



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
RIO GRANDE DO NORTE

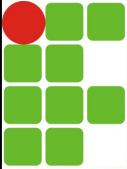


REDE FEDERAL
DE EDUCAÇÃO
PROFISSIONAL
E TECNOLÓGICA
1909.2009

Curso de Tecnologia em Redes de Computadores

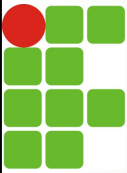
Disciplina: Planejamento e projeto de redes
04. Distribuição Elétrica e UPS

Prof. Ronaldo <ronaldo.maia@ifrn.edu.br>



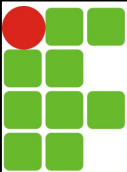
Introdução

- Um dos sistemas mais críticos de um data center é seu sistema de distribuição elétrica
- Alimentação elétrica dos equipamentos críticos de TI deve ser contínua e ter disponibilidade de 100%
 - Para garantir tal disponibilidade, sistemas auxiliares de alimentação são agregados ao sistema convencional
 - Os sistemas auxiliares são os grupos geradores a diesel e os sistemas UPS (*Uninterruptable Power Supply*), também chamados *no-breaks*
 - A configuração do sistema elétrico com suas contingências define suas características de *disponibilidade* e *confiabilidade*, ou seja, seu *uptime*



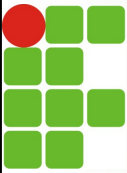
Distribuição elétrica no data center

- É crítica e deve garantir operação segura e confiável do site
 - Pode requerer sistemas sofisticados e complexos, aumentando seu grau em função dos requisitos de *uptime* e redundância
 - De qualquer forma, o sistema elétrico de um data center deve ter os seguintes elementos básicos
 - Entrada de alimentação proveniente da concessionária
 - Grupo motor-gerador, normalmente chamado apenas de gerador
 - Chaveadores (chaves de comutação)
 - Sistema UPS
 - Quadros/painéis de distribuição (PDU - *Power Distribution Unit*)
 - Sistema de aterramento



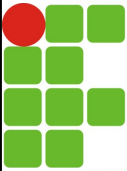
Distribuição elétrica no data center

- Independente de sua classificação em termos de disponibilidade e redundância, todo data center deve atender alguns requisitos
 - Deve ter uma fonte alternativa de energia elétrica
 - Deve ter uma unidade UPS
 - Deve ter um sistema de aterramento dedicado à sala de computadores
- As características de projeto e operação dos sistemas elétricos de um data center estão diretamente associadas à sua capacidade e eficiência
 - Devem levar em consideração classificações estabelecidas por normas



Capacidade e eficiência do sistema elétrico

- A **capacidade do sistema elétrico** do data center é a potência (kW) necessária para alimentar a carga do site com alguma margem de projeto, bem como consideração para crescimento futuro
 - Essa capacidade de projeto é chamada "N", sendo dimensionado com base na classificação pretendida
 - Sites com níveis de redundância mais elevados **não** apresentam uma **eficiência de projeto** elevada. Devemos então diferenciar:
 - **Eficiência de projeto**: está relacionada ao dimensionamento da topologia do sistema elétrico do site
 - **Eficiência de operação**: está relacionada às características dos componentes, dispositivos ou sistemas isolados



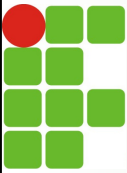
Capacidade e eficiência do sistema elétrico

- A **eficiência de projeto** é definida, matematicamente, por:

$$e_p = \frac{\text{Carga requerida (kW)}}{\text{Potência instalada (kW)}} \cdot 100(\%)$$
- **Ex:** Consideremos as possibilidades de dimensionamento de um sistema UPS modular para redundância N+1, com N=200kW:
 - Dois módulos de 200 kW;
 - Três módulos de 100 kW;
 - Quatro módulos de 66 kW;
 - Cinco módulos de 50 kW.

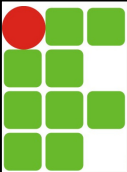
Topologia	Eficiência de projeto	Relação de módulos
N+1	50%	2:1
	66%	3:2
	75%	4:3
	80%	5:4

Fonte: MARIN, Paulo Sérgio. *Data Centers - Desvendando cada passo: conceitos, projeto, infraestrutura física e eficiência energética* - Pág. 80



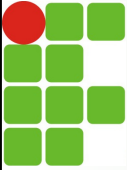
Capacidade e eficiência do sistema elétrico

- Entre os fatores que afetam a **eficiência de projeto** do sistema elétrico, podemos citar:
 - **Classificação do site:** níveis mais altos têm maior redundância;
 - **Disponibilidade do site:** quanto maior, maior será a redundância;
 - O nível de mais alto de disponibilidade geralmente está associado a uma menor eficiência de projeto e utilização → devido maior quantidade de equipamentos redundantes, maiores serão também as perdas elétricas
- Os aspectos de eficiência energética podem ser avaliados pelo indicador PUE (*Power Usage Effectiveness*) também definido pelo *Up-time Institute* [TOSSI & FERRANTE, 2011]
 - De uma forma geral, o PUE deve medir a relação entre a energia total consumida pelo site (equipamentos TI, cargas de ar-condicionado, iluminação, perdas elétricas e outras) e o consumo exclusivo das cargas TI.
 - Portanto, quanto mais o PUE se aproxima de 1, mais eficiente será o uso de energia do site.



Projeto do sistema elétrico

- O primeiro passo na execução do projeto elétrico do data center é a definição da classificação *tier* desejada, além do conhecimento da capacidade da carga a ser suportada
 - **Carga subestimada:** operações do data center podem ser afetadas ou interrompidas com o crescimento da carga
 - **Carga superestimada:** pode haver um desperdício de dinheiro em soluções muito caras ou sofisticadas
- Em termos de consumo elétrico, em geral, temos que:
 - Sistemas mecânicos (climatização) são responsáveis por 50% do consumo total do site;
 - Carga crítica de TI: 36%;
 - Sistemas de UPS e baterias: 11% (devido o ciclo de cargas da bateria);
 - Iluminação: 3%.

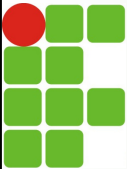


Projeto do sistema elétrico

- Para a determinação do consumo do data center, sua carga crítica de TI deve ser conhecida e um fator de crescimento (para expansão futura do site) deve ser aplicado
 - A carga crítica pode ser observada pela soma das cargas individuais (em kW) de todos os equipamentos de TI;
 - Também devem ser observados as cargas dos espaços de suporte;
 - E as cargas de climatização e iluminação.

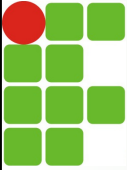
Equipamento	Consumo médio por unidade de rack
Servidor do tipo <i>blade</i>	500W
<i>Disk array</i> – SAN	260W
<i>Switch</i> Ethernet 24 portas	100W
<i>Switch</i> Ethernet 48 portas	150W
Roteador (<i>router</i>)	120W
<i>Switch</i> Ethernet <i>core</i> (chassis)	150W

Fonte: MARIN, Paulo Sérgio. *Data Centers - Desvendando cada passo: conceitos, projeto, infraestrutura física e eficiência energética* - Pág. 92



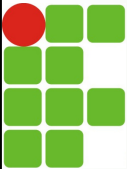
Classificações dos sistemas elétricos

- As classificações dos sistemas elétricos dos data centers têm como base: disponibilidade, confiabilidade e redundância. Porém, sua topologia tem como base o nível de redundância, podendo ser:
 - N ou Requisito básico
 - Redundância N+1
 - Redundância N+2
 - Redundância 2N
 - Redundância 2(N+1)



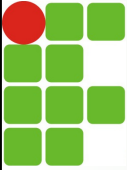
Classificações dos sistemas elétricos

- Sistema elétrico sem redundância (N)
 - Apresenta os requisitos mínimos para alimentar uma carga N
 - Não atende os requisitos de alta disponibilidade e confiabilidade de sites de missão crítica
- Sistema elétrico com redundância N+1
 - Possui uma unidade, módulo, encaminhamento ou sistema adicional em relação ao básico (N)
 - Uma falha ou manutenção de qualquer unidade, módulo ou encaminhamento não causará, necessariamente, a interrupção das operações do data center



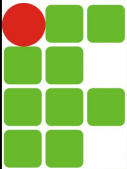
Classificações dos sistemas elétricos

- Sistema elétrico com redundância N+2
 - Possui duas unidades, módulos, encaminhamentos ou sistemas além do requisito básico (N)
 - Uma falha ou manutenção de quaisquer dois módulos, unidades ou encaminhamentos não causará, necessariamente, a interrupção das operações do data center
- Sistema elétrico com redundância 2N
 - Possui duas unidades completas, módulos, encaminhamentos ou sistemas para cada requisito básico (N)
 - Também conhecida por topologia de encaminhamento duplo
 - Uma falha ou manutenção de uma unidade completa, módulo, encaminhamento ou sistema não causará interrupção das operações do data center



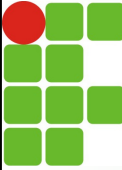
Classificações dos sistemas elétricos

- Sistema elétrico com redundância $2(N+1)$
 - Possui duas unidades completas $(N+1)$, módulos, encaminhamentos ou sistemas em adição básico (N)
 - Uma falha ou manutenção de uma unidade completa, módulo, encaminhamento ou sistema não causará interrupção das operações do data center
- Como os data centers têm infraestrutura dinâmica, a manutenção do nível de classificação projetado e instalado depende de uma operação eficiente
 - Fatores que, caso mudem, podem afetar a classificação do sistema elétrico ao longo da vida útil do data center
 - Redundância, capacidade, expansão, manutenção e qualidade



Configuração do sistema de distribuição elétrica do data center

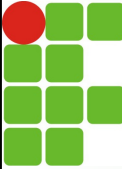
- Deve ser feita de acordo com a classificação *tier* desejada
 - Como a classificação geral do site é determinada pelo elemento de menor nível, o sistema elétrico deve ser capaz de atendê-la
- Sites *tier* 3 e 4 necessitam que pontos isolados de falha do sistema elétrico sejam eliminados
 - A redundância aumenta a tolerância a falhas do site e sua capacidade de manutenção, todavia aumenta a complexidade do sistema elétrico, que pode levar ao erro operacional (humano)
 - Desta forma, a complexidade do sistema deve ser levada em consideração em conjunto com a facilidade de operação



Parâmetros de avaliação preliminar para determinar a classificação *tier* do data center

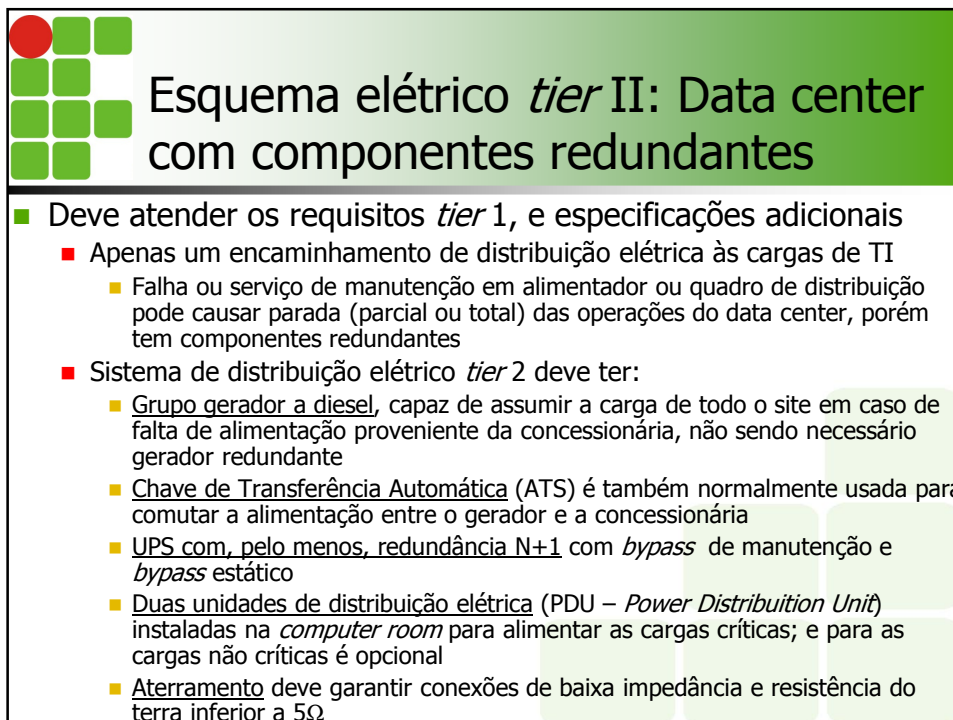
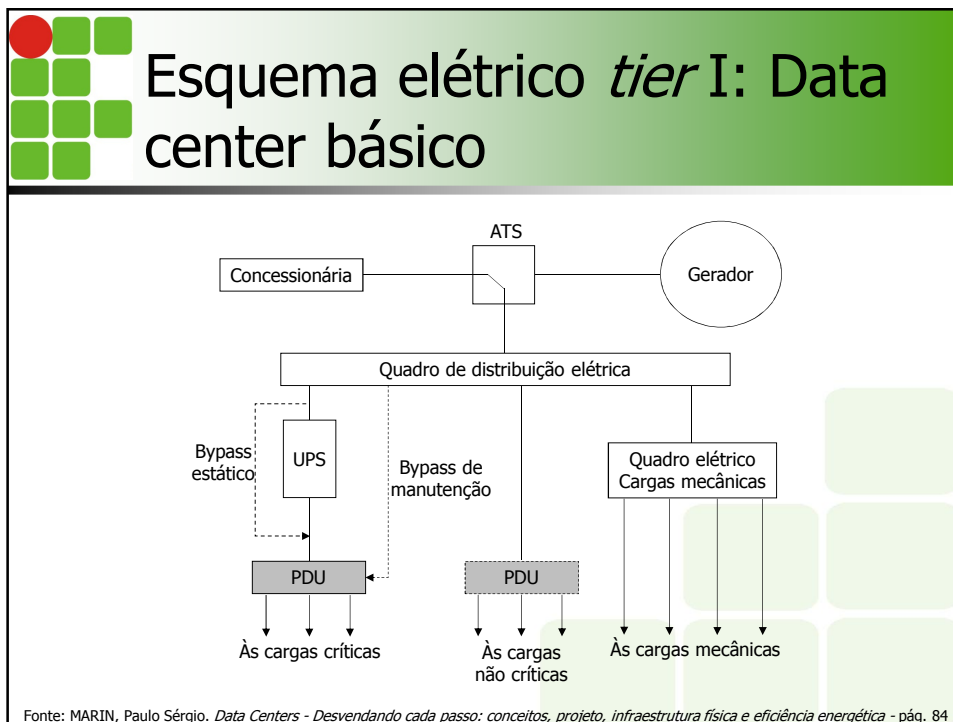
Parâmetro de Avaliação	Sim	Não
Há desconexão da carga crítica com a queda da concessionária/subestação	Sem classificação <i>tier</i>	<i>Tier</i> 1 a <i>Tier</i> 4
Há perda de redundância com a queda da concessionária/subestação	<i>Tier</i> 1	<i>Tier</i> 2 a <i>Tier</i> 4
Há desconexão da carga em atividades de manutenção	<i>Tier</i> 1	<i>Tier</i> 2 a <i>Tier</i> 4
Há perda de redundância durante as atividades de manutenção	<i>Tier</i> 1 a <i>Tier</i> 4	
O data center deve ser desligado para a instalação de componentes adicionais no sistema elétrico	<i>Tier</i> 1 e <i>Tier</i> 2	<i>Tier</i> 3 a <i>Tier</i> 4
Tem capacidade de recuperação de falhas	<i>Tier</i> 4	<i>Tier</i> 1 a <i>Tier</i> 3

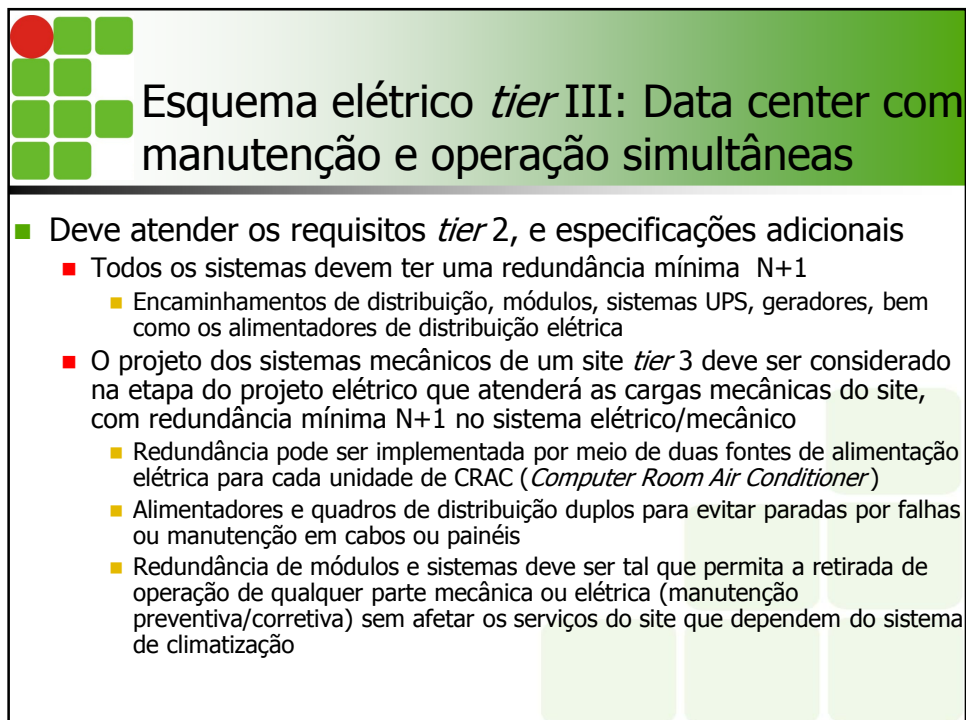
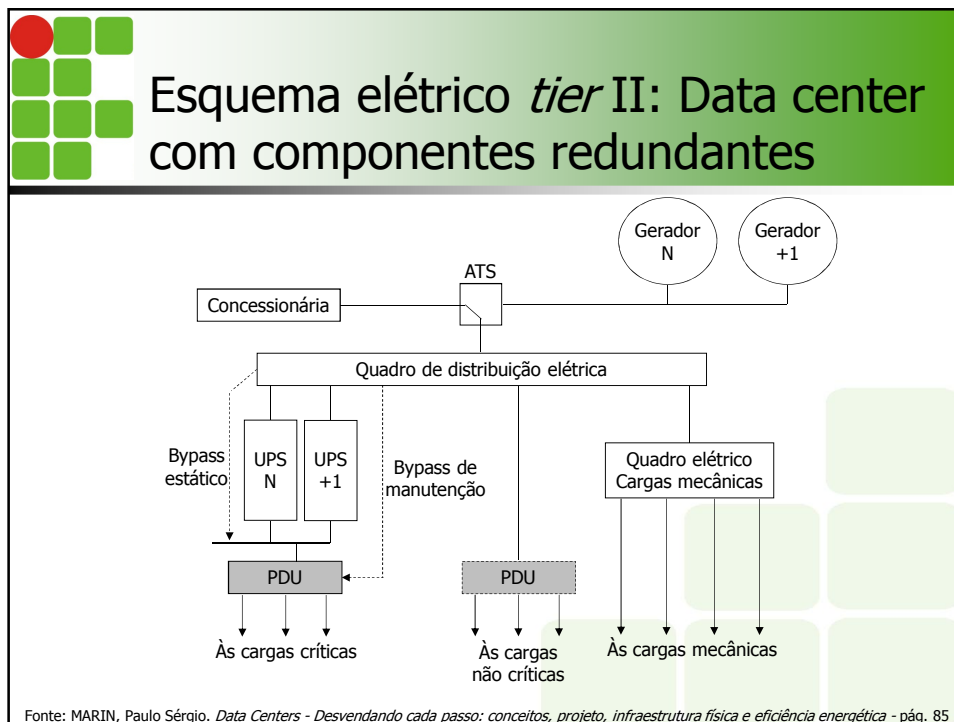
Fonte: MARIN, Paulo Sérgio. *Data Centers - Desvendando cada passo: conceitos, projeto, infraestrutura física e eficiência energética* - Pág. 83



Esquema elétrico *tier* I: Data center básico

- É capaz de atender os requisitos mínimos das cargas críticas de TI com pouca ou nenhuma redundância
 - Apenas um encaminhamento de distribuição elétrica às cargas de TI
 - Falha ou serviço de manutenção em alimentador ou quadro de distribuição pode causar parada (parcial ou total) das operações do data center
 - Sistema de distribuição elétrico *tier* 1 deve ter:
 - Grupo gerador a diesel, que pode ser equipamento único, ou arranjo de geradores (não obrigatoriamente provendo redundância)
 - Chave de Transferência Automática (ATS - *Automatic Transfer Switch*) usada para comutar a alimentação entre o gerador e a concessionária
 - Um UPS (sistema ou equipamento único) com *bypass* de manutenção e *bypass* estático
 - Unidades de distribuição elétrica (PDU – *Power Distribution Unit*) instaladas na *computer room* para alimentar às cargas críticas; e para as cargas não críticas é opcional
 - Aterramento deve garantir conexões de baixa impedância e resistência do terra inferior a 5Ω

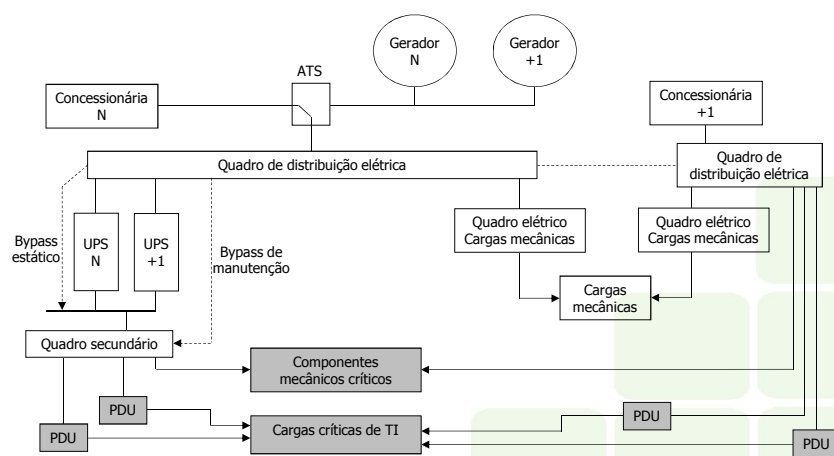




Esquema elétrico *tier* III: Data center com manutenção e operação simultâneas

- Sistema de distribuição elétrico *tier* 3 deve ter:
 - Grupo gerador a diesel, capaz de assumir a carga de todo o site em caso de falta de alimentação da concessionária, e deve haver um gerador redundante
 - Chave de Transferência Automática (ATS) é também normalmente usada para comutar a alimentação entre o gerador e a concessionária
 - Deve receber alimentação de concessionária secundária ou alternativa: pode ser obtido por meio de geradores próprios ou usinas com fonte alternativa (eolielétrica, termonuclear, queima de bagaço de cana, etc.)
 - Deve haver gerador reserva capaz de alimentar o sistema de distribuição elétrica e o sistema mecânico do site por, pelo menos, 72 horas ininterruptas
 - UPS com, pelo menos, redundância N+1 com *bypass* de manutenção e *bypass* estático
 - Duas PDUs redundantes, cada um proveniente de um UPS diferente, para alimentar cada rack da *computer room*, sendo opcional às cargas não críticas
 - Aterramento deve garantir conexões de baixa impedância e resistência do terra inferior a 5Ω
 - Deve prover monitoramento e controle dos equipamentos elétricos críticos
 - Recomenda-se unidade lógica programável (PLC) para gerenciar sistema mecânico

Esquema elétrico *tier* III: Data center com manutenção e operação simultâneas



Fonte: MARIN, Paulo Sérgio. *Data Centers - Desvendando cada passo: conceitos, projeto, infraestrutura física e eficiência energética* - pág. 88

Esquema elétrico *tier IV*: Infraestrutura tolerante a falhas

- Deve atender os requisitos *tier 3*, e especificações adicionais
 - Todos os sistemas devem ter uma redundância mínima $2(N+1)$
 - Encaminhamentos de distribuição, módulos, sistemas UPS, geradores, bem como os alimentadores de distribuição elétrica
 - O projeto dos sistemas mecânicos de um site *tier 4* deve ser considerado na etapa do projeto elétrico que atenderá as cargas mecânicas do site, com redundância mínima $2(N+1)$ no sistema elétrico/mecânico
 - Geradores em configuração mínima $2(N+1)$
 - Site deve receber alimentação de concessionária secundária ou alternativa
 - O edifício no qual o data center funciona deve estar conectada a 2 subestações separadas como redundância mínima requerida
 - UPS com redundância mínima $2(N+1)$ com *bypass* (estático e de manutenção)
 - Topologia de distribuição de alimentação às cargas conectadas às unidades de distribuição (PDUs) deve ser $2(N+1)$, no mínimo
 - Demais recomendações semelhantes aos requisitos *tier 3*
 - Aterramento; sist. de gerenciamento e controle de equipamentos elétricos críticos; recomenda-se o uso de unidade lógica programável (PLC) para gerenciar o sistema mecânico do site

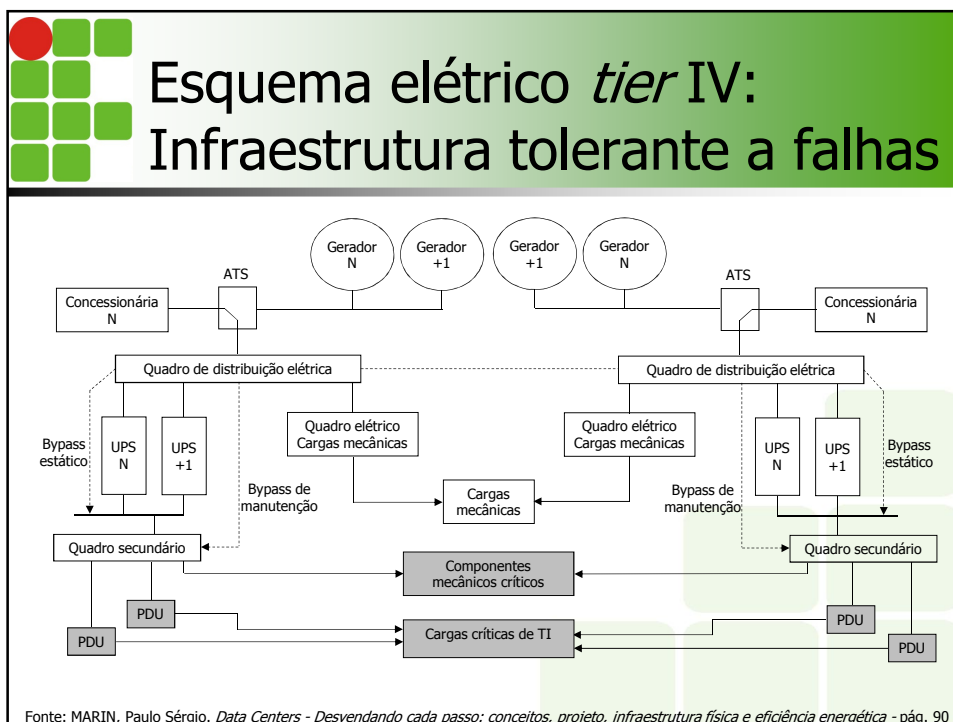


TABELA 1 – PARTE DAS RECOMENDAÇÕES DA TABELA 10 DA NORMA TIA 942

	TIER I	TIER II	TIER III	TIER IV
NÚMERO DE DELIVERY PATHS	1	1	1 ATIVO E 1 PASSIVO	2 ATIVOS
ENTRADA DA CONCESSIONÁRIA LOCAL DE ALIMENTAÇÃO	ALIMENTADOR ÚNICO	ALIMENTADOR ÚNICO	DÚPLIO CIRCUITO COM TENSÃO SUPERIOR A 600 V	DÚPLIO CIRCUITO COM TENSÃO SUPERIOR A 600 V DE DIFERENTES CONCESSIONÁRIAS
SISTEMA PERMITE MANUTENÇÃO SEM PARADA	NÃO	NÃO	SIM	SIM
PONTOS DE FALHA INDIVIDUAL	UM OU MAIS PONTOS DE FALHA POR SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	UM OU MAIS PONTOS DE FALHA POR SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	NÃO HÁ PONTO DE FALHA POR SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO	NÃO HÁ PONTO DE FALHA POR SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO
SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE CARGA CRÍTICA	CHAVE ESTÁTICA COM BY-PASS DE MANUTENÇÃO			
CARACTERÍSTICAS ESPECIAIS DE DISJUNTORES	NENHUMA	NENHUMA	DISJUNTORES EM MONTAGEM FIXA. QUALQUER PAINEL DE DISTRIBUIÇÃO PODE SER DESLIGADO PARA MANUTENÇÃO SEM PRELÍZIO PARA AS CARGAS CRÍTICAS	DISJUNTORES EM MONTAGEM EXTRÁVEL. QUALQUER PAINEL DE DISTRIBUIÇÃO PODE SER DESLIGADO PARA MANUTENÇÃO SEM PRELÍZIO PARA AS CARGAS CRÍTICAS
ALTONOMIA DOS GERADORES E PLENA CARGA EM HORAS	8 HORAS (GERADOR NÃO É NECESSÁRIO SE O UPS POSSUI 8 MINUTOS DE ALTONOMIA)	24 HORAS	72 HORAS	96 HORAS
REDUNDÂNCIA DO UPS	N	N+1	N+1	2N
TOPOLOGIA DO UPS	SINCELO OU PARALELO NÃO REDUNDANTE	MÓDULOS PARALELOS REDUNDANTES OU MÓDULOS REDUNDANTES DISTRIBUIDOS	MÓDULOS PARALELOS REDUNDANTES, MÓDULOS REDUNDANTES DISTRIBUIDOS OU SISTEMAS DE BLOCOS REDUNDANTES	MÓDULOS PARALELOS REDUNDANTES, MÓDULOS REDUNDANTES DISTRIBUIDOS OU SISTEMAS DE BLOCOS REDUNDANTES
MANUTENÇÃO DO UPS E CONDIÇÃO DE BY-PASS	ALIMENTAÇÃO DO BY-PASS DESDE A MESMA FONTE DO UPS E CONCESSIONÁRIA			BY-PASS OBTIDO DE UM UPS RESERVA QUE É ALIMENTADO DE UM BARRAMENTO DIFERENTE QUE O PRINCIPAL
TENSÃO DE DISTRIBUIÇÃO DO UPS	TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO 120 V/208 V ATÉ CARGAS DE 1440 kVA E 480V PARA CARGAS SUPERIORES A 1440 kVA			
PDU'S ALIMENTAM TODAS AS CARGAS (COMPUTADORES E TELECOMUNICAÇÃO)	NÃO		SIM	
LOAD BUS SYNCHRONIZATION (LBS)	NÃO		SIM	
REDUNDÂNCIA (UPS)	UPS ESTÁTICO	UPS ESTÁTICO OU ROTATIVO	UPS ESTÁTICO OU ROTATIVO	UPS ESTÁTICO, ROTATIVO OU HÍBRIDO
ALIMENTAÇÃO SEPARADA PARA OS EQUIPAMENTOS DE INFORMÁTICA E DE TELECOMUNICAÇÕES	NÃO	SIM	SIM	SIM

Fonte: http://www.osetoeletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed67_fasc_condicionamento_cap8.pdf



Referências Bibliográficas

- MARIN, Paulo Sérgio. *Data Centers - Desvendando cada passo: conceitos, projeto, infraestrutura física e eficiência energética*. São Paulo: Érica, 2011.
- ANSI/TIA-942-2005: *Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers*.
- TOSSI, Luis e FERRANTE, Gustavo. *Aspectos dos projetos elétricos na alimentação de cargas de missão crítica por UPS*. Revista O Setor Elétrico - Edição 67 - Agosto de 2011. Download em: http://www.osetoeletrico.com.br/web/documentos/fasciculos/Ed67_fasc_condicionamento_cap8.pdf