PRODUÇÃO ONLINE
REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
ISSN 1676-1901

SOLUÇÕES ENERGÉTICAS PARA CARGAS DE MISSÃO CRÍTICA APLICADAS NA INDÚSTRIA

Enio Nicolau Sarachini[1]
Yan Sgreva Jesus[2]
Annete Silva Faesarella [3]

[1]Aluno do Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco; Campus Itatiba
[2]Aluno do Curso de Engenharia de Produção, Universidade São Francisco; Campus Bragança
[3]Professor Orientador, Curso de Engenharia Elétrica, Universidade São Francisco; Campus Campinas.

RESUMO. Este trabalho apresenta, através de um estudo de caso, um plano de investimento para a tomada de decisão da aquisição de um equipamento para o fornecimento de energia de emergência a uma carga crítica em uma indústria, quando a fonte de energia da concessionária é interrompida. Para isso desenvolveu-se um estudo do investimento em todos os equipamentos necessários para o projeto, bem como o tempo de retorno do investimento. Apresenta-se também uma análise dos resultados obtidos com o projeto.

PALAVRAS-CHAVE: proteção, relé, investimento, retorno.

ABSTRACT. The objective of this work is to present, through a case study, an investment plan for the decision to purchase equipment to supply emergency energy to a critical load in an industry, when the main energy source is interrupted. For this, a study of the investment in all the equipment needed for the project was developed, as well as the return over investment. An analysis of the results obtained with the project is also presented.

KEYWORDS: protection, relay, investment, return.

INTRODUÇÃO

A demanda pela melhoria na qualidade, eficiência na produtividade, melhor supervisão e monitoramento remoto dos processos, faz com que nos ambientes industriais, cada vez mais sejam introduzidas cargas com rigorosos sistemas eletrônicos de controles.

Para proteger esses sistemas eletrônicos de controles dos surtos oriundos da rede da concessionária, evitando danos nos circuitos eletrônicos e consequentemente custos de manutenção e paradas de máquinas, as indústrias aplicam eficientes sistemas de monitoramento na sua rede de alimentação. Uma aplicação mais comum, são os relés microcontroladores, que supervisionam a rede de alimentação da indústria em tempo real e em caso de eventos de surtos de tensão ou corrente atuam o disjuntor geral da subestação, causando as interrupções momentâneas de energia.

Essas interrupções de energia, evitam a queima dos equipamentos eletrônicos, mas acabam trazendo problemas aos setores produtivos da empresa, gerando refugos e atrasos.

Este trabalho tem como objetivo o estudo de sistemas para soluções energéticas aplicadas às cargas de missão crítica. Cargas elétricas de missão crítica são todos aqueles equipamentos cuja interrupção de funcionamento possa resultar em prejuízos para os usuários ou beneficiários dos serviços aos quais se destinam, necessitando de energia segura e de boa qualidade.

Para atingir os objetivos o estudo de caso a ser realizado, deverá mostrar qual é a melhor opção técnica e financeira existente no mercado e que melhor se aplica ao tipo de carga proposto pela indústria onde será instalado esse novo sistema.

A pesquisa se faz necessária para minimizar os transtornos causados para a produção, aplicando ao setor de Fornos para a Cobertura PVD, a solução energética ideal que garanta que esse setor permaneça ligado durante as interrupções momentâneas de energia, causadas pelos surtos vindos da rede externa.

REFERENCIAL TEÓRICO

Conceito das UPS

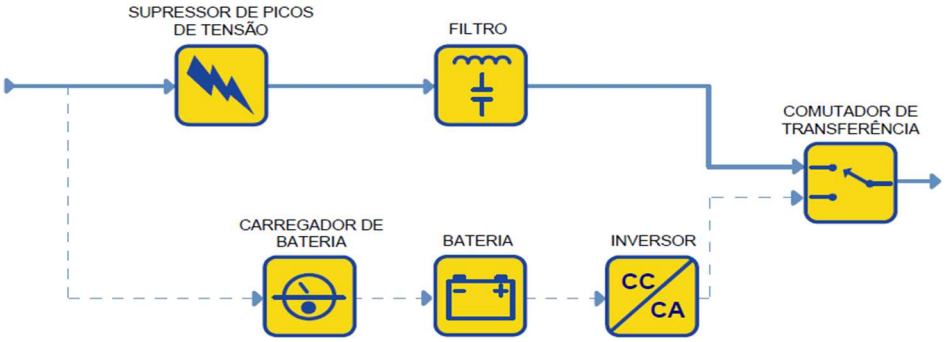
Conforme afirmou Rasmussen (2010), a UPS-*Uninterruptible Power Suply* no Brasil é conhecida como *Nobreak*. Uma UPS é um equipamento elétrico que fornece energia de emergência para uma carga quando a fonte de energia principal da instalação é interrompida. O autor afirma ainda que esses equipamentos possuem, na maioria, um tempo de autonomia relativamente pequeno (em média 20 minutos), mas suficiente para que se possa iniciar uma fonte de energia reserva como um gerador, ou desligar adequadamente o equipamento protegido (RASMUSSEN, 2010).

Além disso, Rasmussem (2010) aborda que as UPSs são classificadas em dois tipos:

UPS Estática – Em que a energia utilizada durante a falta é armazenada em bancos de baterias ou em supercapacitores (RASMUSSEN, 2010).

UPS Dinâmica – A energia utilizada durante a falta é armazenada em um elemento cinético (volantes compensadores), ou *fly-wheel*. São três os modelos de UPS estática mais aplicadas no mercado, sendo a UPS *standby*, o tipo mais comum aplicado a pequenas cargas, como apresentado na figura 1, quando uma falha ocorre no sistema de alimentação principal, a chave comutadora de transferência tem que operar de forma a transferir a carga para a fonte reserva (bateria e inversor), de acordo com circuito tracejado indicado na figura 1. O inversor só é ligado quando há uma falha, assim vem daí o nome "*Stand-by*". As vantagens dessa concepção são: elevada eficiência, pequena dimensão e o baixo custo (RASMUSSEN, 2010).

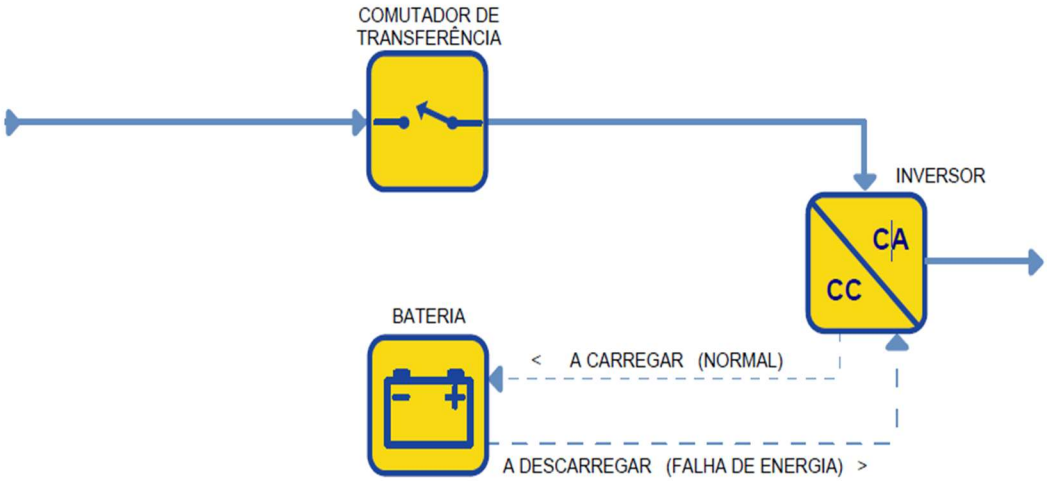
Figura 1 - UPS standby.



Fonte: Schneider Electric – Aplicação Técnica nº 1 rev 6, 2010, página 2

O autor afirma que a UPS de Linha Interativa, é o tipo mais comum aplicado para servidores e aplicações não críticas. A UPS Linha-Interativa é similar em operação à uma UPS *Standby*, mas com a adição de um autotransformador multi-tap com tensão variável. Este é um tipo especial de transformador que pode adicionar ou subtrair espiras da bobina, aumentando ou diminuindo o campo magnético e a tensão de saída do transformador. Este tipo de UPS é capaz de tolerar contínuos eventos de sobretensões e subtensões sem consumir a energia da bateria, selecionando e compensando automaticamente diferentes tomadas de energia no autotransformador (RASMUSSEN, 2010). Como apresentado na Figura 2, quando a fonte de alimentação falha, o comutador de transferência abre seus contatos e a corrente flui da bateria para a saída da UPS. Como o inversor sempre está em funcionamento e ligado à saída, esta configuração fornece uma filtragem suplementar e permite a redução de transientes de comutação, quando comparada a topologia UPS *Standby*. As vantagens dessa concepção são: elevada eficiência, a pequena dimensão, baixo custo e capacidade de corrigir os níveis altos e baixos de tensão. Aplicada para carga de 0,5 a 5 kVA (RASMUSSEN, 2010).

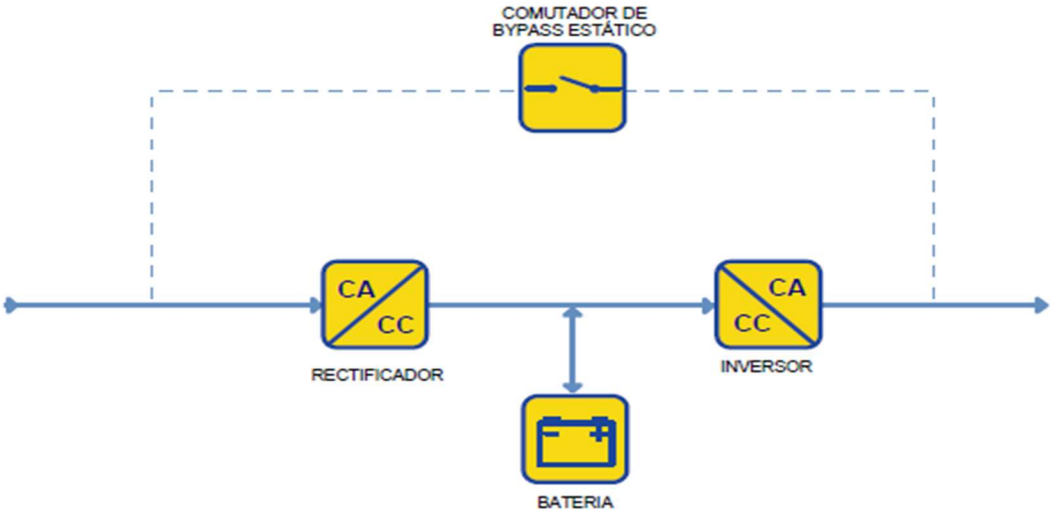
Figura 2 - UPS Linha Interativa



Fonte: Schneider Electric – Aplicação Técnica nº1 rev 6, 2010, página 5

A UPS de Dupla Conversão, UPS *on-line*, é aplicada para cargas acima de 10kVA, igual ao modelo *Standby*, exceto pelo fato de ter como circuito de alimentação principal o inversor e não uma alimentação AC. Como apresentado na Figura 3, a falha da entrada AC não provoca a atuação do comutador de transferência, porque a entrada AC está carregando as baterias que por sua vez fornecem alimentação ao inversor de saída (RASMUSSEN, 2010).

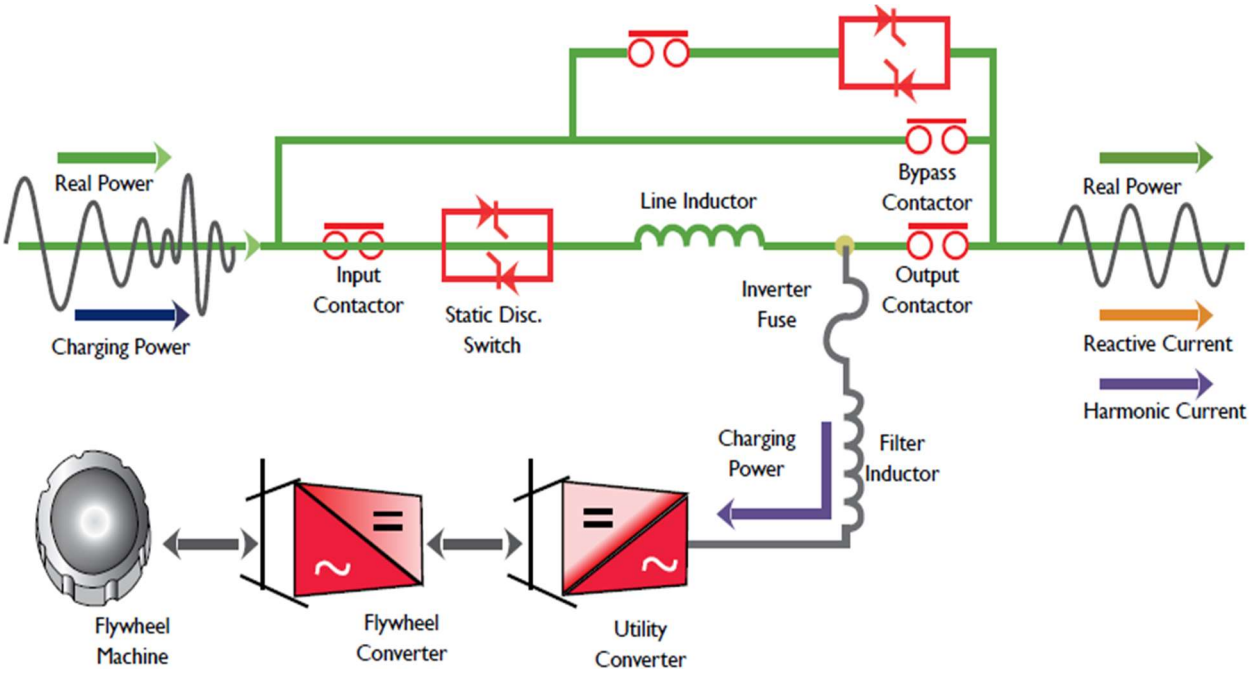
Figura 3 – UPS de Dupla Conversão



Fonte: Schneider Electric – Aplicação Técnica nº1 rev 6, 2010, página 5

A UPS Dinâmica (rotativa) ou simplesmente *fly-wheel*, consiste em um volante de inércia que está acoplado mecanicamente a um motor/gerador elétrico. O acionamento elétrico tem como função converter a energia elétrica em mecânica, quando a demanda do sistema elétrico é relativamente pequena (acelerando o eixo), e transformar a energia cinética armazenada no volante em elétrica, quando solicitado. A Figura 4 apresenta o conceito do funcionamento desse sistema. A UPS Dinâmica é aplicada às cargas críticas de grande porte (em média acima dos 100kW) (O Setor Elétrico, 2010).

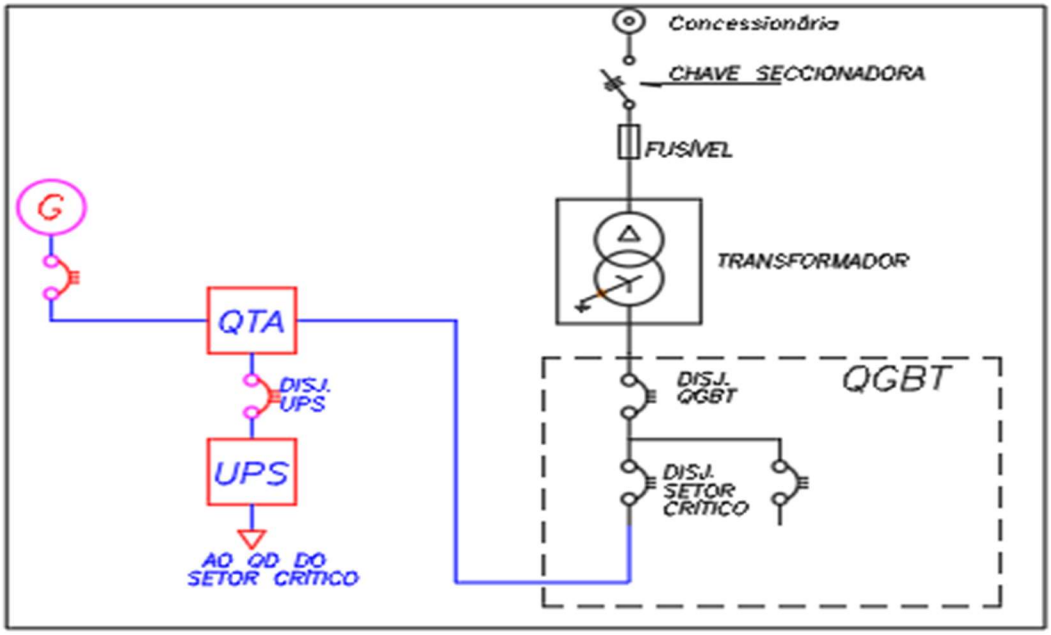
Figura 4 – UPS Dinâmica (*Fly-wheel*)



Fonte: Revista O Setor Elétrico Edição 69, Tossi, 2010, página 20

Quando se fala de cargas críticas, deve-se sempre utilizar as UPSs estáticas ou dinâmicas, agregadas em um gerador elétrico. A figura 5 mostra um esquema comercialmente utilizado.

Figura 5 – Esquema de carga crítica alimentada com gerador e UPS estática



Fonte: Próprio autor

Dispositivos de proteção do sistema elétrico que alimenta o setor crítico

De uma forma muito resumida existem dois tipos de proteção aplicadas aos sistemas elétricos industriais: os fusíveis e os relés. Segundo Mamede (2011, p. 26), “os fusíveis são dispositivos que operam pela fusão do seu elemento metálico construído com características específicas de tempo *versus* corrente. Já os relés constituem uma ampla gama de dispositivos que oferecem proteção aos sistemas elétricos nas mais diversas funções, como sobrecarga, curto-circuito, sobretensão, subtensão etc. Cada relé de proteção possui uma ou mais características técnicas que o definem para exercer as funções de proteção, dentro dos limites exigidos pelos esquemas de proteção e coordenação, para cada sistema elétrico em particular”.

Relé de proteção

Numa indústria pode-se atribuir a importância de máquina ou equipamento dentro de um processo produtivo, mostrando o quanto é indispensável dentro do contexto operacional do sistema. Isso demonstra a criticidade dessa máquina ou equipamento. O sistema elétrico que alimenta o setor crítico, motivo de estudo deste trabalho, possui ambos os sistemas de proteção, tanto fusíveis como relés, com as funções do sistema ANSI- American National Standards International, segundo a tabela 1.

Tabela 1 – Funções da Tabela ANSI aplicadas ao sistema do setor crítico

Tabela ANSI	
Nº	Denominção
27	Relé de subtensão
47	Relé de sequência de fase de tensão
50	Relé de sobrecorrente instantâneo
51	Relé de sobrecorrente temporizado
59	Relé de sobretensão
86	Relé auxiliar de bloqueio

Fonte: Proteção de Sistemas Elétricos de Potência, Mamede, 2011, página 32

Avaliação de investimentos

A avaliação do retorno sobre o investimento inclui uma técnica financeira que visa determinar o sucesso econômico-financeiro de um determinado projeto, seja um projeto de investimento, o lançamento de um novo produto, a entrada em um novo mercado ou um projeto. Com a avaliação de investimentos pode-se determinar a receita e os custos do projeto que serão previstos e, com base na avaliação do fluxo de caixa gerado, vários indicadores de viabilidade serão calculados, incluindo: taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (NPV), *Payback* do investimento no período (PRI) ou período de retorno do investimento, período de retorno do investimento descontado (PBD) e índice de lucratividade (IL) e relação custo-benefício (RBC) (VIEIRA, 2016).

Um investimento pode ser definido como uma proposta de uso de recursos escassos, que podem substituir negócios e sacrifícios por benefícios futuros. A análise de investimentos é essencial para a efetiva alocação de recursos escassos em um ambiente organizacional. As decisões financeiras em condições de risco indicam o sucesso ou o fracasso da gestão financeira da empresa. Fatores relacionados à sobrevivência de uma empresa em um mercado altamente competitivo estão relacionados à forma como a organização planeja estrategicamente seus negócios e dá a devida atenção à sua situação financeira (LIZOTTE *et al.,* 2014).

A geração de riqueza é a base que leva as empresas a investir e buscar retornos lucrativos e sustentáveis. Para a criação de valor ou riqueza, o retorno desses investimentos deve ser superior ao custo de capital neles utilizado, para que o valor líquido do resultado seja positivo, agregando riqueza ao investidor e ao próprio investimento (LIZOTTE *et al.,* 2014).

Para determinar se um projeto de investimento atingirá as metas estabelecidas por administradores e acionistas, é necessário entender o índice descrito pela taxa interna de retorno (TIR) para apresentar os resultados financeiros na forma de taxa de retorno. A explicação para isso é feita por comparação com o TMA - Taxa Mínima de Atratividade, se o resultado da TIR for maior ou igual ao TMA significa que o investimento é viável dentro dos parâmetros definidos pelo gestor. A taxa interna de retorno é um método que reflete a proporção dos fluxos de caixa líquidos regulares (ou seja, entradas menos saídas) durante um período específico (geralmente um ano) de todo o ciclo de investimento. A TIR também é chamada de taxa de desconto do

fluxo de caixa, que é a taxa de juros implícita em uma série de pagamentos (despesas) e recebimentos (receitas). Quando usado como uma taxa de desconto, seu valor presente líquido (NPV) é igual a zero (LIZOTTE *et al.,* 2014).

O valor presente líquido é o resultado que o investimento usará a TMA para fornecer esse valor ao final do projeto. Porém, representa o valor à vista projetado, reduz custos e, portanto, determina o resultado financeiro do investimento. O valor presente líquido consiste em um cálculo simples, que ao invés de alocar o investimento inicial (custo de recuperação de capital) ao longo do ciclo de vida, é melhor adicionar outros termos de fluxo de caixa para somá-lo ao investimento inicial de cada alternativa (LIZOTTE *et al.,* 2014).

A taxa de retorno é o tempo necessário para que o investimento gere fluxo de caixa suficiente para recuperar o custo inicial. O retorno sobre o investimento não deve ser a única fonte de análise. O investimento deve ser retido apenas como um indicador, não como uma escolha entre opções de investimento. Sua principal vantagem é que ele considera o tempo de recuperação dos recursos dos investidores e avalia as necessidades financeiras dos investidores, de forma que o investimento seja mantido até o momento em que um caixa futuro positivo seja gerado. O principal método é calcular o tempo necessário para que a parcela anual total seja igual ao investimento inicial. Geralmente, pode-se dizer que registra o tempo médio que o fluxo de caixa leva para se equiparar ao valor do investimento. As seguintes ferramentas também devem ser usadas para essas análises: diagrama de fluxo de caixa, juros simples, cálculo do valor patrimonial líquido, valor presente líquido, valor final, valor presente, vencimento, retorno sobre o investimento e taxa interna de retorno (LIZOTTE *et al.,* 2014).

Para a escolha do tipo mais adequado de UPS para o projeto foi selecionada uma empresa para fornecer a informação da natureza do investimento, em que a análise foi realizada conforme os conceitos levantados por Adriano Leal Bruni (Bruni, 2018, p. 293) em sua obra “Avaliação de investimentos”. Na obra, o autor expõe as metodologias de Avaliação de investimentos e explica conceitos necessários para o entendimento destes.

METODOLOGIA

Descritivo do circuito elétrico que alimenta a setor com cargas críticas do estudo de caso

O estudo de caso será desenvolvido em uma empresa multinacional japonesa do seguimento metal mecânico, fabricante de ferramentas de corte rotativo aplicados aos sistemas de usinagem para atender os seguimentos da indústria automotiva, aeroespacial, ferroviária e dental. No processo de acabamento da ferramenta, será realizado o estudo de caso.

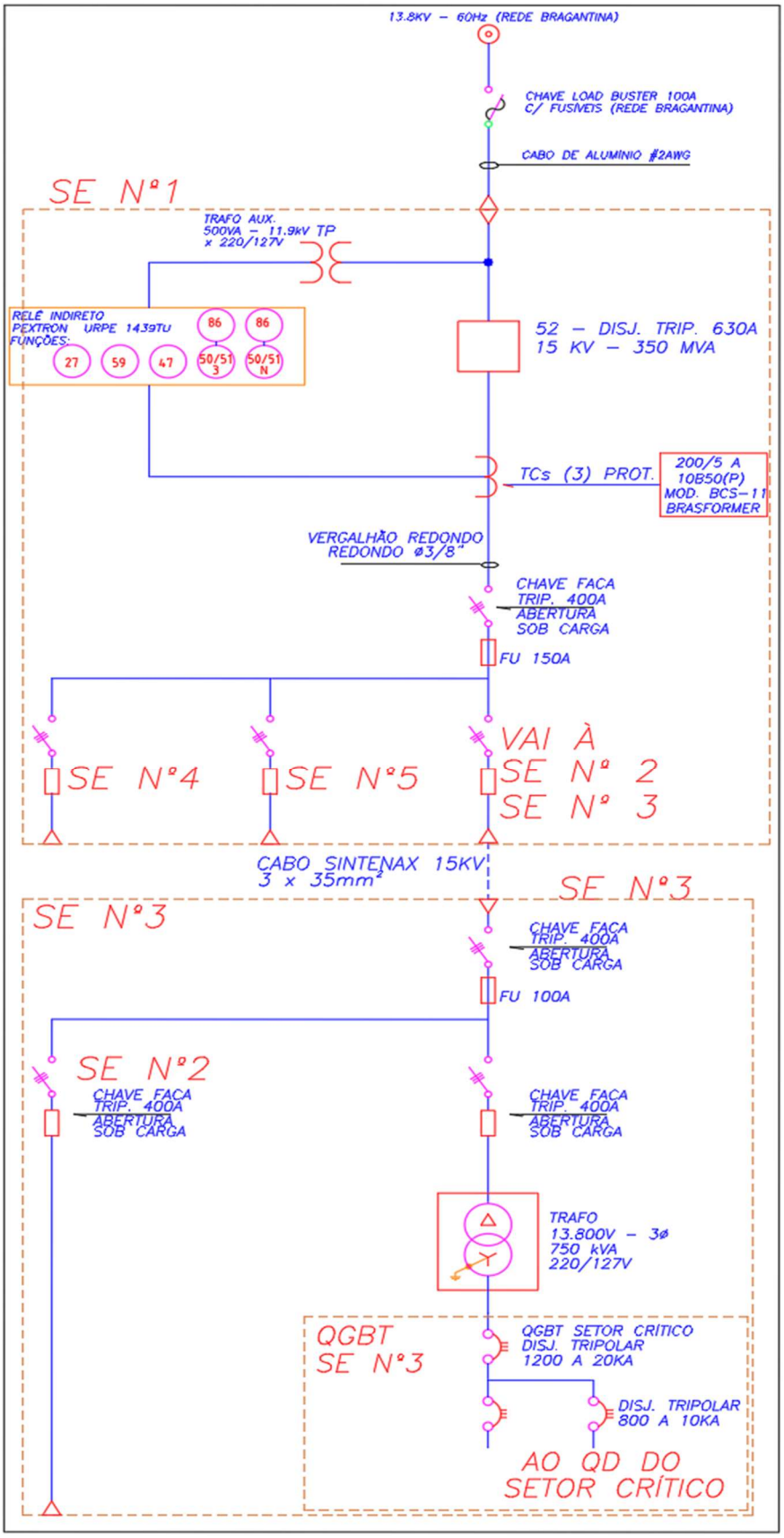
Como mostra a figura 7, o setor crítico está sendo alimentado por um circuito que sai do QGBT (Quadro Geral de Baixa Tensão) da Subestação 03. A Subestação 03 é alimentada pela Subestação 01, que por sua fez recebe a alimentação da concessionária local. Como se nota, na Subestação 01 está o relé de proteção com as funções 27(relé de subtensão) e 59 (relé de sobretensão). São essas as funções responsáveis pelo monitoramento da tensão recebida pela concessionária, que apresenta oscilações provocando constantes desligamentos e comprometendo a produção do setor crítico. Como pode ser visto na figura 7, a instalação possui o relé modelo URP-1439TU, mostrado na figura 6.

Figura 6 - Relé PEXTRON[1]

Fonte: Site da Pextron

[1]Disponível em: . Acesso em: 17 mai. 2021.

Figura 7 – Diagrama Unifilar que alimenta do setor crítico



Fonte: Próprio autor

Tipo de carga crítica

Como descrito em tópicos anteriores, o setor da indústria onde será aplicado o estudo de caso para validar investimento de uma UPS, tem como principal carga dois fornos de Plasma de potência média de 150kW, que são responsáveis por fazer um processo chamado PVD *"Physical Vapor Deposition".* De uma forma muito resumida e apenas conceitual, esses fornos trabalham com receitas de processo criteriosamente seguidas pelos controladores e supervisórios. Essas receitas são realizadas em quatro etapas descritas pela tabela 2.

Tabela 2 – Etapas do processo do Forno de PVD

N° da Etapa	Função da etapa	Desfcrição da etapa	Tempo (minutos)
1	Ciclo de Partida	Realização da inspeção dos sensores de válvulas.	10
2	Ciclo de Aquecimento	Realização do ciclo de aquecimento e injeção de gases para realizar a limpeza residual das peças que receberão a cobertura PVD.	60
3	Ciclo de Vapor	Realização do ciclo da transformação do material que será depositado nas peças passando do estado sólido para o estado de vapor.	300
4	Ciclo de Resfriamento	Realização do ciclo de resfriamento.	30

Fonte: Próprio autor

As etapas 2 e 3, obedecem à uma rampa de temperatura *versus* tempo, estabelecida nas receitas de cada produto. São tempos longos que podem variar de acordo o tipo da cobertura de cada produto. Se ocorrer uma queda de energia entre essas etapas o controlador do forno interrompe todo o processo de cobertura, sendo necessário reiniciar tudo novamente.

Caso ocorra a interrupção de energia na etapa 1 e 2, tem como consequência a perda do tempo gasto para executar o processo até aquela determinada etapa.

Caso ocorra a interrupção de energia na etapa 3, tem como consequência a perda do tempo gasto para executar até esta etapa, aumentando o tempo e o custo dos insumos necessários para fazer a "Decapagem" das peças que já estavam recebendo a deposição da cobertura. Esse processo de Decapagem, para fazer a limpeza do vapor de material depositado nas peças, também é lento e caro devido aos produtos utilizados.

Caso ocorra a interrupção de energia na etapa 4, tem como consequência a perda do tempo gasto para realização do resfriamento das peças, que nesse caso é mais lento, uma vez que em condições normais, esse tempo de resfriamento é acelerado pela injeção de gases. Não é necessário refazer o ciclo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Base de dados coletados para a análise

Sobre o descritivo de operação dos dois fornos acima, foi criado uma base de dados para analisar o tempo perdido com retrabalhos gerados pelas interrupções de energia. Para coletar os dados é utilizada a tabela 3, na qual deverá ser manualmente apontada a data e hora das interrupções de energia bem como os dados das peças e em qual estágio o processo de cobertura foi interrompido.

Para poder apontar os eventos de falta de energia, bem como quais as consequenciais ocasionadas no ciclo produtivo de cada forno, foi implantada neste setor uma planilha para a coleta. Esse documento teve sua implantação no início do mês de julho de 2021, conforme mostrada na tabela 3 abaixo:

Tabela 3 – Apontamento de queda de energia.

Ocorrência de queda de energia nos fornos PVD									
Data	Forno	Queda de energia		Etapa	Reinício	Fim	Tempo parado	Retrabalho	Observações:
		Início	Fim						
02/06/2021	F1	02:04:23	02:14:12	1 - Aquecimento	02:28:08	05:39:31	00:23:45	Não	
24/06/2021	F1	14:38:53	14:42:18	16 - Revestimento	14:49:35	16:30:20	00:10:42	Não	
16/08/2021	F1	17:08:43	17:13:03	4 - Nitretação	18:15:14	23:07:54	01:06:31	Não	
16/08/2021	F2	17:08:43	17:13:03	16 - Revestimento	20:37:55	00:24:54	03:29:12	Sim	Decapagem
21/08/2021	F2	15:54:19	16:48:55	4 - Aquecimento	O forno ficou parado avaliação da falha d			Sim	Peças oxidaram
25/08/2021	F2	16:14:20	16:16:12	16 - Revestimento	16:58:21	20:22:26	00:44:01	Não	
08/09/2021	F1								
09/09/2021	F1								
10/09/2021	F1								
21/09/2021	F1	14:03:40	14:05:29	4- aquecimento	14:23:53	17:09:37	00:20:13	Não	
25/09/2021	F1								
27/09/2021	F1	00:02:09	00:05:38	11 - Etching	00:32:20	03:17:38	00:30:11	Não	
28/09/2021	F1								
08/09/2021	F2	14:09:58	14:12:47	14 - Revestimento	14:31:41	18:01:55	00:21:43	Não	
09/09/2021	F2	11:26:05	11:27:44	18 - Revestimento	11:45:07	14:09:55	00:19:02	Não	
10/09/2021	F2	05:21:58	05:24:27	4 - Aquecimento	05:43:48	09:25:14	00:21:50	Não	
21/09/2021	F2								
25/09/2021	F2	06:54:37	07:05:25	18 - Revestimento	09:24:21	13:06:40	02:29:44	Não	
27/09/2021	F2								
28/09/2021	F2	03:21:53	03:22:50	11 - Etching	03:38:03	06:57:17	00:16:10	Não	
03/10/2021	F1	14:26:28	14:40:52	4 - Aquecimento	16:36:30	17:18	02:10:02	Não	
03/10/2021	F1								
16/10/2021	F1	02:14:47	02:16:30	25 - Revestimento	02:52:52	04:54:31	00:38:05	Não	
24/10/2021	F1	02:37:57	02:41:37	5 - Aquecimento	04:06:58	07:54:12	01:29:01	Não	
26/10/2021	F1	12:43:17	12:45:29	16 - Revestimento	12:49:29	13:29:29	00:06:12	Não	
30/10/2021	F1	14:07:31	14:11:42	11 - Revestimento	14:29:45	15:50:14	00:22:14	Não	
03/10/2021	F2	14:26:28	14:40:52	4 - Aquecimento	15:11:27	18:53:56	00:44:59	Não	
03/10/2021	F2	22:42:43	22:44:02	4 - Aquecimento				Não	Final do ciclo
16/10/2021	F2	02:14:47	02:16:30	18 - Revestimento				Não	Final do ciclo
24/10/2021	F2	Não estava em ciclo							
26/10/2021	F2	12:43:17	12:45:29	19 - Revestimento	13:13:03	13:53:04	00:29:46	Não	
30/10/2021	F2	Não estava em ciclo							
						Total	16:33:23		
						Média Mês	3:18:41		

Fonte: Próprio autor

Tabela 4 – Modelo de relatório gerado pelo Supervisório SisACS.

SisACS - Módulo de Relatórios Versão 1.0 27/08/2021 12:44
A.C.S. Automação, Controles e Sistemas Industriais LTDA.

Empresa:

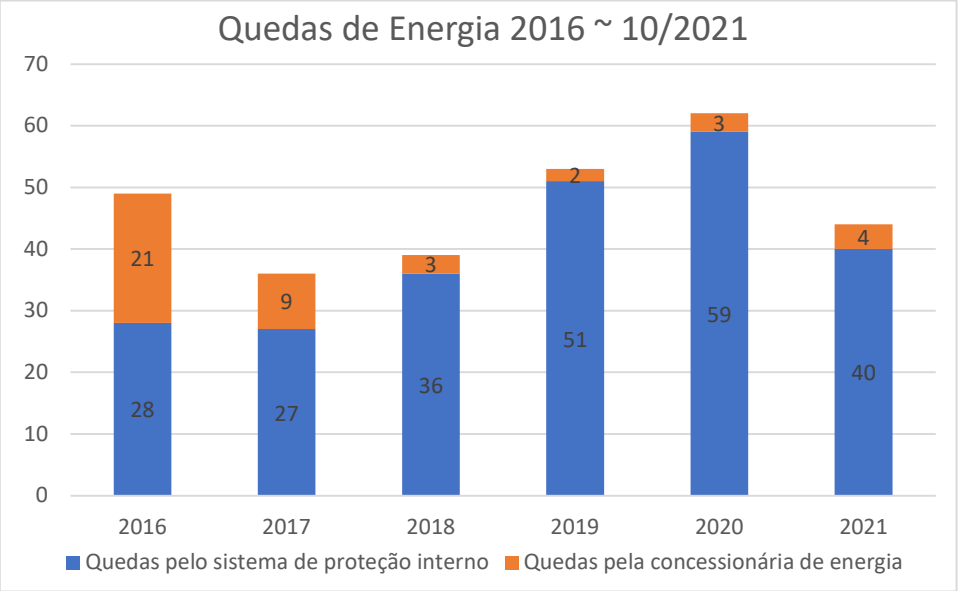
OSG Sulamericana
Relatório de Eventos de Sistema De 01/01/2021 a 27/08/2021 Página 1

Data	Hora	Evento
25/08/2021	16:06:12	Retorno de Energia
25/08/2021	16:04:31	Falta de Energia
21/08/2021	16:43:22	Retorno de Energia
21/08/2021	16:43:06	Falta de Energia
21/08/2021	16:38:55	Retorno de Energia
21/08/2021	15:44:45	Falta de Energia
16/08/2021	17:03:03	Retorno de Energia
16/08/2021	16:59:17	Falta de Energia
24/06/2021	14:32:34	Retorno de Energia
24/06/2021	14:30:32	Falta de Energia
02/05/2021	01:51:49	Retorno de Energia
02/05/2021	01:46:22	Falta de Energia
30/03/2021	18:38:46	Retorno de Energia
30/03/2021	18:36:48	Falta de Energia
30/03/2021	00:34:42	Retorno de Energia
30/03/2021	00:32:29	Falta de Energia
18/03/2021	06:29:55	Retorno de Energia
18/03/2021	06:28:52	Falta de Energia
14/03/2021	04:58:42	Retorno de Energia
14/03/2021	04:55:33	Falta de Energia
12/03/2021	04:54:38	Retorno de Energia
12/03/2021	04:08:00	Falta de Energia
12/03/2021	03:17:39	Retorno de Energia
12/03/2021	03:16:17	Falta de Energia
06/03/2021	23:24:26	Retorno de Energia
06/03/2021	23:19:45	Falta de Energia
23/02/2021	14:00:29	Retorno de Energia
23/02/2021	13:57:41	Falta de Energia
22/02/2021	15:56:39	Retorno de Energia
22/02/2021	15:52:46	Falta de Energia
22/02/2021	15:22:09	Retorno de Energia
22/02/2021	15:19:42	Falta de Energia

Fonte: SisACS - Módulo de Relatórios Versão 1.0

O gráfico abaixo, apresenta uma maior amostragem dessas quedas de energia entre os anos de 2016 e 2021.

Gráfico 1 – Quedas de energia entre 2016 e 2021



Fonte: SisACS - Módulo de Relatórios Versão 1.

Dimensionamento da solução *Nobreak* e Gerador

Como já descrito em tópicos anteriores, o setor onde se deseja implantar esse sistema de ***Nobreak*** e Gerador é composto por dois fornos, sendo a sua potência elétrica dimensionada conforme a tabela 5 abaixo.

Tabela 5 – Dimensionamento da potência dos fornos

RELAÇÃO DE CARGAS E CÁLCULO DE DEMANDA									
	Descrição	Quant. (unde.)	Carga unitária (W)	Carga instalada (W)	Fator de potência (cos. φ)	Rendimento (η)	Carga total (VA)	Fator de demanda (%)	Potência demandada VA
Forno modelo PFC-01	Chiller Resfriamento	1	30.000	30.000	0,92	0,90	36.232	0,75	27.174
	Banco de resitências	3	15.000	45.000	1,00	1,00	45.000	0,65	29.250
	Sistema de plasma	1	45.000	45.000	0,92	0,95	51.487	0,80	41.190
	Bomba de Vácuo	2	15.000	30.000	0,92	0,90	36.232	0,90	32.609
Forno modelo PFC-02	Chiller Resfriamento	1	30.000	30.000	0,92	0,90	36.232	0,75	27.174
	Banco de resitências	2	20.000	40.000	1,00	1,00	40.000	0,65	26.000
	Sistema de plasma	1	50.000	50.000	0,92	0,95	57.208	0,80	45.767
	Bomba de Vácuo	2	20.000	40.000	0,92	0,90	48.309	0,90	43.478
CARGA TOTAL				310.000			350.700		272.641

Fonte: Próprio autor

De acordo com a tabela 5, a potência total demanda é de 272,7 kVA, então, será sobre essa potência que faremos a especificação e cotação do sistema de ***Nobreak*** e Gerador.

A tabela 6 abaixo, mostra os valores orçados para poder fazer a instalação do sistema de ***Nobreak*** e Gerador:

Tabela 6 – Cotação nobreak e gerador

Cotação de Nobreak e Gerador			
Grupo gerador	Geradorador	R$ 216.996,00	R$ 589.996,00
	Cabos de Média tensão	R$ 18.000,00	
	Chaves	R$ 15.000,00	
	Tranformador	R$ 50.000,00	
	Quadro de Transferência	R$ 50.000,00	
	QGBT	R$ 80.000,00	
	Banco de capacitores	R$ 40.000,00	
	Cabos de baixa tensão	R$ 120.000,00	
UPS	***Nobreak***	R$ 925.090,00	R$ 955.090,00
	Infraestrutura ***Nobreak***	R$ 30.000,00	
Obra civil	Infraestrutura de alvenaria	R$ 75.000,00	R$ 75.000,00
	Total		R$ 1.620.086,00

Fonte: Próprio autor

Análise do retorno sobre o investimento.

Custo Produtivo do setor

O custo produtivo é formado pela soma do valor de todos os insumos, energia elétrica, manutenção e mão de obra, dividido pelo total de horas trabalhadas pelo setor.

O gráfico 2, mostra o custo produtivo do setor ao longo de um ano:

Gráfico 2 – Custo do setor

CUSTO SETOR PRODUTIVO												
out-20	nov-20	dez-20	jan-21	fev-21	mar-21	abr-21	mai-21	jun-21	jul-21	ago-21	set-21	Média
R$ 2,81	R$ 7,66	R$ 4,00	R$ 3,74	R$ 3,62	R$ 3,75	R$ 4,57	R$ 4,48	R$ 5,37	R$ 4,86	R$ 3,93	R$ 3,66	**R$ 4,37**
$ 0,50	$ 1,37	$ 0,72	$ 0,67	$ 0,65	$ 0,67	$ 0,82	$ 0,80	$ 0,96	$ 0,87	$ 0,70	$ 0,65	**$ 0,78**

Custo médio anual com manutenções

As constantes quedas de energia danificam os componentes eletrônicos dos dois fornos. Esses componentes são dedicados, ou seja, possuem:

- Um custo alto de manutenção ou compra;
- São na totalidade de fornecedores fora do Brasil, tendo um elevado prazo de entrega;
- Necessidade de se trabalhar com estoque, gerando inventário e administração do item.

Tabela 7 – Valor médio anual com manutenções devidos à falta de energia

Custos com manutenção dos fornos		
2019	$ 21.960,64	R$ 122.760,00
2020	$ 22.958,86	R$ 128.340,00
2021	$ 45.563,90	R$ 254.702,20
Média	$ 30.161,13	R$ 168.600,73

Dólar	$	1,00
Real	R$	5,59

Fonte: Próprio autor

Custo médio anual ocasionado com as quedas de energia

Os principais custos mensuráveis no processo dos fornos de cobertura, com as quedas de energia são:

- Custo da hora produtiva com a parada dos fornos;
- Custo com retrabalhos quando o processo é interrompido antes do fim;
- Custo com manutenção ou troca de componentes.

Tabela 8 – Custo médio total decorridos com falta de energia

	Levantamento dos custos decorridos da falta de energia				
	Média de horas mensais de produção parada	Média de horas mensais com Retrabalhos	Custo médio mês com manutenção	Total média mês	Total médio ano
Nº de eventos no mês	3,9	12	0,083		
Custo Unitário (R$/h)	R$ 262,25	R$ 262,25	R$ 168.600,73		
Custo Mensal	R$ 1.022,78	R$ 3.147,00	R$ 14.050,06	R$ 18.219,84	**R$ 218.638,03**
	$ 182,97	$ 562,97	$ 2.513,43	$ 3.259,36	**$ 39.112,35**

Fonte: Próprio autor

Tabela 9 – Retorno do investimento

Retorno do investimento		
Custo do Gerador + UPS	R$ 1.620.086,00	$ 289.818,60
Custo anual com manutenção do sitema Gerador + UPS	R$ 21.600,00	$ 3.864,04
Custo anual com manutenção dos fornos decorridos da falta de energia	R$ 218.638,03	$ 39.112,35
Payback	8,22 anos	

Fonte: Próprio autor

Financiamento

Em função do alto custo do sistema UPS e Gerador, buscou-se levantar recursos através de financiamento bancário via BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social). Conforme mostra a tabela 10 abaixo, sobre valor total do projeto, R$1.620.086,00, foi feito uma simulação que teve o máximo de 48 parcelas e com juros de 1,35% ao mês.

Tabela 10 –Simulação do financiamento via BNDES

Simulação BNDES			
Valor do empréstimo	Total de parcelas	Taxa de juros	Valor mensal das parcelas
R$ 1.620.086,00	48	1,35% a.m.	R$ 45.466,02

Fonte: Próprio auto

Embora tenha-se conseguido uma excelente taxa de juros ao mês, o número de parcelas ficou abaixo do esperado pela empresa, visto que o valor das prestações ficou em R$45.466,02 ao mês, ou seja, muito acima do custo de manutenção de R$18.219,84 ao mês, conforme colocado na tabela 8.

CONCLUSÃO

O trabalho aqui apresentado alcançou o objetivo proposto de apresentar um plano de investimento para a tomada de decisão da aquisição de um equipamento para o fornecimento de energia de emergência a uma carga crítica.

O sistema sugerido, UPS e Gerador, é o modelo mais viável para a aplicação desse estudo de caso.

Apresentou-se também o investimento necessário para a compra de todo o equipamento, bem como o ***payback*** do projeto.

Frente aos resultados obtidos consegue-se visualizar três cenários: o primeiro considerando o investimento totalmente realizado pela empresa, o segundo totalmente financiado pelo banco BNDES e o terceiro como sendo a empresa arcando

com uma parte dos custos e restante sendo financiado pelo banco BNDES, desse modo reduzindo o valor das parcelas.

Sabe-se que com o advento das novas tecnologias e das inovações tecnológicas os equipamentos tendem à diminuição do seu valor de mercado, e ainda como a parte mais cara desse sistema é justamente as baterias do ***Nobreak***, espera-se que com o crescente investimentos nos carros elétricos, o custo das baterias possa ser reduzido, tornando viável a espera para a execução desse projeto.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRUNI, A. L., **Série Finanças na Prática – Avaliação de Investimentos**. 2018 Acesso em: 17 maio, 2021.

PerformCoat PFC St 300L. Disponível em:
Proteção de Sistemas Elétricos de Potência, Mamede, 2011.

VIEIRA, M. G. C. S. et al. Avaliação de retorno de Investimentos de uma empresa De materiais de construção por Meio da análise de sensibilidade. **XXXVI Encontro Nacional De Engenharia De Producão.** 2016.

(O Setor Elétrico, 2010), **Revista O Setor Elétrico Edição 69**, Tossi, 2010.

(Schneider Electric, 2010), **Electric – Aplicação Técnica nº1 rev 6**, 2010.

LIZOTE, S. A. *et al,.*Análise de Investimentos: um Estudo Aplicado em uma Empresa do Ramo Alimentício**. XI SEGET 2014**. 2014.

Manual do Relé Pextron. Disponível em: <https ://www.pextron.com/index.php/pt-br/solucoes-01/coluna-3/cabines-primarias-03>