

Comparação da disponibilidade de várias configurações de alimentação de bastidores

**Aplicação
técnica nº 48**

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Sumário Executivo

Utilizam-se comutadores de redundância (Transfer Switch) e distribuição de alimentação por circuitos duplos para o equipamento TI, para melhorar a disponibilidade de sistemas informáticos. As técnicas de análise estatística de disponibilidade perspectivam grandes diferenças de disponibilidade entre os vários métodos normalmente empregues. Esta aplicação técnica debruça-se sobre as várias arquitecturas eléctricas para redundância que são implementadas nos ambientes cruciais actuais. Posteriormente são efectuadas as análises de disponibilidade dos vários cenários e apresentam-se os resultados. A análise mostra qual a estratégia que evidencia melhor desempenho geral e permite comparar as várias alternativas em termos de desempenho e utilidade.

Introdução

O equipamento com alimentação redundante também é designado como equipamento de cabos duplos, por possuir fontes de alimentação duplas, cada uma com o seu cabo. A utilização de equipamento com cabos duplos é uma “prática vantajosa” que ajuda a manter uma disponibilidade energética ideal para o equipamento TI e fornece a redundância necessária para impedir períodos de inactividade devido a uma simples avaria no sistema de distribuição de alimentação. Esta redundância acrescida também facilita a manutenção do sistema de alimentação. Infelizmente, a maioria dos ambientes cruciais da actualidade não tira proveito suficiente desta prática vantajosa. Esta aplicação técnica apresenta vários cenários de arquiteturas eléctricas que podem ser implementados nos centros de dados actuais. Posteriormente são efectuadas as análises de disponibilidade dos vários cenários e apresentam-se os resultados.

Estratégias de distribuição de alimentação para bastidores

As ilustrações abaixo fornecem uma visão geral das várias estratégias para aumentar a disponibilidade em equipamento montado em bastidor e que também podem ser aplicadas a equipamento autónomo. As diferentes estratégias são seleccionadas com o objectivo de atingir o nível desejado de disponibilidade e as mais dispendiosas de entre elas serão em princípio as que fornecerão maior nível de disponibilidade. As Figuras 1 e 2 mostram como é feita a alimentação num bastidor de centro de dados actual.

Figura 1 – Alimentação em bastidor

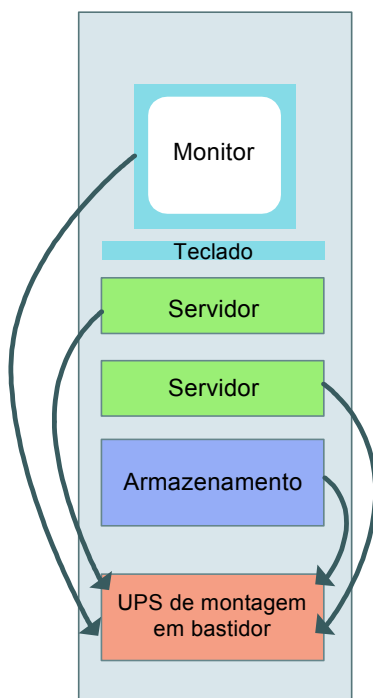
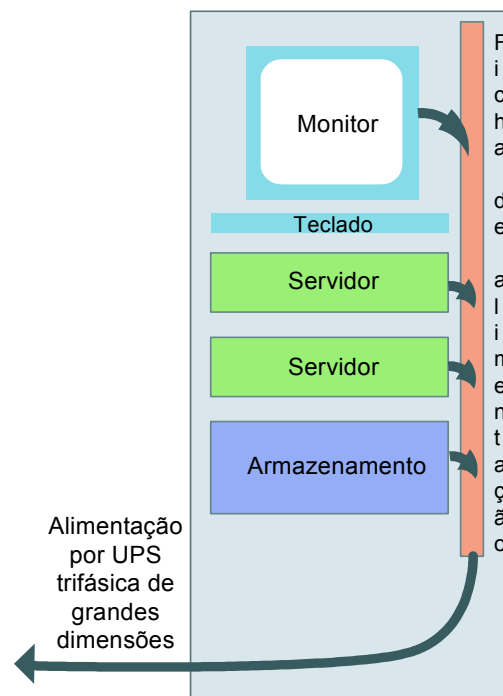


Figura 2 – Alimentação centralizada



A Figura 1 apresenta uma configuração típica de distribuição de alimentação para montagem em bastidor utilizada em centros de dados de pequenas e médias dimensões, bem como em armários de cablagem. Esta configuração permite ter bastidores de fácil mobilidade com bateria de segurança de UPS interna e protecção contra picos de tensão. A configuração da Figura 2, com uma UPS centralizada de grandes dimensões, é mais comum em centros de dados com dezenas ou centenas de bastidores. Não há, em nenhum dos casos, redundância de energia na distribuição de alimentação para o bastidor.

Outras arquitecturas eléctricas utilizam dispositivos para mudar de uma fonte de alimentação primária para uma fonte de alimentação secundária. Dois desses dispositivos são o comutador de redundância (Transfer Switch) estático (STS) e o comutador de redundância (Transfer Switch) automático (ATS). Tanto uma unidade como a outra variam na sua dimensão de 1kW a mais de 1MW. Estes dispositivos são abordados em pormenor na Aplicação técnica nº 62 da APC: “Alimentação de equipamento de cabo único num ambiente de circuitos duplos.” São apresentados abaixo exemplos destes dois dispositivos.



ATS 6kVA trifásico de montagem em bastidor



STS 300kVA trifásico

As Figuras 3 e 4 mostram como a alimentação é distribuída em instalações cruciais e de larga escala. Em ambos os casos há dois circuitos redundantes que confluem para um STS, embora as fontes de corrente pública que alimentem a UPS possam não ser redundantes, dependendo de factores como o custo e a existência de subestações da empresa pública distribuidora. A única diferença entre os dois cenários é que na Figura 3 recorre-se a um único transformador a jusante do comutador estático enquanto que na Figura 4 recorre-se a transformadores redundantes a montante do comutador estático. No entanto, em ambos os casos, tanto o STS como o subpainel a jusante e as respectivas ligações entre eles, são todos eles potenciais focos de avarias. Embora estes métodos forneçam alguma redundância, os restantes componentes que não possuem redundância apresentam risco de avaria e potenciais problemas de manutenção.

Figura 3 – Redundância no caso de carga com STS

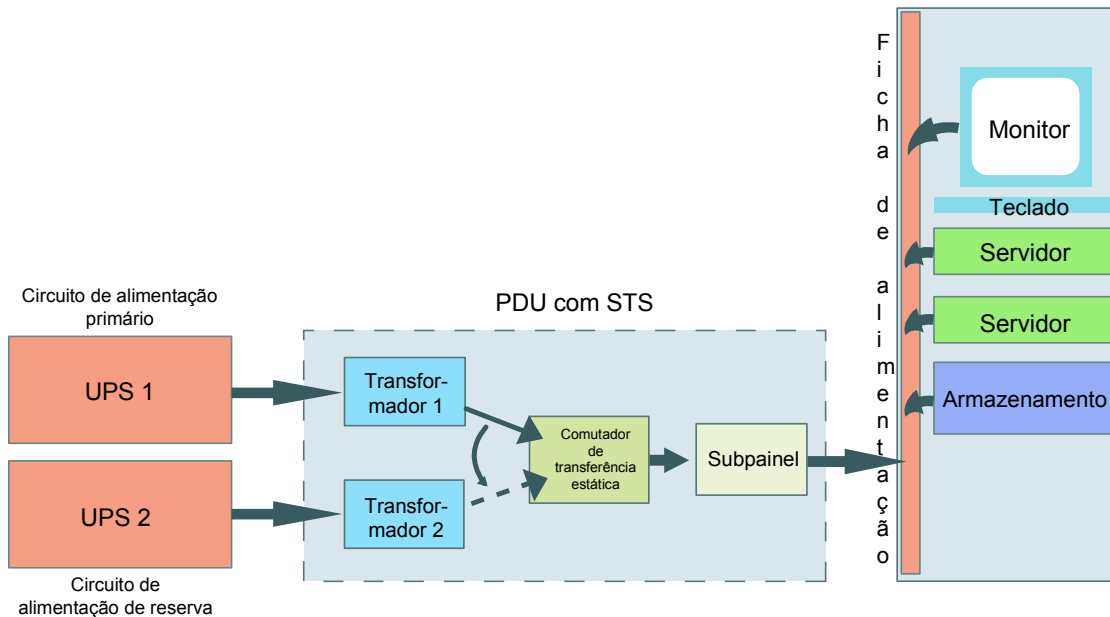
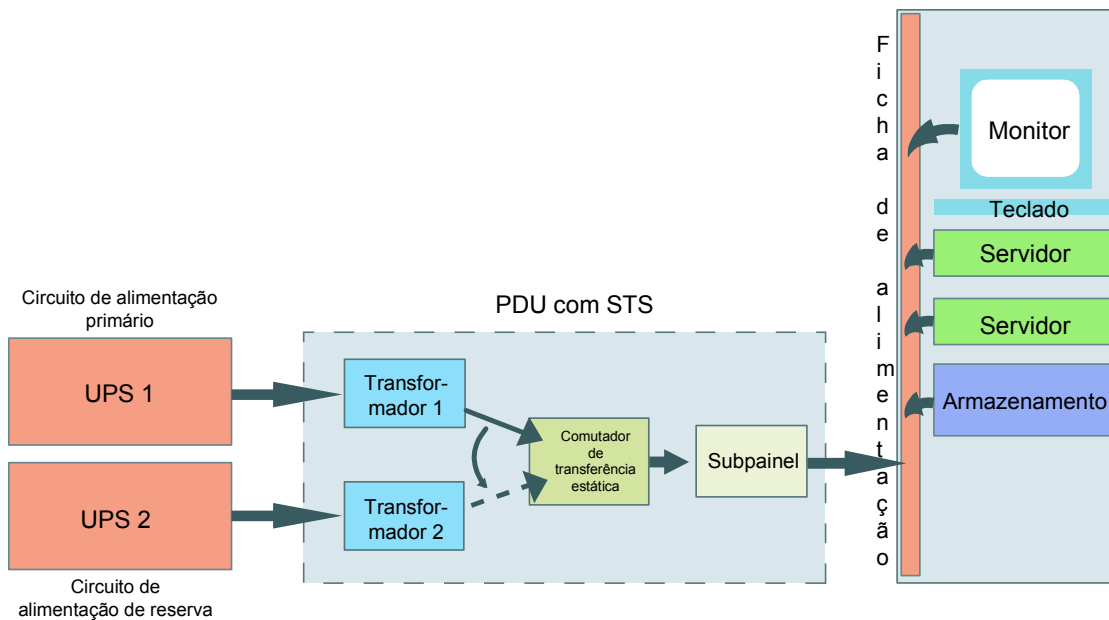


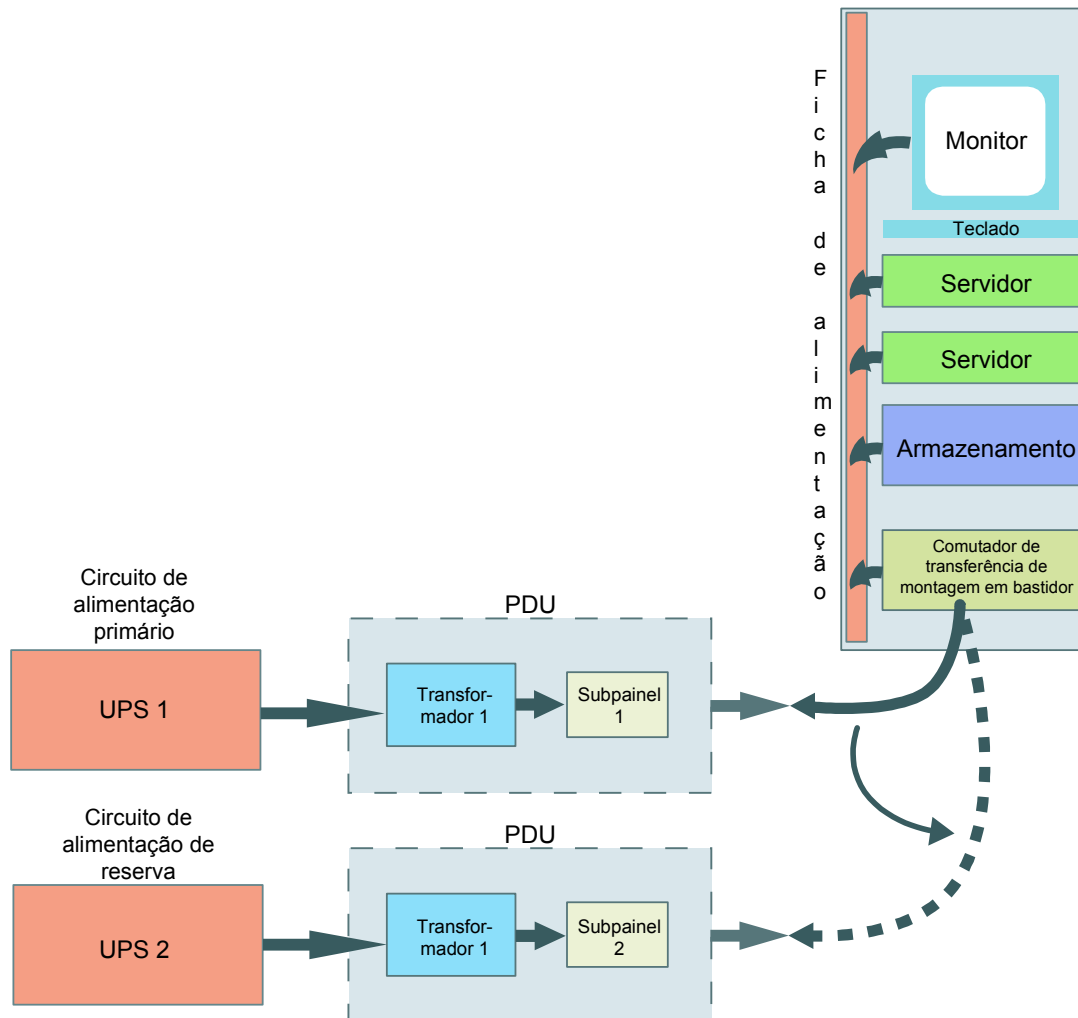
Figura 4 – Redundância no caso de carga com STS (transformadores redundantes)



Embora as Figuras 3 e 4 se perfilhem como uma melhoria em relação às configurações dos centros de dados mostradas nas Figuras 1 e 2, não constituem ainda uma fonte de redundância total para o bastidor. Embora se junte uma UPS e um transformador, tanto o comutador estático como o subpainel, mais as respectivas ligações entre eles, continuam a ser focos de potenciais avarias.

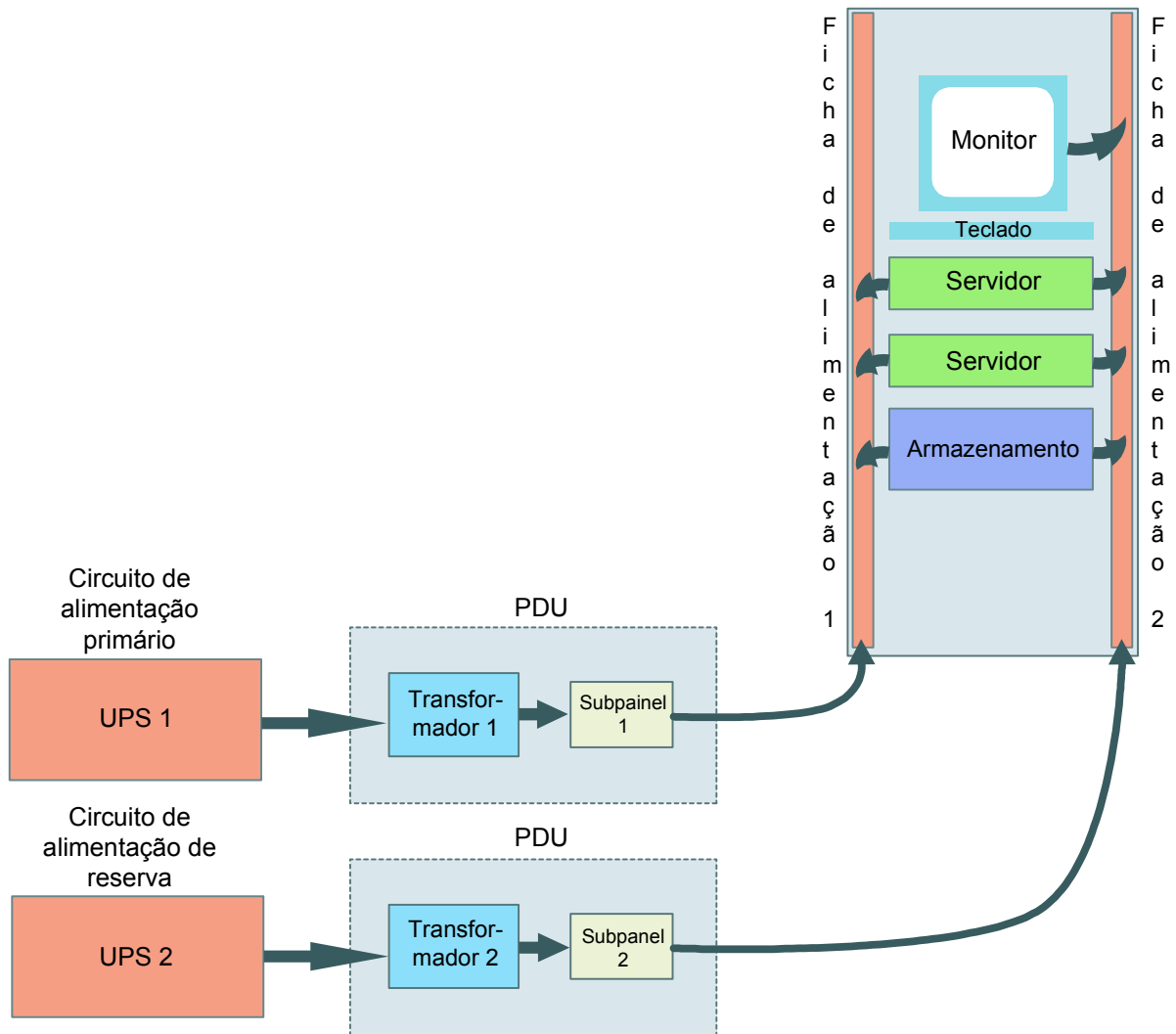
A Figura 5 resolve os problemas gerados pelos vários focos de avaria encontrados nas Figuras 3 e 4, canalizando redundância para a carga. Esta solução elimina o STS e acrescenta um subpainel suplementar, o que faz com que os benefícios da redundância se aproximem mais da carga com a ajuda de um comutador de redundância (Transfer Switch) automática de bastidores (ATS). Pode assim efectuar-se qualquer operação de manutenção a montante do ATS de bastidores sem diminuir a carga. Embora este cenário apresente menos componentes não redundantes que os das Figuras 3 e 4, o ATS de bastidores continua a ser um foco de avaria, tal como a própria fonte de alimentação do equipamento.

Figura 5 – Redundância no caso de carga com ATS de bastidores



A Figura 6 mostra como atingir a redundância total relativamente à carga através de equipamento de cabos duplos com fontes de alimentação redundantes. Este cenário tem duas importantes alterações em relação à Figura 5: elimina-se o ATS de bastidores e é utilizado equipamento com cabos duplos. A redundância total é agora transportada intacta através da carga. Tenha também em conta que se usa uma ficha de alimentação suplementar para manter a redundância. Esta solução apresenta uma disponibilidade muito maior face às anteriores; contudo, é também a mais dispendiosa e só pode ser usada com equipamento de cabos duplos especialmente concebido para o efeito.

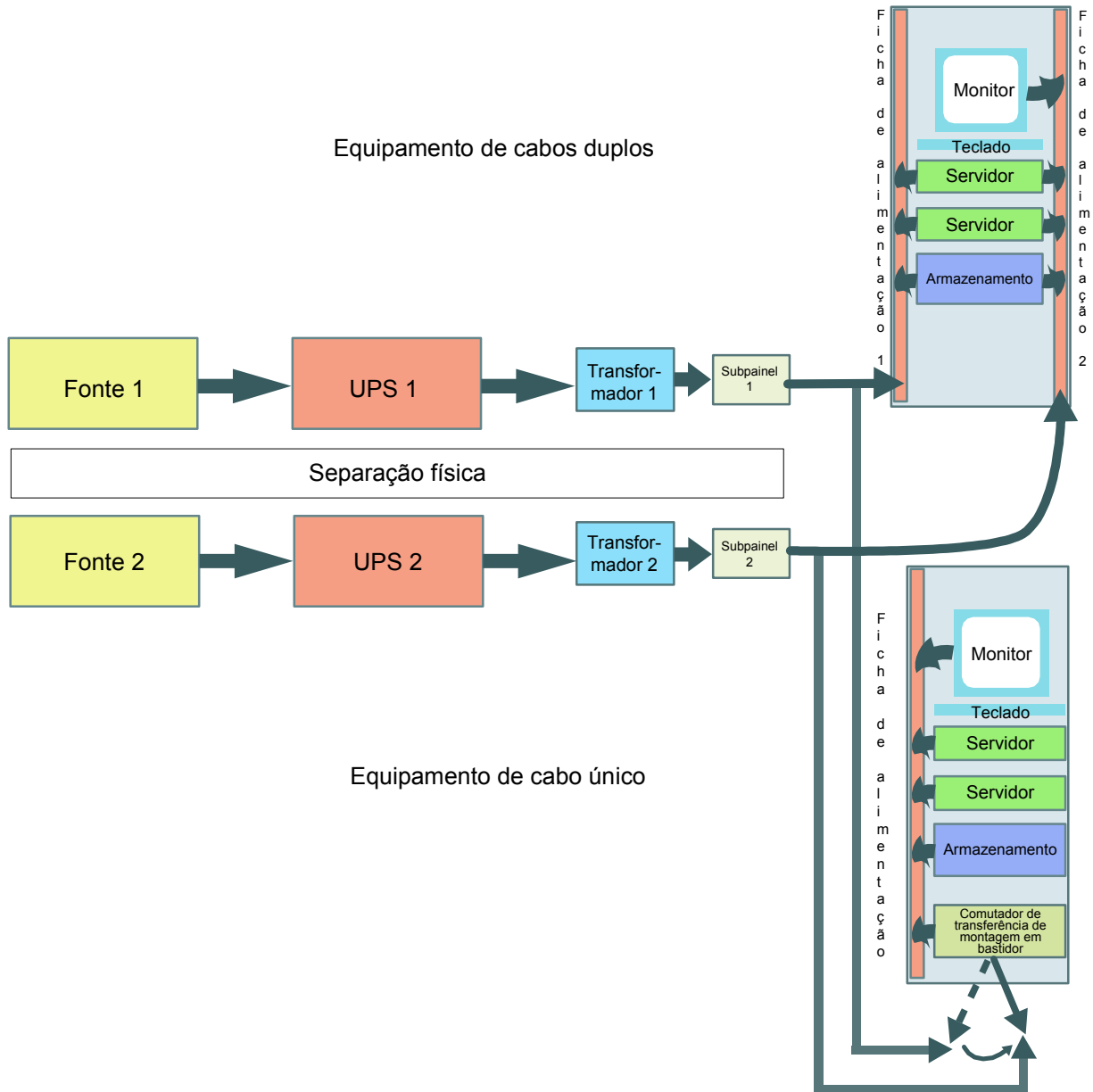
Figura 6 – Redundância no caso de carga com equipamento de cabos duplos



A arquitectura da Figura 7 é uma combinação das arquitecturas das Figuras 5 e 6, e apresenta uma solução alternativa que inclui cargas de cabo único e de cabos duplos. Esta solução emprega uma combinação híbrida de concepções anteriormente apresentadas. Mantém-se a redundância total para o equipamento informático com cabos duplos. Para o equipamento com cabo único, a redundância é mantida até ao ATS de bastidores. Todavia, o computador e as fontes de alimentação do equipamento constituem, neste caso, focos de avaria.

A Figura 7 também apresenta uma separação física acrescida. Isto é muitas vezes referido como “compartimentação”, ou seja, vários subsistemas que fazem parte da distribuição de alimentação ou do sistema de reserva estão fisicamente separados. Se a implementação for efectuada correctamente, a separação física pode impedir que problemas graves como a falha mecânica de um dos circuitos afecte o segundo (causa frequente de avarias).

Figura 7 – Arquitectura redundante para cargas de cabo único e de cabos duplos



As arquitecturas abordadas nas Figuras 3, 4, 5 e 7 incluem comutadores de redundância (Transfer Switch). Se o comutador de redundância (Transfer Switch) for de grandes dimensões, uma avaria pode inutilizar uma grande quantidade de equipamento; se for de pequenas dimensões, só inutiliza um bastidor. Para alguns utilizadores, uma avaria de um bastidor implica prejuízos equivalentes à avaria de 50 bastidores; enquanto para outros a circunscrição da avaria a um único bastidor constitui uma vantagem. Para utilizadores deste ultimo género, o ATS de bastidores constitui uma vantagem acrescida de disponibilidade no caso de isolamento de avarias.

Outro factor a ter em consideração é o tempo necessário para reparar os comutadores. Um pequeno comutador de redundância (Transfer Switch) não é reparado mas sim substituído, e pode ser guardado como peça sobresselente para uma rápida transferência de memória principal para memória secundária. Para além disso, pode ser facilmente evitado, se necessário. Um comutador maior precisa de ser reparado e, consoante a localização, implica esperar horas pela pessoa responsável pelo conserto. Depois será necessário gastar ainda mais tempo para o diagnóstico e arranjo do sistema. E caso o técnico não tenha a peça necessária, perde-se ainda mais tempo. Assim sendo, quando pensar em aplicar algumas destas concepções mais avançadas, tem de ponderar uma série de questões para uma decisão acertada. O tempo de reparação é considerado no modelo estatístico de disponibilidade descrito na secção seguinte.

Na generalidade, o equipamento com cabo único pode ser uma mais-valia de fiabilidade no caso de querer ter um ambiente crucial de elevada disponibilidade. Isto aplica-se não só a equipamento montado em bastidor, mas também a equipamento crucial. Mesmo com a melhor construção possível, qualquer foco de avaria terá mais tarde ou mais cedo uma falha, gerando períodos de inactividade. Se as circunstâncias exigirem um verdadeiro ambiente de elevada disponibilidade, os focos de avaria da distribuição de alimentação têm de ser reduzidos ao mínimo possível, senão mesmo removidos por completo.

Estratégia de análise de disponibilidade

É feita uma análise de disponibilidade para quantificar o impacto dos dispositivos de cabo único em relação aos de cabos duplos. São efectuadas cinco análises de disponibilidade:

- Caso 1 – Carga de cabo único como na Figura 2
- Caso 2 – Carga de cabo único com comutador de redundância (Transfer Switch) estático como na Figura 3 (transformador único)
- Caso 3 – Carga de cabo único com comutador de redundância (Transfer Switch) estático como na Figura 4 (transformadores redundantes)
- Caso 4 – Carga de cabo único com ATS de bastidores como na Figura 5
- Caso 5 – Carga de cabos duplos como na Figura 6

A análise combinatória linear, também designada como Diagrama de blocos de fiabilidade (RBD), é utilizada para ilustrar a disponibilidade de alimentação na tomada para estas cinco configurações. Este é o método mais directo de modelação do sistema e é eficaz para sistemas em que há poucas transições de estado. A análise combinatória linear socorre-se de dados de fiabilidade definida e desenvolve um modelo do sistema que representa a configuração em análise. Como a análise é centrada apenas nas diferenças entre as configurações, parte-se do princípio que tudo o que estiver a montante do sistema UPS se comporta na perfeição, incluindo a corrente pública. Como tal, as disponibilidades aqui apresentadas serão mais elevadas que o esperado para a verdadeira instalação.

Para mais pormenores sobre a análise consulte o Anexo.

Dados utilizados na análise

A maior parte dos dados utilizados para modelar os componentes é originário de instituições terceiras. Os dados para o ATS de Bastidores baseiam-se em dados no terreno para os produtos ATS de Bastidores da APC, que estão no mercado há aproximadamente 5 anos e já têm uma significativa base de adesão. Nesta mesma análise estão incluídos os seguintes componentes chave:

1. Terminações
2. Disjuntores
3. Sistemas UPS
4. PDU
5. Comutador de redundância (Transfer Switch) estático (STS)
6. ATS de bastidores

A PDU está subdividida em três componentes básicos: Disjuntores, transformadores-redutores e terminações. O subpainel é avaliado com base num interruptor principal, um disjuntor individual e terminações todas em série. O componente ATS de bastidores só é utilizado no quarto caso. O anexo

inclui os valores e origem das taxas de avaria $\left(\frac{1}{MTTF}\right)$ e de recuperação $\left(\frac{1}{MTTR}\right)$ para cada

subcomponente, em que MTTF é o Tempo Médio Para Avaria e MTTR é o Tempo Médio Para Recuperação.

As taxas de avaria e de recuperação utilizadas na análise encontram-se no Anexo.

Hipóteses utilizadas na análise

Como sucede em qualquer análise de disponibilidade, têm de ser criadas hipóteses para obter um modelo válido. A Tabela 1 apresenta uma lista das hipóteses mais elementares utilizadas na análise.

Tabela 1 – Hipóteses da análise

Hipótese	Descrição
Taxas de avarias dos componentes	Todos os componentes em análise exibem uma taxa de avaria constante. Esta é a melhor hipótese, dado que o equipamento é usado unicamente para o período de vida útil para o qual é concebido. Se os componentes fossem usados para além do seu período de vida útil, seria necessário acrescentar a não linearidade à taxa de avaria.
Equipas de reparação	Para “n” componentes em série parte-se do princípio que haverá “n” pessoas disponíveis para os reparar.
Componentes do sistema continuam operacionais	Parte-se do princípio que todos os outros componentes do sistema continuam operacionais enquanto as partes avariadas são reparadas.
Independência das avarias	Estes modelos partem do princípio que a construção das arquitecturas acima descritas está de acordo com as Melhores Práticas da Indústria. Isto resulta numa probabilidade muito baixa de avarias de origem comum e da sua propagação, devido ao isolamento físico e eléctrico.
Taxa de avaria da cablagem	As ligações de cabos entre os componentes das arquitecturas não foram incluídas nos cálculos porque têm uma taxa de avaria demasiado baixa para se poder fazer uma previsão exacta e relevante em termos estatísticos. Além disso, estudos anteriores demonstraram que uma taxa de avaria assim tão baixa tem um impacto mínimo na disponibilidade. As maiores terminações foram ainda assim consideradas no cálculo.
Erro humano	O período de inactividade devido a erro humano não foi considerado nesta análise. Embora seja um factor significativo de períodos de inactividade em centros de dados, o interesse fulcral destes modelos é comparar arquitecturas de infra-estruturas de alimentação e identificar pontos fracos nessas mesmas arquitecturas. Além disso, não há muitos dados relativos ao impacto do erro humano na disponibilidade.
Disponibilidade de alimentação é a medida principal	Esta análise fornece informação relacionada com a disponibilidade de alimentação. A disponibilidade do processo empresarial será normalmente menor porque o retorno de alimentação não resulta de imediato no retorno de disponibilidade empresarial. Os sistemas TI têm normalmente um tempo de reinício que gera indisponibilidade que não é considerada nesta análise.
Não benefícios do isolamento de falhas	A avaria de qualquer bastidor é considerada uma avaria e é equivalente à avaria de todos os bastidores em simultâneo. Esta hipótese dá menos relevância às vantagens dos Casos 4 e 5. Para algumas actividades empresariais, a avaria de uma única carga tem menos consequências comerciais do que a avaria de todas as cargas cruciais.

Resultados

É importante compreender que o objectivo da análise é comparar as disponibilidades teóricas dos vários casos. Como todos os componentes dos cinco casos possuem os mesmos dados de taxa de avaria, as únicas diferenças entre cada um deles são a quantidade, MTTR e colocação dos componentes. Este método é muito eficaz na demonstração da eficiência de disponibilidade de uma arquitectura face a outra. A disponibilidade é medida segundo o fornecimento de alimentação da(s) tomada(s) para a carga crucial. São usados os mesmos dados de fiabilidade dos componentes para todos os casos. No Caso 1, a avaria de um dos componentes da cadeia poderia gerar uma quebra de corrente. Este é um caso básico.

Nos Casos 2 e 3 teria de haver uma avaria simultânea de um componente de cada um dos circuitos redundantes para se dar uma quebra de corrente. Contudo, a avaria de um componente a jusante do STS, incluindo o próprio STS, resultaria numa quebra de corrente. O que é de assinalar nos resultados deste caso é a fraca contribuição do STS para o aumento da disponibilidade do sistema. Tal deve-se ao facto de o STS não ser significativamente mais fiável que a UPS a jusante e, para além disso, continuar a constituir um foco de avaria. Atente também que, no caso 2, o MTTR do transformador reduz ao mínimo as vantagens do STS.

No Caso 4, teria de haver uma avaria simultânea de um componente de cada um dos circuitos redundantes para se dar uma quebra de corrente. Apesar de o ATS de bastidores ser um foco de avaria, o MTTR é pequeno porque ele pode ser substituído caso haja um sobresselente. O aspecto a reter neste caso é que apesar de o ATS de bastidores não ser necessariamente mais fiável que um grande STS, o facto de ter um MTTR muito mais baixo confere-lhe uma grande vantagem em termos de disponibilidade.

No Caso 5, teria de haver uma avaria simultânea de um componente de cada um dos circuitos redundantes para se dar uma quebra de corrente. A Tabela 2 é um resumo geral dos resultados dos cinco cálculos de disponibilidade.

Tabela 2 – Síntese dos resultados de disponibilidade

Caso	Configuração	Disponibilidade	Número de "9"s
Caso 1	Carga de cabo único	99,985 %	3,8
Caso 2	Carga de cabo único com STS (transformador único)	99,98596 %	3,85
Caso 3	Carga de cabo único com STS (transformadores redundantes)	99,99715 %	4,5
Caso 4	Carga de cabo único com ATS de bastidores	99,999931 %	6,2
Caso 5	Carga de cabos duplos	99,9999977 %	7,6

A análise revela a importância do equipamento de cabos duplos na obtenção de elevada disponibilidade numa arquitectura eléctrica de dupla extremidade. As vantagens de uma concepção tão elaborada não são inteiramente perceptíveis com um equipamento de cabo único, mas instalando um ATS de bastidores consegue-se uma aproximação muito boa.

Pelos resultados acima apresentados é bastante evidente que a disponibilidade aumenta se for acrescentada redundância à carga. A Figura 8 mostra que mesmo que a fiabilidade (MTTF) de um produto aumentasse 10 vezes, continuava a não fornecer a mesma disponibilidade que um conjunto redundante com um baixo nível de fiabilidade. O sistema redundante fornece 100% de disponibilidade, ou seja, uma grande quantidade de “9”s.

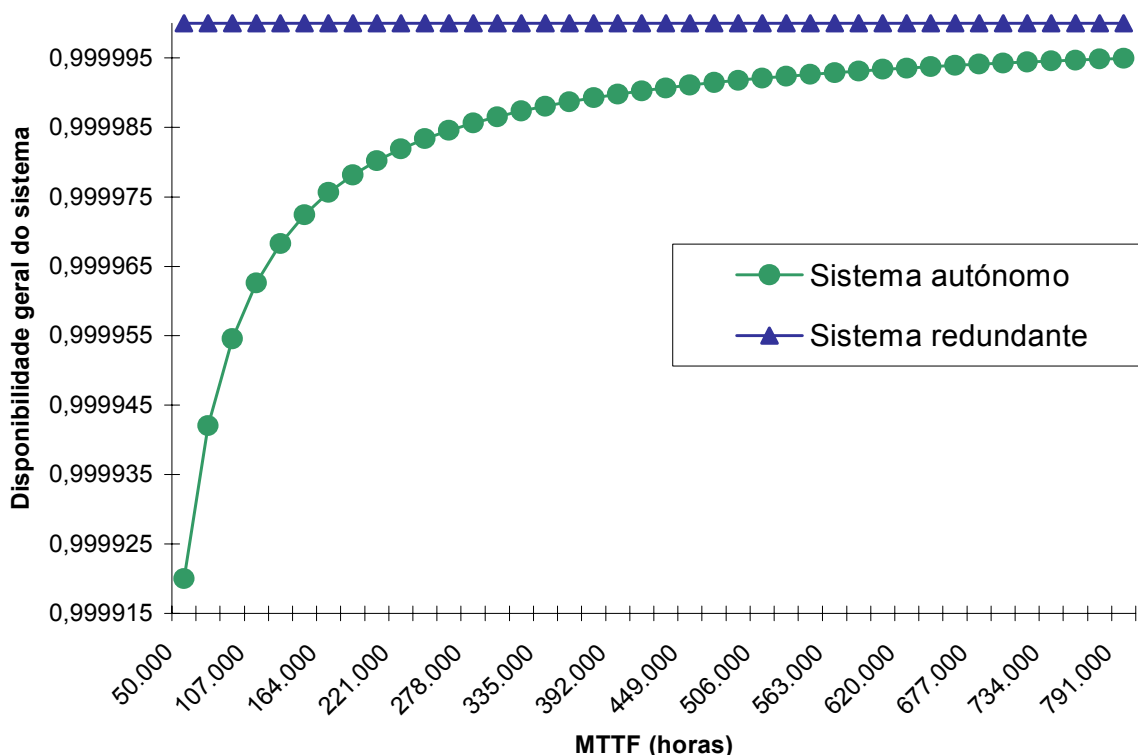


Figura 8 – Disponibilidade vs. MTTF

Conclusões

A distribuição de alimentação para os bastidores tem de ser cuidadosamente ponderada quando pensar em implementar uma arquitectura de elevada disponibilidade. Os tipos mais vulgares de distribuição de alimentação descritos neste documento variam num factor de 10.000 de acordo com a magnitude do período de inactividade que gerarem.

A análise demonstra claramente a importância da utilização de equipamento com cabos duplos num centro de dados crucial. Esta mesma análise sugere que uma arquitectura completa de circuitos duplos pode gerar até 10.000 vezes menos períodos de inactividade que uma concepção de circuito único.

A prática comum de usar comutadores de redundância (Transfer Switch) para aumentar a disponibilidade de cargas de cabo único dá origem a resultados altamente variáveis, consoante a sua instalação. Nalguns casos, a análise dá a entender que não se retira praticamente nenhuma vantagem da utilização de grandes STS. Inclusivamente, se o comutador de redundância (Transfer Switch) for mudado para um bastidor, os períodos de inactividade causados pelo sistema de distribuição de alimentação diminuem num factor de 250.

Estes dados sugerem que deve reconsiderar-se a prática corrente de utilizar sistemas com STS de grandes dimensões para alimentar cargas de cabo único e que os comutadores de redundância (Transfer Switch) com montagem em bastidor apresentam vantagens significativas e custam aproximadamente o mesmo.

Na generalidade, a análise aponta para um princípio geral de aproximação da redundância às cargas para aumentar a disponibilidade.

Uma análise cuidadosa deve ser sempre um pré-requisito a ter em conta ao investir num sistema de disponibilidade. A escolha da solução a adoptar é determinada pelo orçamento que o cliente tenha definido para reforçar a infra-estrutura eléctrica. O cliente tem de ter uma boa compreensão dos processos da sua actividade comercial para que se possa calcular o custo dos períodos de inactividade. É este mesmo custo que deverá, em última análise, determinar quaisquer investimentos de disponibilidade.

Anexo

Componentes e valores

Componente	Taxa de avaria	Taxa de Recuperação	Fonte de dados	Comentários
UPS 675kW / 750kVA	4,1600E-06	0,125	Taxa de avaria tirada da Power Quality Magazine e Taxa de recuperação baseada na estimativa de 4 horas para chegada de pessoa ao local mais 4 horas de reparação.	• Utiliza-se para fornecer alimentação 480 VCA ininterrupta para a PDU.
Comutador de redundância (Transfer Switch) estático (STS)	4,1600E-06	0,1667	Gordon Associates, Raleigh, NC	• Inclui controlos
Transformador-redutor	7,0776E-07	0,00641	MTBF é do Livro dourado do IEEE Std 493-1997, Página 40, MTTR é a média obtida pelos dados da Marcus Transformer	• Utiliza-se para reduzir 480 VCA de entrada para 208 VCA de saída, exigido para cargas de 120 VCA.
Disjuntores	3,9954E-07	0,45455	Livro dourado do IEEE Std 493-1997, Página 40	• Utilizam-se para isolar os componentes da alimentação eléctrica para manutenção ou contenção de falhas
6 terminações	8,6988E-08	0,26316	6 x o valor IEEE Informatizado a partir de valor do Livro dourado do IEEE Std 493-1997, Página 41	• A montante do transformador existe uma terminação por condutor. Como há dois conjuntos de terminações entre componentes, são usadas no total seis terminações.
8 terminações	1,1598E-07	0,26316	8 x o valor IEEE Informatizado a partir de valor do Livro dourado do IEEE Std 493-1997, Página 41	• A jusante do transformador existe uma terminação por condutor, para além do neutro. Como há dois conjuntos de terminações entre componentes, são usadas no total oito terminações.
ATS de bastidores	2,0E-06	3	APC redundante Dados no terreno de computador	• O MTTF do ATS de bastidores da APC foi estimado em 1 milhões de horas. Foi usado um valor de estimativa cautelosa de 500.000 horas.

Disponibilidade de carga de cabo único [Caso 1]

A disponibilidade de uma carga de cabo único, segundo a Figura 2, é calculada com base no RBD abaixo indicado. A Figura 9 representa o patamar superior do RBD, que calcula a disponibilidade em funcionamento estável com base nos componentes das séries. Este RBD inclui blocos “expansíveis” para as “Peças do transformador” e as “Peças do subpainel”. A existência de um bloco expansível significa que existe um patamar inferior do RBD que define os seus subcomponentes. A disposição do RBD neste formato facilita o cálculo da disponibilidade. O Subpainel é utilizado na distribuição de alimentação directamente ao equipamento crucial. O conteúdo destes blocos é mostrado nas Figuras 10 e 11.

Figura 9 – Carga de cabo único

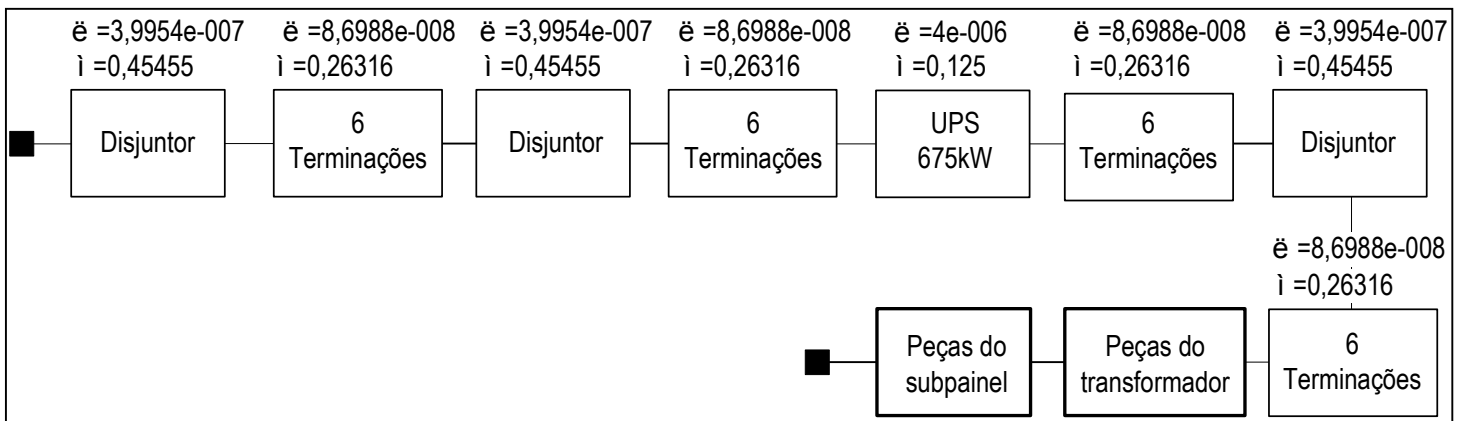


Figura 10 – Peças do transformador

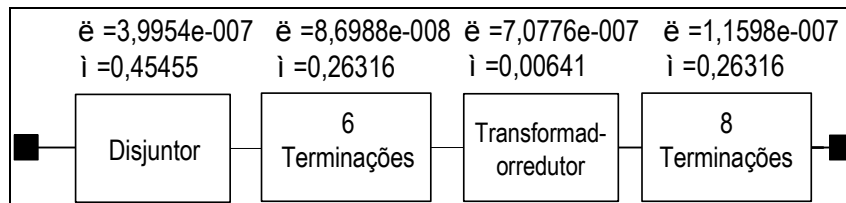
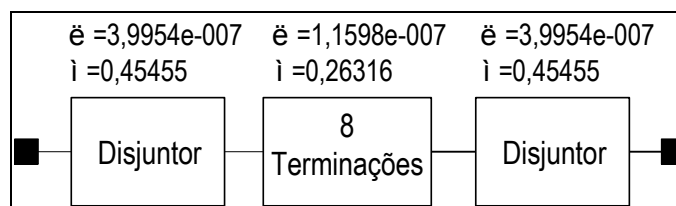


Figura 11 – Peças do subpainel



A disponibilidade do sistema com cabo único é apresentada abaixo, tendo em conta o RBD acima mostrado.

Disponibilidade de carga de cabo único [Caso 1]

Nome do modelo	Disponibilidade	Indisponibilidade	MTTR (horas)	MTTF (horas)	Período de inatividade anual (horas)
Carga com cabo único	99,98498 %	1,5021E-04	19.3	128.665	1.3158
Sistema UPS	99,99640 %	3,5958E-05	6.5	180291	0.31499
Peças do transformador	99,98879 %	1,1205E-04	85.5	763.201	0.98158
Peças do subpainel	99,99978 %	2,1987E-06	2.4	1.092.825	0.01926

Como a análise é efectuada com dados com cinco algarismos significativos, a indisponibilidade serve para exprimir os resultados de outra maneira. A fórmula da indisponibilidade é simplesmente $(1 - \text{Disponibilidade})$.

Disponibilidade de carga de cabo único com comutador de redundância (Transfer Switch) estático (transformador único) [Caso 2]

O método de distribuição da Figura 3 utiliza um STS e acrescenta redundância a tudo o que fica a montante dele, à excepção do transformador, que é colocado a jusante. A disponibilidade neste cenário é calculada com base em 7 fragmentos de RBD que se encontram separados para melhor percepção. A Figura 12 representa o patamar superior do RBD. Só aparece 1 de 2 blocos do “Sistema UPS”, o que significa que todos os componentes desse bloco são redundantes. A Figura 13 mostra o conteúdo do bloco “Sistema UPS”.

Figura 12 – Carga de cabo único com STS

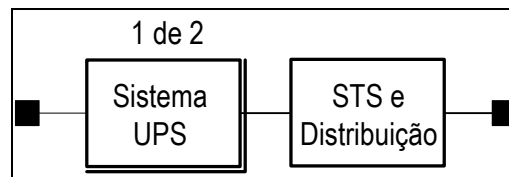
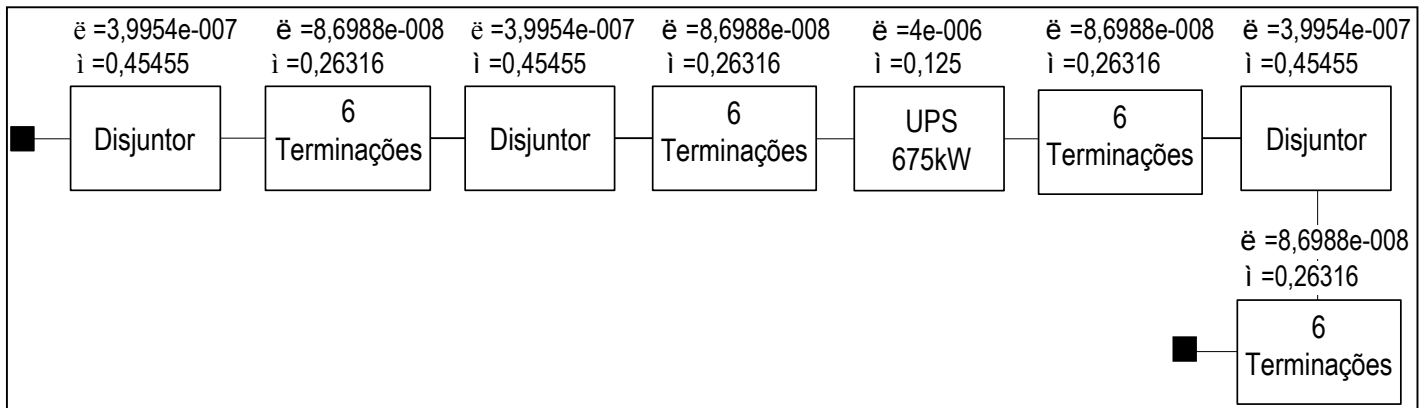


Figura 13 – Sistema UPS



Tudo o que fica a montante do STS é redundante. No entanto, tudo o que fizer parte do bloco “STS e Distribuição”, que aparece na Figura 12, é considerado foco de avaria. O bloco “STS e Distribuição” contém o sistema STS, peças do transformador e peças do subpainel, como se pode ver pela Figura 14. O sistema STS é o que permite a utilização dos componentes redundantes a montante. O sistema inclui disjuntores, terminações e o comutador de redundância (Transfer Switch) estático, que é o elemento mais importante. O RBD para o sistema STS é apresentado na Figura 15.

Figura 14 – STS e distribuição

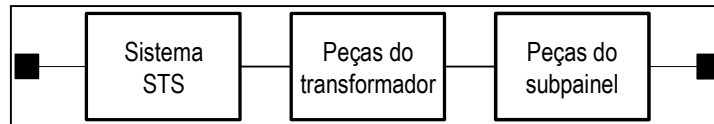
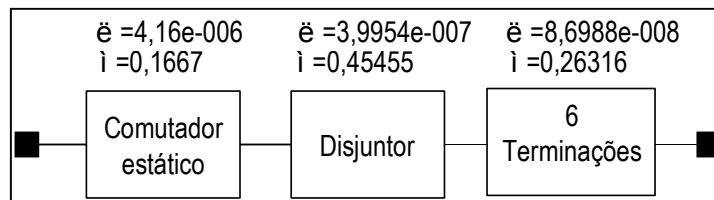


Figura 15 – Sistema STS



O conteúdo dos blocos “Peças do transformador” e “Peças do subpainel” da Figura 14 está dissecado nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 – Peças do transformador

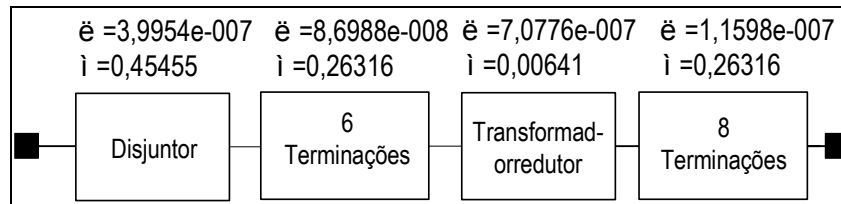
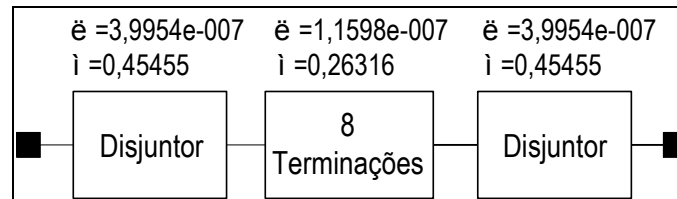


Figura 17 – Peças do subpainel



A disponibilidade do sistema de cabo único com STS e transformador único é apresentada abaixo, tendo em conta os diagramas RBD acima mostrados.

Disponibilidade de carga de cabo único com STS (transformador único) [Caso 2]

Nome do modelo	Disponibilidade	Indisponibilidade	MTTR (horas)	MTTF (horas)	Período de inatividade anual (horas)
Carga de cabo único com STS (1 Transformador)	99,98596%	1,4041E-04	20.4	145.513	1.23002
Sistema UPS	99,99999987%	1,2930E-09	6.5	5.025.125.628	0.00001
UPS única	99,99640%	3,5958E-05	6.5	180.291	0.31499
STS e Distribuição	99,98596%	1,4041E-04	20.4	145.518	1.23001
Sistema STS	99,99738%	2,6164E-05	5.6	215.214	0.22920
Peças do transformador	99,98879%	1,1205E-04	85.53	763.201	0.98158
Peças do subpainel	99,99978%	2,1987E-06	2.4	1.092.825	0.01926

Disponibilidade de carga de cabo único com comutador de redundância (Transfer Switch) estático (transformadores redundantes) [Caso 3]

O método de distribuição da Figura 4 utiliza um STS e acrescenta redundância a tudo o que fica a montante do STS, incluindo o transformador. A disponibilidade neste cenário é calculada com base em 7 fragmentos RBD semelhantes aos da análise anterior. A Figura 18 representa o patamar superior do RBD. Só aparece 1 de 2 blocos do “Sistema UPS e Transformador”, o que significa que todos os componentes desse bloco são redundantes. A Figura 19 mostra o conteúdo do bloco do “Sistema UPS e Transformador”. O bloco “Peças do transformador” é composto pelas mesmas peças que na Figura 16. Até ao momento todos os componentes referidos são redundantes, mas tudo o que está contido no bloco “STS e Distribuição”, apresentado na Figura 18, é considerado foco de avaria.

Figura 18 – Carga de cabo único com STS

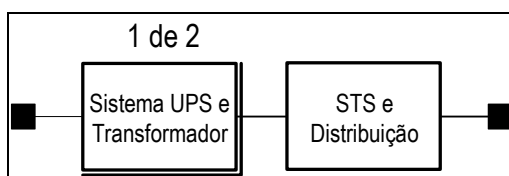
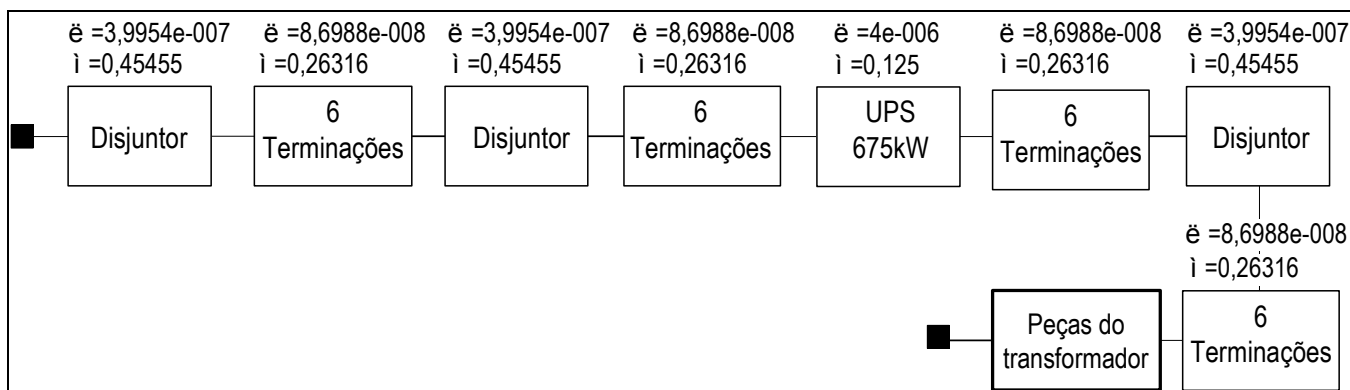


Figura 19 – Sistema UPS e transformador



Neste caso, o conteúdo do bloco “STS e Distribuição”, na Figura 20, só inclui o sistema STS e as peças do subpainel, porque o transformador é passado para montante como componente redundante. Neste cenário o “sistema STS” é idêntico ao da Figura 16, com a diferença de haver 8 terminações em vez de 6, como se vê pela Figura 21. Os componentes do bloco “Peças do subpainel” são idênticos aos da Figura 17.

Figura 20 – STS e distribuição

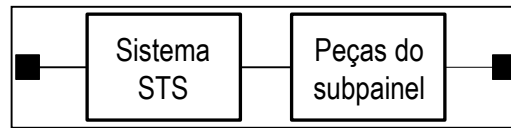
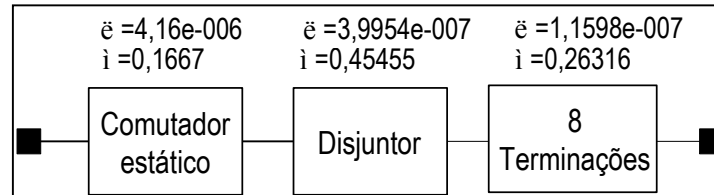


Figura 21 – Sistema STS



A disponibilidade do sistema de cabo único com STS e transformadores redundantes é apresentada abaixo, tendo em conta os diagramas RBD acima mostrados.

Disponibilidade de carga de cabo único com STS (transformadores redundantes) [Caso 3]

Nome do modelo	Disponibilidade	Indisponibilidade	MTTR (horas)	MTTF (horas)	Período de inactividade anual (horas)
Carga de cabo único com STS (2 Transformadores)	99,99715%	2,8495E-05	5.1	178.839	0.24961
Sistema UPS e Transformador	99,9999978%	2,1906E-08	21.6	985.221.675	0.00019
Sistema UPS	99,99640%	3,5958E-05	6.5	180.291	0.31499
Peças do transformador	99,98879%	1,1205E-04	85.5	763.201	0.98158
STS e Distribuição	99,99715%	2,8473E-05	5.1	178.872	0.24942
Sistema STS	99,99737%	2,6274E-05	5.6	213.880	0.23016
Peças do subpainel	99,99978%	2,19867E-06	2.4	1.092.825	0.01926

Disponibilidade de carga de cabo único com ATS de bastidores [Caso 4]

A análise para carga de cabo único com ATS de bastidores, como na Figura 5, é calculada com base no RBD da Figura 22, que representa o patamar superior do RBD. Este modelo fornece redundância ao bastidor, embora o ATS de bastidores passe a ser o foco de avaria. A Figura 23 mostra os componentes do bloco “Sistema UPS e Distribuição”. O conteúdo dos blocos “Peças do transformador” e “Peças do subpainel” é idêntico ao das respectivas Figuras 16 e 17.

Figura 22 – Carga de cabo único com ATS de bastidores

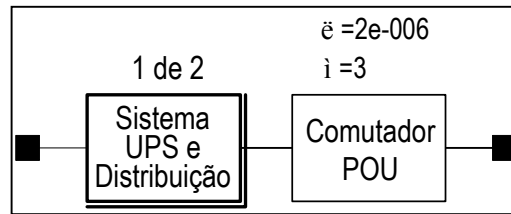
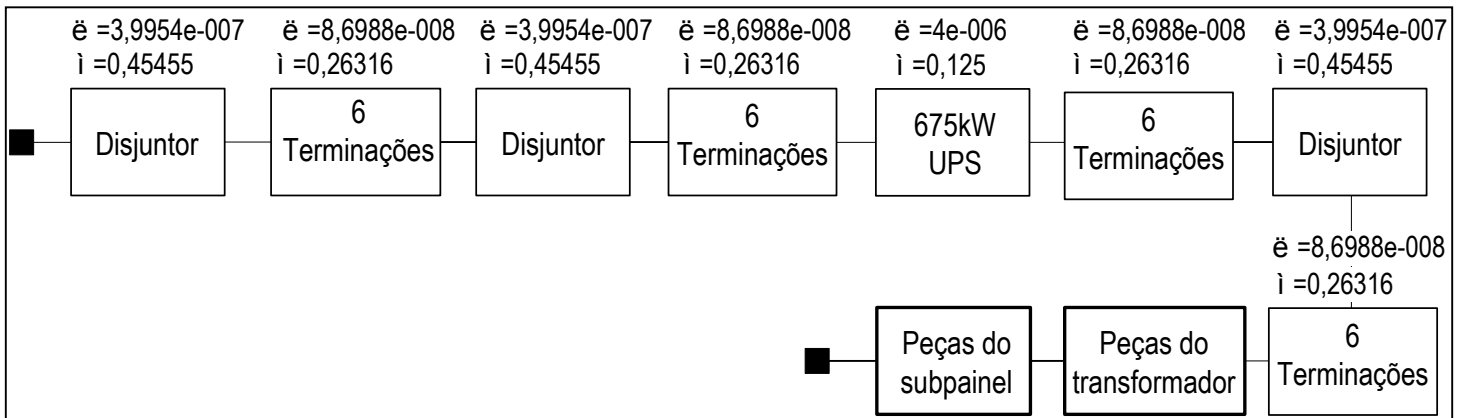


Figura 23 – Sistema UPS e distribuição



A disponibilidade do sistema de cabo único com ATS de bastidores é apresentada abaixo, com base no RBD.

Disponibilidade de carga de cabo único com ATS de bastidores [Caso 4]

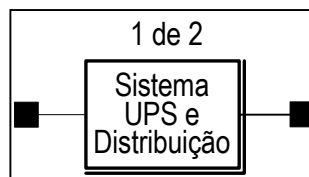
Nome do modelo	Disponibilidade	Indisponibilidade	MTTR (horas)	MTTF (horas)	Período de inatividade anual (horas)
Carga de cabo único com ATS de bastidores	99,999931 %	3,558950E-07	0.4	499.705	0.00604
Sistema UPS e Distribuição	99,999998 %	2,2562E-08	19.3	856.898.029	0.00018
Peças do transformador	99,98879 %	1,1205E-04	85.5	763.201	0.98158
Peças do subpainel	99,99978 %	2,1987E-06	2.4	1.092.825	0.01926
ATS de bastidores	99,999933%	3,3333E-07	0.3	500.000	0.00584

Neste caso, a disponibilidade teve um incremento enorme devido ao simples acréscimo de outra PDU. No entanto, o ATS de bastidores é o foco de avaria deste sistema, limitando a disponibilidade geral a seis "9"s. Consequentemente, o ATS de bastidores deve sempre ser escolhido de acordo com a sua fiabilidade e os sobresselentes devem estar sempre à mão, para ter o mínimo MTTR possível.

Disponibilidade de carga de cabos duplos [Caso 5]

A análise de uma carga de cabos duplos, como na Figura 6, é calculada com base no RBD da Figura 24, que mais uma vez representa o patamar superior. Tal como no sistema com ATS de bastidores, o RBD calcula a disponibilidade em funcionamento estável com base nas taxas de avaria geral da UPS e da PDU e respectivas taxas de recuperação. Todavia, não inclui o ATS de bastidores, porque a carga é de cabos duplos e consegue tirar o máximo proveito dos circuitos redundantes. Só tem de estar operacional 1 dos 2 circuitos para que se mantenham as cargas cruciais. Não há focos de avaria neste sistema. Na realidade, até as fontes de alimentação de carga crucial são redundantes.

Figura 24 – Carga de cabos duplos



O conteúdo do bloco “Sistema UPS e Distribuição” no patamar inferior do RBD é idêntico ao das Figuras 9 – 11. A disponibilidade do sistema de cabos duplos é apresentada abaixo, com base nestes blocos.

Disponibilidade de carga de cabos duplos [Caso 5]

Nome do modelo	Disponibilidade	Indisponibilidade	MTTR (horas)	MTTF (horas)	Período de inactividade anual (horas)
Carga com cabos duplos	99,999977 %	2,2562E-08	19.3	856.898.029	0.0001976
Sistema UPS e Distribuição	99,999977 %	2,2562E-08	19.3	856.898.029	0.0001976
Peças do transformador	99,98879 %	1,1205E-04	85.5	763.201	0.98158
Peças do subpainel	99,99978 %	2,1987E-06	2.4	1.092.825	0.01926

Neste último caso, a disponibilidade do “Sistema UPS e Distribuição” é idêntica à do caso anterior, embora a disponibilidade geral registre um aumento para sete “9”s. A grande diferença é que o ATS de bastidores já não é necessário quando se utiliza equipamento de cabos duplos. Tal como se pode ver pelo sistema anterior, o ATS de bastidores é um foco de avaria e limitou a disponibilidade a seis “9”s.