

Desafios e soluções na adequação de um sistema de energia ininterrupta em um Data Center industrial.

Álvaro Ovídio da Silva¹, Cleyson Lincoln Gomes Pereira², Ésio Sena Junior³, Lucas Ramos de Souza Lima⁴, Paulo Henrique Fontes Coura⁵

Professora orientadora: Adriana Aparecida dos Santos Izidoro

Curso de Engenharia Elétrica

1. Resumo

Este trabalho apresenta um estudo de caso prático realizado em uma planta industrial na cidade de Itabira Minas Gerais na mina CAUÊ empresa Vale SA que teve como foco principal realizar uma avaliação primária da manutenção e aplicação em instalação em geradores em *data center*, prevendo possíveis ocorrências de falhas e oportunidades que, contribuam para a gestão de manutenção.

Esta verificação baseou-se nas diretrizes da (MCC) Manutenção Centrada na Confiabilidade, que consiste em uma estratégia integrada com objetivo de minimizar as possíveis falhas na instalação, a operacionalidade a eficiência dos equipamentos. A metodologia empregada para a execução desse estudo de caso consistiu em uma pesquisa nos bancos de dados da empresa sobre o atual controle dos geradores e sala de servidores, levantamento da criticidade e dos modos de falha dos equipamentos e, por fim, a elaboração de um guia descritivo das manutenções programadas para ativos e equipamentos. Este estudo aponta os desafios para o acompanhamento dos equipamentos em projeto de fonte ininterrupta e gerou, como resultado, materiais de apoio para a construção de um plano de instalação atualizado e mais eficiente.

Palavras-chave: Estudo, *data center*, manutenção, baterias, UPS, sistemas.

2. Introdução

Um sistema de energia ininterrupta é um dispositivo que garante o fornecimento de energia de forma contínua e de qualidade para equipamentos, mesmo em caso de interrupções do fornecimento da rede elétrica convencional. O sistema de energia ininterrupta também é conhecido como UPS (*uninterruptible power supply*).

O UPS onde será feito o estudo de caso, foi instalado em um *data center* industrial de

uma mineradora na cidade de Itabira, MG, com o objetivo de substituição de um ativo obsoleto e instalado de forma inadequada. Neste *data center* estão diversos CLPs (Controladores Lógicas Programáveis), servidores que fazem parte da arquitetura do sistema de supervisão e controle, servidores do sistema PIMS (*plant information management system*), *switches* das redes da tecnologia operacional e da rede da tecnologia informação, sistemas de CFTV (circuito fechado de televisão) além de outros sistemas importantes para a operação da planta de beneficiamento de minério de ferro.

Durante o desenvolvimento do projeto de adequação deste UPS, foi observado alguns pontos importantes que não eram considerados pelo projeto, o sistema era composto basicamente por um gerador que era controlado por uma USCA (unidade de supervisão de corrente alternada), esta USCA era alimentada por um *nobreak* de pequeno porte dentro da subestação, quando este *nobreak* entrava em falha a USCA era desligada e os *nobreaks* do *data center* industrial entravam em modo de descarga de bateria, o que por algumas vezes ocasionava a parada de todo o processo de beneficiamento de minério. O gerador era superdimensionado, o antigo era de 450 KVA e foi substituído por um de 100 KVA, os *nobreaks* não eram adequados para o *data center*, gerava a necessidade de ter um transformador de 220 VCA bifásico para 220 VCA trifásico para a alimentação dos ativos contidos no *data center*, além de algumas adequações de layout que prejudicavam a locomoção na edificação.

Durante o projeto todos os pontos foram tratados, os *nobreaks* escolhidos foram definidos pela equipe de serviços de tecnologia e a equipe de telecomunicações, optou-se por um equipamento já utilizado em outras unidades da mineradora com o objetivo de padronização.

O projeto de adequação do UPS do *data center* foi conduzido pelo time de projetos correntes da tecnologia, a instalação foi executada pela equipe de serviços industriais, toda a atividade foi acompanhada pela equipe de serviços de tecnologia.

No estudo de caso será verificado se todos os pontos de intervenções propostos foram resolvidos, além de propor melhorias para o sistema caso seja vista alguma oportunidade. Também será feita uma avaliação da manutenção das partes que compõem o UPS *uninterruptible power supply*, gerador, *nobreak*, quadro de paralelismo e quadros de distribuição.

3. Desenvolvimento

Serão abordados os principais desafios enfrentados na garantia de fornecimento ininterrupto de energia elétrica e será discutido a necessidade de investimentos em infraestrutura, incluindo a expansão e modernização da rede elétrica, a fim de evitar falhas de fornecimento. Será destacada também a importância da diversificação das fontes de energia.

Serão apresentadas as principais tecnologias disponíveis, serão discutidas tecnologias como o armazenamento de energia, que permite a utilização de fontes intermitentes. Serão também abordadas as redes inteligentes, que possibilitam o gerenciamento mais eficiente da distribuição de energia, e outras tecnologias inovadoras.

Estudo de caso da implantação do sistema de fornecimento de energia ininterrupta pela empresa VALE, em seu complexo Itabira, Mina Cauê: será apresentado um estudo de caso da implantação de um sistema de fornecimento de energia ininterrupta pela empresa VALE. Serão discutidas as estratégias adotadas pela empresa para garantir a disponibilidade de energia elétrica, incluindo a diversificação de fontes de energia, a utilização de tecnologias avançadas, como o armazenamento de energia, e a implementação de políticas internas de eficiência do sistema ininterrupto de energia.

É esperado que este artigo científico contribua para o avanço do conhecimento na área de engenharia elétrica, fornecendo informações relevantes sobre os desafios e oportunidades associados ao fornecimento ininterrupto de energia elétrica. Além disso, espera-se que os resultados apresentados incentivem a adoção de medidas concretas por parte de pesquisadores, engenheiros, gestores públicos e privados e outros profissionais para garantir a disponibilidade de energia elétrica de forma confiável e sustentável.

As fontes de energia ininterruptas (UPS) podem ser classificadas como fontes dinâmicas e fontes estáveis, essa classificação está diretamente relacionada à utilização dos elementos responsáveis pela fonte de energia, logo os sistemas dinâmicos não contam com uso de baterias, sua estrutura está ligada ao acúmulo de energia cinética por meio de máquinas girantes, como por exemplo, geradores, já o sistema estático tem como elemento principal o uso de baterias, além do uso de conversores, quando há necessidade de alimentação em sistemas AC (tensão corrente alternada) e DC (tensão corrente contínua). Atualmente as UPS estáticas são mais utilizadas na indústria, devido sua robustez, baixo custo de manutenção e confiabilidade. As UPS estáticas mais comuns são classificadas em três configurações: *on-line off-line e line-interactive* .

No sistema *off-line*, as baterias são carregadas por meio de um retificador de entrada que as antecede no fluxo do sistema, ele é alimentado pela rede principal assim como a carga que necessita do sistema ininterrupto, após o banco de baterias é utilizado um inversor, responsável, por exemplo, pela alimentação de motores AC, esse fluxo é ligado a uma chave responsável pela comutação da alimentação. Quando ocorre a interrupção de energia da rede principal, a chave de comutação conecta a carga ao inversor e o sistema volta a ser energizado como mostrado no diagrama de blocos:

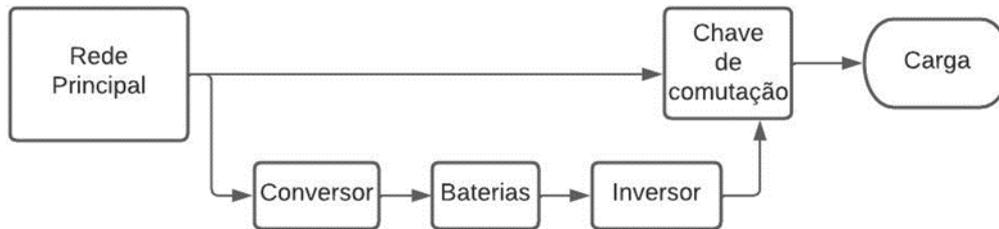
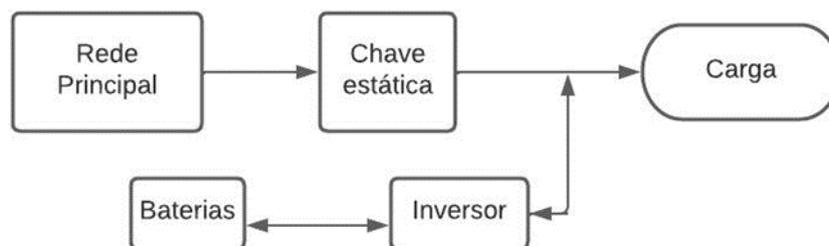


Figura 1 - Diagrama de blocos do sistema *off-line* de alimentação

Fonte: Elaborado pelos autores

Nesse tipo de sistema existe um atraso de fornecimento da energia gerado pela chave de comutação, na ordem de milissegundos, essa falta de alimentação de tensão pode gerar danos a elementos mais sensíveis da carga de saída, como componentes eletrônicos, logo a aplicação desse sistema é recomendada a cargas mais robustas.

No sistema *line-interactive* a carga é alimentada pela rede principal por meio de uma chave estática, na falta de energia a chave é aberta e o inversor de saída alimenta a carga, a diferença é que nesse sistema as baterias são alimentadas pelo próprio inversor de saída, visto que ele possui bidirecionalidade, a falta de alimentação causada pela ausência da rede principal, e o tempo de abertura da chave estática também como no sistema *off-line* pode causar danos os elementos mais sensíveis da carga, abaixo o diagrama de blocos do sistema:



77Figura 2 - Diagrama de blocos do sistema *line-interactive* de alimentação

Fonte: elaborado pelos autores

O sistema *on-line* apresenta uma configuração mais flexível se comparado aos outros, nele toda a potência de saída está concentrada no inversor de entrada, que é responsável pela alimentação das baterias também. Além disso é mais eficiente devido não haver intervalo de comutação, logo a carga não fica sem alimentação, essa configuração é muito utilizada em sistemas de energia solar, geradores. É possível pelo barramento CC (corrente contínua) que interliga a carga de saída a conexão de outras fontes de energia trazendo flexibilidade e maior confiabilidade.

Diagrama do sistema *on-line*:

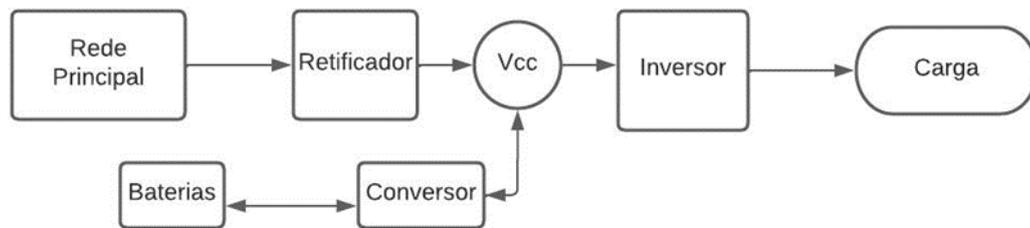


Figura 3 - Diagrama de blocos do sistema On-line de alimentação

Fonte: Elaborado pelos autores

3.1. Elementos importantes na construção de um *data center*

A construção de um *data center* é algo complexo que exige técnica e planejamento, além da abordagem de diversas áreas, desde construção civil, infraestrutura elétrica, sistemas de combate a incêndio, climatização de precisão, tecnologias da informação (TI), monitoramento e sistemas auxiliares de alimentação. Sua instalação tem como objetivo centralizar os serviços de TI de uma empresa ou organização, embora sejam complexos ele tem por função comum garantir a funcionalidade de sistemas, desde segurança e controle, ar condicionado, controle de áreas ambientais, detecção de incêndio, automação em geral, garantindo a disponibilidade das aplicações da empresa na condição de falhas do serviço principal.

De acordo com Certtum Construtora e Projetos:

- No caso específico de elaboração de projetos de *data center*, temos um diferencial extremamente importante: os projetos devem estar interligados, isto é, não poderão ser vistos de maneira individual, pois cada um interage em relação ao outro conforme podemos visualizar na figura a seguir:



Figura 4 - Projetos que compõem um *data center*

Fonte: (Certtum, 2023)

3.2. A importância do sistema de energia ininterrupto em um *data center*

Os *nobreaks* são conhecidos como UPS (*uninterruptible power supply*) eles basicamente, tem como princípio de funcionamento realizar o controle e regulação da tensão, e condicioná-la, com objetivo de alimentar um sistema específico, além de manter a qualidade da energia que é entregue, eles armazenam energia em baterias, quando o sistema onde são aplicados estão funcionando normalmente pela alimentação primária, em caso de uma interrupção eles assumem a carga de maneira instantânea, durando por períodos de minutos ou até dias dependendo do seu dimensionamento.

Sua aplicação em *data centers* é de suma importância, considerando o caso de estudo da mineradora Vale, uma planta industrial responsável pelo beneficiamento do minério que é distribuído por todo mundo, um sistema de UPS se torna responsável por garantir o funcionamento da planta, dessa maneira eles podem evitar que uma queda de energia atinja o coração dos equipamentos críticos, impedindo *downtimes* (*tempo de inatividade*), danos físicos e garantindo que nenhuma informação contida nos servidores seja perdida. Por isso, esse assunto está sendo levado com seriedade na hora da implantação ou reforma de um *data center*. Uma escolha errada nessa parte do sistema elétrico pode sair muito caro, com perdas irreparáveis para as empresas. (ZEITTEC, 2023).

Contudo, o *nobreak* desempenha função importante no sistema ininterrupto de fornecimento de energia, sendo que o *nobreak* desempenha papel de sustentar o sistema de energia do *data center* no momento de transição rede/gerador, ou seja o gerador

monitora e assume o fornecimento em caso de falhas, porém é exigido um tempo para essa transição, sendo que em sistemas elétricos o fornecimento de energia deve ser ininterrupto e o nobreak permite manter a alimentação nesse período de transição.

2.4 Aplicação de um *nobreak online* de dupla conversão

A diversificação dos *nobreaks* está cada vez maior, eles estão se tornando eficientes, mostrando que esse mercado tem se tornado promissor com sua modernização e o reflexo do seu avanço tecnológico. Existem vários tipos de *nobreaks* podem ser empregados em sistemas de UPS, eles são aplicados em situações e modos diferentes, além de apresentarem vantagens e desvantagens com relação a sua utilização, logo é de suma importância avaliar e saber qual aplicar no sistema elétrico do *data center* desejado. Atualmente o *nobreak* utilizado pelo estudo de caso é o *online* de dupla conversão, nesse modelo, não há tempo de transição em situações que a energia primária da concessionária é interrompida. Fisicamente um conversor trabalha *full time* sendo responsável pelo carregamento dos bancos de baterias, sendo assim, com um sistema de dupla conversão ele proporciona uma alimentação ininterrupta segura e eficaz. Seu princípio de funcionamento e fornecimento de energia se baseia nos seguintes passos (ZEITTEC, 2023):

1- Conversão da energia da concessionária de AC para DC por meio de um retificador, carregando o banco de baterias.

2- As baterias fornecem alimentação DC o inversor, o mesmo a converte novamente para AC, devido esse processo o nome de “dupla conversão”

3- No momento do interrompimento da energia primária o retificador deixa de transformar a energia AC para DC e deixa de alimentar o banco de baterias por um período.

4- Considerando que o inversor funciona 100% do tempo, ele continua a transformar a energia DC das baterias para AC com propósito de alimentar as cargas. Levando em consideração que esse tipo de *nobreak* elimina o tempo de transferência de carga, além de corrigir e filtrar a forma de onda da entrada, ele garante energia de qualidade e estável para as cargas alimentadas, eliminando a possibilidade de queimas de componentes sensíveis a oscilações de energia na ocorrência de um *blackout*, proporcionando confiabilidade ao processo garantindo que as cargas alimentadas estejam seguras e em condições de performance. A seguir o esquema unifilar do fluxo de energia desse sistema:

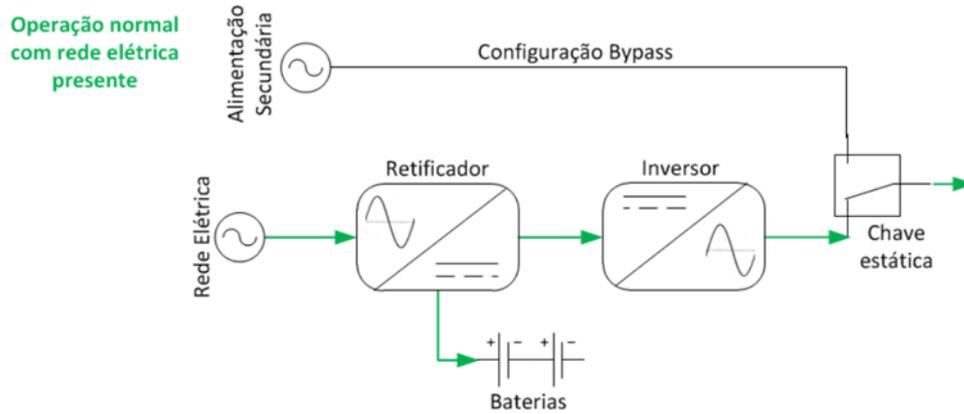


Figura 5 - Fluxo da operação normal com rede elétrica da concessionária.

Fonte: (Blog Schneider Electric, 2017)

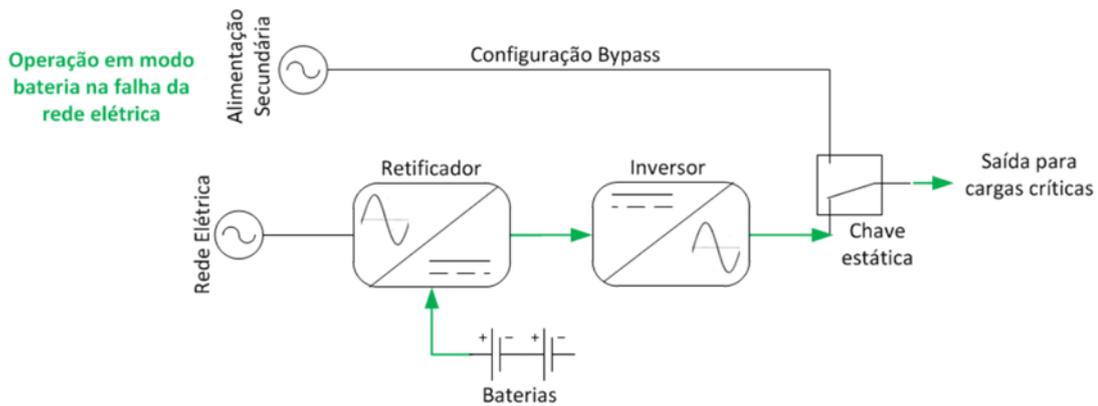


Figura 6 - Fluxo da operação com a utilização do banco de baterias

Fonte: (Blog Schneider Electric, 2017)

2.5. Importância do gerador em um *data center* industrial.

O gerador é um item essencial em um *data center*, pois garante a continuidade dos serviços, protege contra falhas de energia, mantém a estabilidade da carga e oferece tempo de resposta rápido. Ele fornece energia de reserva confiável para evitar interrupções, protege os dados armazenados e garante o funcionamento contínuo do *data center*. O gerador é responsável por realizar automaticamente monitoramento de níveis de tensões na rede elétrica da concessionária e realiza transição de rede para o grupo gerador, assumindo o fornecimento de energia automaticamente em ocasiões de falta, porém deve-se atentar ao tempo de transição após identificação de falta de energia pela USCA (unidade de supervisão e controle alternado) do grupo gerador, essa transição pode durar até 3 minutos, sendo que sua aplicação em *data center* industrial requer atenção na

especificação de *nobreak* que passa se tornar item indispensável.

4. Metodologia

A metodologia aplicada para o trabalho foi o modelo estudo de caso, no qual foi realizado levantamento de dados de projeto existente, análise de dados de especificação técnica, falhas existentes, oportunidades de implementação de melhorias no *layout* atual com finalidade de tratativa e resolução em falhas elétricas e paradas inesperadas do processo produtivo.

Para o desenvolvimento do trabalho foi realizado visita em campo e coletado dados dos equipamentos que pertencem ao *data center*, planos de manutenção, levantamentos de carga, e estudo da documentação existente.

O sistema de energia ininterrupta do estudo de caso é composto pelos itens a seguir:



Figura 7 – Gerador

Fonte: Próprio Autor



Figura 8 – USCA (unidade de supervisão e corrente alternado) DEEP SEA

Fonte: Próprio Autor



Figura 9 - Dois nobreak's Conception de 20 KVA da CM Comandos

Fonte: Próprio Autor



Figura 10 - Quadro de paralelismo

Fonte: Próprio Autor



Figura 11 - Quadros de distribuição (QD)

Fonte: Próprio Autor



Figura 12 - Rack's de telecomunicações

Fonte: Próprio Autor

O sistema alimenta de forma redundante 6 *racks* com ativos de telecomunicações, servidores e 8 painéis com controladores lógicos programáveis, devido limitações do controlador. A seguir fotos dos *racks* e painéis com os CLP's:



Figura 13- Painéis com controladores lógicos programáveis(CLP)

Fonte: Próprio Autor

Estes ativos são responsáveis pelo controle de uma planta de beneficiamento de

minério de ferro, que foi construída com a capacidade nominal de produção de 36 kt de minério de ferro por dia, com produção estimada no valor de US\$ 18.500.000,00. A seguir foto com vista superior da planta de beneficiamento de Cauê:

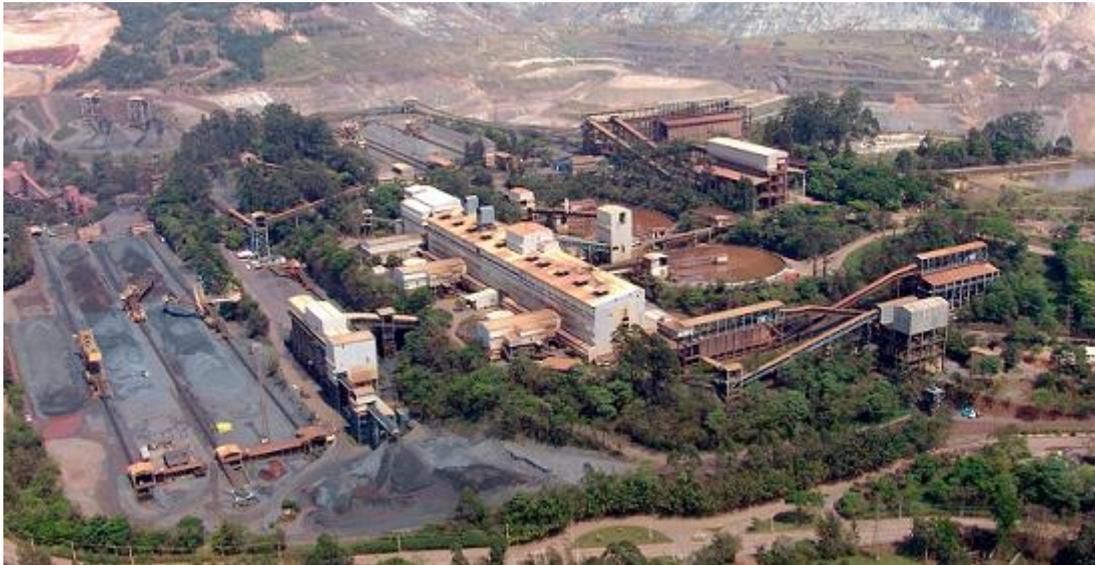


Figura 14- Usina Cauê

Fonte: Próprio Autor

Após a análise de todos os dados levantados, foi observado que o sistema de energia ininterrupta é bem robusto, porém existe alguns pontos de vulnerabilidades, como fonte de alimentação de entrada único e gerador único. Foi observado que a periodicidade dos planos de manutenção tanto do gerador como do *nobreak* são bem dilatados e a inexistência de planos para os demais ativos, conforme mostra a tabela a seguir.

Tabela 1 – Quadro de periodicidade manutenção dos ativos

	Inspeção Sensitiva	Manutenção Preventiva
NB1610EE01	180 dias	365 dias
NB1610EE02	180 dias	365 dias
Gerador	Não possui manutenção	365 dias
Quadro de paralelismo	Não possui manutenção	Não possui manutenção
QTA	Não possui manutenção	Não possui manutenção
QD1610EE01	Não possui manutenção	Não possui manutenção
QD1610EE02	Não possui manutenção	Não possui manutenção

Considerando a configuração atual do *data center* onde o estudo de caso foi

desenvolvido, o fornecimento de energia é feito por meio de um sistema composto por diversos componentes. Inicialmente, a alimentação é proveniente de um Centro de Controle de Motores (CCM) operando a uma tensão de 480 V. Essa tensão é então redirecionada para um transformador 480/220 V, responsável por fornecer energia aos *nobreaks*, painel de paralelismo que por sua vez alimentam os dois QD.

Além disso, o sistema conta com uma alimentação secundária, que entra em ação após a atuação dos *nobreaks*. Essa alimentação é garantida por um gerador de potência. Na ausência da alimentação primária, o gerador assume o fornecimento de energia para as cargas. No entanto, durante o intervalo de tempo até que o gerador esteja operacional, os *nobreaks* são responsáveis por manter o fornecimento contínuo de energia. Os *nobreaks* têm uma capacidade limitada de operação por um tempo específico. O gerador, por sua vez, assegura a alimentação dos equipamentos mais críticos.

O gerador continua operando até que a energia primária da concessionária seja restabelecida. Assim, a combinação de UPS *uninterruptible power supply* e um gerador é de suma importância para garantir a estabilidade do fornecimento de energia. A escolha do gerador está relacionada ao regime de operação no qual ele é empregado. No atual *data center* do estudo de caso, o gerador atua como *standby/emergência*, ou seja, entra em funcionamento apenas quando há falta de energia da concessionária.

O controle do sistema de energia ininterrupta é feito pela unidade de supervisão e corrente alternada (USCA) conforme foto a seguir:



Figura 15 – USCA

Fonte: Próprio Autor

Tratando-se de UPS a prática de manutenções preventivas é um ponto importante para garantir o funcionamento do sistema, estudos de fornecimento e energia comprovam que cerca de 4% das falhas de UPS são resultado de componentes com prazo de validade vencido, enquanto até 20% falham devido a problemas nas baterias. (SALLES, 2013)

Um dos principais elementos responsáveis por mal funcionamento são as baterias, elas são responsáveis pela autonomia do sistema, em caso de baterias ruins ou de baixa qualidade podem gerar contaminação química no sistema, consequentemente aquecimento comprometendo a refrigeração, podendo provocar até mesmo princípios de incêndio. (ZEITTEC, 2023). Além disso de todo sistema elétrico que compõem a UPS, chicotes, conexões elétricas e principalmente o gerador responsável pela alimentação secundária, a análise periódica do óleo do motor garante que ele estará em condições normais de operação evitando paralisações, aquecimentos ou até problemas mais graves.

As falhas de um sistema de energia ininterrupta podem ser classificadas como período de inatividade evitável e inevitável sendo eles (SALLES, 2013) :

Tabela 2 – Percentagem do período de inatividade

Inatividade evitável (67% das causas)	Inatividade inevitável (33% das causas)
Erro humano	Falha no equipamento (apesar da boa manutenção e ensaio)
Falta de procedimentos	Falha na cadeia/serviço de alimentação
Procedimentos incorretos	
Redundância inadequada	
Manutenção insuficiente	

Dentre as causas de problemas relacionados a UPS também podem acontecer por fatores externos, como descargas atmosféricas, é importante frisar que um sistema de energia ininterrupta não protege a carga que irá alimentar, logo por meio de inspeções em manutenções preventivas podem identificar eventuais danos causados.

Causa de falhas comuns em sistemas de UPS:

- Baterias
- Refrigeração
- Descargas atmosféricas
- Conexões internas da UPS

- Vida útil e fadiga de componentes
- Fonte de alimentação
- Atualizações de *firmware*

4.2 Manutenções Preventivas em UPS de um *data center*

Um dos fatores mais importantes para o funcionamento de qualquer sistema, é a prática das manutenções preventivas sistemáticas, ela se baseia em examinar e checar um equipamento, com a finalidade de localizar possíveis danos e analisar para saber se as condições técnicas do equipamento estão em estado de operação com confiabilidade. (STAHL, 2017). Um dos objetivos da manutenção preventiva é garantir a eficiência operacional, além da redução de custos, visto que a boa performance do equipamento evita paradas por corretivas, diminuindo o impacto seja qual for o processo de produção, consequentemente ela aumenta a vida útil de equipamentos e gera confiabilidade em processos.

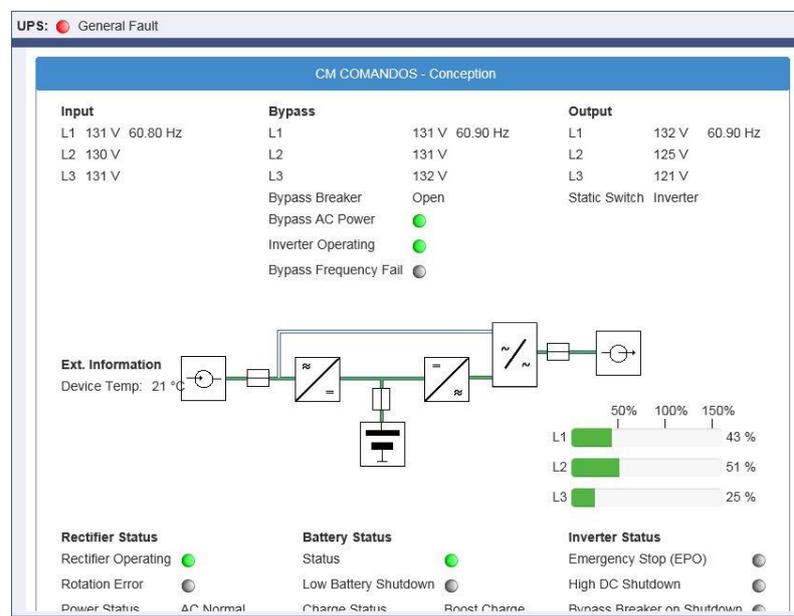


Figura 16 – Verificação em tempo real do sistema de UPS

Fonte: Próprio Autor

Considerando um sistema de energia ininterrupta, as manutenções preventivas são responsáveis por garantir o perfeito funcionamento em situações onde a fonte primária de energia sofre alguma pane. Ela se torna ainda mais importante nessas condições devido as UPS terem um papel importante em processos industriais, uma vez que esse sistema não funcione como esperado, o impacto é grande podendo comprometer toda uma planta

ou carga importante de uma empresa.

Um sistema de UPS possui diversos componentes complexos, responsáveis pelo condicionamento e fornecimento de energia, porém estão sujeitos a falhas. Sendo assim, a aplicação de um plano de manutenção preventiva eficaz e bem elaborado reduz consideravelmente a vulnerabilidade e prolongar a vida útil do sistema. Ele assegura que os vários componentes mecânicos e eletrônicos de um UPS sejam cuidadosamente avaliados, limpos, testados e calibrados com regularidade. Caso não haja uma manutenção adequada, a UPS poderá falhar prematuramente, levando em consideração que os componentes críticos, tais como as baterias e os capacitores, sofrem o desgaste natural de uso (SALLES, 2013). O gráfico abaixo ilustra um exemplo de rotina de manutenções preventivas podem impactar positivamente um sistema de energia ininterrupta:

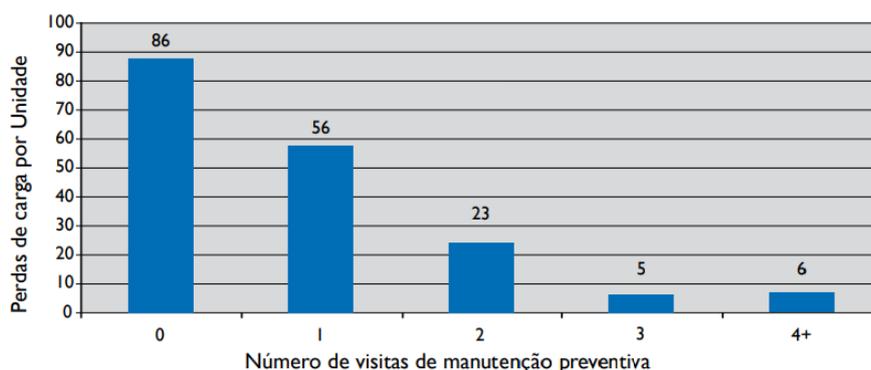


Figura 17 - Perdas de carga da UPS em relação às visitas de manutenção preventiva realizadas

Fonte: (SALLES, 2013)

4.3 Elaboração de um plano preventivo sistemático e eficaz

Existem uma série de medidas que podem ser tomadas para assegurar a eficácia de uma UPS, primeiramente é necessário conhecer todos os componentes e circuitos envolvidos, além de mapear os que mais desgastam e com tempo apresentam fadigas, como por exemplo baterias e capacitores. Uma única bateria pode gerar falhas críticas ao sistema de energia ininterrupta, considerando que sua duração é em média de 3 a 5 anos, é necessário uma inspeção regular e também realizar testes de carga e sua substituição se necessário. A verificação de chicotes e terminais de conexão internos do sistema, são importantes para evitar pontos de aquecimento e mau contato, evitando fadiga e queima de componentes. A refrigeração é um ponto relevante no funcionamento, as obstruções

de filtros de ar podem gerar aquecimento e desligamento da UPS, a troca de filtros é extremamente importante. Os contatores e chaves responsáveis pela comutação física do sistema, devem ser inspecionados criteriosamente, poeiras e outros particulados podem afetar a atuação mecânica do instrumento, gerando falhas na operação.

As execuções de testes operacionais também devem ser contemplados em um plano de manutenção, eles tem por finalidade monitorar os principais parâmetros operacionais, tais como tensão, frequência, corrente e temperatura. (SALLES, 2013).

Testes realizados em manutenções de UPS (SALLES, 2013):

- Transferência para bypass e retorno ao UPS: Este teste tem como finalidade verificar o funcionamento da chave estática e a transferência para bypass motor-operador/disjuntor ou contator. O intervalo de teste deve ser, no mínimo, anual e pode ser realizado com a carga no bypass de manutenção.
- Operação da bateria e retorno: às vezes associada à entrada de grupo motor gerador (GMG) e à volta ao normal, este teste é normalmente realizado mensalmente e testa o UPS, o gerador e as funções da chave de transferência automática (ATS).
- Avaliação da divisão de carga: este teste verifica as cargas em qualquer fase que se aproxima de 100%. Para limitar eventuais sobrecargas, as cargas podem ser redistribuídas conforme necessário. É importante notar que qualquer uma das fases pode ser sobrecarregada e disparar um alarme inesperado ou uma transferência, mesmo que as outras duas fases estejam apenas levemente carregadas.
- Rotação de fase/verificações de fiação no local: este teste inspeciona os alarmes de bypass fora do limite ou falhas de fiação no local que possam ter ocorrido como resultado de mudanças normais na fiação ou na manutenção. Estes problemas podem passar imperceptíveis até uma transferência para bypass ser feita
- Ouvir os testes: um técnico experiente deve ouvir sons anormais da operação, em particular arcos, ruído do rolamento do ventilador ou problemas sincronizados, incluindo a procura de sons ou batidas de frequências. Essas dicas sutis podem facilmente passar despercebida pelos usuários não familiarizados com os sons de alerta.
- Reciclagem do operador: uma vez que a maioria das interrupções de energia é resultado de erro humano, deve ser dada atenção constante para garantir que todo o pessoal com acesso ao UPS e comutadores associados tenham uma sólida

compreensão do funcionamento do sistema e das consequências de quaisquer ações incorretas.

Inspeções também fazem parte da manutenção preventiva, com intuito de verificar fisicamente os componentes que compõem a UPS, dentre as atividades que podem ser realizadas para assegurar o funcionamento de um sistema estão:

- Limpeza e verificação dos retificadores, chaves estáticas e inversores,
- Verificação do sistema de refrigeração (ventiladores/exaustores);
- Verificação de filtros de ar;
- Calibração e atualização de *firmware* do equipamento quando necessário ou houver atualizações;
- Inspecionar e realizar testes nos acoplamentos existentes;
- Verificar capacitância dos filtros de entrada;
- Verificar isolamento de tirístores;
- Inspecionar as proteções físicas e vedações;
- Reapertar conexões elétricas, verificar terminais e trocar se necessário;
- Inspecionar componentes em geral, com relação a pontos de aquecimento e fadiga;
- Verificar os dados de IHM, se estão fazendo corretamente leitura de dados;
- Verificar a alimentação da UPS e parte elétrica em geral (transformadores, cabos, conectores e proteções);
- Inspecionar banco de baterias, realizar testes de carga e verificar a corrente de partida a frio CCA (*Cold Cranking Amps*);
- Verificar fisicamente as baterias, se há contaminação, deformação nos polos e vazamento de solução, além de realizar limpeza;
- Verificar oxidação de conexões e terminais, e realizar a troca se necessário;
- Verificar o funcionamento do gerador que é a alimentação secundária, inspecionar conexões, trocas de óleo do motor, componentes em geral;
- Verificar todos os chicotes elétricos e interligações contra atritos e

má disposição física;

- Seguir as informações e recomendações do fabricante o consultando em dúvidas relacionada a manutenção;
- Manter atualizado e de fácil acesso o histórico de manutenção a fim de informar técnicos responsáveis pela atividade.

4.4 Integração do Sistema ao SAS (Sistema de automação de subestação)

O grupo moto gerador (GMG), é parte imprescindível no sistema de energia ininterrupta, o GMG do sistema de energia ininterrupta do *data center* em questão é integrado ao sistema de automação de subestações (SAS), o sistema é desenvolvido na plataforma da ABB (800xA), a USCA possui comunicação em MODBUS TCP, o SAS possui o OPC da Kepware que faz a leitura em tempo real dos status, alarmes e medições da USCA, além de monitorar se a alimentação dos *nobreaks* estão pela rede ou pelo GMG. Esta integração auxilia no monitoramento do funcionamento do GMG. Além da integração do GMG ao SAS, todos os dados são enviados ao PIMS (*plant information management system*) o sistema utilizado é o *PI System* que recentemente foi adquirido pela *Aveva*, uma empresa do grupo da *Schneider Electric*. O Histórico fornecido pelo *PIMS* é muito útil para análise de possíveis falhas que possam vir a ocorrer no sistema.



Figura 18 - Faceplate do GMG

Fonte: Próprio Autor

4.5 Falhas relatadas no sistema de energia ininterrupta

Em entrevista aos responsáveis pela manutenção dos *nobreak* foi relatado algumas falhas que já ocorreram no equipamento, no total foram relatadas três falhas, sendo cada uma com um modo.

FALHA 1 – No dia 25-11-2021 foi aberto um ticket para manutenção corretiva nos dois *nobreak* da CM Comandos, um *nobreak* apresentava carbonização no conector do capacitor, enquanto o outro havia uma suspeita de ter a mesma falha.



Figura 19 - Conector carbonizado

Fonte: Próprio Autor

Para a correção dessa falha foi programada uma manutenção corretiva, onde foi trocado os cabos e conectores carbonizados além da verificação de outras conexões.

FALHA 2 – No dia 12-07-2022 foi aberto um *ticket* para verificação de uma falha com a indicação de ALARME INTERNO SIGMA FORA DE FAIXA RST



Figura 20 - Indicação de falha do *nobreak*

Fonte: Próprio Autor

Para a correção da falha foi programada uma inspeção nos equipamentos, o engenheiro responsável pela manutenção solicitou a programação para a calibração do equipamento, após a calibração o equipamento voltou a operar normalmente. Porém, no dia 22-08-2022 os *nobreaks* voltaram a apresentar a mesma falha, onde foi percebido um desbalanceamento de tensão considerável na saída.



Figura 21 - Desbalanceamento de tensão na saída ano *nobreak*

Fonte: Próprio Autor

Para o reparo da falha foi necessário a troca de várias placas eletrônicas do *nobreak*. FALHA 3 – no dia 12-04-2023 durante a manutenção preventiva anual dos *nobreaks* foi identificado conectores carbonizados devido mau contato, essa falha é considerada recorrente, em outras manutenções corretivas foi relatado situações similares, sendo assim isso se tornou um ponto de atenção durante as inspeções.

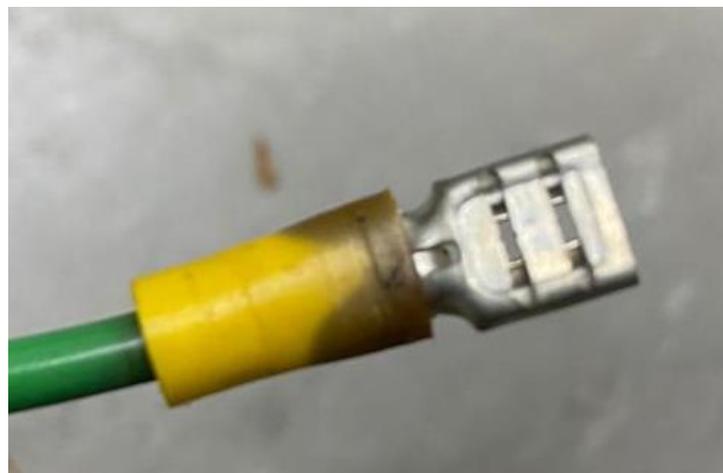


Figura 22 - Mau contato nos conectores dos capacitores

Fonte: Próprio Autor



Figura 23 – Verificação da fixação das conexões durante inspeção sensítiva

Fonte: Próprio Autor

Como ação preventiva todos os cabos e conectores foram trocados e conectados de maneira firme e confiável evitando mau contato. O engenheiro responsável pela manutenção citou que é um problema crônico nestes tipos de equipamentos e que o desbalanceamento de cargas na saída dos *nobreaks* pode agravar este problema.

Também foi identificado uma falha, após o desligamento do NB02 para uma manutenção preventiva, o NB01 apresentou falha de sincronismo, logo desligou paralisando a alimentação. A manutenção do NB01 foi adiada em 30 dias devido disponibilidade de processo, até que fosse identificado o problema de sincronismo do outro *nobreak*, após a correção das falhas nos dois equipamentos eles voltaram a operar sem relatos de outros eventos indesejáveis ou de falhas por componentes ou calibrações.

5. Resultados e discussões

Após o levantamento de dados de todo o sistema de energia ininterrupta, foi possível observar que se trata de um sistema muito confiável, que vem atendendo o objetivo que é a alimentação do *data center*, porém foi identificado alguns pontos de melhoria para o sistema, principalmente referente a manutenção dos *nobreaks* e verificação de componentes internos. Como foi visto na tabela 1, somente os *nobreaks* e o Gerador

possuem planos de manutenção cadastrados no sistema de manutenção, “*As instalações de UPS de maior êxito, que são avaliadas pelo sistema de utilidade ou tempo em atividade, incluem programas de manutenção que são rigorosamente aplicados.*” (Salles 2013, pag 8). Tendo em vista esta informação vimos que é necessário um ajuste nos planos atuais e a criação de novos planos de manutenção para os dispositivos que compõem o sistema de energia ininterrupta. Na tabela 1 é possível observar que não existe testes mensais no gerador e no GMG, e nenhum tipo de manutenção nos demais dispositivos do sistema, abaixo segue a revisão da tabela 1, com as melhorias propostas.

Tabela 3 – Revisão do quadro de periodicidade da manutenção dos ativos

	Inspecção Sensitiva	Manutenção Preventiva	Testes do sistema
NB1610EE01	90 dias	180 dias	365 dias
NB1610EE02	90 dias	180 dias	365 dias
Gerador	30 dias	365 dias	30 dias
Quadro de paralelismo	180 dias	365 dias	NA
QTA	180 dias	365 dias	NA
QD1610EE01	180 dias	365 dias	NA
QD1610EE02	180 dias	365 dias	NA

Os componentes de uma UPS possuem vida útil, a troca e verificação deve ser feita de maneira regular e sistemática, além de seguir as orientações e especificações do fabricante. A prática da manutenção preventiva é a melhor solução quando o assunto é manter a durabilidade e operação efetiva de qualquer sistema, inspeções sensitivas podem ser responsáveis por cercar futuros problemas, evitando corretivas além de garantir que uma carga alimentada por um sistema de energia ininterrupta não sofra com a falta de alimentação primária ou eventos indesejáveis como *blackout*. Um plano de manutenção preventiva deve ser bem elaborado tecnicamente e de fácil entendimento para quem irá executá-lo, também o histórico das manutenções deve ser armazenado e consultado a cada execução, afim de otimizar o processo, gerando agilidade, confiabilidade e redução de custos evitando que peças e componentes não sejam trocados desnecessariamente. Uma manutenção preventiva estratégica e eficaz é fundamental para o processo onde o estudo de caso foi realizado, uma planta responsável pelo beneficiamento e distribuição de

minério de ferro no mundo, sofre grandes impactos financeiros e logísticos em caso de uma parada não programada, logo o desempenho das UPS é imprescindível para inibir o período de inatividade da planta.

Com a revisão do quadro de periodicidade da manutenção dos ativos, será necessário revisar cinco planos e criar onze planos de manutenção. Dos 11 planos criados, destacamos os testes do sistema, que serão executados no GMG e nos dois *nobreaks*. O teste do GMG que será realizado em toda parada programada da unidade, que ocorre mensalmente. Este plano tem o objetivo testar a função da chave transferência automática (ATS). Já os testes dos *nobreak* serão realizados anualmente também em paradas programada da planta, ele tem o objetivo de garantir o funcionamento do *nobreak* em modo *bypass*.

Outro ponto importante e que será levado à equipe responsável pela manutenção do sistema de energia ininterrupta, é a necessidade da aplicação de treinamentos de reciclagem de manutenção e operação do sistema aos técnicos responsáveis pela execução dos planos de manutenção, uma vez que parte considerável das falhas de uma UPS pode ser calibrações, falta de conhecimento sobre o fluxo do sistema e até mesmo erro humano na operação ou manutenção dos componentes.

Entre as falhas identificadas, destacam-se a falta de manutenção preventiva nos equipamentos, a falta de redundância em alguns componentes do sistema e a falta de monitoramento adequado do sistema. Para resolver essas falhas, foram propostas soluções como a implementação de um plano de manutenção preventiva, a instalação de componentes redundantes e a implementação de um sistema de monitoramento mais eficiente.

Foram identificadas oportunidades de melhoria no layout do *data center*, que poderiam contribuir para a redução de falhas e para a melhoria da eficiência energética. Entre as soluções propostas, destacam-se a reorganização dos equipamentos, a instalação de sistemas de refrigeração mais eficientes e a implementação de um sistema de gestão de energia mais sofisticado.

Além disso, a implantação de um sistema de potência redundante aumentaria a confiabilidade do *data center* em questão, a proposta inclui dois alimentadores independentes operando em paralelo, equipados com dispositivos de proteção de sobrecorrente (relés de proteção 50/51) e proteção direcional (relés de proteção 67). Essa abordagem visa garantir o fornecimento contínuo de energia, minimizar falhas e aprimorar a segurança operacional. Essa implementação traz benefícios como redução de

interrupções, proteção de equipamentos e prevenção de falhas. Embora possa ser considerada cara e pouco convencional, é justificada pela importância dos elementos protegidos.

Por fim, foram apresentadas análises dos dados coletados e discutidas as implicações dos resultados para a gestão de manutenção do *data center*. Foi destacada a importância da manutenção preventiva e da implementação de sistemas redundantes para garantir a disponibilidade do sistema de energia ininterrupta. Além disso, foi ressaltada a importância da gestão eficiente da energia para reduzir os custos operacionais e aumentar a eficiência energética do *data center*.

6. Conclusões

A consideração primária de manutenção e aplicação ao instalar um *UPS* em um *data center* é essencial para garantir a eficiência do equipamento e disponibilidade de energia confiável e sustentável. A implementação da manutenção centrada na confiabilidade (MCC) é uma abordagem eficaz para minimizar as falhas e melhorar a segurança operacional, proporcionando benefícios como redução do tempo de inatividade, proteção do equipamento e prevenção de falhas.

Identificar a criticidade e os modos de falha dos equipamentos é uma etapa crucial na criação de diretrizes descritivas para a manutenção planejada, incluindo ações preventivas e preditivas que garantem a disponibilidade e confiabilidade do sistema de alimentação ininterrupta. Além disso, a criação de outros recursos de suporte como relatórios de análise de falhas, planos de contingência e treinamento para profissionais envolvidos em manutenção e aplicações na instalação de geradores em um *data center* é essencial para garantir a eficiência dos equipamentos e a disponibilidade confiável de energia elétrica.

A utilização de alimentações redundantes e o uso de tecnologias avançadas, como sistemas de monitoramento em tempo real, desempenham um papel importante na performance do sistema de energia ininterrupta além da implementação de políticas internas de eficiência energética também é uma estratégia significativa para reduzir os custos operacionais do *data center*.

Implementar o MCC (manutenção centrada na confiabilidade) é identificar pontos relevantes e também cercar os problemas e falhas mais comuns do sistema, essa ação pode gerar ferramentas importantes na criação e elaboração dos planos de manutenção sistemáticos, é imprescindível abranger todos os componentes e sistemas que compõem

a UPS, além disso disponibilizar outros recursos, como manuais dos fabricantes e literaturas em geral, esses são passos importantes para garantir a eficiência nas manutenções dos equipamentos envolvidos em todo fluxo de um *data center*.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a professora Adriana Aparecida dos Santos Izidoro, cuja valiosa orientação e paciência permitiram a elaboração deste trabalho. Desejo-lhe uma jornada docente feliz e próspera, com muitos “dias de glória”. Ao trabalho em equipe, o desempenho de todos pela proatividade para vencer os obstáculos ao longo dessa trajetória e absorver os conhecimentos de forma homogênea, aplicando conceitos teóricos aprendidos ao longo da graduação e ter a oportunidade de aplicá-los no trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6022**: informação e documentação - artigo em publicação periódica técnica e/ou científica - apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação - trabalhos acadêmicos - apresentação. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação - trabalhos acadêmicos - apresentação. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2005

CERTTUM CONSULTORIA E PROJETOS, Projeto de Data Center, 2019
Disponível em: < <https://www.certtum.com.br/geracao-de-conhecimento/-projeto-de-data-center/19>> . Acesso em: 09 de maio de 2023.

ZEITTEC DATA CENTER SOLUTIONS, NOBREAKS E GERADORES PARA DATA CENTER: quais os tipos, as vantagens e as desvantagens de cada um?. 2023
Disponível em: < <https://zeittec.com.br/nobreaks-e-geradores-para-data-center/#:~:text=Os%20nobreaks%20para%20Data%20Centers,contida%20nos%20servidores%20seja%20perdida>>. Acesso em: 11 de maio de 2023.

Blog Schneider Electric, Quais os tipos de Nobkreaks existentes no mercado?. 2017

Disponível em: <<https://blog.se.com/br/infraestrutura-e-rede/gestao-de-infraestruturas/2017/04/12/tipos-de-nobreaks/>> . Acesso em: 15 de maio de 2023

STAHL, Manutenção preventiva sistemática e parada de manutenção: entenda as diferenças. 2017 Disponível em: < <https://stahl.ind.br/manutencao-preventiva-sistemica-e-parada-de-manutencao-entenda-as-diferencas/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20manuten%C3%A7%C3%A3o%20Preventiva,estado%20de%20opera%C3%A7%C3%A3o%20com%20confiabilidade.>> Acesso em: 21 de maio de 2023

JONAS ROBERTO TIBOLA, Controle e supervisão de fonte ininterrupta de energia híbrida, 2017 Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)-Univesidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), 2017.

Francisco Eduardo Salles ,MANUTENÇÃO PREVENTIVA EM UPS, 2013 Disponível em: < https://www.osestoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2013/05/Ed87_fasc_missao_critica_cap4.pdf>, Acesso em 31 de maio de 2023

MAMEDE FILHO, João; MAMEDE, Daniel Ribeiro. Proteção de sistemas elétricos de potência. Rio de Janeiro: LTC, 2011. xi, 605 p. ISBN 9788521618843.

MAEZONO, Paulo Koiti. PROTEÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS: proteção de transformador de potência em derivação e proteção em cabine primária. Sao Paulo: Virtus Consultoria e Serviços S/C Ltda., 2003. 108 p.

TRINDADE, Lian. ANÁLISE DA COORDENAÇÃO E SELETIVIDADE DA PROTEÇÃO DE UM ALIMENTADOR PRIMÁRIO DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. 2019. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2019.