380 [V] tensão de saída 220[V], com um banco de baterias do modelo **24V 100Ah** com **autonomia total de 3 horas**, possuindo 18 baterias sendo 2 strings de 9 baterias, destacando que as baterias são baterias de chumbo ácido VRLA. Destacando que esta situação consta em forma de **projeto elétrico** com diagrama unifilar no **Apêndice 1** deste trabalho.

Informo novamente que não foram levados em consideração os fatores de espaço físico, sendo necessário a leitura das **NBR's 14204, 14205 e 14206**, para conhecimento sobre armazenamento das baterias de chumbo acido VRLA.

## XII. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou preencher uma lacuna identificada durante a revisão de literatura e pesquisa prática: a ausência de um passo a passo consolidado e detalhado para o dimensionamento de sistemas UPS com banco de baterias. Embora existam diversas fontes que abordam aspectos isolados do tema, não foi encontrado um material que integrasse todas as etapas e processos em um único documento, de forma didática e acessível.

Conforme encartado à introdução, o objetivo principal desta pesquisa foi oferecer essa visão completa, reunindo tanto a fundamentação teórica quanto a aplicação prática, a fim de que o leitor possa compreender todas as etapas envolvidas no dimensionamento de um sistema UPS. A contribuição para a comunidade científica está, portanto, na criação de um guia prático e abrangente, capaz de facilitar o entendimento e aplicação do dimensionamento de sistemas UPS com banco de baterias, adentrando com análises e definições de parâmetros e topologias mais comuns e importantes dos sistemas UPS e baterias.

Ademais é reforçado a aplicabilidade do conteúdo supracitado pela realização do dimensionamento aplicado, embora a situação seja fictícia foram considerados maior parte dos pontos que seriam considerados em uma situação real, adentrando com projeto e dimensionamento.

É importante informar ao final que o trabalho descrito seguiu conforme as NBR's 15014 para sistemas UPS.

## XIII. REFERÊNCIAS

- [1] André Luis M. N. B., Ivan José F., "UPS: Sistema Ininterrupto de energia (nobreak) Aplicação, especificação e Dimensionamento", 2018.
- [2] Carneiro R.L., Molina J. H. A., Antoniassi B., Magdalena A.G., Pinto E. M., "Aspectos essenciais das baterias de chumbo-Ácido e princípios físico-químicos e termodinâmicos do seu funcionamento", 2017.

- [3] Erick W. S., Ricardo S. M., "*DIBB – Dimensionador de banco de baterias*", 2010.
- [4] Neil R., "*Os Diferentes tipos de sistemas UPS – Revisão 6*".
- [5] Mario F. A., "*Nobreak dupla conversão monofásico isolado em alta frequência com tensão de entrada bivolt e potência de 1kVA, baseado no conceito de circuito multi-portas*", 2017.
- [6] Salicru, "*Main Types of Electrical Disturbances*".
- [7] Alexandre S. M., Gerson G. E. Guilherme B. "*Associação Paralelo Ativo e Passivo Vantagens e Benefícios*", Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento – CP Eletrônica S.A.
- [8] SecPower, "*Conheça os Tipos de Bateria Chumbo-ácida: AGM, GEL e Ventilada*".
- [9] MaCamp, "*Tensão de Flutuação*", MaCamp.com.br.
- [10] SecPower, "*Cuidados para aumentar a vida útil da bateria selada VRLA*", SecPower.com.br.
- [11] Mppt Solar, "*Ligações de Baterias em Série e Paralelo*", MpptSolar.com
- [12] Guardian, "*Modelos de Nobreaks Linha UPSuper*", Guardian Industrial, Brasil,. Disponível em: [https://guardian.ind.br/pt\\_BR/nobreak/](https://guardian.ind.br/pt_BR/nobreak/).
- [13] WEG, "*Datasheet de Baterias VRLA*", Brasil, 2018. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h40/hb8/WEG-baterias-vrla-catalogo-50078011-pt.pdf>.

# APÊNDICE 1

