



## VERTIV WHITE PAPER

# O efeito da Manutenção Preventiva Regular e Especializada e do Monitoramento Remoto sobre a Confiabilidade dos Sistemas de Energia Crítica

## Sumário Executivo

A Vertiv tem promovido há muito tempo a necessidade de um programa abrangente de manutenção preventiva (MP) - a atividade mais importante para maximizar a confiabilidade das unidades de fonte de alimentação de energia ininterrupta (UPS) e dos sistemas de bateria dos quais elas dependem.

Embora muitas organizações compreendam intuitivamente a necessidade de um bom programa de MP para UPSs e baterias, o valor da MP nunca foi adequadamente quantificado de forma que pudesse ajudar a guiar as decisões sobre a frequência das MPs e o nível de competência do prestador de serviços. A falta de apoio estatístico para a MP em toda a indústria pode ser atribuída à ausência de dados a partir dos quais estatísticas significativas pudessem ser compiladas.

Para confirmar a importância da MP e dar insights sobre o impacto de sua frequência na confiabilidade, a Vertiv analisou dados coletados por sua organização de serviços, a qual mantém o maior banco de dados da indústria sobre eventos relacionados à serviços para grandes sistemas de UPS e sistemas de baterias. Os dados cobriram 185 milhões de horas de operação para mais de 5000 unidades de UPS trifásicos e mais de 450 milhões de horas de operação para mais de 24000 strings de baterias. A análise de UPSs levou em conta tanto falhas elétricas quanto erros humanos relacionados à serviços, enquanto que a análise de baterias permitiu que o impacto do downtime do sistema UPS devido a baterias com problemas fosse levado em conta nos cálculos.

Para a análise de UPSs, a Vertiv recrutou um consultor com doutorado em matemática para ajudar a desenvolver um modelo matemático que pegasse as quedas de energia relacionadas à unidade que ocorreram nesses sistemas e projetasse com precisão o impacto da MP na confiabilidade do UPS. Esses cálculos indicam que o tempo médio entre falhas (MTBF) do UPS em unidades que tiveram duas MP por ano é 23 vezes maior que uma máquina sem serviços de MP por ano. Aos níveis esperados de erro nos serviços atribuídos a um técnico da Vertiv Services, treinando na fábrica, a confiabilidade dos UPSs continuou a aumentar constantemente até 19 visitas de MP por ano. A conclusão final da análise do mundo real e do modelo matemático reafirmou a crença antiga da indústria de que um aumento no número de visitas de MP aumente substancialmente a confiabilidade do sistema.

**Para a análise de baterias, a Vertiv reuniu dados de indisponibilidades ocorridas nos sistemas UPS relacionadas às baterias e então projetou o impacto da inclusão de serviços de monitoramento às unidades. Esses cálculos levaram a duas conclusões principais:**

1. Até a presente data, não houve nenhuma indisponibilidade do sistema devida a baterias avariadas quando as baterias tiveram manutenção feita profissionalmente e foram monitoradas remotamente.
2. Um cliente usando um equipamento de monitoramento Albér™ para monitorar seus strings de baterias no site mais do que dobrou o MTBF em comparação à manutenção preventiva unicamente.

A conclusão dessa análise reafirmou que a manutenção proativa das baterias e o serviço de monitoramento remoto aumentam a confiabilidade das unidades para as quais as baterias dão suporte.

## Introdução

Na medida que as organizações se tornam cada vez mais dependentes de sistemas de data centers, há uma necessidade por maior confiabilidade nos sistemas de energia crítica. Para muitas organizações, a infraestrutura de TI evoluiu para uma rede interdependente e crítica para os negócios que inclui dados, aplicações, armazenamento, servidores e ligações em rede. Uma falha na alimentação de energia em qualquer ponto da rede pode impactar toda a operação e ter sérias consequências para os negócios.

Em muitos casos, a capacidade de manter os sistemas críticos funcionando durante picos ou faltas de energia da rede elétrica da concessionária, e outros problemas não esperados com a alimentação de energia, depende da confiabilidade do sistema de UPS. Entretanto, os sistemas UPS são apenas tão confiáveis quanto as baterias que lhes dão suporte.

## A Necessidade de Manutenção Preventiva

Em geral, os sistemas UPS são projetados para oferecer a máxima confiabilidade e desempenho à um preço acessível. Mesmo que apenas uma pequena fração da base instalada de UPS Vertiv™ Liebert® já tenha passado por uma falha de saída relacionada à unidade, falhas acontecem.

Em sistemas UPS, fatores como aplicação, instalação, design, condições reais de operação e práticas de manutenção podem impactar a sua confiabilidade e seu desempenho.

Praticamente todos os sistemas contêm componentes de vida limitada e que precisam ser substituídos de acordo com as especificações do fabricante. A confiabilidade de um sistema dura apenas tanto quanto a menor vida útil de um componente na unidade e, em muitos casos, este componente é a bateria.

Em sistemas UPS, pequenas irregularidades na energia de entrada fazem com que a alimentação de energia seja transferida para as baterias. E, conforme as baterias descarregam, sua capacidade de backup naquele momento diminui. Outros problemas, como altas temperaturas, corrosão, rachaduras e secagem podem reduzir ainda mais a vida útil de um string de baterias.

Uma maneira dos usuários minimizarem ainda mais as falhas relacionadas à unidade é instituir um programa abrangente de MP que seja implementado por técnicos treinados pelo fabricante original do equipamento (OEM). Quando implementado corretamente, as visitas de MP asseguram a máxima confiabilidade dos equipamentos do data center através de inspeções sistemáticas, detecção e correção de falhas incipientes ou antes que elas ocorram ou antes que elas se tornem grandes defeitos que resultam em um caro downtime. Um programa típico de MP inclui inspeções, testes, medições, ajustes, reposição de peças e práticas de housekeeping.

## Tempo Médio Entre Falhas

Embora as práticas estabelecidas de engenharia apoiem a necessidade de MP, a Vertiv™ identificou a necessidade de uma análise profunda que pudesse ser usada pelas organizações focadas na rentabilidade para ajudá-las a modelar suas políticas e práticas de MP. A análise conduzida pela Vertiv é a primeira na indústria que quantifica conclusivamente a mudança na confiabilidade do sistema por causa no nível de atividade de MP realizada nos equipamentos Vertiv™ Liebert®. A Vertiv tem a maior base instalada dentre todos os fabricantes de UPSs grandes e um dos maiores bancos de dados da indústria sobre eventos de serviços

em UPS. O MTBF verificado em campo é uma medição robusta da confiabilidade, que usa a quantidade e o tipo de falhas que os produtos efetivamente experimentam em aplicações reais para avaliar o comportamento do sistema. Ele serve como um parâmetro confiável para o modelo matemático nessa análise.

Duas importantes estatísticas estão incorporadas ao MTBF: horas acumuladas de operação e número de falhas relacionadas às unidades. Elas são usadas para calcular a confiabilidade média entre todas as unidades em um dado universo.

Em geral, um número mais alto de MTBF, expresso em horas, indica uma unidade mais confiável. Por exemplo, uma unidade UPS com um MTBF de dois milhões de horas é mais confiável que uma unidade com um MTBF de um milhão de horas.

$$\text{MTBF} = \left[ \frac{\text{Horas acumuladas de operação}}{\text{quant. de indisponibilidades} + 1} \right]$$

Figura 1: Cálculo do tempo médio entre falhas.

A métrica de horas acumuladas de operação é calculada de acordo com o número de horas em um determinado mês multiplicado pelo número de máquinas que estavam sob contrato com a Vertiv naquele mês. Uma máquina foi contada como estando “sob contrato” se os termos do contato ainda estavam ativos no último dia daquele dado mês.

## Análise de UPS

O número de indisponibilidades usado na análise é um subconjunto de todas as falhas experimentadas pelos sistemas da amostra. Esse subconjunto inclui apenas falhas relacionadas às unidades porque existem inúmeras diferentes razões para falhas, que variam desde alguém pressionando o botão de Desligamento Emergencial de Energia até as baterias terem atingido o final da descarga.

Várias dessas causas podem ser atribuídas ao erro humano, não à confiabilidade do sistema UPS. Para controlar o erro humano, quaisquer falhas que não fossem relacionadas às unidades foram retiradas da análise inicial do MTBF. Cada indisponibilidade computada na análise consistia da perda do barramento crítico e era causada por um erro de algum mecanismo interno do UPS. O modelo matemático incluirá a contribuição dos erros cometidos pelo engenheiro de serviço, conforme descrito mais tarde nesse artigo.

A análise iniciou pela tabulação dos dados, cobrindo mais de 185 milhões de horas acumuladas de operação. Também foi tabulada a quantidade de indisponibilidades relacionadas às unidades para a amostra de 5.000 unidades de UPS Vertiv™ Liebert™ trifásicos com contrato dentro um período definido de 76 meses. Após ser coletada, a amostra foi separada em grupos de acordo com o número de visitas de MP definidas no contrato para um período de 12 meses.

Quando os cálculos do MTBF estavam completos, os dados em cada grupo foram conferidos em relação à validade, para assegurar a eficácia na amostra, e apenas aqueles números que eram teórica e estatisticamente válidos foram usados como uma base para o modelo matemático.

O MTBF observado para o grupo “sem MP” foi considerado não confiável. Em primeiro lugar, o grupo “sem MP” consistia de unidades sob um contrato de MP apenas para serviços emergenciais, significando que a unidades não tinha um acordo de manutenções regularmente agendadas com a Vertiv™. Entretanto, é possível que essas unidades tivessem um contrato de manutenção com um outro fornecedor ou tivessem manutenção esporádica da Vertiv com base no tempo e nos materiais. De fato, análises posteriores sugerem que alguma manutenção estava ocorrendo em uma maioria do grupo “sem MP” em algum momento da vida útil da máquina.

Também, é impreciso afirmar que a unidade continuará a funcionar adequadamente sem intervenção externa após o vencimento da vida útil de alguns componentes com vida útil limitada, como capacitores e ventiladores. Para ajustar essas imprecisões, o modelo matemático foi usado para projetar de forma mais precisa o MTBF de uma unidade sem intervenção humana.

O MTBF para os grupos contendo três ou mais eventos de MP por ano também foi considerado instável e não suficientemente robusto para a base de qualquer inferência estatística. A maior razão para essa instabilidade matemática é que nenhuma dessas unidades passou por indisponibilidades durante o período de teste. A experiência concreta de nenhuma falha para unidades recebendo três ou mais visitas de MP é uma evidência concreta para a necessidade de MP, mas para o modelo matemático esses números eram muito instáveis.

A instabilidade é originada por dois principais fatores. Primeiro, se uma máquina na amostra tivesse uma falha, o MTBF correspondente era automaticamente cortado pela metade. Segundo, o número de unidades que tiveram três ou mais eventos de MP por ano era substancialmente menor que o grupo que teve um ou dois eventos de MP por ano. Se esses dois fatores forem reunidos, o MTBF para unidades que tiveram

três ou mais eventos de MP por ano resulta ser a medição das horas acumuladas de operação para um pequeno grupo de unidades, e não um cálculo de MTBF.

Das mais de 185 milhões de horas de operação na análise, mais de 90% estava no grupo tendo um ou dois eventos de MP. Foi verificado que os valores de MTBF para uma ou duas visitas de MP por ano era confiável. Os dados foram então colocados em uma distribuição de probabilidade de Weibull com dois parâmetros que projetou as taxas de MTBF baseadas em uma frequência anual de MP. A distribuição de Weibull, uma construção matemática amplamente utilizada, é usada como uma base para o modelo matemático e permite que o impacto do envelhecimento de componentes seja considerado na análise. A capacidade de fazer o ajuste para envelhecimento e outras variáveis faz com que a distribuição de Weibull melhor represente a realidade que estimativas de dados que não são substanciadas.

Por exemplo, a Vertiv não soube de nenhum equipamento que nunca tenha tido um evento de manutenção, mas a distribuição de Weibull pode usar os dados confiáveis do grupo tendo um ou mais eventos de PM e projetar um valor de MTBF mais realista para o grupo “sem MP”. Para o modelo matemático, uma distribuição de Weibull com dois parâmetros é usada para modelar o tempo entre indisponibilidades relacionadas a unidades versus a quantidade de visitas de MP anuais. Os principais inputs para esse modelo incluem métricas reais de MTBF para unidades com uma ou mais visitas de MP por ano, em conjunto com a medição de erros relacionados à serviços e classificados como “segurança de MP”.

$$\text{Segurança da MP} = 1 - \left[ \frac{\text{N. de falhas ocasionadas por técnicos}}{\text{Número de visitas de MP}} \right]$$

Figura 2: Cálculo do fator de segurança de manutenção preventiva.

A segurança de MP pode ser vista como a probabilidade de se completar uma visita de MP sem que haja algum erro humano relacionado aos serviços. O fator de segurança de MP usado, 0,99998, é derivado de dados reais de garantia de qualidade da Vertiv e mostra que, em média, com um técnico Vertiv, mais de 5000 eventos de serviço podem ocorrer sem que haja um erro humano relacionado a serviços (ver Figura 4).

### Aumento no MTBF Comparado à Não Haver Manutenções Preventivas

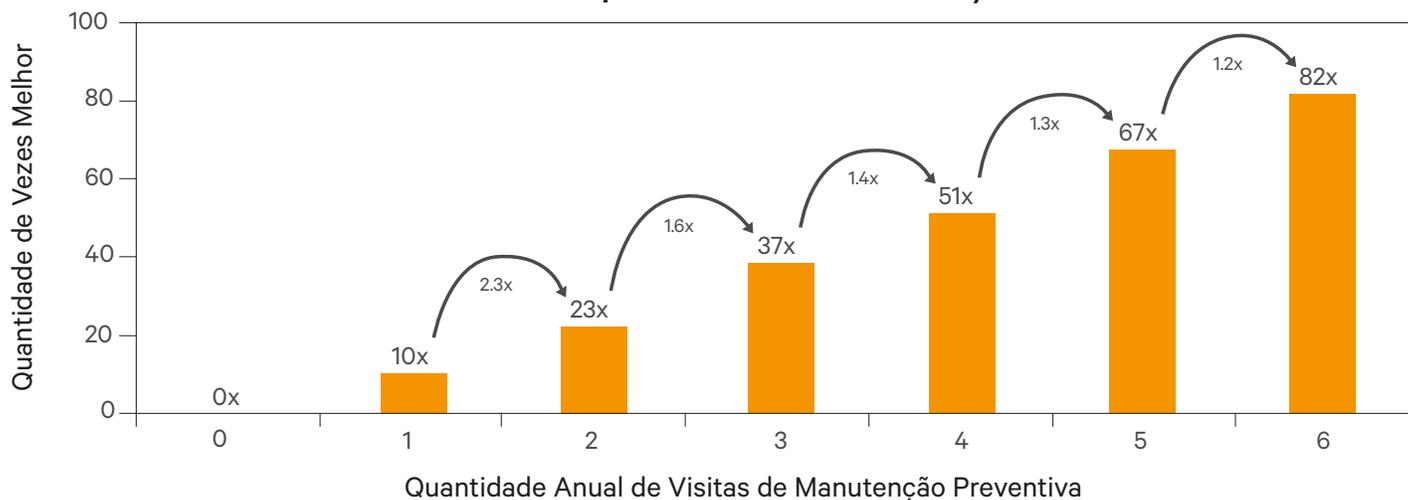


Figura 3: Um aumento no número de visitas de manutenção preventiva aumenta o MTBF.

O resultado do modelo pode ser visto na Figura 3, a qual retrata os valores do MTBF esperado projetados para até seis eventos de MP por ano. O modelo matemático incorporou dados reais da Vertiv™ para chegar à Figura 3. O MTBF estimado para o grupo “sem MP” é substancialmente menor que o MTBF observado para unidades com apenas contratos de serviços de emergência com a Vertiv Services, mas está em sintonia com a vida útil dos componentes que precisam ser substituídos.

Há um aumento substancial no MTBF de zero a seis visitas de MP por ano. Quando projetado para mais de seis visitas de MP, o MTBF começa a nivelar ao redor de 19 visitas de MP por ano e então lentamente diminui com maiores níveis de manutenção. Esse declínio após um grande número de visitas de PM pode ser atribuído ao fato de que cada evento de serviço introduz a possibilidade de erro humano relacionado à serviços.

O fator de segurança de MP para técnicos treinados da Vertiv é extremamente alto. Foi calculado que uma falha é causada pelo técnico para cada 5.000 eventos de MP. Esse alto nível de serviços de qualidade deriva do fato de que todos os técnicos são continuamente treinados para estarem atualizados com novos procedimentos, equipamentos, designs e outras mudanças que tenham sido feitas. Além disso, cada técnico usa o equipamento de teste especificado pela OEM, que coleta com precisão os dados dos equipamentos Vertiv™ Liebert® dentro dos limites especificados dos procedimentos de calibração. Portanto, pode-se concluir que o risco de erro humano é mínimo quando o pessoal da Vertiv acessa o sistema.

É razoável supor que um técnico que não tenha sido devidamente treinado e certificado em equipamentos Vertiv Liebert terá uma taxa de erro maior do que um técnico da Vertiv. Além disso, sem o equipamento de teste especificado pelo fabricante, é razoável supor que a coleta e a configuração dos dados possam ser imprecisas, ou não, dentro dos limites especificados dos procedimentos de calibração. Em um esforço para levar em conta esses padrões de treinamento e qualidade, diferentes fatores de segurança de MP são comparados na Figura 4. Um técnico da Vertiv com um fator de segurança de MP de 0,99998 terá ganhos na confiabilidade da unidade em até 19 eventos de serviços de MP por ano, após os quais haverá retornos decrescentes.

A confiabilidade da unidade UPS em teoria aumenta para até 19 eventos de MP por ano, mas realisticamente, a Vertiv não recomenda esse nível alto de atividades de manutenção. Ao invés, dois ou mais eventos de manutenção por ano irão aumentar substancialmente a confiabilidade. Para um técnico não treinado na fábrica com uma taxa de erros maior (ou uma falha causada pelo técnico para cada 100 eventos de MP), a confiabilidade da unidade aumentará apenas para uma visita de MP por ano antes de concretizar os retornos decrescentes. Isso mostra que um aumento nos eventos de MP aumentará a confiabilidade apenas se o técnico realizando o trabalho tiver uma taxa de erros muito baixa. A Figura 4 ilustra a relação sólida entre treinamento adequado e MTBF.

## Análise de Baterias

Percebendo a necessidade de métricas para entender o impacto dos serviços de monitoramento remoto e MP em strings de baterias, a Vertiv realizou uma segunda análise usando quatro grupos, clientes com as seguintes características: sem manutenção ou monitoramento de baterias; somente manutenção de baterias; monitoramento de baterias no site e manutenção de baterias e monitoramento remoto juntos, realizados por um confiável especialista nos sistemas.

O estudo realizado pela Vertiv™ quantifica a mudança na confiabilidade do sistema devido à presença de manutenção e/ou monitoramento nos sistemas de bateria.

A análise começou com a coleta de dados sobre mais de 700 milhões de horas acumuladas de operação, cobrindo contratos de serviço de um período definido de 41 meses. Nesse mesmo período, a quantidade de indisponibilidades do sistema devido a baterias avariadas também foi coletada.

Usando os conjuntos de dados acima, as indisponibilidades foram comparadas com o respectivo conjunto de produtos. Uma vez concluída, houve vários achados significativos em relação à importância da manutenção e do monitoramento (ver Figura 5 para os achados do estudo).

Primeiro, a Vertiv descobriu que a manutenção preventiva nas baterias aumentava a disponibilidade de todo o sistema, e que os clientes sem manutenção preventiva eram vulneráveis a unidades inativas. Por exemplo, uma análise de clientes que não tinham em vigor manutenção de baterias ou monitoramento descobriu que 37% de todas as unidades inativas foi devido a baterias avariadas.

Em segundo lugar, o estudo descobriu que os clientes que tinham um sistema de monitoramento de baterias Vertiv Albér™ instalado em seu site tinham uma taxa reduzida de indisponibilidades devido a baterias avariadas. Embora as interrupções ainda tenham ocorrido, os incidentes eram isolados de casos em que os clientes não estavam prestando atenção no sistema ou não sabiam como analisar adequadamente os dados proporcionados pelo monitor. Isso indica a necessidade de especialistas que monitorem corretamente os dados de alarme e façam a manutenção adequada de um sistema. O estudo também verificou um aumento do MTBF entre contratos de serviços de baterias regulares e aqueles com um dispositivo de monitoramento de bateria instalado em seu site. O MTBF de um site com uma unidade Vertiv Albér mais que dobrou o MTBF quando comparado a um site sem. Isso indica que a inclusão de um dispositivo de monitoramento de bateria instalado no site do cliente e monitorado pelo cliente também aumentará a disponibilidade desses sistemas de bateria.

### Quantidade de Eventos de MP para o qual o MTBF Assume o Valor Máximo de Acordo com o Fator de Segurança de MP

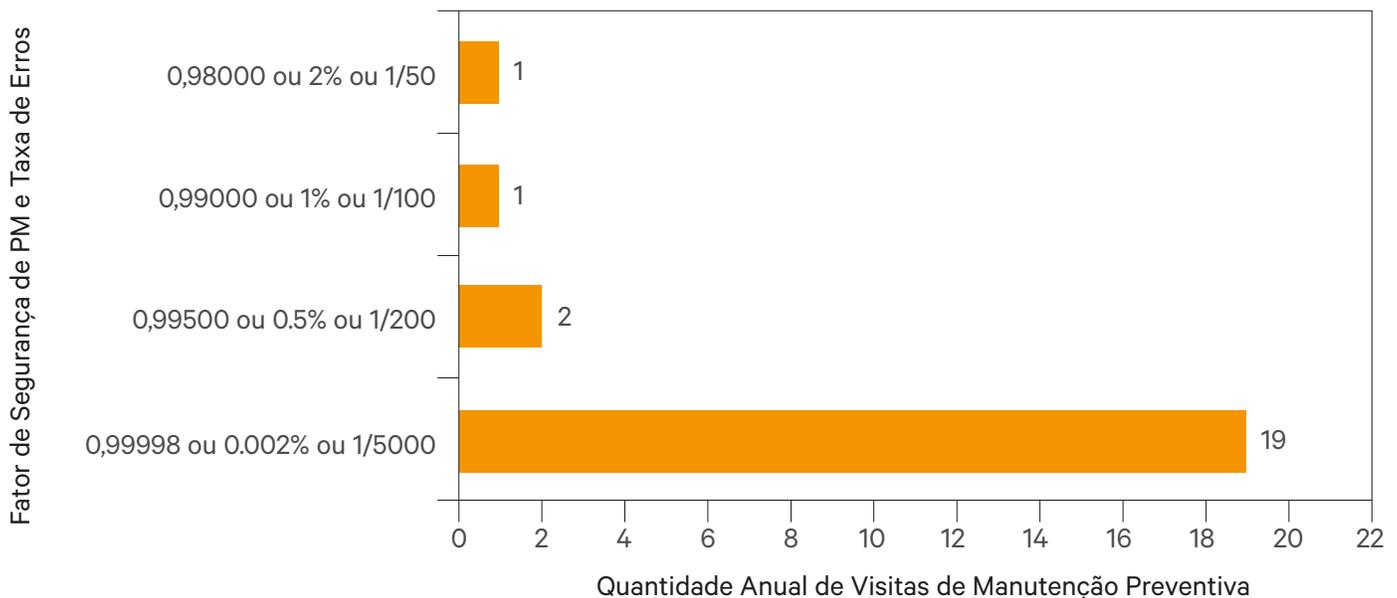
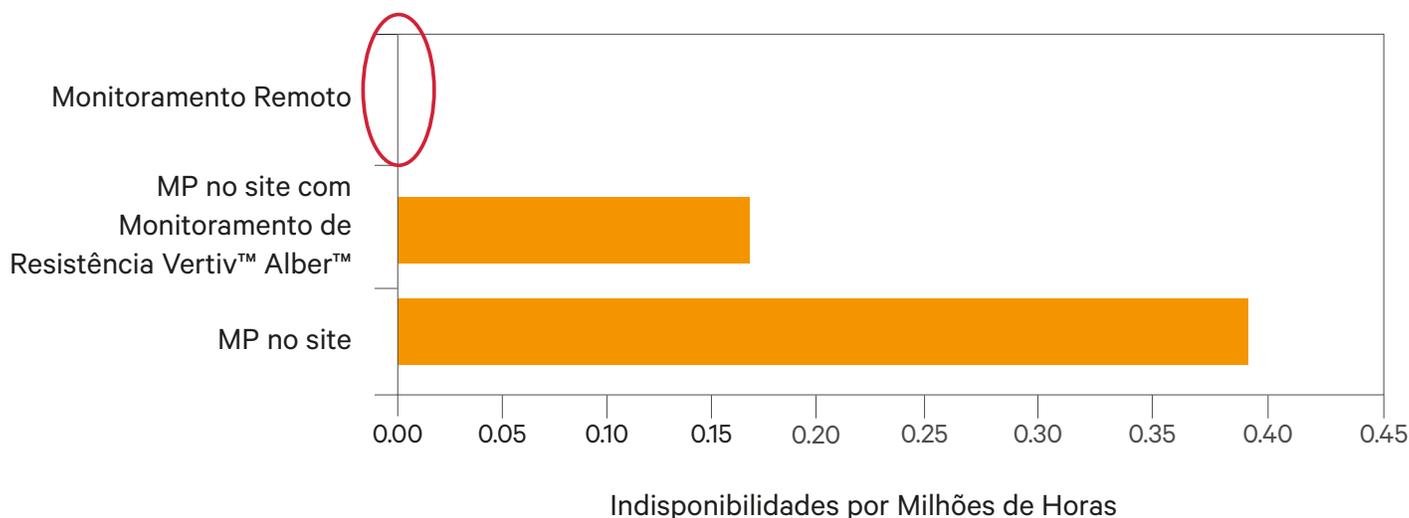


Figura 4: Técnicos treinados na fábrica e certificados, com um fator de segurança de MP de 0,99998, poderiam proporcionar ganhos na confiabilidade da unidade para até 19 eventos de serviços de MP por ano, após o que haverá retornos decrescentes.

Por fim, e talvez o mais importante, o estudo constatou que os clientes que tinham tanto manutenção de baterias quanto monitoramento remoto não haviam passado por indisponibilidades devidas a baterias avariadas ao longo de três anos e meio. Isso demonstra o aumento da confiabilidade do equipamento quando profissionais estão monitorando sistemas 24 horas por dia e utilizando técnicos altamente qualificados para serviços de MP.

Como não houve indisponibilidades em nenhum local com manutenção preventiva especializada e monitoramento remoto juntos, não houve MTBF significativo. O número gerado só poderia ser o número cumulativo de horas que os strings de bateria estavam funcionando continuamente. No entanto, a análise confirmou que a manutenção preventiva e o monitoramento mensais em sistemas de bateria podem diminuir significativamente o percentual de unidades inativas.

### Exemplo de MTBF em Baterias



*Figura 5: Sistemas com apenas manutenção mostram alta confiabilidade. Sistemas monitorados pelo pessoal do site têm uma autonomia significativamente maior antes de uma falha do que apenas com manutenção. E a manutenção e o monitoramento remoto, juntos, realizados por especialistas técnicos, não sofreram indisponibilidades devido a baterias avariadas.*

## Conclusão

Esta análise de dados sobre serviços para sistemas UPS e de baterias é uma análise preliminar sobre a conexão entre a MP e a confiabilidade do sistema. Não se presta a conclusões abrangentes. Em vez disso, a interpretação é direta e específica. O número de visitas de manutenção preventiva e o nível de treinamento do técnico têm um impacto substancial na disponibilidade do sistema, e a manutenção preventiva acompanhada do monitoramento aumenta substancialmente a disponibilidade das baterias.

A pesquisa apoia uma recomendação de pelo menos duas visitas por ano de MP para os UPSs, juntamente com a implementação de manutenção mensal da bateria e um programa de monitoramento. Dependendo do custo do downtime para uma aplicação específica, um alto retorno do investimento pode ser alcançado, em muitos casos através do aumento da frequência de MPs e/ou monitoramento.



**Vertiv.com | Sede da Vertiv, 1050 Dearborn Drive, Columbus, OH, 43085, Estados Unidos da América**

© 2022 Vertiv Group Corp. Todos os direitos reservados. Vertiv™ e o logo Vertiv são marcas ou marcas registradas da Vertiv Group Corp. Todos os demais nomes e logos que fazem referência são nomes comerciais, marcas, ou marcas registradas de seus respectivos donos. Embora tenham sido tomadas as devidas precauções para assegurar que esta literatura esteja completa e correta, Vertiv Group Corp não assume nenhuma responsabilidade, por qualquer tipo de dano que possa ocorrer seja por informação utilizada ou omitida. Especificações, descontos e outras ofertas promocionais estão sujeitos a mudanças à critério exclusivo da Vertiv mediante notificação.