



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CEAU



WILLIAM DOUGLAS MOREIRA

PARAMETRIZAÇÃO DO CONTROLADOR DSE8660 PARA ACIONAMENTO
AUTOMÁTICO DE GRUPOS GERADORES

MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

Ouro Preto, 2017

WILLIAM DOUGLAS MOREIRA

**PARAMETRIZAÇÃO DO CONTROLADOR DSE8660 PARA ACIONAMENTO
AUTOMÁTICO DE GRUPOS GERADORES**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis

Ouro Preto

Escola de Minas – UFOP

Setembro/2017

M838p

Moreira, William Douglas.

Parametrização do controlador DSE8660 para acionamento automático de grupos geradores [manuscrito] / William Douglas Moreira. - 2017.

39f.: il.: color; tabs.

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis.

Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia de Controle e Automação e Técnicas Fundamentais.

1. Controladores programáveis. 2. Geradores (Programas de computador). 3. Controle automático. I. Reis, Agnaldo José da Rocha. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 681.5

Catálogo: ficha@sisbin.ufop.br

Monografia defendida e aprovada, em 05 de setembro de 2017, pela comissão avaliadora constituída pelos professores:



Prof. Dr. Agnaldo José da Rocha Reis - Orientador



Prof. Dr. Luiz Fernando Rispoli Alves – Professor Convidado



Prof. Dr. Paulo Marcos de Barros Monteiro – Professor Convidado

“Todos os seus sonhos podem se tornar realidade se você tem coragem para persegui-los”
Walt Disney,

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar por esse longo caminho.

A minha esposa Simone, por me ajudar e apoiar em todos os momentos.

Aos meus pais e a família de minha esposa por todo apoio.

Aos meus amigos do curso de engenharia de controle e automação em especial ao Magno pela força durante essa fase.

Aos professores por me proporcionar o conhecimento necessário, mas também pelas palavras amigas nos momentos de dúvidas.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que proporcionaram a melhor estrutura possível para minha formação.

RESUMO

Em grande parte dos processos industriais a falta de energia pode causar grandes problemas. Nas indústrias em que esta situação deve ser evitada é comum o uso de grupos geradores para suprir a energia no caso de falta de alimentação da concessionária. O acionamento destes equipamentos e as manobras envolvidas na transferência de carga entre os geradores e a concessionária de energia devem ser realizados de maneira sistemática e segura. A falta de energia pode ocorrer em qualquer horário e caso os grupos geradores precisem ser acionados manualmente, será necessário o acompanhamento de um técnico treinado e habilitado para executar a operação. Para otimizar a operação dos grupos geradores, foram desenvolvidos controladores eletrônicos capazes de gerenciar todo o funcionamento do sistema de grupos geradores, desde a detecção de falha na alimentação da concessionária até realização das manobras de transferência de carga. Nos grupos geradores instalados na estação de bombas VI da Samarco Mineração foram utilizados dois modelos de controladores microprocessados da empresa *Deep Sea Eletronics*, DSE8660 e DSE8610. Apesar do uso de controladores, o sistema iniciou sua operação funcionando apenas em modo manual. Foram necessárias alterações nos parâmetros, através do software ‘DSE Configuration Suite PC’, referentes ao modo de funcionamento automático do controlador DSE8660. Essas alterações foram feitas para permitir o acionamento remoto e automático dos disjuntores do sistema de transferência de carga.

Palavras-Chave: Grupos geradores, Geradores de emergência, Controladores de grupos geradores, Automação de grupos geradores, controlador DSE8660.

ABSTRACT

In most industrial processes the lack of energy can cause major problems. In industries where this situation should be avoided, it is common to use generator sets to supply the power in the event of a utility failure. The operation of these equipment and the maneuvers involved in the transfer of cargo between the generators and the energy concessionaire must be carried out in a systematic and safe manner. The power failure can occur at any time and if the generator sets need to be triggered manually, a trained and qualified technician will be required to perform the operation. In order to optimize the operation of the generator sets, electronic controllers have been developed capable of managing the whole operation of the generator set system, from the detection of power failure of the utility to carrying out the load transfer maneuvers. Two models of microprocessor controllers from the company Deep Sea Eletronics, DSE8660 and DSE8610 were used in the generator sets installed at the Samarco Mining pump station VI. Despite the use of controllers, the system started operating only in manual mode. Changes to the parameters were necessary through the 'DSE Configuration Suite PC' software, referring to the automatic operation mode of the DSE8660 controller. These changes were made to allow remote and automatic activation of the load-transfer system breakers.

Keywords: Generator set, emergency generators, Generator set controllers, generator set automation, DSE8660 controller.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Pelotas de minério de ferro	13
Figura 2.2: Processo produtivo Samarco.....	14
Figura 2.3: Estação de bombeamento Samarco.....	15
Figura 3.1: Módulo DSE8610 com indicativos dos botões e sinalizações.....	18
Figura 3.2: Módulo DSE8660 com indicativos dos botões e sinalizações.....	19
Figura 4.1: Grupo motor gerador.....	22
Figura 5.1: Tela principal de configuração.....	27
Figura 5.2: Configuração das entradas digitais A,B	28
Figura 5.3: Configuração das saídas digitais.	29
Figura 5.4: Configuração das saídas digital, D.....	30
Figura 5.5: Configuração do temporizador de partida.....	31
Figura 5.6: Configuração do temporizador de carga/parada	32
Figura 5.7: Configuração da leitura de tensão do barramento.....	33
Figura 5.8: Configuração dos alarmes de tensão de rede	34
Figura 5.9: Configuração opcional	34
Figura 5.10: Ligações realizadas no controlador DSE8660	35
Figura 5.11: Sinalizações indicando o funcionamento do módulo de controle DSE8660	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Medição de tensão e frequência do gerador e barramento	19
Tabela 3.2: Terminais de alimentação cc, saídas de combustível e partida	20
Tabela 3.3: Terminais de dispositivos de carga e leitura de tensão de rede	20
Tabela 3.4: Terminais de leitura de tensão de barramento	21
Tabela 3.5: Terminais das entradas digitais configuráveis.....	21

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivo geral.....	11
1.2	Justificativas do trabalho.....	11
1.3	Metodologia proposta.....	11
1.4	Estrutura do trabalho	11
2	A SAMARCO MINERAÇÃO.....	13
2.1	Estação de bombeamento.....	15
3	CONTROLADORES APLICADOS A GRUPOS GERADORES.....	17
4	GRUPO MOTOR GERADOR (GMG)	22
4.1	Motor diesel	23
4.2	Alternadores síncronos.....	24
5	PARAMETRIZAÇÃO DO CONTROLADOR DSE8660 PARA FUNCIONAMENTO EM AUTOMÁTICO	27
5.1	Resultados	36
6	CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	37
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1 INTRODUÇÃO

Os grupos geradores podem ser utilizados em aplicações com o objetivo de economia, substituindo ou trabalhando em paralelo com a alimentação elétrica da concessionária de energia em horários sazonais. Outra aplicação é como equipamentos de emergência que suprem a alimentação elétrica no caso de falha da alimentação da distribuidora.

Com o avanço da eletrônica, controladores dedicados ao controle, acionamento e a transferência de carga para Grupos Motores Geradores (GMG) vêm sendo desenvolvidos ao longo dos últimos anos. Eles podem detectar anormalidades na alimentação da concessionária e acionar os GMG automaticamente sempre que necessário, além de realizar funções de monitoramento de variáveis como pressão de óleo, temperatura e rotação dos motores diesel dos GMGs.

Os grupos geradores que serão tratados neste documento estão instalados em uma das unidades operacionais da empresa Samarco Mineração e são utilizados como equipamentos de emergência no caso de falha da alimentação elétrica da concessionária. O sistema de geradores de emergência que será analisado aqui está instalado na Estação de Bombas VI do complexo Germano da Samarco e é composto por três GMG. Cada um deles é constituído por motores Scania modelo DC1649A de 749 CV (STEMAC, 2017). Geradores WEG modelo GPA 312 EE DI de 635 KVA com tensão de 480 V e corrente de 763,8 A (WEG, 2017). O sistema de controle desses grupos geradores possui quatro controladores da fabricante Deep Sea. São eles: três controladores DSC8610 e um DSC8660.

Esses grupos geradores visam suprir a energia necessária para o funcionamento de equipamentos que, se ficarem parados por longo período de tempo e de forma não planejada, podem causar grandes perdas econômicas além de trazer complicações para o retorno do processo produtivo.

A parametrização do controlador DSE8660 só permitia que os GMGs operassem em modo manual. Diante desse contexto, deu-se início a estudos para entender a parametrização e o funcionamento do controlador (tanto hardware quanto software) com o intuito de realizar a programação necessária que permitisse que o sistema funcionasse também em modo automático. Por conseguinte, deu-se prioridade a parte de software neste trabalho.

1.1 Objetivo geral

Propor as alterações necessárias na parametrização do controlador DSE8660 para garantir que os GMG instalados na Estação de Bombas VI operem também de forma automática (foco no software).

1.2 Justificativas do trabalho

A automatização do funcionamento de GMG é muito importante onde esses equipamentos são aplicados. Visto que quando há falha no sistema de alimentação da distribuidora, os GMGs devem suprir a alimentação elétrica evitando paradas de equipamentos e perdas econômicas. A automatização é feita por meio de controladores específicos para geradores. Eles monitoram a tensão da concessionária e no caso de falha desta, acionam os GMG e fazem as manobras de transferência de carga. Quando essas manobras são realizadas manualmente existe a exposição dos envolvidos a riscos de acidentes com eletricidade. Existem vários modelos de diversos fabricantes que atendem a todas as configurações de grupos geradores. Os controladores que serão mencionados neste documento são fabricados pela empresa Deep Sea Electronics. Para que os GMG da Estação de Bombas VI da unidade de Germano da Samarco Mineração funcionassem em modo automático, concluiu-se que seria necessário realizar alterações na parametrização do controlador DSE8660, parametrização essa que será apresentada no capítulo 5.

1.3 Metodologia proposta

A metodologia adotada aqui se baseia na leitura dos manuais do controlador DSE8660 e na familiarização com o software ‘DSE Configuration Suite PC’.

Após esse estudo, as seguintes etapas foram realizadas:

- Verificação da parametrização dos controladores.
- Alteração dos parâmetros referentes ao funcionamento automático.
- Testes com simulação de falta da energia da concessionária para verificar o comportamento dos GMG.

1.4 Estrutura do trabalho

Este documento foi dividido em seis capítulos. O primeiro apresenta uma introdução sobre o assunto tratado e os objetivos do projeto. O segundo capítulo traz algumas

informações sobre a Samarco Mineração. No capítulo três são apresentadas características dos controladores instalados. No capítulo 4 são apresentadas definições e especificações de grupos geradores. No quinto capítulo relata-se o desenvolvimento do projeto assim como os resultados obtidos. O sexto capítulo apresenta a conclusão e as sugestões de continuação.

2 A SAMARCO MINERAÇÃO

A Samarco especializou se na exploração de minério com baixo teor de ferro. A partir desta matéria prima a empresa produz pelotas de ferro, figura 2.1, que possuem maior valor agregado, este é o seu principal produto que exportado para de 25 países distribuídos em vários continentes. (SAMARCO, 2013).



Figura 2.1: Pelotas de minério de ferro

Fonte: SAMARCO, 2017

A Samarco possui unidades instaladas nos estados de minas gerais, onde é feita a extração e beneficiamento do minério e no estado do Espírito Santo onde são realizados os processos de pelotização e embarque das pelotas. As unidades são interligadas por três minerodutos que transportam o minério beneficiado na forma de polpa. Esse tipo de transporte é o grande diferencial da empresa, pois proporciona controle operacional mais eficaz, alta disponibilidade, confiabilidade e baixo custo operacional. A figura 2.2 apresenta resumidamente o processo produtivo como um todo (SAMARCO, 2013).

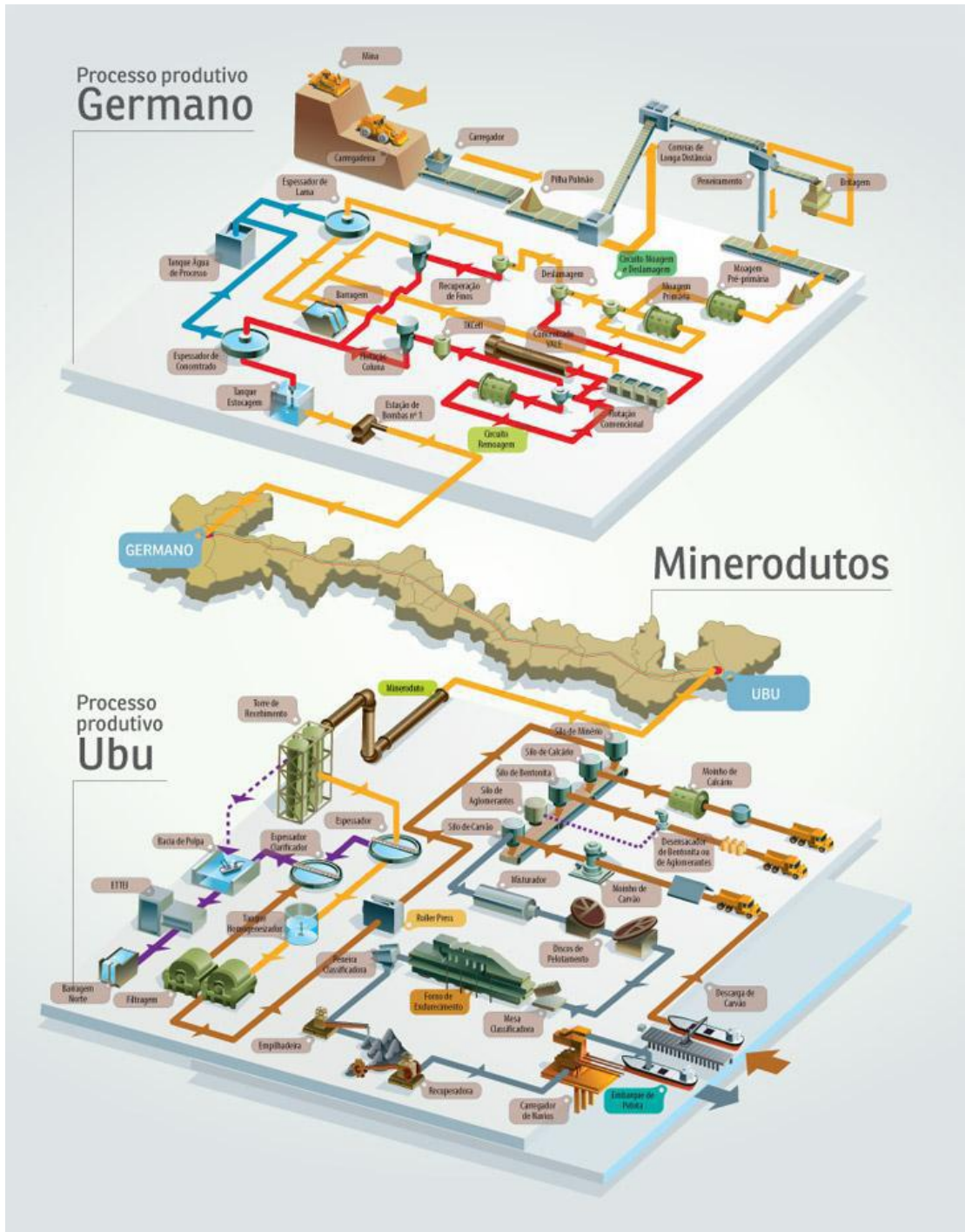


Figura 2.2: Processo produtivo Samarco

Da mina ao porto.

Fonte: SAMARCO, 2011

2.1 Estação de bombeamento

A Samarco possui estações de bombeamento, exemplificada na figura 2.3 para impulsionar a polpa de minério através dos minerodutos. Nessas estações existem tanques de homogeneização, figura 2.4, onde é armazenado e também feito o controle de densidade da polpa. Esse material no interior do tanque deve permanecer em constante agitação para que não ocorra a sedimentação do minério e por consequência a interrupção do processo o que pode acarretar perdas econômicas significativas. A homogeneização da polpa é feita por meio de equipamentos denominados agitadores; eles são acionados por motores elétricos que precisam estar sempre em funcionamento.



Figura 2.3: Estação de bombeamento Samarco.

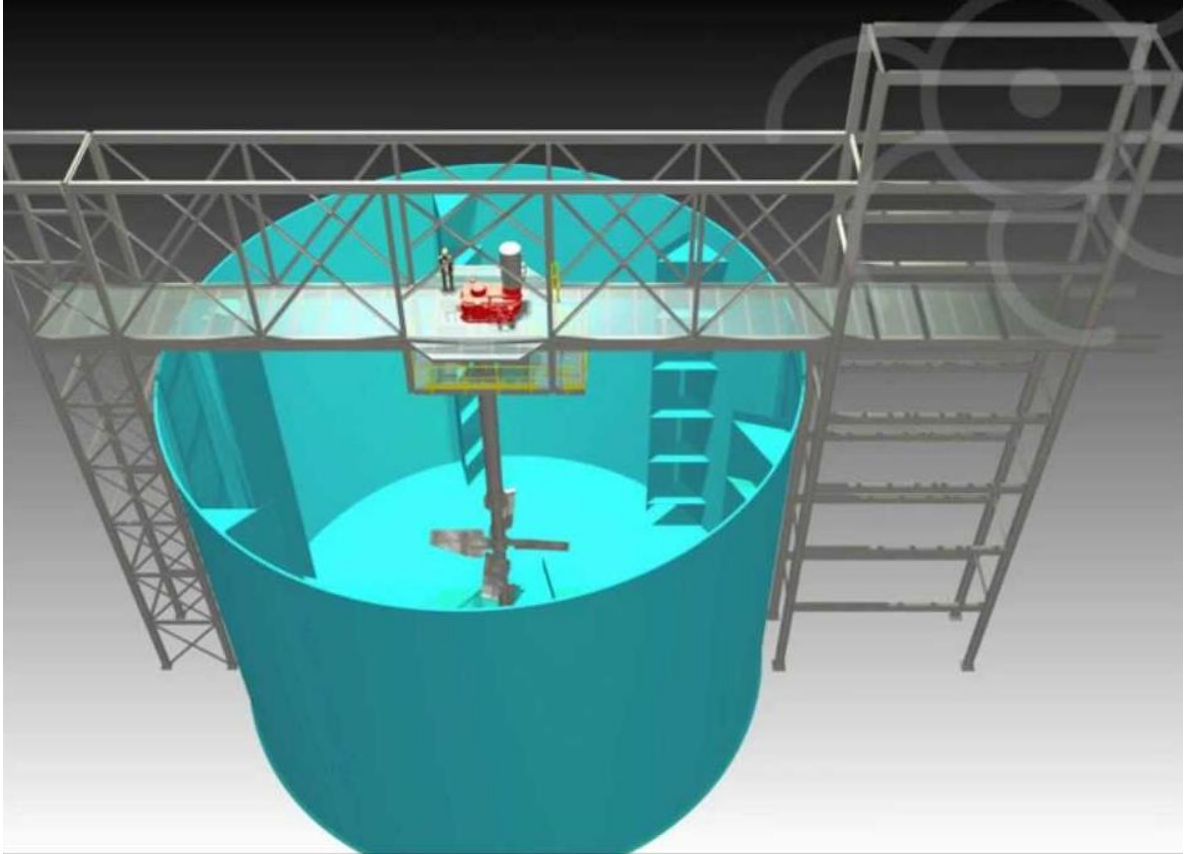


Figura 2.4: Tanque de homogeneização.

Fonte: ENGENDRAR, 2017

3 CONTROLADORES APLICADOS A GRUPOS GERADORES

Os grupos motores geradores necessitam de um sistema de controle com alguma interface para que possam ser operados. Essa interface deve possibilitar a realização das manobras inerentes ao processo de operação desses equipamentos de maneira sistemática e fácil. Os primeiros sistemas de controle eram totalmente manuais, constituídos de instrumentos analógicos que se limitavam a leitura de algumas variáveis, cabendo a um técnico realizar todo o procedimento de acionamento dos motores, verificação das grandezas elétricas (tensão, frequência, corrente), além de realizar as manobras de transferência de carga abrindo e fechando disjuntores manualmente.

O avanço tecnológico permitiu o desenvolvimento de sistemas capazes de realizar todo esse procedimento de maneira automática com total confiabilidade e segurança. O mercado brasileiro foi bem resistente, no início aos novos controladores eletrônicos oferecidos pelos fabricantes. Os clientes não sentiam segurança nos novos equipamentos, temendo que fossem muito complexos e trouxessem mais problemas do que benefícios. Os primeiros controladores eletrônicos montados no Brasil surgiram na década de 70, mas só em 1996 realmente atingiram alguma importância no mercado, alcançando empresas do segmento de telecomunicações que eram as que mais utilizavam grupos geradores. Foi a partir daí que começaram a aparecer às primeiras normas regulamentadoras referentes ao assunto (PEREIRA, 2015).

Diversos controladores microprocessados estão disponíveis no mercado atendendo as mais diversas configurações e especificações de sistema que utilizam grupos geradores. Entre os controladores disponíveis destacam-se os modelos da Deep Sea Electronics, uma das mais renomadas no segmento. As figuras 3.1 e 3.2 apresentam os controladores DSE8610 e DSE8660 que pertencem a uma série de controladores desenvolvidos para fornecer diferentes níveis de funcionalidades. Esses controladores possuem um microprocessador ARM de alto desempenho que permite as seguintes funcionalidades:

- Display LCD configurável para trabalhar em diversos idiomas.
- Monitoramento True RMS da Tensão, Corrente e da Energia.
- Monitoramento dos parâmetros do motor.
- Entradas totalmente configuráveis para uso como alarmes entre outras funções.
- Interface com a Unidade Eletrônica de Controle (ECU) dos motores eletrônicos.

- Conexão direta aos reguladores de velocidade e de tensão para sincronismo e divisão de carga.
- Proteção de R.O.C.O.F. e Salto de Vetor para detectar falha de rede quando em paralelo com os geradores.

O software de configuração Configuration Suite desenvolvido para os controladores da Deep Sea permite a configuração das sequências de operação, temporizadores e alarmes otimizando ainda mais esses equipamentos (DEEP SEA ELECTRONICS, 2017).

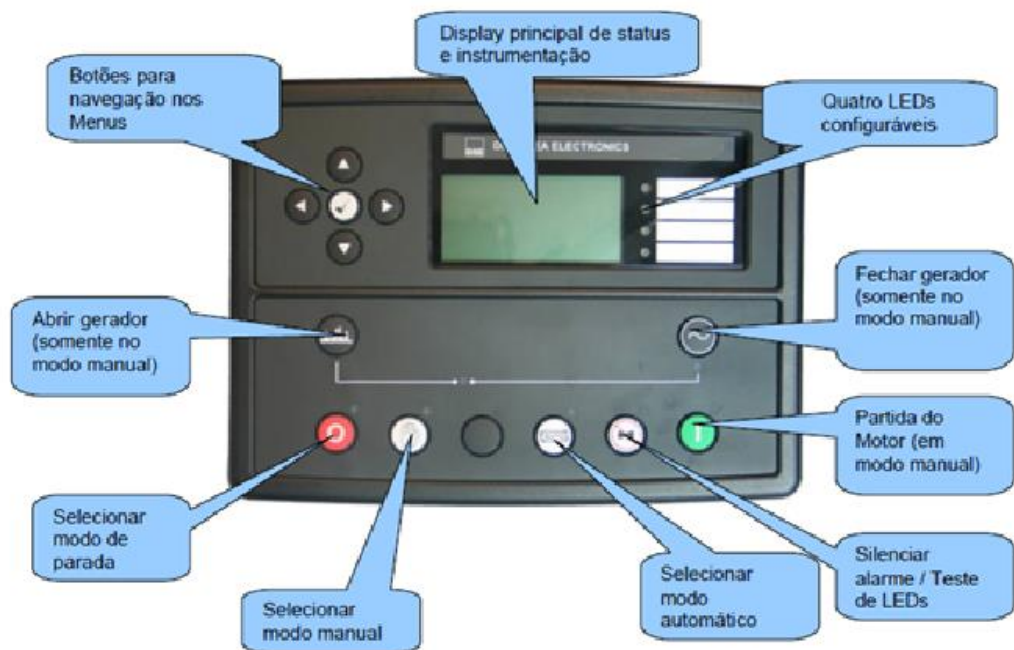


Figura 3.1: Módulo DSE8610 com indicativos dos botões e sinalizações

Fonte: DEEP SEA, 2017

O controlador DSE8660 mostrado na figura 3.2 com o detalhamento dos ícones da tela e suas funções. Controlador esse responsável por fazer o intermédio entre a alimentação da rede e a alimentação dos geradores, visto que através dele que é feito o monitoramento das tensões do barramento de alimentação da concessionária e o barramento de saída da alimentação vinda dos geradores.

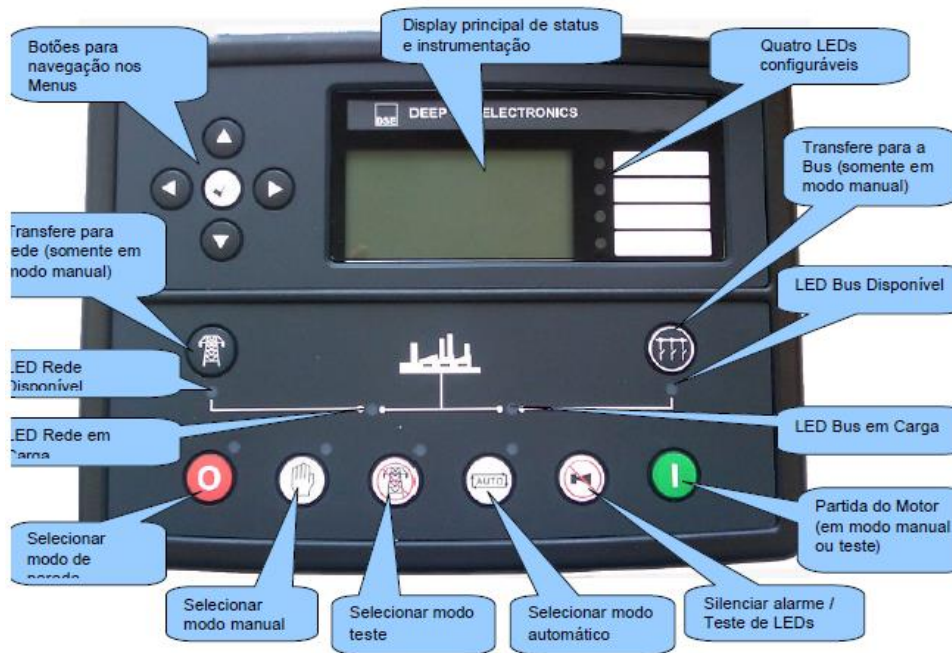


Figura 3.2: Módulo DSE8660 com indicativos dos botões e sinalizações

Fonte: DEEP SEA, 2017

Na tabela 3.1 tem-se a relação de valores de tensão e frequência que o módulo DSE8660 pode medir do barramento e do gerador. Por tanto para o perfeito funcionamento deste módulo deve-se trabalhar dentro dessas faixas.

Tipo de medição	True RMS
Taxa de Amostragem	5KHz ou mais
Harmônicas	Até 10 ^a harmônica ou mais
Impedância de entrada	300K Ω ph-N
Tensão Fase - Neutro	15V a 333V AC Adequada para operação de 110V até 277V nominal ($\pm 20\%$ para a detecção de sub / sobretensão)
Tensão Fase - Fase	26V a 576V AC Adequada para 190V até 480V nominal fase-fase ($\pm 20\%$ para a detecção de sub / sobretensão)
Tensão de modo comum	100V AC (máx.)
Resolução	1V AC Fase para Neutro 2V AC Fase para Fase
Precisão	$\pm 1\%$ do fundo de escala fase-neutro ($\pm 3.33V$) $\pm 2\%$ do fundo de escala fase-fase ($\pm 11.52V$)
Frequência Mínima	3,5Hz
Frequência Máxima	75Hz
Resolução da Frequência	0,1Hz
Precisão da Frequência	$\pm 0,2Hz$

Tabela 3.1: Medição de tensão e frequência do gerador e barramento

Fonte: DEEP SEA, 2017

Nas tabelas 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 tem-se a relação das pinagens do controlador DSE8660 com respectiva função, por exemplo, pinos de entrada, saída e alimentação.

ÍCONE	PINO	DESCRIÇÃO	CABO	NOTAS
	1	Entrada de Alimentação CC Planta (Negativo)	2.5 mm ² AWG 13	
	2	Entrada de Alimentação CC da Planta (Positivo)	2,5 mm ² AWG 13	Alimenta o módulo e relés de Saída E, F, G, H, I & J (Necessária proteção com fusível anti-surge de 2A a 15A)
		Não conectado		
		Não conectado		
		Não conectado		
		Não conectado		
	7	Terra funcional	2.5mm ² AWG 13	Conectar a um ponto de terra confiável.
	8	Relé da Saída E	1.0mm ² AWG 18	Alimentação positiva pelo terminal 2 (capacidade 3A).
	9	Relé da Saída F	1.0mm ² AWG 18	Alimentação positiva pelo terminal 2 (capacidade 3A).
	10	Relé da Saída G	1.0mm ² AWG 18	Alimentação positiva pelo terminal 2 (capacidade 3A).
	11	Relé da Saída H	1.0mm ² AWG 18	Alimentação positiva pelo terminal 2 (capacidade 3A).
	12	Relé da Saída I	1.0mm ² AWG 18	Alimentação positiva pelo terminal 2 (capacidade 3A).
	13	Relé da Saída J	1.0mm ² AWG 18	Alimentação positiva pelo terminal 2 (capacidade 3A).

Tabela 3.2: Terminais de alimentação cc, saídas de combustível e partida

Fonte: DEEP SEA, 2017

ÍCONE	PINO	DESCRIÇÃO	CABO	NOTAS
	39	Relé da Saída C	1.0mm ² AWG 18	Normalmente configurado para controlar a bobina do contactor (Fusível recomendado: 10A).
	40	Relé da Saída C	1.0mm ² AWG 18	Normalmente configurado para controlar a bobina do contactor.
	41	Relé da Saída D	1.0mm ² AWG 18	Normalmente configurado para controlar a bobina do contactor (Fusível recomendado: 10A).
	42	Relé da Saída D	1.0mm ² AWG 18	Normalmente configurado para controlar a bobina do contactor
V1	43	Monitoração da tensão na fase L1 (U) do gerador	1.0mm ² AWG 18	Conectar a fase L1 (R) do gerador (Fusível recomendado: 2A)
	44	Monitoração da tensão na fase L2 (V) do gerador	1.0mm ² AWG 18	Conectar a fase L2 (S) do gerador (Fusível recomendado: 2A)
	45	Monitoração da tensão na fase L3 (W) do gerador	1.0mm ² AWG 18	Conectar a fase L3 (T) do gerador (Fusível recomendado: 2A)
	46	Entrada Neutra (N) do Gerador	1.0mm ² AWG 18	Conectar ao terminal neutro do gerador

Tabela 3.3: Terminais de dispositivos de carga e leitura de tensão de rede

Fonte: DEEP SEA, 2017

ÍCONE	PINO	DESCRIÇÃO	CABO	NOTAS
V2	47	Monitoração da tensão na fase L1 (R) da Bus	1.0mm AWG 18	Conectar a fase L1 (R) da Bus (Fusível recomendado: 2A)
	48	Monitoração da tensão na fase L2 (S) da Bus	1.0mm AWG 18	Conectar a fase L2 (S) da Bus (Fusível recomendado: 2A)
	49	Monitoração da tensão na fase L3 (T) da Bus	1.0mm AWG 18	Conectar a fase L3 (T) da Bus (Fusível recomendado: 2A)
	50	Entrada do Neutro da rede elétrica (N)	1.0mm AWG 18	Conectar aoneutro (N) da Bus

Tabela 3.4: Terminais de leitura de tensão de barramento

Fonte: DEEP SEA, 2017

ÍCONE	PINO	DESCRIÇÃO	CABO	NOTAS
	60	Entrada digital configurável A	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc
	61	Entrada digital configurável B	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc
	62	Entrada digital configurável C	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc
	63	Entrada digital configurável D	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc
	64	Entrada digital configurável E	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc
	65	Entrada digital configurável F	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc
	66	Entrada digital configurável G	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc
	67	Entrada digital configurável H	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc
	68	Entrada digital configurável I	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc
	69	Entrada digital configurável J	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc
	70	Entrada digital configurável K	0.5mm ² - AWG 20	Comutar para Negativc

Tabela 3.5: Terminais das entradas digitais configuráveis

Fonte: DEEP SEA, 2017

4 GRUPO MOTOR GERADOR (GMG)

Grupo motor gerador é nome dado ao conjunto constituído por um alternador síncrono conectado mecanicamente a um motor diesel, ilustrados na figura 4.1. Esse equipamento tem a finalidade de fornecer energia elétrica quando não existe a disponibilidade ou é inviável o uso da alimentação da distribuidora de energia.

De acordo com a norma técnica NBR 14664 (2001), os grupos geradores podem funcionar em quatro regimes operacionais: regime de emergência alimentando cargas por tempo inferior a 300 horas por ano, regime auxiliar por tempo entre 300 e 1000 horas, regime principal onde podem funcionar por tempo ilimitado com carga variável e regime básico acionando carga constante. Para os regimes citados a oscilação de frequência pode ser de no máximo $\pm 4,0\%$ da frequência nominal e o desequilíbrio de carga pode ser no máximo de 15% entre fases.



Figura 4.1: Grupo motor gerador

Fonte: STEMAC, 2017

Ainda sobre operação dos grupos geradores eles podem operar em modo singelo onde apenas um grupo assume a alimentação da carga, na configuração de múltiplos grupos onde mais de um grupo alimenta a carga e existe o paralelismo apenas entre os alternadores. E por ultimo, no modo múltiplos grupos na mesma configuração do anterior, porém em paralelo com a alimentação da distribuidora (PRADO, 2006).

4.1 Motor diesel

O motor a diesel, ilustrado na figura 4.2, é um equipamento que transforma energia química do combustível, no caso o óleo diesel, em energia cinética. Essa energia pode ser utilizada para acionar outros equipamentos como por exemplos os alternadores.

Esses motores são classificados como sendo do tipo de ciclo diesel devido ao engenheiro Rudolf Diesel, que foi um dos primeiros a obter sucesso nos testes com esse tipo de motor. Nesse tipo de motor a combustão ocorre por meio da compressão do óleo diesel junto com o oxigênio dentro da câmara de ignição (MOURA, 2015).

Os motores utilizados em grupos geradores podem ser classificados como sendo do tipo estacionário, ou seja, do tipo que aciona maquinas fixas como bombas e máquinas de solda, e equipamentos que funcionam com rotação fixa (PEREIRA, 2015).

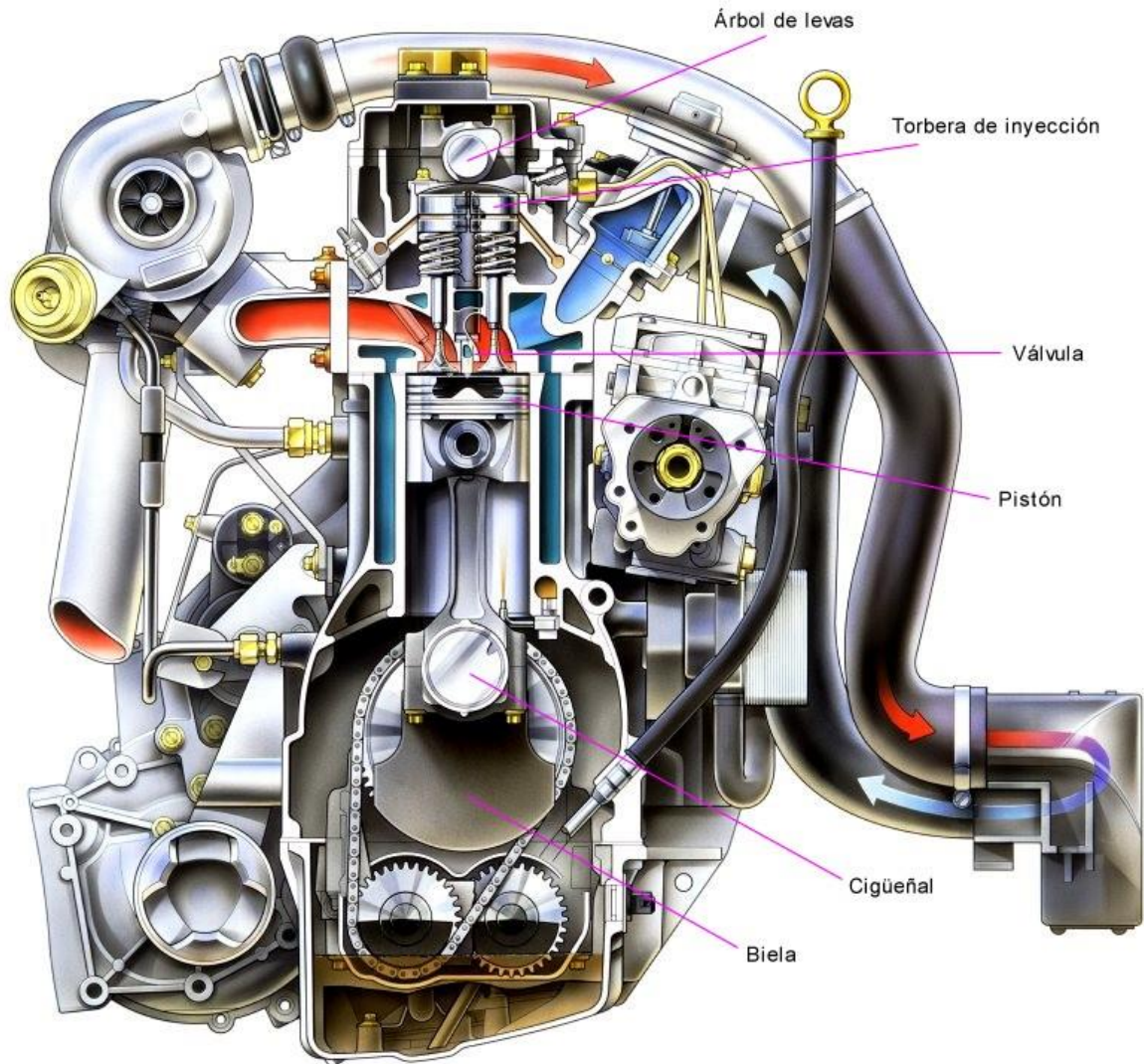


Figura 4.2: Motor diesel

Fonte: LEAL, 2016

4.2 Alternadores síncronos

Os alternadores síncronos são equipamentos eletromecânicos que transformam energia mecânica em energia elétrica. Os alternadores para grupos geradores são capazes de atender as mais variadas aplicações, desde as mais simples, como o fornecimento de energia para cargas de baixa potência, até as mais complexas como operação em paralelo com a alimentação da concessionária (WEG, 2017).

A diferença de potencial (E_A) gerada é uma grandeza proporcional ao fluxo de campo (Φ) e a velocidade do eixo (ω). Pode ser calculada através da fórmula:

$$E_A = K\Phi\omega$$

Onde K é uma constante relacionada com os aspectos construtivos da máquina. A frequência (f_{se}), medida em Hertz, e a rotação do eixo (n_m) são relacionadas pela fórmula:

$$f_{se} = \frac{n_m p}{120}$$

Onde p representa o número de polos do alternador (CHAPMAN, 2013).

Os geradores elétricos baseiam-se no princípio da indução eletromagnética, que é um fenômeno onde um campo eletromagnético variável é capaz de produzir uma corrente elétrica induzida em um material condutor (FERREIRA, 2017).

A diferença de potencial (ddp) e a frequência na saída do alternador devem ser mantidas constantes, porém quando é aplicada uma carga ao alternador essa ddp pode oscilar dependendo das características da carga. Portanto é necessário realizar um controle para evitar essa oscilação. Esse controle é feito através do ajuste do fluxo de campo por um dispositivo denominado regulador de tensão (CHAPMAN, 2013).

Em muitas situações é preciso o uso de mais de um grupo gerador funcionando em paralelo para atender a demanda de energia. Para esse modo de operação devem ser atendidas algumas condições como: as tensões de linha e sequências de fase devem ser iguais e a frequência do alternador que será conectado ao barramento já energizado deve ser suavemente maior do que a frequência do barramento (CHAPMAN, 2013).

A figura 4.3 apresenta um alternador destacando suas características construtivas.

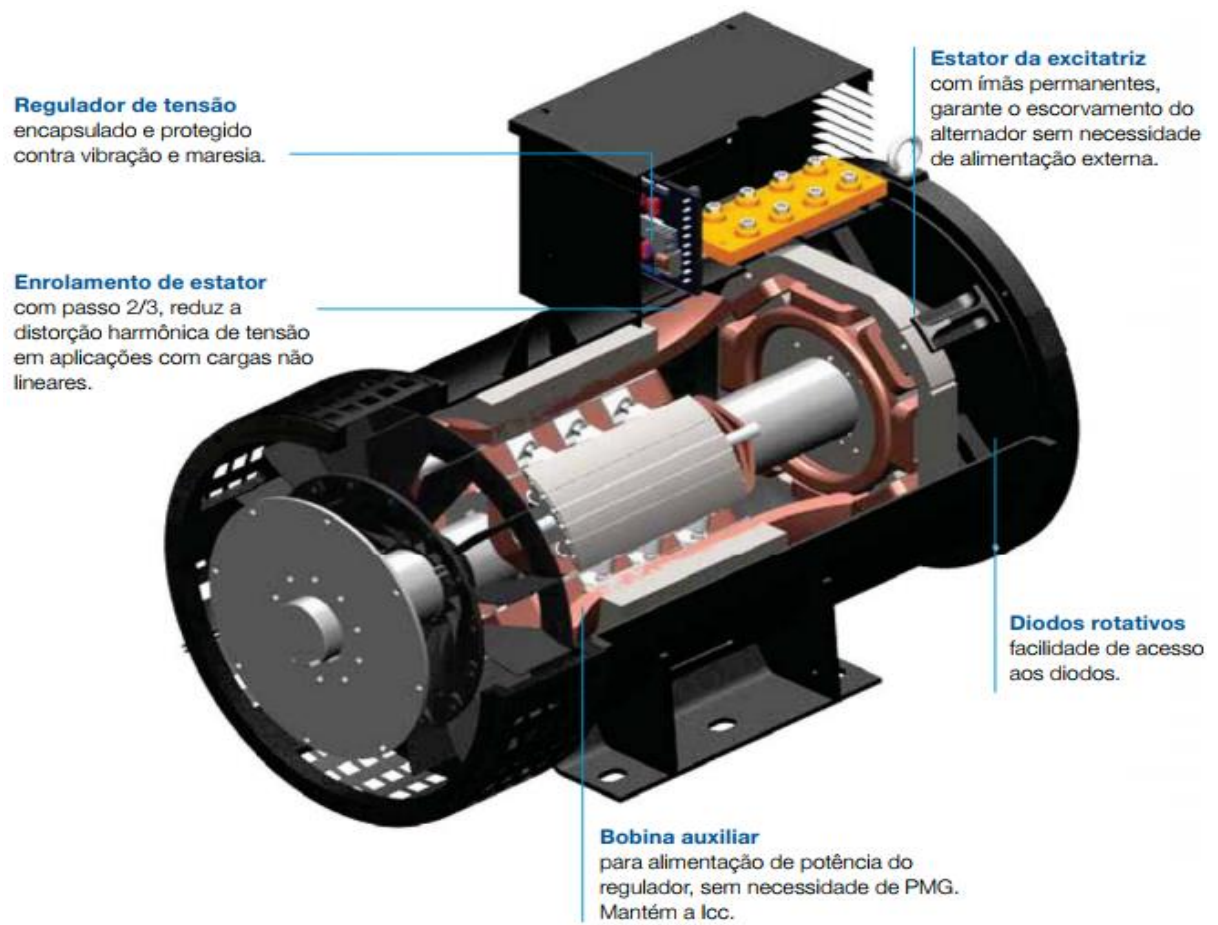


Figura 4.3: Características construtivas do alternador síncrono

Fonte: WEG, 2017

5 PARAMETRIZAÇÃO DO CONTROLADOR DSE8660 PARA FUNCIONAMENTO EM AUTOMÁTICO

Foi realizada pesquisa para entender o funcionamento do grupo gerador para isso foi necessário realizar a leitura dos manuais do mesmo. Visto que a este não continha informações suficientes sobre o controlador DSE8660, foi necessário realizar um cadastro no site da empresa DEEP SEA ELETRCTRONICS onde foi realizado o download do manual “DSE8660-Operators-Manual” e também do software ”configuration-suite-installer”. A partir de então foi possível entender o funcionamento do controlador e acessar a configuração existente no controlador. Após esses passos identificaram-se quais parâmetros deveriam ser ajustados para que o sistema realizasse a transferência de carga de modo automático.

Na figura 5.1 temos a tela principal de configuração do controlador 8660 da DSE, acessada através do software da própria empresa. A parti dessa tela é possível selecionar quais opções serão ajustadas e configuradas, como entradas, saídas, temporizadores, etc.

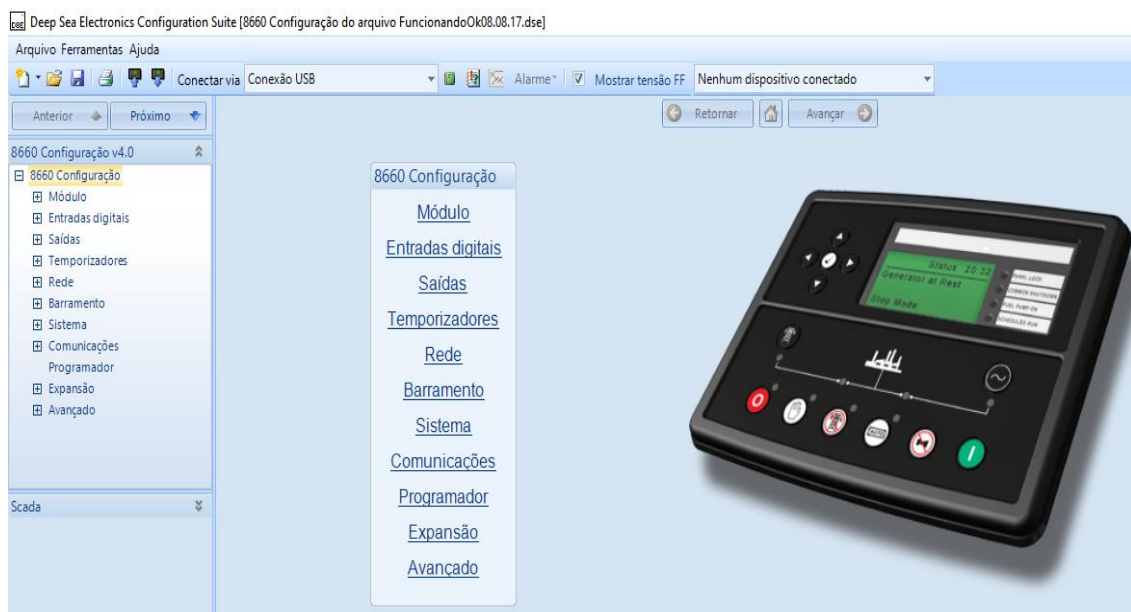


Figura 5.1: Tela principal de configuração

O controlador DSE8660 possui onze entradas e oito saídas digitais, todas totalmente configuráveis. Através da opção “entradas digitais” é possível relacionar uma entrada com o estado, aberto ou fechado, de um disjuntor ou bloqueio do teclado entre outras funções. As entradas ‘A’ e ‘B’ do módulo foram configuradas através do software para indicarem a

posição dos disjuntores do sistema de transferência. O estado zero na entrada significa disjuntor aberto e o estado um significa disjuntor fechado.

Na figura 5.2 temos a configuração da entrada 'A', com a função de auxiliar de fechamento do barramento, ou seja, quando o disjuntor realizar a manobra de fechar ou abrir o barramento, essa entrada é acionada recebendo um sinal. O controlador por sua vez interpreta esse sinal como estado aberto, caso o sinal seja nível baixo, ou fechado caso o sinal seja nível alto. O mesmo é válido para entrada 'B'.

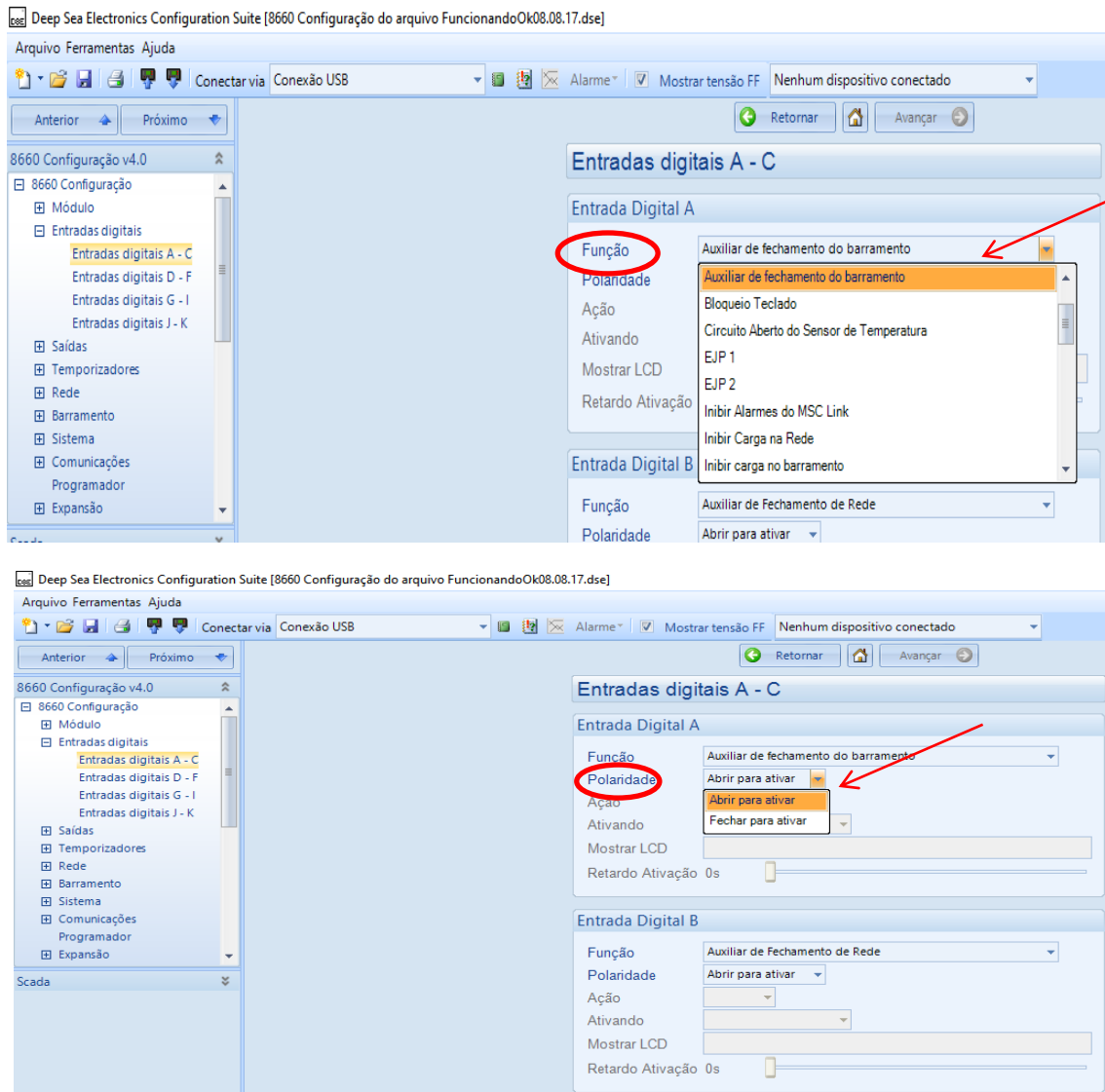


Figura 5.2: Configuração das entradas digitais A,B

Como os disjuntores instalados no CCM, possuem bobinas independentes para abertura e fechamento, foi preciso configurar as saídas digitais utilizadas para funcionarem no modo

pulso. Nessa configuração, quando o controlador aciona as saídas, que são normalmente abertas, elas enviam um pulso às bobinas dos disjuntores para realizar as manobras de abertura e fechamento. Na figura 5.3 mostra tela de configuração das saídas digitais do módulo DSE8660.

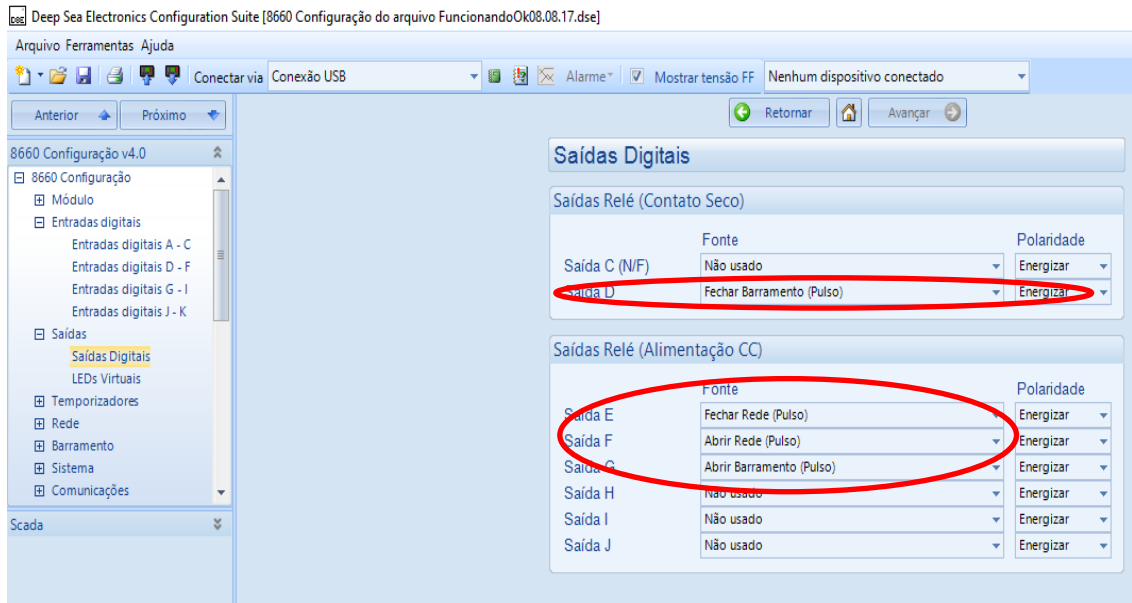


Figura 5.3: Configuração das saídas digitais.

Foram utilizadas quatro saídas do módulo para os comandos de acionamento dos disjuntores. As saídas “D” e “F” foram ajustadas para realizar os comandos de fechamento e abertura, respectivamente, do disjuntor que conecta a alimentação dos geradores ao CCM. As saídas “E” e “G” foram ajustadas para realizar os comandos de fechamento e abertura, respectivamente, do disjuntor que conecta a alimentação da concessionária ao CCM. Na figura 5.4 pode-se observar a opção de configuração selecionada para a saída digital “D”.

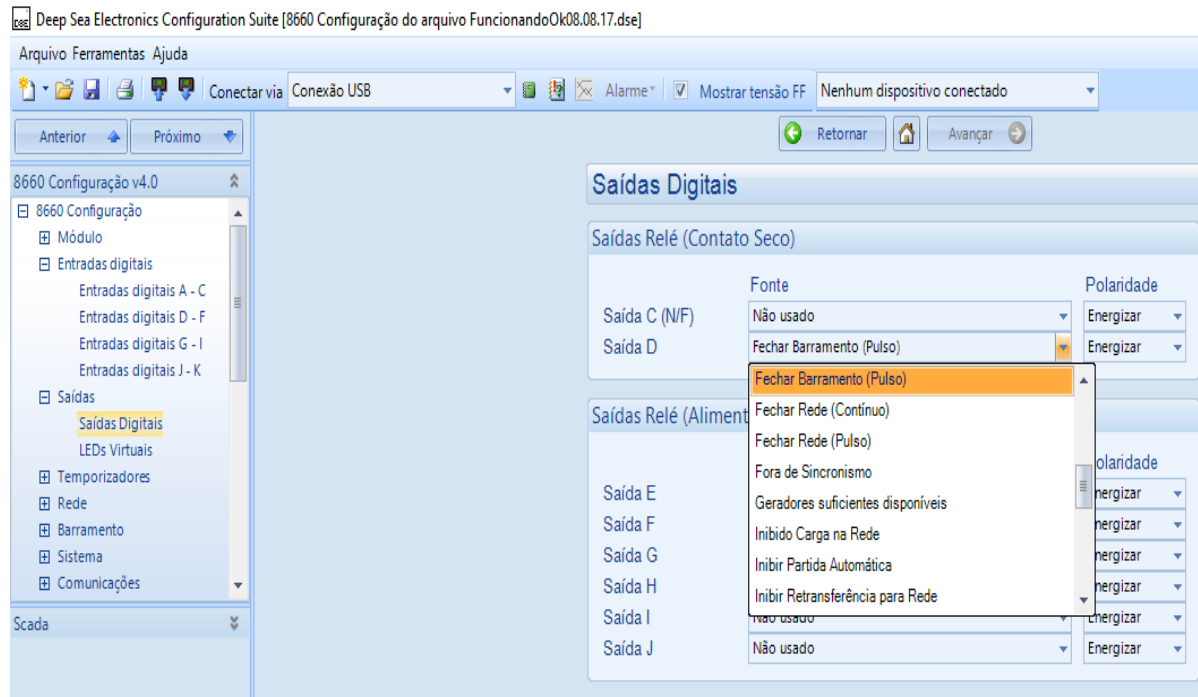


Figura 5.4: Configuração das saídas digital, D.

Na opção de configuração do temporizador de partida pode-se observar através da figura 5.5 que os ajustes efetuados de acordo com especificações pré-definidas de fábrica:

- Cinco segundos para partida remota com e sem carga
- Cinco segundos para parada via telemetria
- Cinco segundos para retardo do transiente da rede.

A configuração de tempo, três minutos, para falha na rede foi ajustada com esse valor devido ao fato de que podem ocorrer falhas de pequena duração de tempo, desse modo, são evitadas partidas dos geradores e manobras de transferências dispensáveis. Fato que foi observado em experiências anteriores.

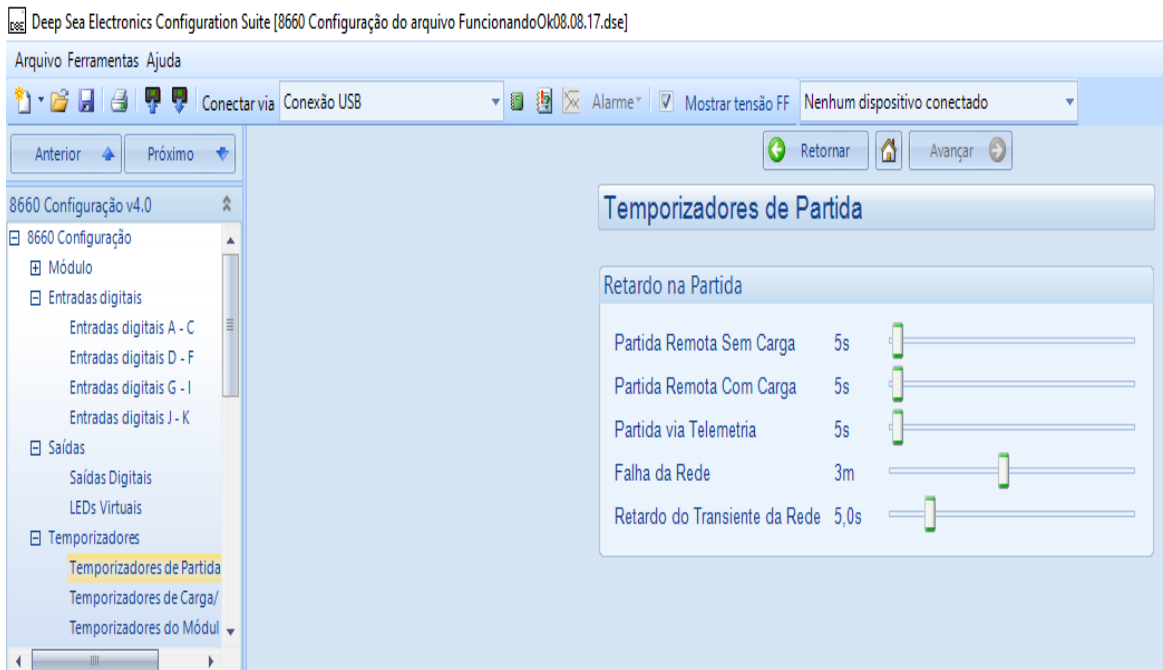


Figura 5.5: Configuração do temporizador de partida

Na opção de configuração do temporizador de parada foram realizados os seguintes ajustes, conforme pode ser observado através da figura 5.6, ajustes esses, efetuados de acordo com especificações pré-definidas de fábrica:

- 0,7 segundos para tempo de transferência e retardo de carga;
- 0,5 segundos para pulso de fechamento do disjuntor;
- 0,5 segundos para pulso de abertura do disjuntor;
- 5 segundos para retardo de fechamento do barramento;
- 0 segundo para tempo de paralelismo;

A configuração de tempo, três minutos, para retardo de retorno remoto da alimentação da distribuidora foi ajustada com esse valor devido ao fato de que podem ocorrer oscilações antes da estabilização da tensão da rede, evitando que os geradores desliguem antes que essa estabilização ocorra. Fato que foi observado em experiências anteriores.



Figura 5.6: Configuração do temporizador de carga/parada

O módulo DSE8660 possui entradas para leitura/amostra das tensões do barramento dos geradores e da concessionária. Essas entradas podem receber níveis de tensões de até 576 V entre fases, sendo configuráveis. Existe também a opção de uso de transformadores para diminuir o nível de tensão nessas entradas caso necessário.

Na figura 5.7 é mostrada a tela de configuração dos ajustes da leitura de tensão do barramento com a opção de uso de transformador que nessa aplicação não foi utilizada.

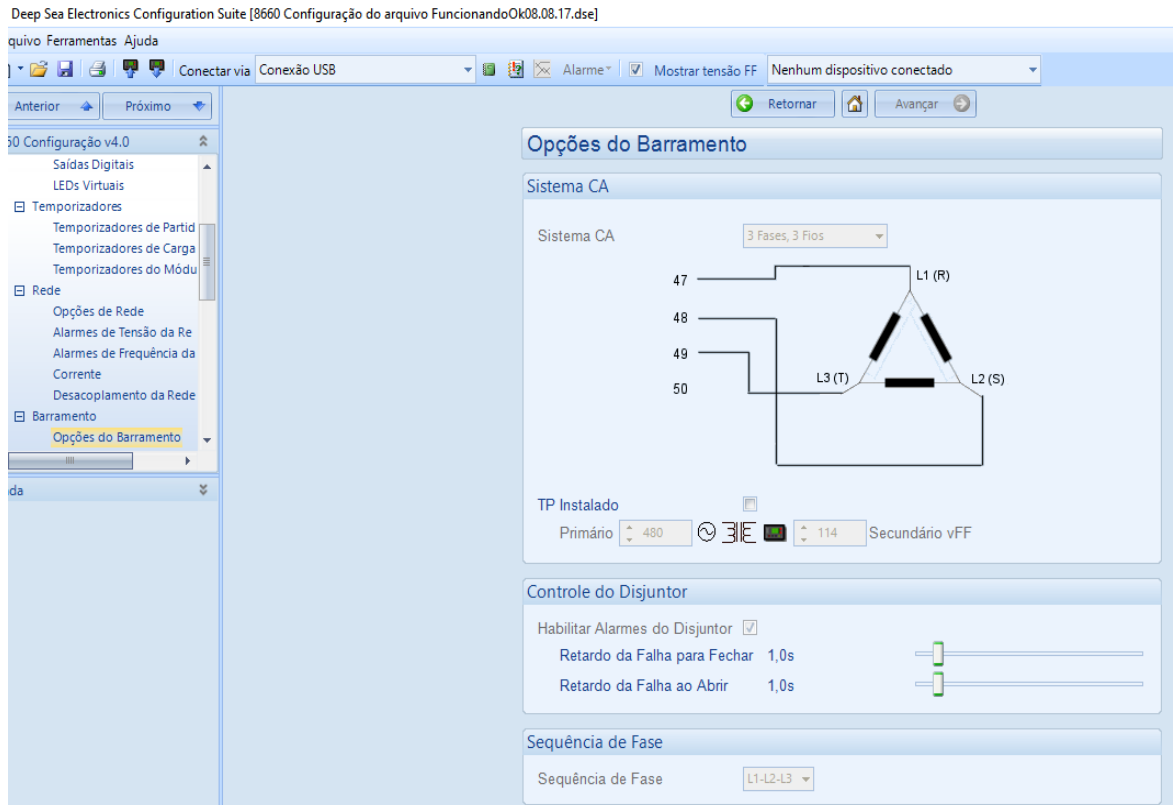


Figura 5.7: Configuração da leitura de tensão do barramento.

O controlador DSE8660 oferece a opção de configurações para vários tipos alarmes. Os principais alarmes estão relacionados aos valores de tensão da concessionária e podem ser observados na figura 5.8. Os valores de 415 V para alarme de subtensão e 500 V para alarme de sobretensão foram definidos levando em consideração a tensão nominal, 480 V, dos equipamentos instalados. Valores de tensão fora desses limites podem causar avarias, principalmente na parte eletrônica, desses equipamentos.



Figura 5.8: Configuração dos alarmes de tensão de rede

Na opção de configuração “Programador”, mostrada na figura 5.9, pode ser selecionado em quais dias e horário da semana os geradores entram em funcionamento no modo teste. Também pode ser definido o tempo que eles ficam em funcionamento. Essa função possibilita o sistema realizar testes automaticamente para avaliar a integridade funcional do gerador. Nesse modo de funcionamento somente os geradores são acionados, as manobras dos disjuntores não são realizadas.

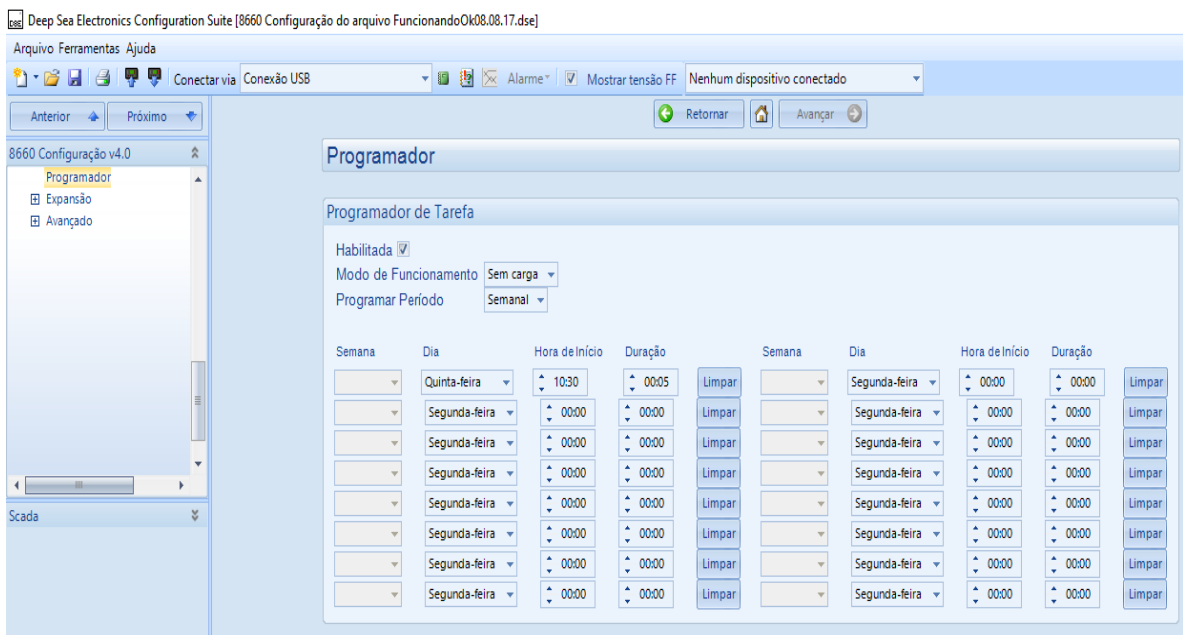


Figura 5.9: Configuração opcional

Na figura 5.10 podem ser identificadas as conexões do módulo DSE8660. Além das saídas e entradas digitais ele possui terminais para a leitura da amostra de tensão do barramento comum do painel de transferência e da tensão da concessionária, entre outros terminais.



Figura 5.10: Ligações realizadas no controlador DSE8660

A parametrização deve ser feita de tal forma que a sequência das manobras de transferência de seja realizada corretamente. Após o controlador DSE8660 identificar alguma anormalidade na alimentação da distribuidora é enviado um comando para os controladores DSE8610 acionarem os grupos geradores e conecta-los ao barramento comum do painel de transferência. Após essa etapa o controlador DSE8660 desconecta a concessionária do barramento das cargas e conecta a alimentação dos geradores.

Ao detectar a normalização da alimentação da distribuidora o controlador DSE8660 desconecta a alimentação dos geradores da carga e retorna com a alimentação da concessionária. Após essa etapa o controlador DSE8610 desliga os grupos geradores.

5.1 Resultados

Depois de realizadas todas as modificações necessárias para funcionamento automático do sistema foram realizadas testes para verificar o desempenho do controlador. Com esses testes constatou-se que o controlador DSE8660 foi capaz de executar automaticamente todas as ações para a realização do acionamento dos grupos geradores e as manobras de transferência de carga tanto quando identificado alguma anormalidade na alimentação da distribuidora e quando esta anormalidade cessasse permitindo o retorno da alimentação normal das cargas.

O funcionamento do modulo DSE8660 pode ser verificado na figura 5.11, onde identificasse o modo automático atuado através do led vermelho e também e também a alimentação normal pela distribuidora através dos leds verdes.



Figura 5.111: Sinalizações indicando o funcionamento do módulo de controle DSE8660

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Todo o estudo realizado para implantação desse projeto permitiu perceber que os controladores dedicados aos sistemas de grupos geradores estão cada vez mais completos e ao mesmo tempo simples de serem instalados e configurados para atender às diversas demandas dos processos.

O funcionamento em modo automático dos grupos geradores da estação de bombas VI da Samarco, além de torná-los mais eficientes, diminuiu consideravelmente a exposição aos riscos envolvidos nas manobras com equipamentos elétricos, uma vez que são executadas automaticamente sem a necessidade de acompanhamento. Além de reduzir o tempo de resposta às falhas da alimentação da concessionária reduzindo a possibilidade de perdas econômicas devido à parada não planejada dos tanques de homogeneização.

O controlador DSE8660 mostrou-se bastante confiável e robusto para essa aplicação, além das funções já mencionadas ele possui recursos que lhes permitem trabalhar integrados em uma rede, comunicando com outros controladores da Deep Sea, controladores lógicos programáveis (CLP) e inclusive com sistemas supervisórios. Essa integração em rede pode ser utilizada como base para projetos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14664**: Grupos geradores - Requisitos gerais para telecomunicações. Rio de Janeiro, 2001.
- CHAPMAN, S. J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora, 2013. 684 p.
- DEEP SEA ELECTRONICS. Módulo de controle DSE8610, 2017. Disponível em: <<https://www.deepseapl.com/>>. Acesso em: 08 ago. 2017.
- DEEP SEA ELECTRONICS. Módulo de controle DSE8660, 2017. Disponível em: <<https://www.deepseapl.com/>>. Acesso em: 08 ago. 2017.
- ENGENDRAR. Tanques de Estocagem Agitados. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=duTgAnn4ZJA>>. Acesso em: 29 ago. 2017.
- FERREIRA, N. A. A Descoberta da Indução Eletromagnética. **Brasil Escola**, 2017. Disponível em: <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-descoberta-inducao-eletromagnetica.htm>>. Acesso em: 08 ago. 2017.
- LEAL, G. Motores diesel, 2016. Disponível em: <<http://blog.tribunadonorte.com.br/autosemotores/2016/08/12/motores-diesel-maquinas-que-mudam-nossas-vidas-por-gilberto-leal/>> Acesso em: 04 set. 2017
- MOURA, I. A. **Sistema de supervisão de grupo moto gerador**. 2015. 71 p. Monografia (Trabalho de Final de Curso em Tecnologia em Automação Industrial) - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- PEREIRA, J. C. **Motores e Geradores - Princípio de funcionamento, instalação e manutenção de grupos diesel geradores**, 2017. Disponível em: <<http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/diesel1.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2017.
- PRADO, A. M. **Sistema elétrico automatizado objetivando otimização na alimentação de centro de consumo**. 2006. 81 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia e Automação Elétricas) - Departamento de Energia e Automação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SAMARCO. Apresentação Samarco reunião CRI-MG/FDC, 2011. Disponível em: <https://www.fdc.org.br/professoresepesquisa/nucleos/Documents/apresentacao_samarco_mai2011.pdf> Acesso em: 04 set. 2017.

SAMARCO MINERAÇÃO. **Relatório anual de sustentabilidade 2013**. Samarco Mineração, Mariana: 2013. Disponível em: <<http://www.samarco.com/wp-content/uploads/2016/08/2013-Relatorio-Anual-de-Sustentabilidade.pdf>>. Acesso em: 04 ago. 2017.

SAMARCO. Samarco Mineração e metais, 2017. Disponível em: <<https://br.linkedin.com/company/samarco>> Acesso em: 04 set. 2017.

STEMAC. Grupo gerador diesel, 2017. Disponível em: <<http://www.stemac.com.br/pt/produtos/Documents/Lamina-Comercial-Diesel-50Hz-pt-Scania.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

STEMAC. Grupo gerador diesel, 2017 Disponível em: http://www.stemac.com.br/pt/produtos/Documents/L%C3%A2minas%20Diesel_MWM_SET16.pdf. Acesso em: 04 set. 2017

WEG. DT5 - Características e especificações de geradores, 2017. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-curso-dt-5-caracteristicas-e-especificacoes-de-geradores-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2017.

WEG. Alternadores sincronos - Características construtivas 2017. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-alternadores-sincronos-linha-g-plus-50013799-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2017.