

# Capítulo IX

## Projeto de instalação de sistemas UPS

Por Luis Tossi e Azarias Macedo Júnior\*

Neste capítulo, abordaremos os aspectos relacionados ao projeto de sistemas UPS. Trataremos de forma separada os principais aspectos ligados ao projeto de sistemas UPS, como a filosofia do diagrama unifilar geral, os critérios de dimensionamento, a proteção do sistema e os cuidados com os espaços e ambientes dos equipamentos. Sempre que possível, utilizaremos conteúdos de capítulos anteriores deste mesmo tema para evitar duplicidade nas informações. Pretendemos, dessa forma, compor um guia que seja útil ao leitor em aplicações futuras.

### **Composição básica da instalação**

Um sistema UPS, independentemente de sua complexidade, destina-se a alimentar uma carga crítica, que não pode sofrer interrupção da fonte de alimentação.

Sob um ponto de vista macro, o sistema consiste de quatro blocos: fonte de alimentação principal, fonte alternativa de energia, condicionador de energia e barramento seguro.

A fonte principal normalmente é a concessionária de energia local, a fonte alternativa contempla as baterias e os grupos geradores, o condicionador de energia é o UPS em si e o barramento seguro, o painel de alimentação da carga crítica.

Na fase de projeto, estes blocos devem ser analisados e conceituados independentemente, de forma a se obter a melhor configuração individual e do conjunto.

### **Considerações sobre o diagrama unifilar geral**

Esta é a fase conceitual do projeto, na qual serão

definidas as características mais importantes do sistema. É por meio do diagrama unifilar geral que se estabelecem a configuração, a filosofia operacional e níveis de segurança do sistema UPS.

### **Questões básicas**

As questões a seguir referem-se à composição geral do sistema e auxiliam o projetista na fase inicial de conceituação.

- Se o UPS falhar, é admissível que a carga seja alimentada pelas fontes alternativa ou principal? (Esta questão define se o sistema requer ou não configuração redundante dos UPS.)
- Na falha da fonte principal, a carga precisa ser alimentada por tempo indeterminado? (Esta questão define a necessidade ou não de grupos geradores como fonte alternativa).
- Se o sistema estiver sendo alimentado pela fonte alternativa e o grupo gerador falhar, a carga poderá ser desligada? (Esta questão define a necessidade de redundância de grupos geradores.)
- A carga requer duas fontes seguras independentes ou não? (Esta questão define se o sistema deve ter um ou dois barramentos seguros. Configuração “dual ou single”.)
- Qual é o planejamento futuro da carga? (Esta questão define a escalabilidade do sistema ou o grau de expansão a ser previsto para o futuro.)

Note que todas as questões acima tem como foco a carga e seus requisitos de segurança. Portanto, analisar em

profundidade as necessidades de alimentação da carga é fundamental para escolher o diagrama unifilar geral mais adequado. O projetista deve exercitar ao máximo questões como as apresentadas anteriormente, com o objetivo de compreender as necessidades da carga.

### **Redundância N + 1**

Um aspecto fundamental para conceber o diagrama unifilar geral é o conceito de redundância chamado “N + 1”. Este conceito aplica-se a diversas partes do sistema, como UPS e grupos geradores.

Neste conceito, “N” representa o número mínimo de equipamentos necessários para alimentar a carga e “N + 1” é o número de equipamentos instalados que funcionarão simultaneamente. Note que, como todos os equipamentos estão em operação simultânea, na falha de qualquer um deles, os demais terão plena capacidade para alimentar a carga.

### **Configurações típicas**

As figuras a seguir representam diversas configurações de sistemas UPS, com diferentes graus de complexidade e segurança. Elas representam soluções típicas que podem auxiliar o projetista. Quando o sistema for de grande complexidade, é recomendável consultar os diversos fabricantes de UPS, pois eles têm grande experiência e podem colaborar com sugestões criativas para se obter o melhor sistema. A norma ANSI/IEEE Std 241 – 1990 – Electric Power Systems in Commercial Buildings traz uma grande variedade de topologias de sistemas UPS que pode ampliar o universo de pesquisa.

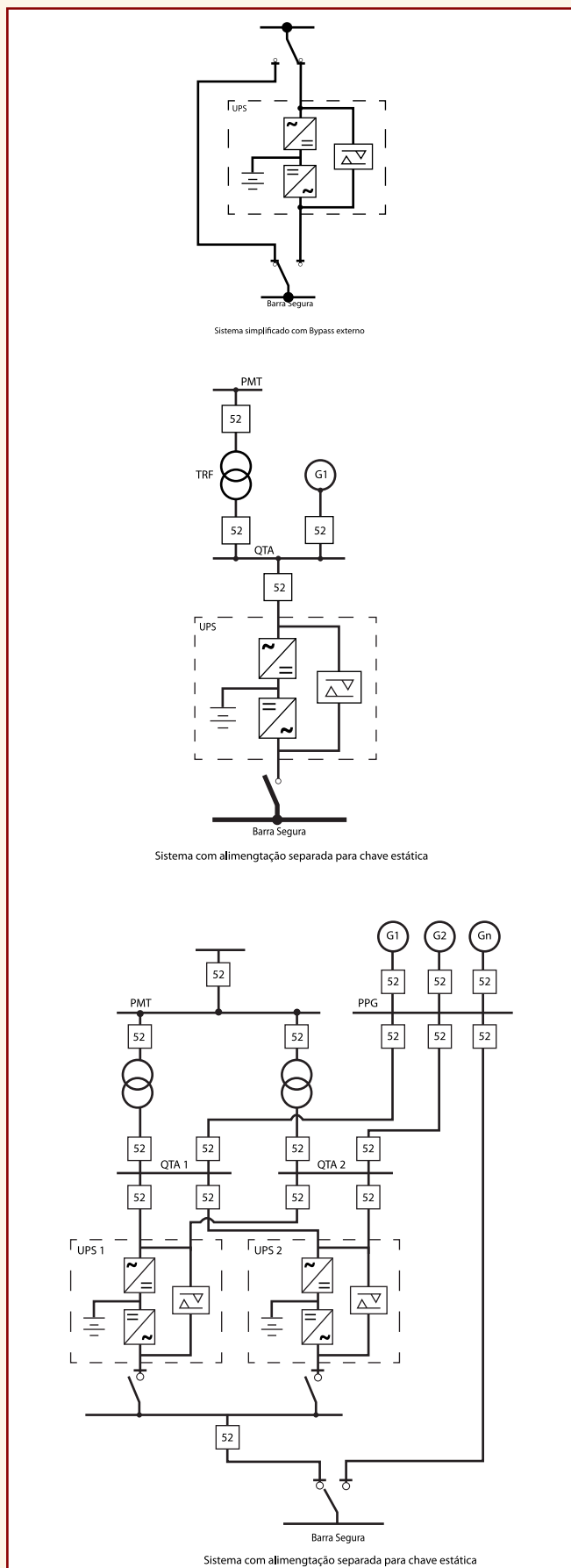
### **Questões complementares**

Após conceituados os quatro blocos do sistema abordados no item 2, devem ser conceituadas as interligações entre eles e os equipamentos complementares.

As questões seguintes referem-se à instalação elétrica e complementam a abordagem para concepção do diagrama unifilar geral.

- É possível alimentar as chaves estáticas e os retificadores de pontos distintos da instalação?
- É possível instalar chaves de transferência automáticas (rede – gerador) independentes para os retificadores e para as chaves estáticas?
- É possível instalar transformadores independentes para alimentação dos retificadores e as chaves estáticas?
- O by pass manual permite alimentar a carga isolando completamente os UPSs, incluindo suas chaves estáticas?
- Há possibilidade de alimentação da carga para situações de falhas em cada uma das partes do sistema?

Inúmeros outros aspectos devem ser considerados, tais como o uso de UPS escalável, sistemas com chaves estáticas centralizadas ou integradas a cada UPS, tensão nominal dos equipamentos, etc. Nas figuras apresentadas no item 3.3, adotamos UPS de dupla conversão com chaves estáticas incorporadas, porém todas as outras alternativas devem ser analisadas.



**Figura 1 – Modelos de diversas configurações de sistemas UPS, com diferentes graus de complexidade e segurança.**

Contudo, a abordagem do diagrama unifilar geral deve ser orientada por dois aspectos fundamentais: os requisitos da carga e as possibilidades da instalação local. Analisar ambos com profundidade e abrangência permite definir a melhor composição para o sistema.

### **Dimensionamento do UPS**

O sistema UPS, seja ele um equipamento único, seja um conjunto operando em paralelo, deve ser dimensionado para atender à potência ativa da carga. A expressão a seguir permite fazer este dimensionamento.

$$S = \frac{P_c}{(FP \times n \times FCM)}$$

Em que:

S = potência aparente do UPS (kVA)

P<sub>c</sub> = Potência ativa da carga (kW)

FP = Fator de potência de saída do UPS

n = rendimento do inversor do UPS

FCM = Fator de carregamento máximo admitido para o UPS

### **Observações:**

1. A potência ativa da carga é a demanda máxima prevista para alimentação, acrescida da reserva para crescimento futuro. É importante salientar que não se trata da potência instalada total de equipamentos, mas da demanda máxima prevista.
2. O rendimento aqui considerado é apenas do inversor, pois é este que define a potência nominal de saída do UPS.
3. O fator de carregamento máximo do UPS relaciona a potência nominal à carga, quando esta está no seu limite máximo. Por exemplo, se desejamos que ao alimentar a carga máxima o UPS opere a 95% de sua capacidade nominal, então o FCM será de 0,95.
4. Quando se trata de configurações N + 1, a potência aqui obtida refere-se à condição N.
5. Quando se dimensiona UPS escalável, esta expressão conduz a sua potência nominal, com todos os módulos. Para determinar a composição de módulos iniciais, é necessário desconsiderar a parcela de expansão futura da carga.

### **Dimensionamento dos circuitos alimentadores**

Os circuitos alimentadores devem ser dimensionados conforme os métodos tradicionais indicados pela ABNT NBR 5410 em seu item 5.3.4.1 – Coordenação entre condutores e dispositivos de proteção, obedecendo às restrições de métodos de instalação e coordenação com os dispositivos de proteção.

Resumidamente, o método anterior prescreve que as duas expressões a seguir devem ser atendidas:

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_2 < 1,45 \times I_z$$

Em que:

$I_b$  = corrente de projeto do circuito a dimensionar;

$I_n$  = corrente de atuação do dispositivo de proteção do circuito;

$I_z$  = Capacidade de condução dos cabos do circuito, para a condição de instalação;

$I_2$  = Corrente de atuação para disjuntores e de fusão para fusíveis.

Observações:

1. A nomenclatura anterior é a mesma adotada pela ABNT NBR 5410 para permitir facilidade em consulta à norma.
2. A corrente  $I_b$  é aquela que define a condição mais crítica de funcionamento do circuito. É importante perceber que, em um sistema UPS, esta condição não é a mesma para todos os circuitos.
3. Quando um mesmo circuito apresenta duas ou mais maneiras de instalar, a capacidade de condução dos cabos deve ser adotada para a condição mais desfavorável.
4. Atenção especial deve ser dada à localização dos circuitos e temperaturas ambientes desses locais. Em salas condicionadas, podem ser obtidos ganhos pelo aumento da capacidade de condução.

#### **Alimentadores de retificadores**

Para os circuitos que alimentam os retificadores dos UPS, é imprescindível considerar a potência de entrada do equipamento, na condição de recarga das baterias. O retificador do UPS sempre é dimensionado para alimentar a potência nominal do UPS e carregar as baterias, após falha da fonte de alimentação. Isso significa que a potência de entrada do UPS é maior que a sua potência nominal e, portanto, os circuitos de alimentação devem considerar esta condição.

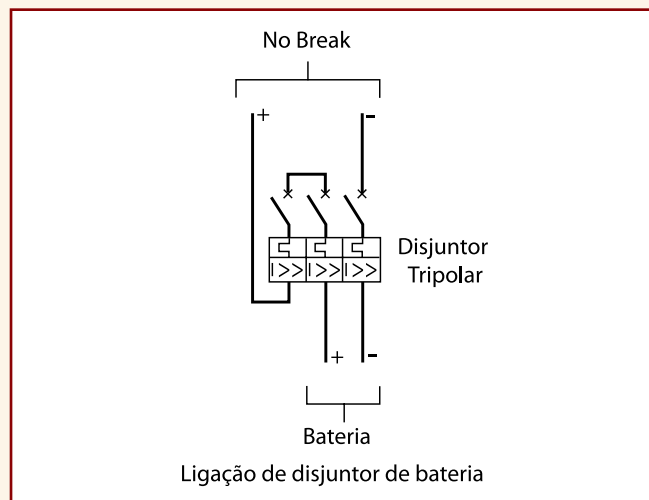
Normalmente, esta potência adicional é de 20% da potência nominal do UPS. Para equipamentos de grande porte, este valor é ajustável, permitindo ao projetista definir o melhor dimensionamento dos alimentadores.

De toda forma, é imprescindível verificar qual porcentagem de carga do UPS será adotada e considerar esta potência como adicional em todos os alimentadores à montante dos retificadores dos UPS.

#### **Circuitos de baterias**

Os circuitos que interligam as baterias aos UPS conduzem corrente contínua. Dessa forma, tem apenas dois polos e não sofrem o efeito "skin" de redução da capacidade de condução devido à frequência. Consultar a capacidade de condução dos cabos para corrente contínua pode levar a uma redução do número de cabos em paralelo, principalmente quando o sistema é de grande capacidade.

É aconselhável também, nestes casos, consultar o fabricante, sobre a forma de conexão dos cabos em disjuntores tripolares. A Figura 2 ilustra o tipo de ligação mais usual para estes casos. Quando a corrente é muito alta, estas ligações exigem painéis de grandes dimensões que, se não forem corretamente considerados no lay out inicial, causam sérios problemas ao final da montagem.



**Figura 2 – Tipo de ligação mais usual para corrente contínua.**

#### **Distorção harmônica**

Outro fator importante a ser considerado no dimensionamento de todos os alimentadores, é a distorção harmônica presente no sistema. Esta distorção pode requerer um sobre dimensionamento do condutor neutro, devido às harmônicas de ordem múltiplas de 3. Este dimensionamento deve ser feito de acordo com o item 6.2.2.5 Condutor Neutro e Anexo F da ABNT NBR 5410.

#### **Dimensionamento dos transformadores**

Quando o sistema é de grande porte e requer aplicação de transformadores, é necessário avaliar dois aspectos, o ponto do diagrama unifilar geral no qual o transformador está inserido e o conteúdo de harmônicas neste ponto.

Com relação ao ponto no qual o transformador está inserido, devem ser avaliadas e respondidas as seguintes questões:

- O transformador alimentará retificadores ou não? Em caso afirmativo, deve considerar a mesma potência reserva para carregamento de baterias, mencionada no item 5.1 para os circuitos alimentadores.
- O transformador tem como função isolamento galvânico ou apenas ajuste de tensão? Se for apenas para ajuste de tensão, pode-se empregar um autotransformador, com menores custos e perdas. Pontos típicos são as saídas dos sistemas.
- A corrente de magnetização dos transformadores permite que se energize o painel de média tensão que os alimenta sem atuação da proteção instantânea? Esta questão deve ser analisada cuidadosamente, pois pode ser necessário especificar transformadores com baixa corrente de magnetização, caso contrário, pode ser necessário desabilitar a proteção instantânea de sobrecorrente, que é um prejuízo qualitativo muito importante.

#### **Distorção Harmônica e Fator K**

Com relação ao aspecto de distorção harmônica, é necessário avaliar o grau desta distorção e determinar o fator K para o transformador. O fator K é um artifício de cálculo que leva ao sobredimensionamento do

transformador, para compensar os efeitos de aquecimento decorrente das correntes harmônicas.

O fator K é definido pela seguinte expressão:

$$K = \sum_{k=1}^{\infty} I_{h(pu)}^2 h^2$$

Em que:

h = ordem da harmônica

$I_{h(pu)}$  = corrente rms da harmônica expressa em (pu), da corrente nominal do transformador

O método leva a valores diversos do fator K, entretanto, a indústria normalmente produz transformadores para valores  $K = 1, 4, 9, 13$  e  $20$ . Assim, após determinar o valor K conforme a expressão anterior, deve-se escolher o valor comercial imediatamente acima. As classificações K acima estão definidas na norma ANSI/IEEE C57.110 1986. O leitor pode consultar a norma para informações mais detalhadas.

### ***Dimensionamento dos grupos geradores***

Três fatores são fundamentais para o dimensionamento dos grupos geradores: a potência máxima a ser alimentada, a distorção harmônica do sistema nesta condição e a corrente de magnetização dos transformadores na partida dos geradores.

A potência máxima a alimentar deve considerar a parcela de carregamento de baterias dos retificadores. Para sistemas de grande porte,

há a possibilidade de ajustar esta parcela em diferentes configurações de alimentação. Assim, pode-se ajustar para um valor mais baixo, se necessário, quando o sistema estiver sob alimentação dos geradores. Não devem ser esquecidas cargas complementares ao sistema UPS, como equipamentos de ar condicionado do ambiente, etc.

Com relação à distorção harmônica, ela está vinculada ao número de pulsos do retificador. Para essa consideração, recomendamos ao leitor consultar o “Capítulo IV – Aplicação de UPS de dupla conversão”, divulgado nesta publicação – Edição 63, abril de 2011.

Com relação à corrente de magnetização dos transformadores, é necessário verificar quantos transformadores serão energizados simultaneamente pelos grupos geradores e avaliar o impacto destas correntes na queda de tensão do grupo gerador. Pode ser necessário especificar transformadores de baixa corrente de magnetização para evitar que os grupos geradores tenham de ser super dimensionados para suportar esta condição. Para esta questão, recomendamos consultar o fabricante dos grupos geradores.

Para determinação da potência do grupo gerador, o leitor pode utilizar a fórmula apresentada no “Capítulo IV – Aplicação de UPS de dupla conversão” já mencionado.

### ***Aplicação e dimensionamento de Static Transfer Switch (STS)***

As chaves de transferência estáticas (STS) são equipamentos que comutam duas fontes de energia para uma saída, com tempos de

comutação inferiores a 1/4 de ciclo, ou seja, inferior a 4,0 ms. Quando a comutação é feita nesta velocidade, a carga não sofre interrupção no funcionamento.

As STS são utilizadas em sistemas com dois barramentos seguros (dual bus) que alimentam cargas com uma única fonte de alimentação (single power). Para proporcionar maior confiabilidade na alimentação destas cargas, utilizam-se as chaves de transferência estáticas. Ela recebe alimentação dos dois barramentos seguros e alimentam um terceiro barramento seguro, este dedicado às cargas “single power”.

Estas chaves são dimensionadas sempre para a corrente nominal da carga, considerando-se seu fator de carregamento máximo. A expressão a seguir permite dimensionar STS.

$$I_{sts} = \frac{I_c}{FCM}$$

Em que:

$I_{sts}$  = corrente mínima da chave estática;

$I_c$  = Corrente nominal da carga;

FCM = Fator de carregamento máximo adotado para a chave estática a plena carga.

### **Considerações sobre as proteções**

Após conceituado o diagrama unifilar geral do sistema e dimensionado seus equipamentos, é hora de conceituar, dimensionar e coordenar as proteções. Com pequenas exceções, estas aqui aplicam-se exatamente os mesmos conceitos e práticas de sistemas elétricos comuns.

As observações a seguir podem ser adotadas como um guia no estabelecimento das proteções.

- Todos os circuitos alimentadores devem ser protegidos contra sobrecarga e curto-circuito conforme procedimento da norma ABNT NBR 5410.
- Sempre que as tensões nominais fase-fase forem iguais ou superiores a 380 V, é recomendável prever proteção de fuga a terra, função 51 GS. Recomenda-se instalar relés independentes nos principais ramais. A atuação desta proteção deve ser temporizada para garantir melhor estabilidade. Uma temporização mínima de 100 ms com sensibilidade em torno de 10% da corrente nominal geralmente é adequada.
- Todos os transformadores devem ter proteção térmica, função 49, com níveis de alarme e desligamento.
- Todos os dispositivos de proteção à jusante de chaves estáticas devem ser coordenados com a proteção interna desta. Como as chaves estáticas utilizam dispositivos estáticos, sua proteção interna normalmente é feita com fusíveis ultrarrápidos. A instalação de disjuntores à jusante de fusíveis ultrarrápidos é de difícil coordenação e deve sempre ser avaliada com muito cuidado. Quando o sistema exigir alta confiabilidade e tiver grande porte, recomenda-se consultar o fabricante dos equipamentos e envolver um especialista em coordenação.
- Prever uma rede de equipamentos de medição, com velocidade

de leitura e capacidade de memória suficientes para detectar falhas e registrar os instantes anteriores e posteriores a estas, é de fundamental importância para manutenção e melhoria do sistema após sua energização. A aplicação de registradores de grandezas elétricas em pontos específicos do sistema auxilia não só durante a operação normal, quando oferecem parâmetros de consumo e demais grandezas, mas permite reconstituir os eventos de falha para análise, quando estes ocorrem. Ao se empregar tais tipos de analisadores, é fundamental e imprescindível verificar sua velocidade de leitura e resposta e sua capacidade de armazenamento.

### **Cuidados com a arquitetura dos ambientes**

Um aspecto não menos importante que os demais em um projeto de sistema UPS é a conceituação dos ambientes que abrigarão os equipamentos. De nada adianta um sistema perfeitamente conceituado sob o ponto de vista elétrico se os ambientes que abrigam os equipamentos não permitem condições adequadas e seguras para seu funcionamento, operação e manutenção. Não cuidar desse aspecto pode prejudicar definitivamente a confiabilidade e vida útil do sistema.

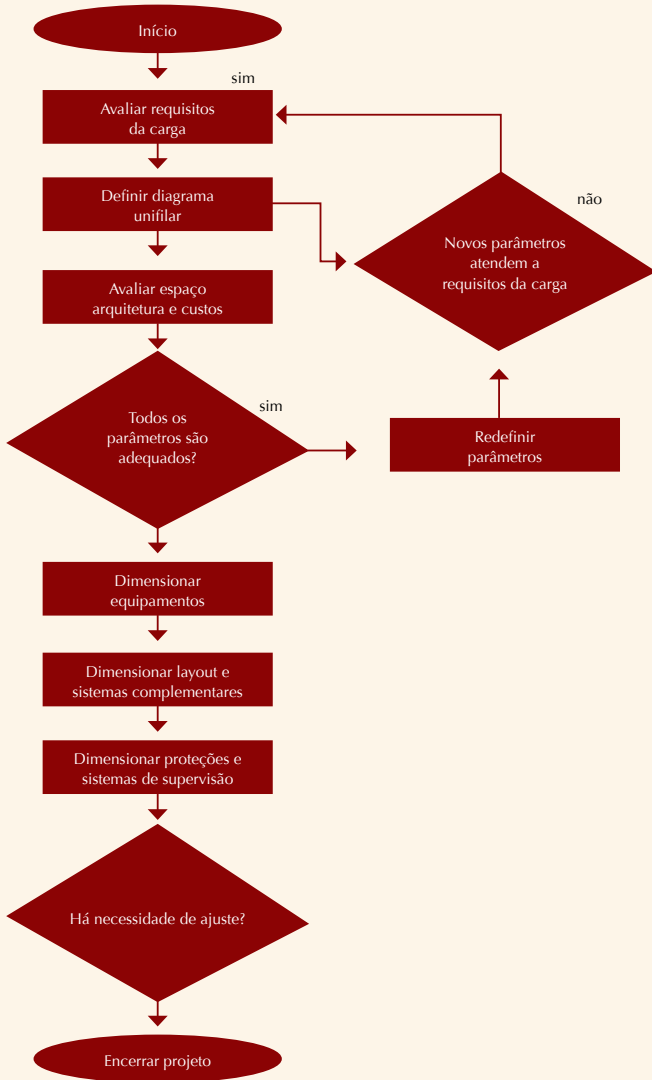
Entre os aspectos mais importantes que devem ser levados em conta, salientamos os que seguem:

- Todos os ambientes devem ter layout interno que permita a retirada e colocação de equipamentos de maneira segura, mantendo os demais em operação normal;
- Todos os ambientes devem ter espaços internos que permitam a execução de manutenção dos equipamentos, de forma segura, sem necessidade de parada de outros equipamentos;
- Em ambientes com piso elevado, como as salas de UPS, a organização dos leitos deve ser feita de tal forma que permita inspeção permanente, retirada e colocação de outros cabos, quando necessário, sem necessidade de paralisar todo o sistema;
- O sistema de ar condicionado deve permitir controle de temperatura independente para sala de UPS e baterias;
- Na sala de UPS de grande porte, as grelhas de retorno de ar quente devem estar o mais próximo possível das grelhas de descarga de ar quente dos UPS. Nesta mesma sala, o insuflamento deve estar o mais próximo das grelhas de tomada de ar frio dos UPS;
- Na sala dos geradores, o sistema de ventilação deve garantir um fluxo de ar fresco no mínimo igual à vazão dos radiadores dos grupos geradores em funcionamento. Este dimensionamento deve ser feito pelo engenheiro de ventilação envolvido e os espaços necessários devem ser adequadamente inseridos na arquitetura;
- Todos os ambientes devem possuir ao menos duas portas para pessoas, sendo uma para saída de emergência em caso de acidente. Preferencialmente, as portas devem estar em paredes opostas;
- Sempre que os requisitos de segurança intrínsecos ao sistema exigirem, devem ser previstas paredes e portas corta-fogo para isolamento de ambientes;
- Sistemas de detecção de fumaça, alarme de incêndio e iluminação de emergência devem ser previstos em todos os ambientes.

## Conclusão

Como em todo processo de desenvolvimento, projetar um sistema UPS requer disciplina e atenção às minúcias e particularidades de cada caso. Aqui apresentamos um guia rápido dos aspectos mais relevantes, os quais não podem ser relegados, sob risco de forte perda de qualidade.

Como conclusão, salientamos a necessidade de praticar uma visão abrangente ao abordar o projeto e a capacidade de descer às particularidades necessárias durante seu desenvolvimento. O diagrama a seguir é uma contribuição simples para a abordagem do que aqui relatamos.



**\*LUIS TOSSI é engenheiro electricista e diretor-geral da Chloride Brasil. Atua na área de condicionamento de energia e aplicações de missão crítica há 23 anos, com larga experiência em produtos, aplicações e tecnologias de ponta.**

**AZARIAS MACEDO JÚNIOR é engenheiro electricista pela Escola de Engenharia de Lins, mestre em energia pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e membro do IEEE. Foi engenheiro de projetos na Itaú Planejamento e Engenharia e, atualmente, é diretor técnico-administrativo da MA2 Projetos & Gerenciamento Ltda.**

**Continua na próxima edição**  
 Confira todos os artigos deste fascículo em [www.osetoreletrico.com.br](http://www.osetoreletrico.com.br)  
 Dúvidas, sugestões e comentários podem ser encaminhados para o e-mail [redacao@atitudeeditorial.com.br](mailto:redacao@atitudeeditorial.com.br)