

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

TEILOR DIEL

**OPERAÇÃO EM TEMPO REAL NO CENTRO DE OPERAÇÃO DA
GERAÇÃO (COG) E RESULTADOS DO PARQUE GERADOR DA
CELESC GERAÇÃO EM 2019**

FLORIANÓPOLIS, 2020.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

TEILOR DIEL

**OPERAÇÃO EM TEMPO REAL NO CENTRO DE OPERAÇÃO DA
GERAÇÃO (COG) E RESULTADOS DO PARQUE GERADOR DA
CELESC GERAÇÃO EM 2019**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Santa
Catarina como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro
Eletricista.

Orientador:
Prof. Edison A. C. Aranha Neto, D. Eng.

FLORIANÓPOLIS, 2020.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Diel, Teilor

OPERAÇÃO EM TEMPO REAL NO CENTRO DE OPERAÇÃO DA GERAÇÃO (COG) E RESULTADOS DO PARQUE GERADOR DA CELESC GERAÇÃO EM 2019 / Teilor Diel ; orientação de Edison Antonio Cardoso Aranha Neto. - Florianópolis, SC, 2020.

101 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Elétrica. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica.

Inclui Referências.

1. Celesc. 2. Geração. 3. Centro de Operação da Geração. I. Aranha Neto, Edison Antonio Cardoso. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Eletrotécnica. III. Título.

OPERAÇÃO EM TEMPO REAL NO CENTRO DE OPERAÇÃO DA GERAÇÃO (COG) E RESULTADOS DO PARQUE GERADOR DA CELESC GERAÇÃO EM 2019

TEILOR DIEL

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 21 de agosto de 2020.

Banca Examinadora:



Prof. Edison A. C. Aranha Neto, D. Eng.
Orientador



Prof. Everthon Taghori Sica, D. Eng.



Prof. Rubiara Cavalcante Fernandes, D. Eng.

RESUMO

O trabalho visa apresentar e demonstrar as atividades executadas em tempo real no Centro de Operação da Geração (COG) da Celesc, localizado na cidade de Florianópolis - SC. Apresenta também uma análise dos resultados finais de produção de energia elétrica das Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs) e Centrais Geradoras Hidroelétricas (CGHs) do parque gerador da Celesc Geração no ano de 2019. As atividades desenvolvidas no COG consistem em três vertentes, que são à pré-operação, operação em tempo real e pós-operação, cada qual tem sua finalidade específica e relevância para o bom funcionamento do COG. Ressalta-se que a atividade que justifica o COG é a operação em tempo real, sendo esta a principal atividade desenvolvida. A operação em tempo real tem por objetivo buscar o melhor rendimento possível de cada Unidade Geradora (UG), em cada usina, garantindo a segurança das usinas, das pessoas e de todo o complexo que envolve a usina, como as barragens, reservatórios e níveis de água a montante e a jusante. Com os dados disponibilizados pelo COG, foram realizadas análises mensais e anuais de cada uma das 12 usinas e também do parque gerador como um todo. Com essa análise, se torna possível apontar os motivos pela qual a geração esteve acima, abaixo ou na linha da faixa de potência assegurada e da média de geração quinzenal. Devido ao fato de se ter o histórico de operação e manutenção e de indisponibilidades ocorridas (e seus motivos), é possível apontar as causas de distorções nas curvas de geração das usinas, assim, a operação das usinas se torna mais clara e decisões acerca de novos investimentos, melhorias e operação em tempo real ficam baseados em dados reais, coletados em tempo real através do COG, facilitando decisões futuras.

Palavras-chave: Celesc. Geração. Centro de Operação da Geração.

ABSTRACT

The work aims to present and demonstrate the activities performed in real time at the Generation Operation Center (COG) of Celesc, located in the city of Florianopolis - SC. It also presents an analysis of the final results of electric energy production of Small Hydroelectric Plants (PCHs) and Hydroelectric Generating Plants (CGHs) of the Celesc Generation for the generator park in 2019. The activities developed at COG consist of three aspects, which are the pre-operation, real-time operation and post-operation, each of which has its specific purpose and relevance for the proper functioning of the COG. It should be noted that the activity that justifies the COG is the operation in real time, which is the main activity developed. The real-time operation aims to seek the best possible yield from each Generating Unit (UG), in each plant, ensuring the safety of the plants, people and the entire complex surrounding the plant, such as dams, reservoirs and levels upstream and downstream. With the data made available by COG, monthly and annual analysis of each of the 12 plants and also of the generating complex as a whole were developed. With this analysis, it becomes possible to point out the reasons why the generation was above, below or in line with the guaranteed power range and the average of five-year generation. Due to the fact of having the history of operation and maintenance and of unavailability occurred (and its reasons), it is possible to point out the causes of distortions in the generation curves of the plants, thus, the operation of the plants becomes clearer and decisions about new investments, improvements and real-time operations are based on solid data, facilitating future decisions.

Keywords: Celesc. Generation. Generation Operation Center.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Capacidade de geração instalada no SIN.....	16
Figura 2 - Ciclo Hidrológico	17
Figura 3 - PCHs e CGHs em operação no Brasil	21
Figura 4 - PCHs e CGHs projetadas ou em construção no Brasil.....	22
Figura 5 - PCHs e CGHs em operação no estado de SC	22
Figura 6 - PCHs e CGHs projetadas ou em construção o no estado de SC	23
Figura 7 - Centro de Operações da Geração CPFL	28
Figura 8 - Mapa da disposição física das PCHs e CGHs da Celesc Geração	29
Figura 9 - Centro de Operação da Geração.....	31
Figura 10 - Exemplo de Solicitação de Intervenção	35
Figura 11 - Registro de Ocorrência Não Programado	36
Figura 12 - Registro de Ocorrência Programado.....	37
Figura 13 - Cadastro de Pendências.....	37
Figura 14 - Tela inicial do PIM.....	39
Figura 15 - Tela inicial RDO	40
Figura 16 - Situação Mensal Usina Pery O&M.....	41
Figura 17 - Produção (MWmed)	42
Figura 18 - Situação Mensal Usina Palmeiras O&M	44
Figura 19 - Produção (MWmed)	45
Figura 20 - Situação Mensal Usina Bracinho O&M	47
Figura 21 - Produção (MWmed)	48
Figura 22 - Situação Mensal Usina Garcia O&M.....	50
Figura 23 - Produção (MWmed)	51
Figura 24 - Situação Mensal Usina Rio dos Cedros O&M.....	53
Figura 25 - Produção (MWmed)	54
Figura 26 - Situação Mensal Usina Salto O&M	56
Figura 27 - Produção (MWmed)	57
Figura 28 - Situação Mensal Usina Celso Ramos O&M.....	58
Figura 29 - Produção (MWmed)	59
Figura 30 - Situação Mensal Usina Caveiras O&M	61
Figura 31 - Produção (MWmed)	62
Figura 32 - Situação Mensal Usina Ivo Silveira O&M.....	63
Figura 33 - Produção (MWmed).....	64

Figura 34 - Situação Mensal Usina Piraí O&M	66
Figura 35 - Produção (MWmed)	67
Figura 36 - Situação Mensal Rio do Peixe O&M	68
Figura 37 - Produção (MWmed)	69
Figura 38 - Situação Mensal Usina São Lourenço O&M	70
Figura 39 - Produção (MWmed)	71
Figura 40 - Situação mensal Parque Gerador O&M	73
Figura 41 - Indicadores O&M 2019	73
Figura 42 - Produção GWh.....	74
Figura 43 - Tela inicial da aplicação CPFL.....	82
Figura 44 - Tomada d'água	83
Figura 45 - Controle da câmara de carga.....	83
Figura 46 - Controle da turbina.....	84
Figura 47 - Controle do distribuidor	84
Figura 48 - Casa de força e comportas	85
Figura 49 - Temperatura e lubrificação dos mancais	85
Figura 50 - Controle da Unidade Hidráulica	86
Figura 51 - Controle da UG	86
Figura 52 - Unifilar de energia.....	87
Figura 53 - Usina Bracinho e conduto forçado	88
Figura 54 - Usina Caveiras e conduto forçado	89
Figura 55 - Usina Cedros	91
Figura 56 - Usina Celso Ramos	92
Figura 57 - Usina Garcia	93
Figura 58- Usina Ivo Silveira	94
Figura 59 - Conduto forçado e subestação da Usina Palmeiras	95
Figura 60 - Usina Pery	97
Figura 61 - Usina Piraí	98
Figura 62 - Usina Rio do Peixe.....	99
Figura 63 - Usina Salto.....	100
Figura 64 - Usina São Lourenço.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo Parque Gerador Celesc Geração.....	30
Tabela 2 - Resultados do ano de 2019 Usina Pery	43
Tabela 3 - Resultados do ano de 2019 Usina Palmeiras	46
Tabela 4 - Resultados do ano de 2019 Usina Bracinho	48
Tabela 5 - Resultados do ano de 2019 Usina Garcia.....	52
Tabela 6 - Resultados do ano de 2019 Usina Rio dos Cedros.....	54
Tabela 7 - Resultados do ano de 2019 Usina Salto	57
Tabela 8 - Resultados do ano de 2019 Celso Ramos	60
Tabela 9 - Resultados do ano de 2019 Usina Caveiras	62
Tabela 10 - Resultados do ano de 2019 Ivo Silveira	65
Tabela 11 - Resultados do ano de 2019 Usina Pirai	67
Tabela 12 - Resultados do ano de 2019 Usina Rio do Peixe	69
Tabela 13 - Resultados do ano de 2019 Usina São Lourenço	72
Tabela 14 - Resultados do ano de 2019 Parque Gerador Celesc Geração	75
Tabela 15 - Comparação entre usinas do parque gerador	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

CCD – Contratos de Conexão ao Sistema de Distribuição

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

Celesc – Centrais Elétricas de Santa Catarina S.A

CGH – Central Geradora Hidroelétrica

COG – Centro de Operação da Geração

Copel – Companhia Paranaense de Energia

DPOM – Departamento de Operação e Manutenção

DVOS – Divisão de Operação do Sistema

GF – Garantia Física

O&M – Operação e Manutenção

ONS – Operador Nacional do Sistema

PAE – Plano de Atendimento de Emergências

PCH – Pequena Central Hidroelétrica

PIM – Plataforma Integrada de Medição

RDO – Registro Diário de Ocorrências

SI – Solicitação de Intervenção

SIGA – Sistema de Informações de Geração da ANEEL

SIN – Sistema Interligado Nacional

STM – Sistema de Tele Medição

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

UG – Unidade Geradora

UHE – Usina Hidroelétrica

VCC – Voltagem em Corrente Contínua

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Justificativa	12
1.2	Definição do Problema	12
1.3	Objetivos	13
1.3.1	Objetivo Geral	13
1.3.2	Objetivos Específicos.....	13
1.4	Estrutura do trabalho	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	Hidrologia	15
2.2	Pequena Central Hidroelétrica (PCH) e Central Geradora Hidroelétrica (CGH)	17
2.3	Centros de Operação	23
3	CELESC GERAÇÃO E SEU PARQUE GERADOR	29
3.1	Centro de Operação da Geração – COG	30
3.1.1	Pré-Operação.....	31
3.1.2	Operação em Tempo Real.....	32
3.1.3	Pós-Operação.....	33
3.2	Atividades desenvolvidas pelo COG em 2019	33
3.2.1	Solicitações de intervenção – SI	34
3.2.2	Registro Diário de Ocorrências – RDO	35
4	RESULTADOS DE GERAÇÃO DO PARQUE GERADOR EM 2019	38
4.1	Resultados Usina Pery	40
4.2	Resultados Usina Palmeiras	43
4.3	Resultados Usina Bracinho	46
4.4	Resultados Usina Garcia	49
4.5	Resultados Usina Rio dos Cedros	52
4.6	Resultados Usina Salto	55
4.7	Resultados Usina Celso Ramos	58
4.8	Resultados Usina Caveiras	60
4.9	Resultados Usina Ivo Silveira	63
4.10	Resultados Usina Piraí	65
4.11	Resultados Usina Rio do Peixe	68
4.12	Resultados Usina São Lourenço	70
4.13	Resultados do Parque Gerador	72
5	CONCLUSÃO	78
5.1	Sugestão Para Trabalhos Futuros	79
	REFERÊNCIAS	80
	ANEXO A – O SISTEMA SUPERVISÓRIO DA CPFL	82
	ANEXO B – USINAS DO PARQUE GERADOR DA CELESC GERAÇÃO	88

1 INTRODUÇÃO

Existem diferentes tipos de geração de energia elétrica, podendo ser oriunda de fonte pouco ou muito poluente e de fonte infinita ou finita. Da mesma forma, a geração de energia pode gerar ou não impactos ambientais, sociais e econômicos. Independente dos impactos ou do tipo de fonte primária usada para gerar a energia elétrica, deve-se adotar parâmetros pré-estabelecidos para que a energia resultante tenha as mesmas características elétricas, pois, ao ser fornecida para a rede de distribuição ou transmissão, a energia fará parte do Sistema Interligado Nacional (SIN), que concentra e transmite a energia para praticamente todo o território nacional. Para garantir o correto funcionamento dos equipamentos e instalações responsáveis pela geração de energia elétrica, existem os Centros de Operação, em que os parâmetros de geração de energia são ajustados, garantindo a qualidade da energia e o uso seguro dos recursos disponíveis.

Em Usinas Hidroelétricas (UHEs), Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs) e Centrais Geradoras Hidroelétricas (CGHs), a função do Centro de Operação vai além de garantir a segurança das instalações e a qualidade da energia elétrica gerada. É necessário o total controle e monitoramento dos reservatórios de acumulação de água, garantindo o máximo de rendimento possível das unidades geradoras com os recursos hídricos disponíveis. Outra função, não menos importante, é garantir a segurança dos reservatórios, observando os níveis tanto a montante, quanto a jusante, para que os mesmos não extrapolem os valores máximos e mínimos pré-estabelecidos.

No presente trabalho é apresentado o Centro de Operação da Geração (COG) da Celesc Geração, localizado na cidade de Florianópolis - SC e responsável por operar remotamente 12 Pequenas Centrais Hidroelétricas e Centrais Geradoras Hidroelétricas. São detalhadas as atividades pertinentes ao COG, que se dividem em pré-operação, operação em tempo real e pós-operação. São apresentadas também, de forma sucinta, as ferramentas utilizadas para a operação em tempo real e suas funcionalidades.

Por fim, são apresentados os resultados obtidos na geração de energia elétrica em comparação à garantia física e média quinquenal de cada uma das 12 instalações. São explanados os motivos da geração estar ou não de acordo com o esperado para o ano de 2019.

1.1 Justificativa

No intuito de aproveitar os conhecimentos técnicos de 13 anos de experiência na Celesc como técnico em eletrotécnica e a aplicação na prática da Engenharia Elétrica, ensinada ao longo do itinerário acadêmico, buscou-se uma alternativa para obter o melhor proveito da junção dos dois lados, profissional e acadêmico. Como ambos têm muita similaridade, foi possível uni-los para a execução do TCC. O tema proposto para o TCC é de grande relevância para a Celesc Geração, pois, através da análise proposta, se torna possível um planejamento futuro da operação.

Faz-se necessário, em tempo real, coletar os dados de geração e de operação e manutenção para que, mensalmente, possa ser feita uma análise dos dados armazenados, comparando-os com os dados de potência instalada, potência assegurada e média de geração quinquenal.

Para tanto, é explicado o funcionamento do Centro de Operação da Geração, quais as ferramentas envolvidas nesse processo e de que forma os dados são coletados e tratados para se chegar ao resultado final. Através desse processo, fica explícito o cenário real da geração, sendo possível observar visualmente, através dos gráficos e tabelas geradas, como a geração de cada usina está em relação à média quinquenal e em relação à garantia física. Também ficam claros os motivos da geração estar acima ou abaixo das médias quinquenais, pois, são apresentados dados de indisponibilidade forçada/programada, falta de tensão (ocorrida devido a abertura de disjuntor ou religador ao longo da linha de distribuição em que a usina está conectada), falta d'água (ocorrida por baixa vazão hídrica), investimento, além de outros fatores que impactam na geração das usinas.

1.2 Definição do Problema

A operação feita no COG produz muitos dados que ficam armazenados nos bancos de dados da Celesc Geração. Apesar da operação em tempo real buscar sempre à otimização dos recursos disponíveis para geração, de forma segura e operando na melhor faixa de rendimento possível, é impossível saber se o montante de geração está de acordo com o esperado. Vários fatores interferem na continuidade da geração das Unidades Geradoras (UGs) nas usinas, tais como falta d'água, indisponibilidades forçadas, indisponibilidades programadas, investimentos e outros.

Faz-se necessária a elaboração de tabelas e gráficos que mostrem esses dados de forma clara e de fácil compreensão, para que a pós-operação do COG possa fazer uma análise da real situação do montante de geração de cada usina e do parque gerador como um todo, verificando assim, quais os fatores que estão mais afetando o desempenho e/ou as disponibilidades das UGs, podendo-se implementar planos de ação para adequar a geração do parque gerador ao que se espera, na medida do possível.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Apresentar os resultados da geração do parque gerador da Celesc Geração, no ano de 2019, através da coleta de dados de geração, operação e manutenção, comparando com os dados históricos quinquenais, dados de placa dos geradores e de Garantia Física (GF) em cada usina, apresentando os motivos de a geração estar ou não de acordo com o esperado.

1.3.2 Objetivos Específicos

Para poder contextualizar e implantar o projeto os seguintes passos foram necessários:

- a) Apresentar a Celesc Geração e as 12 PCHs e CGHs operadas pelo COG;
- b) Apresentar o COG e explicar sobre suas atribuições e ferramentas utilizadas para execução das atividades inerentes a função;
- c) Coletar e tratar os dados de geração de cada uma das PCHs e CGHs;
- d) Desenvolver tabelas e gráficos com dados de geração, operação e manutenção, dados de placa, GF, médias quinquenais e o que mais for necessário para apresentar os quantitativos de geração, disponibilidade e indisponibilidade;
- e) Analisar e apresentar os motivos de estar ou não gerando de acordo com a Potência Assegurada e/ou média quinquenal.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, organizados da seguinte forma:

- I. Primeiro capítulo – Introdução – Trata das abordagens iniciais do trabalho, em que é apresentado e explicado o tema do trabalho, juntamente com a definição do projeto, as justificativas e os objetivos.
- II. Segundo capítulo – Fundamentação teórica – Trata de todos os estudos iniciais necessários para o desenvolvimento do trabalho.
- III. Terceiro capítulo – Celesc geração e seu parque gerador – Apresentada a Celesc Geração e as 12 usinas que compõem seu parque gerador. Também é apresentado o Centro de Operação da Geração, quais as suas atribuições e quais foram às atividades desenvolvidas no ano de 2019.
- IV. Quarto capítulo – Resultados de geração do parque gerador em 2019 – São apresentados os resultados efetivos da análise mensal de operação para cada uma das 12 usinas do parque gerador da Celesc Geração.
- V. Quinto capítulo – Conclusão – Último capítulo do trabalho, em que são apresentados os aprendizados obtidos com a elaboração do TCC.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo é abordada a fundamentação teórica que possibilitou os estudos e elaboração do TCC. Está contida no capítulo uma breve explanação sobre hidrologia, PCHs e CGHs e centros de operação.

2.1 Hidrologia

Para iniciar os estudos relacionados ao trabalho, parte-se de uma breve explanação sobre a hidrologia e como a água se comporta na superfície terrestre, afinal, a água é a responsável por 100% da energia mecânica que move as turbinas e geradores de energia elétrica.

O interesse em Hidrologia na Engenharia Elétrica é devido à utilização da água para a geração de energia. A potência de uma usina hidrelétrica é proporcional ao produto da descarga (ou vazão) pela queda. A queda é definida pela diferença de altitude do nível da água a montante (acima) e a jusante (abaixo) da turbina. A descarga em um rio depende das características da bacia hidrográfica, como o clima, a geologia, os solos, a vegetação. (COLLISCHONN, 2008, p.2).

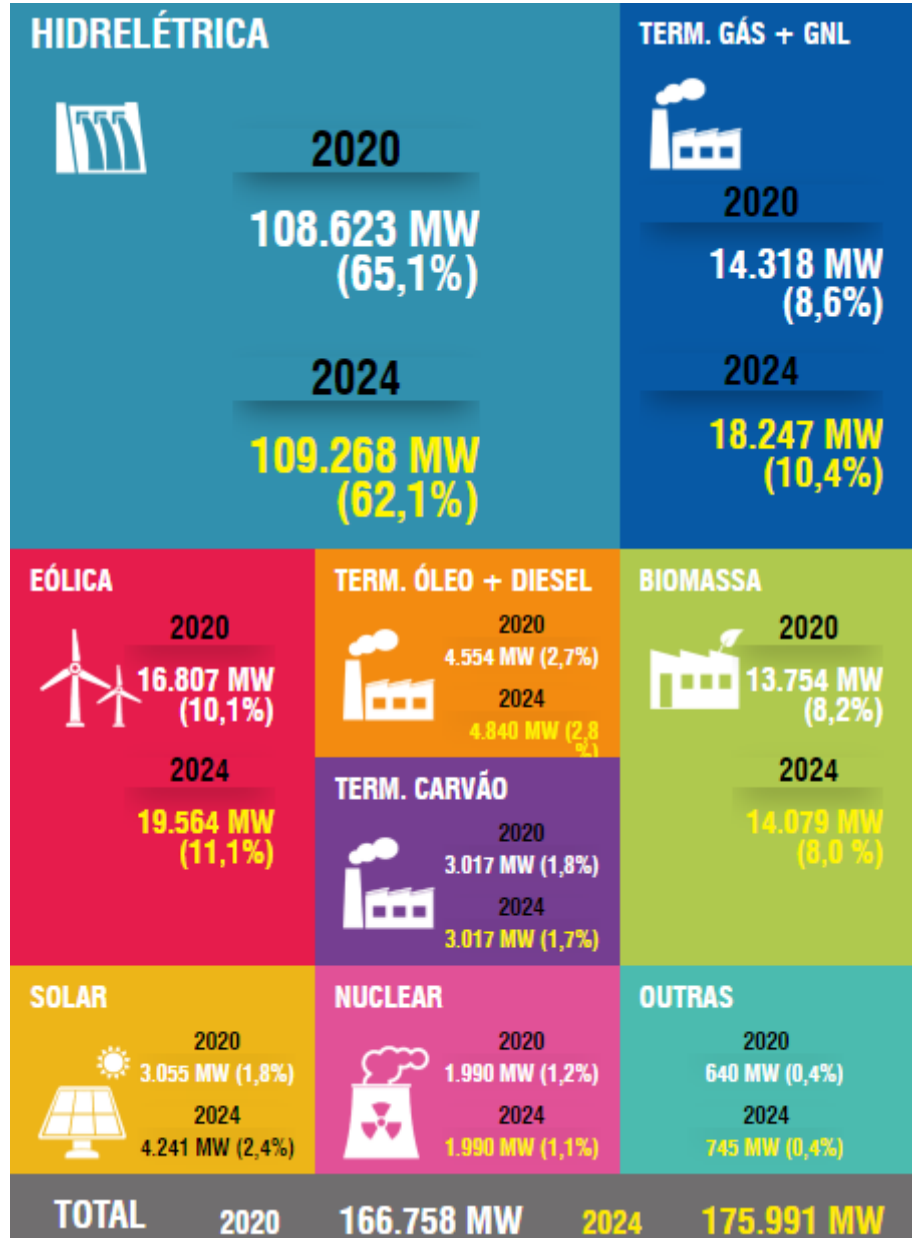
Diversos são os fatores que justificam e tornam obrigatórios os estudos hidrológicos para projetos de centrais hidroelétricas. Dentre as justificativas, as mais relevantes são a verificação do potencial hídrico, quais as turbinas adequadas para a vazão de água e queda líquida observada, análise da variação temporal de disponibilidade hídrica, estudo de vazões máximas e mínimas em situações normais e extremas, análise de impactos relacionados ao possível reservatório a montante da usina, etc.

A dependência da água para geração de energia elétrica no mundo vai além das hidroelétricas. Sem uma grande quantidade de água, usinas termelétricas não existiriam, pois, a água tem papel fundamental na geração de vapor e resfriamento das unidades de geração, fazendo-se necessário um estudo hidrológico para verificar se há fontes contínuas e suficientes de água para atender esse tipo de usina.

No Brasil, a dependência da água para geração se dá principalmente na geração por hidroelétricas. Conforme se observa em ONS (2020), aproximadamente 2/3, ou seja, 65,1%, do total de energia gerada no Brasil vem dessas usinas. Pode-

se observar a forte dependência das hidroelétricas na Figura 1, que mostra a capacidade de geração instalada em 2020 e o projetada para 2024.

Figura 1 - Capacidade de geração instalada no SIN

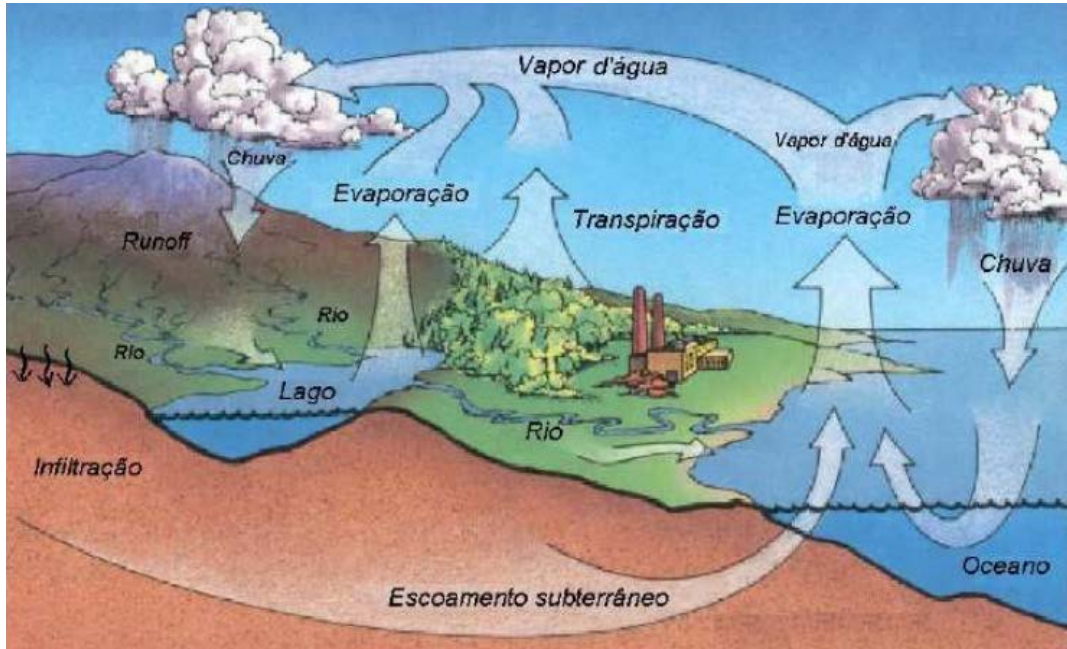


Fonte: ONS (2020).

Para compreender o ciclo hidrológico, que é o constante movimento da água que envolve o planeta, deve-se saber a constituição de nosso planeta, dividido em três unidades principais, “a atmosfera (camada gasosa que circunda a Terra), a hidrosfera (constituída pelas águas oceânicas e continentais) e a litosfera (ou crosta terrestre, camada sólida mais externa constituída por rochas e solos).” (BARBOSA JR, 2007, p.3). A união das três unidades forma o ciclo hidrológico, pois, uma

mesma molécula de água pode passar por cada uma das três unidades várias vezes. A Figura 2 ilustra o ciclo hidrológico.

Figura 2 - Ciclo Hidrológico



Fonte: Barbosa Jr. (2007).

Os principais fatores que atuam para que o ciclo hidrológico ocorra são a radiação solar e a gravidade. Através da atuação dos fatores mencionados, ocorrem “seis processos básicos no ciclo hidrológico: evaporação, precipitação, infiltração, transpiração, escoamentos superficial e subterrâneo”. (NANGHETTINI, 2012, p.7).

2.2 Pequena Central Hidroelétrica (PCH) e Central Geradora Hidroelétrica (CGH)

Pequenas Centrais Hidroelétricas são usadas no Brasil desde o final do século XIX. Segundo Damasceno (2014), alguns autores relatam que a primeira PCH construída em território nacional foi na cidade de Diamantina, MG, em 1883. A busca por metais preciosos fez com que a usina surgisse, intuito de suprir as demandas das mineradoras que se instalaram em solo mineiro. Fato incrível e revolucionário para o Brasil, principalmente se for levado em consideração que em 1882, um ano antes, Thomas Edison projetou e construiu as primeiras usinas geradoras, uma em Londres e duas nos Estados Unidos.

Já no início do século XX, surgiram diversas usinas de pequeno porte espalhadas pelo Brasil, destinadas a atender sistemas isolados, fornecendo energia, principalmente, a indústrias e poderes públicos locais. Em Santa Catarina, a primeira usina construída, em 1908, foi em São José por uma firma inglesa, patrocinada pelo governo estadual e municipal, denominada Usina Hidroelétrica de Maroim, com 600 kW de capacidade instalada.

Foi lá que em 1883 entrou em operação a primeira usina hidrelétrica do Brasil, situada no Ribeirão do Inferno, um afluente do rio Jequitinhonha. A usina, do tipo fio d'água, foi instalada em uma queda bruta 5 m e possuía apenas dois dínamos Gramme, com 4 e 8 HP, que geravam energia capaz de movimentar bombas d'água para desmonte das formações nas minas de diamante. (MOREIRA, 2012).

Podem-se classificar as usinas de pequeno porte em dois níveis, de acordo com a capacidade de geração. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2003, p.21), são consideradas Pequenas Centrais Hidrelétricas, ou PCHs, os empreendimentos hidrelétricos com potência superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área total de reservatório igual ou inferior a 13,0 km², excluindo a calha do leito regulador do rio. Usinas menores, com capacidade inferior a 5 MW, são classificadas como Centrais Geradoras Hidroelétricas, ou CGHs. Ambas são consideradas fontes de energia limpa, e como sua fonte de energia primária é a água, não liberam gases e não provocam danos ao meio ambiente durante a geração de energia, porém, caso haja variação no nível do reservatório, poderá haver liberação de gases com a inundação da mata ciliar.

Em relação aos reservatórios, a vazão de cheia, com tempo de recorrência de 100 anos, é o que delimita a área total do reservatório. Caso a usina não atenda os critérios de área máxima inundada, ainda sim poderá ser considerada PCH, desde que exista um parecer técnico aprovado pela ANEEL.

Para o funcionamento de PCHs, é necessário um reservatório mínimo, em que possa ser instalada à tomada d'água, porém, para garantir que a usina não fique muito vulnerável a vazão hídrica natural do rio, se faz necessária a construção de barragens que irão represar a água do rio, formando assim um reservatório d'água a ser utilizado em períodos de seca. Da tomada d'água saem tubulações que conduzem a água até as casas de força, localizadas a jusante da tomada d'água, em níveis de altitude menores. Na casa de força encontram-se as turbinas, geradores e toda a parte de automação necessária para gerar a energia e

disponibilizá-la ao sistema de distribuição. Toda a água que vem através da tubulação, passa nas turbinas, promovendo o giro do rotor e a geração de energia, após, a água é conduzida para o canal de fuga retornando ao rio, num processo com perdas insignificantes, ou seja, praticamente toda a água coletada no reservatório retorna ao rio.

Para as CGHs, o processo é idêntico ao da PCHs, porém, na maioria dos casos, não há reservatório de acumulação que cause alagamento significativo a montante, apenas existe um pequeno reservatório, em que fica instalada a tomada d'água, sendo que a partir desse ponto o processo é o mesmo das PCHs.

Segundo Albarello (2014), PCHs e CGHs são classificadas de acordo com a capacidade de armazenamento d'água de seus reservatórios, podendo ser:

- A fio d'água – Nesse caso o volume do reservatório é desconsiderado, pois, a usina é projetada a operar com a vazão de estiagem do rio, então, o aproveitamento energético é apenas parcial. As barragens geralmente são baixas e em grande parte do tempo, a usina opera com água passando no vertedouro. Esse modelo apresenta algumas simplificações de implantação como dispensa de estudos de regularização de vazões, dispensa de estudos de sazonalidade de carga elétrica do consumidor e facilita estudos e concepção da tomada d'água.
- Acumulação diária com regularização diária do reservatório – Para essas usinas, as vazões de estiagem não são suficientes para suprir a demanda total das UGs, nesse caso o reservatório fornece a demanda adicional, caso a usina opere com potência nominal;
- Acumulação diária com regularização mensal do reservatório – Usa a mesma filosofia do reservatório com regularização diária, descrito acima, porém, considera dados de vazões de estiagem médias mensais, considerando-se uma regularização mensal das vazões médias diárias do reservatório.

Uma PCH depende basicamente, da realização de um Estudo de Inventário, o qual irá analisar o potencial hidráulico do rio onde ela será instalada e de um projeto básico, onde esse, nada mais é que um detalhamento técnico, sendo o principal estudo de uma PCH, cujo a análise e aprovação fica a cargo da ANEEL. Já em uma CGH, o processo de licenciamento é muito mais simples, uma vez que a elaboração do inventário e do projeto básico não são necessários e deve-se apenas comunicar o órgão regulador e fiscalizador sobre a intenção de implantação. (ABRAPCH, 2020b)

Para a implantação de PCHs e CGHs devem ser observados os processos de licenciamento envolvidos, exigidos pela ANEEL. Para PCHs são

necessárias as licenças ambientais, um Estudo de Inventário, em que será definido o potencial hidráulico para o rio que atenderá usina, e um projeto técnico da PCH, que deverá ser submetido à aprovação da ANEEL. Para CGHs o processo é mais simples, devendo apenas obter-se as licenças ambientais e deverá haver a comunicação do órgão fiscalizador e regulador sobre a intenção de instalar a CGH, descrevendo os dados técnicos envolvidos. Os detalhes de tudo que é preciso para a implantação de PCHs ou CGHs e prazos envolvidos estão presentes na Resolução ANEEL nº 875, de 10 de março de 2020.

Estabelecer os requisitos e procedimentos necessários à realização dos Estudos de Inventário Hidrelétrico de bacias hidrográficas, à obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamentos hidrelétricos, com potência superior a 5.000 kW e igual ou inferior a 50.000 kW, à comunicação de implantação de Central Geradora Hidrelétrica com capacidade instalada reduzida, com potência igual ou inferior a 5.000 kW, e à aprovação de Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica de Usina Hidrelétrica sujeita à concessão, com potência superior a 50.000 kW. (ANEEL, 2020a).

Considera-se também, para PCHs e CGHs, a Resolução ANEEL nº 583, de 22 de outubro de 2013.

Estabelecer os procedimentos e as condições para obtenção e manutenção da situação operacional de empreendimento de geração de energia elétrica, bem como a sistemática de determinação da potência instalada e da potência líquida, para fins de outorga, regulação e fiscalização dos serviços de geração de energia elétrica. (ANEEL, 2013).

Devido ao fato desse tipo de usina ter menor capacidade de produção de energia, conseqüentemente, os impactos sociais, econômicos e ambientais também são menores. Com uma área alagada muito menor em relação a qualquer Usina Hidroelétrica (UHE) de grande porte, o habitat natural da fauna e flora é preservado, bem como a habitação de famílias no leito do rio, pois, a desocupação por área alagada, geralmente, é muito pequena, em alguns casos não há necessidade de nenhuma retirada de famílias para desocupação de terrenos. Não se faz necessário grandes áreas alagadas, pois, as UGs dessas usinas podem operar com menor vazão, principalmente nos casos em que há maiores desníveis entre a captação d'água e a turbina. Muitas dessas usinas sequer possuem reservatórios de acumulação, operando no regime "a fio d'água", ou seja, enquanto o rio estiver com vazões normais ou acima do normal, as UGs permanecem ligadas e em períodos de estiagem, as UGs permanecem desligadas.

Segundo dados da ANEEL, através do Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA), o cenário das PCHs e CGHs no Brasil e em Santa Catarina é apresentado nas figuras relacionadas na sequência. A Figura 3 mostra os empreendimentos em operação, enquanto a Figura 4 mostra os empreendimentos em construção no Brasil. Em relação ao estado de Santa Catarina, a Figura 5 mostra os empreendimentos em operação, enquanto a Figura 6 mostra os empreendimentos em construção no estado.

Figura 3 - PCHs e CGHs em operação no Brasil

Número de Empreendimentos					Potência Outorgada Total (kW)				
1.153					6.149.952,72				
Fonte	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	%	UF	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	%
CGH	794.872,23	794.686,23	731	12,92%	AL	4.407,50	4.407,50	7	0,07%
PCH	5.355.080,49	5.307.562,57	422	87,08%	BA	103.225,08	103.225,08	26	1,68%
					CE	1.263,00	1.263,00	2	0,02%
					DF	30.000,00	30.000,00	1	0,49%
					ES	223.791,50	224.211,50	20	3,64%
					GO	486.627,70	486.677,70	37	7,91%
					MG	955.306,95	930.065,95	235	15,53%
					MS	290.195,01	290.195,01	35	4,72%
					MT	1.114.829,68	1.108.491,68	132	18,13%
					PA	63.122,00	63.122,00	8	1,03%
					PB	4.520,00	4.520,00	2	0,07%
					PE	24.796,64	24.796,64	15	0,40%
					PR	396.309,71	389.369,71	99	6,44%
					RJ	266.887,64	267.252,64	36	4,34%
					RO	174.588,12	174.828,12	30	2,84%
					RR	5.000,00	5.000,00	1	0,08%
					RS	654.097,25	652.857,25	109	10,64%
					SC	807.483,61	799.159,69	249	13,13%
					SE	550,00	364,00	1	0,01%
					SP	351.607,33	351.097,33	81	5,72%
					TO	191.344,00	191.344,00	27	3,11%

Fonte: ANEEL (2020b).

Com uma potência outorgada de praticamente 6,15 GW, as PCHs e CGHs se mostram fundamentais para o setor elétrico, principalmente, se observado o fato de que essas usinas se encontram espalhadas em diversos pontos do território nacional, contribuindo para a qualidade da energia fornecida para os consumidores.

Figura 4 - PCHs e CGHs projetadas ou em construção no Brasil

Número de Empreendimentos					Potência Outorgada Total (kW)				
128					1.722.228,05				
Fonte	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	%	UF	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	%
CGH	10.612,00	0,00	6	0,62%	AP	7.500,00	0,00	1	0,44%
PCH	1.711.616,05	0,00	122	99,38%	BA	15.500,00	0,00	1	0,90%
					CE	9.000,00	0,00	1	0,52%
					ES	22.012,00	0,00	3	1,28%
					GO	170.894,00	0,00	10	9,92%
					MG	227.992,00	0,00	14	13,24%
					MT	259.850,00	0,00	19	15,09%
					PR	340.190,00	0,00	24	19,75%
					RJ	40.894,00	0,00	3	2,37%
					RN	4.700,00	0,00	1	0,27%
					RO	73.800,00	0,00	4	4,29%
					RS	222.219,95	0,00	15	12,90%
					SC	286.296,10	0,00	26	16,62%
					SP	25.380,00	0,00	4	1,47%
					TO	16.000,00	0,00	2	0,93%

Fonte: ANEEL (2020b).

O montante de mais de 1,72 GW a ser conectada no SIN traz alívio a uma demanda crescente de energia elétrica.

Figura 5 - PCHs e CGHs em operação no estado de SC

Número de Empreendimentos					Potência Outorgada Total (kW)				
249					807.483,61				
Fonte	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	%	UF	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	%
CGH	244.593,69	244.593,69	195	30,29%	SC	807.483,61	799.159,69	249	100,00%
PCH	562.889,92	554.566,00	54	69,71%					

Fonte: ANEEL (2020b).

Em Santa Catarina, com a potência outorgada de mais de 807 MW, as PCHs e CGHs também se mostram fundamentais para o setor elétrico, principalmente, se observado o fato de que essas usinas se encontram espalhadas em diversos pontos do território estadual, contribuindo para a qualidade da energia fornecida para os consumidores.

Figura 6 - PCHs e CGHs projetadas ou em construção o no estado de SC

Número de Empreendimentos					Potência Outorgada Total (kW)				
26					286.296,10				
Fonte	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	%	UF	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	%
CGH	3.000,00	0,00	2	1,05%	SC	286.296,10	0,00	26	100,00%
PCH	283.296,10	0,00	24	98,95%					

Fonte: ANEEL (2020b).

As PCHs e CGHs têm papel fundamental para a geração ininterrupta de energia no país. Além da geração de energia, seu principal objetivo, as usinas de pequeno porte possibilitam que, em períodos em que não há estiagem, usinas de grande porte, UHEs, diminuam sua geração a fim de aumentar os níveis de água de seus reservatórios, preparando-se para períodos de estiagem, em que usinas de pequeno porte têm suas capacidades de geração muito limitadas. Essa união entre pequenas e grandes usinas é fundamental para que não haja o esgotamento de recursos hídricos nos grandes reservatórios, o que pode ocasionar, em casos críticos, racionamentos de energia.

Tanto PCHs como CGHs são empreendimentos de grande atratividade, porém, a maior dificuldade está em encontrar locais adequados, com recursos hídricos, que gerem o mínimo de impactos ambientais para a construção do empreendimento. Após a construção, os custos de operação e manutenção são relativamente baixos, garantindo bons retornos financeiros.

Essas usinas fortalecem a confiabilidade do suprimento energético local e contribuem para impulsionar a economia, proporcionando o uso múltiplo da água em seus reservatórios, facilitando a captação de água para a irrigação ou abastecimento da população, possibilitando a prática da piscicultura e servindo para o lazer e turismo local (ABRAPCH, 2020a).

2.3 Centros de Operação

O Sistema Interligado Nacional – SIN é composto de uma malha de redes elétricas interligadas e de alta complexidade, sendo que seria impossível a sua

operação mantendo apenas operadores em cada subestação ou usina integrantes do SIN. Para isso existe o Operador Nacional do Sistema (ONS), que tem por premissa, controlar o despacho de carga para suprir a demanda de energia elétrica nacional, mantendo os parâmetros de qualidade da energia elétrica e despacho ótimo. O ONS é o maior e mais complexo centro de operação nacional, abaixo dele, hierarquicamente, existem outros centros de operação. Cada concessionária possui, no mínimo, um centro de operação para supervisionar, controlar e comandar as linhas de transmissão e/ou distribuição, subestações e usinas de sua responsabilidade.

Os centros de operação sempre se posicionaram como uma das principais áreas de qualquer concessionária e vem ganhando maior importância a cada dia que passa. As concessionárias estão sujeitas a penalidades, e para evitá-las, existem metas a serem cumpridas, como por exemplo, metas de concessão e de DEC e FEC. O centro de operação interfere de maneira direta nas metas da concessionária, por isso deve ser cada dia mais ágil, dinâmico e contar com profissionais altamente capacitados.

O papel dos centros de operação do ONS torna-se então crítico e cada vez mais dependente do desempenho dos operadores de sistema em tempo real, ficando imprescindível que estes operadores tenham um maior domínio e habilidade para operar o sistema de potência, suportando as crescentes e complexas tomadas de decisões, de maneira rápida e precisa, visando assim encontrar o compromisso correto entre segurança e economia de modo equânime e transparente. (MOREALE, 2007, p.1).

A capacitação necessária para formação de operadores do sistema (antes conhecidos como despachantes de carga) contempla uma extensa grade de cursos e carga horária. Na Celesc, o curso de formação de operadores do sistema ainda mantém a mesma grade de 1998, mudando apenas algumas cargas horárias e adaptando-a conforme a realidade atual. São 3 meses de curso e mais 3 meses de experiência em tempo real para que um operador possa estar apto a entrar na escala de revezamento e compor a equipe de operadores do sistema. Conforme participação do próprio autor do presente trabalho, em 2006, e descrito por Moreale (2007), que participou dos cursos em 1998, os cursos para formação de operadores na Celesc são:

- Segurança no trabalho e NR – 10;
- Saúde no trabalho;
- Relacionamento Interpessoal;

- Noções de informática;
- Operação de Subestação;
- Tecnologia de equipamento;
- Proteção de sistemas;
- Comunicação verbal operativa;
- Sistema de transmissão da Celesc;
- Usinas do sistema Celesc;
- Controle Automático de Geração da Região Sul;
- Recomposição Fluente da Região Sul;
- Sistema Interligado Nacional;
- Atividades de Pré-operação;
- Atividades de Operação;
- Atividades de Pós-operação;
- Análise de atuações de proteção;
- Estágio em subestações e usinas do sistema Celesc;
- Curso de Operação do Sistema SPIDER SCADA da ABB;
- Treinamento em simulador do sistema Celesc;
- Estágio em turno de revezamento na sala de controle do COS.

É unânime entre as empresas do setor elétrico a relevância dos cursos para formação de operadores do sistema. Podem-se citar diversas outras empresas e seus treinamentos de operadores, por exemplo, a Companhia Paranaense de Energia (Copel), que, conforme descrito por Moreale (2007) tem sua grade de curso composta da seguinte forma:

- NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços com Eletricidade;
- Relações Interpessoais; ¾ Introdução a Operação de Subestações;
- Diagrama operacional e Simbologia;
- Tipos de barramentos;
- Tecnologia e Operação de Serviços Auxiliares;
- Tecnologia e Operação de Banco de Capacitores e Reguladores de tensão;
- Tecnologia e operação de reatores;
- Tecnologia e Operação de chaves seccionadoras;
- Tecnologia e operação de disjuntores;
- Sistemas e Meios de Comunicação;
- Transformadores para instrumentos, para-raios e centelhadores;
- Proteções do sistema elétrico de potência;
- Normas e instruções de operação;
- Manobras em subestações;
- Automação de subestações;

- Noções básicas de operação local;
- Qualidade dos serviços prestados na operação;
- Treinamento e atualização tecnológica com essência operacional;
- Crescimento como profissional;
- Treinamento constante;
- Exigência e cobrança da sociedade;
- Importância da operação.

Além da operação da rede elétrica e dos equipamentos envolvidos, os centros de operação também são responsáveis, dentro do possível, por garantir a segurança de pessoas que adentrarem as instalações físicas, em que houver periculosidade por eletricidade, pertencentes à concessionária envolvida. Para toda e qualquer manobra que envolva equipamentos energizados nas instalações da concessionária, as manobras devem ser coordenadas via centro de operação. Caso as manobras não possam ser executadas ou acompanhadas pelo centro de operação, deve ser informado ao centro de operação o início e fim das atividades e o nome dos responsáveis pela execução dos serviços.

Qualquer centro de operação trabalha visando, em primeiro lugar, garantir a segurança dos profissionais que atuam em campo, nas instalações elétricas, e a segurança da população em geral. Em segundo lugar, está a continuidade e qualidade da energia elétrica entregue aos consumidores. Essas são as bases de trabalho dos centros de operação, em resumo, garantir a segurança de pessoas e o fornecimento de energia elétrica com excelência.

Os centros de operação exclusivos para usinas possuem uma dinâmica diferenciada em relação aos centros de operação responsáveis por subestações e linhas de transmissão/distribuição. Quando ocorrem falhas ou desligamentos em equipamentos que não afetam a continuidade de fornecimento de energia elétrica para consumidores finais, os procedimentos adotados para recomposição do sistema são diferentes, e um dos motivos para isso é que não há incidência de DEC, FEC e demais indicadores relacionados à falta de energia para consumidores.

Nos centros de operação de pequenas usinas, que não estão ligadas ao SIN, a tratativa de falhas é feita de maneira mais cadenciada, sem urgência no restabelecimento de UGs. O principal motivo das recomposições de UGs levar mais tempo está relacionado à segurança das instalações e da população a jusante da

usina. Devemos lembrar que estamos trabalhando com máquinas girantes, com enorme potencial mecânico, em que uma parada abrupta de uma UG requer um grande esforço mecânico da UG e também causa a descontinuidade da vazão d'água no conduto forçado, exigindo grande esforço da tubulação por consequência de esforços hídricos decorrentes da interrupção do fluxo d'água.

Grandes esforços mecânicos podem causar danos severos nas UGs e condutos forçados, uma falha ocorrida por motivos externos a UG, como, por exemplo, uma falta de tensão na rede em que está conectada a usina, pode acarretar outros tipos de danos à UG devidos aos esforços mecânicos envolvidos. No caso de um dano severo em UG, ela apenas ficará fora de operação, mas se o dano ocorrer na captação de água da usina, havendo uma ruptura no conduto forçado, antes do dispositivo de interrupção de fluxo d'água, ou no próprio, poderá haver sérios danos causados pela erosão devido à fuga d'água, inundações a jusante se o volume d'água for significativo ou mesmo comprometer a integridade física do reservatório.

Diferente da maioria dos disjuntores de alta tensão, presentes nas subestações, em que há religamento automático após desligamento ocorrido por proteção, um desligamento ocorrido em usina, ocasionado por falhas internas da UG, geralmente, requer uma inspeção por parte da equipe de manutenção. As solicitações de inspeção em UGs sempre estarão atreladas às proteções que atuaram no momento da falha, sendo que o operador do COG deve analisar e decidir, conforme instruções normativas e/ou por experiência própria (situações adversas não contempladas em instruções normativas são corriqueiras ao COG) se há necessidade de uma inspeção técnica ou se à UG apresenta condições de ser ligada apenas reconhecendo os alarmes e proteções que causaram a falha.

A ferramenta base para o COG é o sistema supervisor, em que são monitorados, controlados e comandados todos os equipamentos assistidos de uma usina. Para exemplificar o sistema supervisor de um COG, usaremos o caso da CPFL Energia, que possui um COG com 19 PCHs e uma termelétrica, com potência total instalada de 120 MW e 36 MW, em que é usado o sistema supervisor ELIPSE E3, da empresa elipse (ELIPSE, 2020).

Um COG depende, além de um bom sistema supervisório, de instalações adequadas para os operadores. Iluminação, acústica, espaço físico, cadeiras, mesas e painel central são exemplos do que deve ser observado para a implantação de um COG, pois, diferente de outros setores em que o expediente é de 8 horas diárias, o COG funciona 24 horas por dia, inclusive finais de semana e feriados. A Figura 7 demonstra um ótimo exemplo, o Centro de Operação do Sistema da CPFL.

Figura 7 - Centro de Operações da Geração CPFL



Fonte: Elipse (2020).

No Anexo A são apresentadas as telas do sistema supervisório da CPFL, como exemplo de um COG.

3 CELESC GERAÇÃO E SEU PARQUE GERADOR

A Celesc Geração foi criada em outubro de 2006, com a desverticalização das atividades de geração e distribuição de energia elétrica exercidas pela Celesc. A partir deste momento foram desenvolvidos procedimentos para a gestão da operação e manutenção do parque gerador da Celesc Geração.

No Anexo B são abordados detalhes técnicos e informações relevantes das 12 usinas que compõe o parque gerador da Celesc Geração.

Para uma melhor compreensão do parque gerador da Celesc Geração, são apresentados os dados mais relevantes das PCHs e CGHs, conforme Figura 8 e Tabela 1.

Figura 8 - Mapa da disposição física das PCHs e CGHs da Celesc Geração



Fonte: Celesc (2016b).

A Figura 8 mostra, de maneira ilustrativa, a disposição física das 12 usinas que compõem o parque gerador da Celesc Geração.

Tabela 1 - Resumo Parque Gerador Celesc Geração

Usinas	Localização	Potência Instalada
Usina Pery	Curitibanos - SC	30,00
Usina Palmeiras	Rio dos Cedros - SC	24,60
Usina Bracinho	Schroeder - SC	15,00
Usina Garcia	Angelina - SC	8,92
Usina Cedros	Rio dos Cedros - SC	8,40
Usina Salto	Blumenau - SC	6,28
PCH Celso Ramos	Faxinal dos Guedes - SC	5,62
CGH Caveiras	Lages - SC	3,83
CGH Ivo Silveira	Campos Novos - SC	2,60
CGH Rio do Peixe	Videira - SC	0,52
CGH Piraí	Joinville - SC	0,78
CGH São Lourenço	Mafra - SC	0,42
Total		106,97 MW

Fonte: Celesc (2020b).

3.1 Centro de Operação da Geração – COG

Até junho de 2016, o parque gerador era supervisionado pelo Departamento de Operação e Manutenção (DPOM) e operado por empresa terceirizada. A operação por empresa terceirizada criava alguns obstáculos para a Celesc Geração, pois, dificultava a iteração com o setor de manutenção e não fornecia dados suficientes para uma possível otimização da operação das usinas.

Com a permanência das concessões do parque gerador por mais 30 anos, fato este consolidado entre 2015 a 2017 e com a crescente demanda de operação remota através das novas automações, em julho de 2016, foi criado o Centro de Operação da Geração (COG), com as principais atividades incumbidas de coordenação e operação do parque gerador 24 horas por dia, sete dias por semana. A Figura 9 mostra a instalação física do COG.

Em ambiente tecnológico, o COG tem isolamento acústico e layout pensado em ergonomia para segurança, bem-estar e eficiência dos operadores do centro. Isso permite ter uma visão completa da geração de energia dos empreendimentos com nível máximo de atenção aos dados projetados nos monitores. “No ano de 2019 estamos trabalhando na integração dos sistemas supervisórios do parque gerador em uma única plataforma dinamismo, controle e visão global na operação do sistema de geração de energia”, diz Igor Kursancew Khairalla, chefe de divisão da Operação. (CELESC, 2019)

Na Celesc Geração o sistema supervisorio unificado está em implantação, sendo que, até então, usa-se a tela de comando local de cada usina, ou seja, existem 12 telas de supervisão, independentes, que precisam estar abertas simultaneamente. O sistema de supervisorio unificado, que contemplará a operação das 12 usinas em uma única plataforma, já está licitado, com previsão de ser entregue ainda no primeiro semestre de 2020.

Figura 9 - Centro de Operação da Geração



Fonte: Elaboração própria (2020).

O COG está inserido na Divisão de Operação do Sistema (DVOS), que faz parte do Departamento de Operação e Manutenção (DPOP). As atividades dos operadores de tempo real no COG compreendem três vertentes distintas, pré-operação, operação em tempo real e pós operação. A seguir são apresentadas cada uma das atividades e suas atribuições (CELESC, 2016a).

3.1.1 Pré-Operação

A Pré-Operação tem como principal atribuição elaborar e atualizar todo material necessário para que a equipe de tempo real possa operar de forma segura e confiável. A relação das atribuições compreende:

- Elaborar e atualizar as instruções de operações, ordens de manobras, mensagens operativas, diagramas unifilares, relatórios de inspeções preventivas e demais documentos pertinentes à operação das barragens, usinas e subestações;
- Elaborar, analisar, registrar e supervisionar as Solicitações de Intervenções – SI e Ordens de Serviço relativo aos serviços nas usinas, subestações e linhas;
- Subsidiar a Celesc Geração relativo às informações a serem encaminhadas a órgãos externos.

3.1.2 Operação em Tempo Real

O próprio nome Operação em Tempo Real já descreve a atribuição dessa atividade. A relação das atribuições compreende:

- Executar, coordenar e supervisionar a operação remota e local das barragens, usinas e subestações através do COG;
- Supervisionar o nível dos reservatórios e canal adutor, em regime normal e em contingência, acionando barrageiros e operadores quando necessário, adotando as medidas de acordo com o Plano de Atendimento de Emergências - PAE e do Plano de Segurança de Barragens, bem como informar e acionar os órgãos competentes quando de situações de emergência;
- Monitorar o Sistema de Tele Medição – STM e os Sistemas de Comunicação (próprios e terceirizados), abrindo e acompanhando os chamados de manutenção aos provedores destes serviços;
- Coordenar e supervisionar as intervenções das equipes de manutenção próprias e terceirizadas;
- Registrar, comunicar e emitir ordens de serviço para as equipes de manutenção, própria ou terceirizada, quando for constatada anomalia nos reservatórios, condutos, usinas e subestações;
- Gerenciamento e registro periódico das grandezas elétricas das unidades geradoras, nível dos reservatórios, índices pluviométricos e demais informações pertinentes as usinas, subestações e reservatórios;
- Observar o atendimento aos procedimentos dispostos nos Contratos de Conexão ao Sistema de Distribuição - CCD e Acordo Operativo celebrado entre a Celesc Geração e a Celesc Distribuição e seus Anexos;
- Planejar as atividades de trabalho junto às equipes, próprias ou terceirizadas, sempre observando e cumprindo as normas de segurança do trabalho;

- Manter contato com os demais Centros de Operação, próprios ou de empresas privadas, visando a troca de informações e o melhor desempenho das usinas.

3.1.3 Pós-Operação

A Pós-Operação é responsável por analisar e tratar os dados e informações oriundos da operação em tempo real e prestar suporte a Celesc Geração respondendo questões sobre histórico de geração, manutenção e afins. A relação das atribuições compreende:

- Emissão de relatórios analíticos diários, mensais e anuais das atividades de operação, dados estatísticos sobre produção de energia, disponibilidades e indisponibilidades dos geradores, bem como o desempenho de equipamentos e sistemas, incluindo os indicadores estabelecidos pelo órgão competente do setor elétrico;
- Encaminhar para as áreas competentes a solicitação de análise de ocorrências, quando se fizerem necessárias e analisar o desempenho dos equipamentos e sistemas das usinas sugerindo medidas que permitam o aperfeiçoamento da operação;
- Acompanhar e supervisionar, quando necessário, a manutenção preventiva e corretiva de usinas, linhas e subestações, bem como o recebimento e comissionamento de equipamentos e energizações de instalações;
- Arquivamento e organização de documentos operacionais, relatórios, ordens de serviço e demais documentos.
- Analisar e propor, quando necessário, melhorias nos processos associados à operação das usinas, subestações e linhas.

3.2 Atividades desenvolvidas pelo COG em 2019

Para quantificar o volume de atividades executadas pelo COG em 2019, serão apresentados os principais registros de atividades desenvolvidas pelo COG em 2019. Não se trata do total de atividades envolvidas e pertinentes ao COG, pois, como se trata de uma área que trabalha em tempo real, muitas das atividades são executadas sem que haja um registro por escrito. Vale ressaltar que, apesar de não haver registro escrito, todas as atividades do COG, de alguma forma, ficam registradas, pois, todas as ligações telefônicas são gravadas e todos os comandos

executados nos sistemas supervisórios das usinas ficam registrados em suas bases de dados.

Na sequência, são abordados os números de Solicitações de Intervenção criadas para execução de serviços programados e o número de ocorrências, manobras e pendências em equipamentos das usinas, registradas no Registro Diário de Ocorrências – RDO.

3.2.1 Solicitações de intervenção – SI

As Solicitações de Intervenção, SIs, são documentos criados em *software* específico, denominado STD. Quem cria a SI é o órgão responsável em execução o serviço proposto. Os passos para a elaboração de uma SI são:

- Solicitante cria a SI, sempre com data e horário futuro, pois, trata-se de um serviço programado;
- Responsável da divisão analisa e aprova ou reprova a SI (no caso de reprovar, a SI volta ao solicitante para que avalie e corrija a SI);
- COG faz uma análise final para verificar se há alguma falha na SI e aprova ou reprova a SI (no caso de reprovar, a SI volta ao solicitante para que avalie e corrija a SI);
- A SI sendo aprovada, entra na caixa de entrada do *software* responsável por gerir as SIs, STD, e fica disponível ao responsável pela execução e ao COG.

A SI tem o papel de garantir que todo e qualquer serviço a ser executado dentro das instalações das usinas foi previamente avaliado e segue todos os procedimentos e normas de segurança vigentes. Não é permitido nenhum serviço dentro das usinas sem que haja uma SI autorizando tal atividade. A única exceção é em caso de urgência, em que a integridade das instalações ou a integridade física de pessoas está em risco eminente.

Em situações de urgência, as medidas cabíveis para mitigar ou extinguir o agente causador da situação são tomadas em tempo real, o mais breve possível, buscando em primeiro lugar garantir a segurança e integridade de pessoas e das instalações.

No ano de 2019 foram criadas e aprovadas 837SIs. Na Figura 10 é apresentado um modelo de SI gerada no *software* STD.

Figura 10 - Exemplo de Solicitação de Intervenção

Solicitação Intervenção | Manobras/Procedimentos | Registro Execução | **Doc: 00118 2/ 01**

Tecnico Solicitante: [Campo]

Data Solicitação: 27/01/2020 13:54 | Início Intervenção: 27/01/2020 14:00 | Fim Intervenção: 14/02/2020 17:00 | Número ODI / EPEP: [Campo]

Aterramentos
 No Local do Serviço | Na SE
 Nos Extremos | Sem Aterramento

Sujeito às Condições do Tempo

O Equipamento deverá ser entregue / recebido livre por: [Campo]

Local Entrega: Usina Palmeiras

Prazo para devolver o equipamento à operação: 435.00

Não opere sem autorização /
 Se ocorrer desligamento automático não religar antes de comunicar

Justificativa: Manutenção Corretiva

Objetivo: Desmontagem manutenção e Montagem Gerador UG-01

Observações: Desmontagem, manutenção e Montagem Gerador UG-01

Equipe:
 Eduarda Medeiros (Operadora de PA CELESC)
 Leonardo Faria (UPS CELESC)

As manobras desta intervenção serão realizadas preferencialmente pelo Operador de PA. Na impossibilidade da utilização do Operador de PA, as manobras poderão ser realizadas pelas Equipes Técnicas de Manutenção.

Serviço Programado | Parecer | Tramite | Parecer Histórico

SE	Eqpto	Descrição do Serviço a ser Realizado	Resp. Pela Execução	Telefone	Orgão Resp.
UPS	UG-01	Desmontagem, manutenção e Montagem Gerador UG-01	[Campo]	[Campo]	DVMG
[Campo]	[Campo]	[Campo]	[Campo]	[Campo]	[Campo]
[Campo]	[Campo]	[Campo]	[Campo]	[Campo]	[Campo]

Limitações Operacionais: [Campo]

Observação Cartão Serviço: [Campo]

Concluir | Comunicar | Cancelar SI | Gravar | Imprimir | Fechar

Fonte: Acervo Celesc Geração (2020).

Do total de SIs criadas, 686 foram executadas, 116 foram reprogramadas (por motivos diversos como chuva, alteração de data de programação, indisponibilidade de equipe e/ou material, etc.) e 35 foram canceladas, pois, não foram executadas até a data de vencimento ou por solicitação do responsável pela SI.

3.2.2 Registro Diário de Ocorrências – RDO

O RDO é responsável por armazenar todos os registros de manobras e ocorrências envolvendo equipamentos das usinas. No RDO também são registradas as pendências envolvendo as unidades geradoras, barragens e demais equipamentos pertencentes às instalações da usina.

No ano de 2019, foram criados 2.406 novos registros (ocorrências ou manobras em equipamentos) e 342 novas pendências. Praticamente todas as ocorrências criadas têm início e fim, apenas se alguma unidade geradora ou outro

equipamento da usina ficou indisponível para operação é que a ocorrência mantém-se aberta, porém, quando isso ocorre, a ocorrência gera uma pendência, e, a partir de então, o setor de manutenção é acionado para verificar a situação e tomar as providências cabíveis. Na Figura 11, Figura 12 e Figura 13 estão alguns exemplos de ocorrências (programada e não programada) e de pendências geradas.

Figura 11 - Registro de Ocorrência Não Programado

A interface de software, intitulada "Inserir registro manualmente", apresenta um formulário para registrar uma ocorrência. O formulário contém os seguintes campos e controles:

- ID:** Campo de texto com o valor "136/20" e um botão "Pesquisar".
- ID de um Evento relacionado:** Campo de texto com o valor "136/20".
- Data/Hora Início:** Campos para data ("24/01/2020") e hora ("13:31").
- Data/Hora Fim:** Campos para data ("24/01/2020") e hora ("13:43").
- Usina:** Campo de texto com o valor "UGA" e o nome "USINA GARCIA".
- Equipamento:** Menu suspenso com o valor "UG-02".
- Nome Ocorrência:** Campo de texto com o valor "USINA GARCIA".
- Nr. Operacional:** Campo de texto com o valor "332".
- Potência Interromp.:** Campo de texto com o valor "4,8" e a unidade "(MW)".
- Condição Clima:** Menu suspenso com o valor "Tempo estavel".
- Causa:** Menu suspenso com o valor "Nao Programada".
- Motivo:** Menu suspenso com o valor "Protecao".
- Observações:** Campo de texto com o valor "66E 700G trip parada eletrica (sobrecorrete)".

Na base da interface, há quatro botões: "Histórico de Observações", "Gerar Pendência", "NOVO" e "SALVAR".

Fonte: Acervo Celesc Geração (2020).

Figura 12 - Registro de Ocorrência Programado

Inserir registro manualmente

ID: 132/20 Pesquisar *Editando registro 132/20*

ID de um Evento relacionado: 132/20

Data/Hora Início: 24/01/2020 10:45

Data/Hora Fim: 24/01/2020 11:45

Usina: UPI USINA PIRAÍ

Equipamento: UG-02

Nome Ocorrência: USINA PIRAÍ

Nr. Operacional: 122 Potência Interromp.: 0,2 (MW)

Condição Clima: Tempo estavel

Causa: Programada

Motivo: SI

Observações: SI 00118302/01
Realizar Manutenção Preventiva Permanente - MPP - semana 35, na UPI.

Histórico de Observações Gerar Pendência NOVO SALVAR

Fonte: Acervo Celesc Geração (2020).

Figura 13 - Cadastro de Pendências

Cadastro de Pendências

ID: Usina: Data Inicial: Data Final: Responsável: Situação: Tipo: Descrição: PESQUISAR GERAR EXCEL

Pendên... Config.

ID	Usina	Equip.	Tipo	Início		Fim		Descriç.	Observ.	Vertime	Máquin. Parada	Situaç.	Respon.	Criação	Atualiz.
				Data	Hora	Data	Hora								
332/19	URP	OUTROS	MPP-Inspeç	14/11/2019	15:00:00	02/01/2020	16:00:00	trocar ou ve	Não	Não	Não	Finalizado	DVNG	joan/loa	thiagomr
333/19	USL	Unidade Hidrául	COG-Centro	16/11/2019	19:45:00	20/11/2019	17:00:00	Disjuntor m	Não	Não	Não	Finalizado	DVNG	thiagomr	guilhermefc
337/19	UBO	UG-02	COG-Centro	30/11/2019	17:00:00	01/12/2019	14:12:00	USINA BRA	\$6M Não at	Não	Não	Finalizado	DVNG	willians	danielgm
338/19	USL	UG-01	COG-Centro	07/12/2019	22:47:00	11/12/2019	09:00:00	USINA SÃO	Temperatu	Não	Não	Finalizado	DVNG	willians	danielgm
342/19	URP	OUTROS	MPP-Manut	09/12/2019	09:00:00	03/01/2020	16:00:00	Troca fecha	Não	Não	Não	Finalizado	DVMM	joan/loa	thiagomr
2/20	URP	UG-01	COG-Centro	05/01/2020	11:41:00	06/01/2020	06:00:00	USINA RIO	Desarmou e	Não	Sim	Finalizado	DVNG	willians	thiagomr

ID: 338/19

Usina: USL USINA SÃO LOURENÇO

Equipamento: UG-01

Tipo: COG-Centro Operacao Geração

Início - Data: 07/12/2019 Hora: 22:47

Fim - Data: 11/12/2019 Hora: 09:00

Descrição: USINA SÃO LOURENÇO

Observação: Temperatura muito alta do mancal LNA da turbina. Após conversa com o alocavista, foi decidido deixar F.O a UG-01.

Vertiment: Não Máquina Parada: Não

Situação: Finalizado

Responsável: DVNG

NOVO SALVAR APAGAR Anexar Arquivos

Histórico de análises

Data	Usuário	Observação
11/12/2019 15:12:24	danielgm	Finalizado pelo usuário.
08/12/2019 06:37:12	willians	Encaminhado para o departamento DVNG
08/12/2019 06:37:07	willians	Encaminhado para o departamento DVNG

Enviar Pedido de Análise Histórico de Análises

Fonte: Acervo Celesc Geração (2020).

4 RESULTADOS DE GERAÇÃO DO PARQUE GERADOR EM 2019

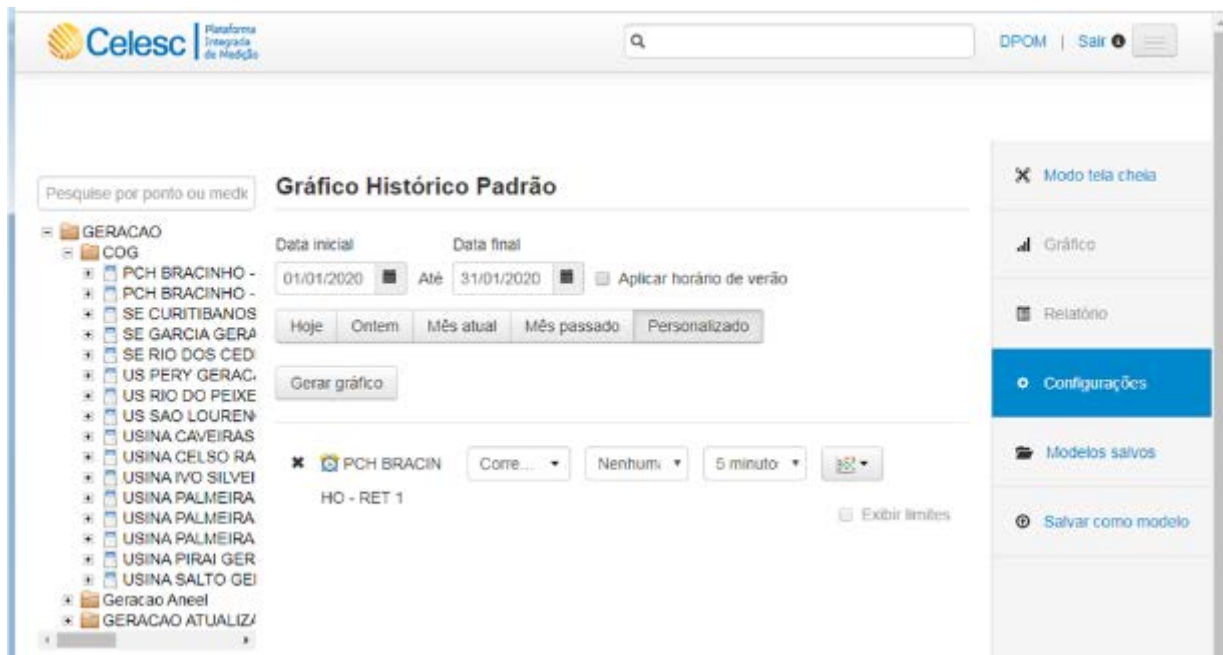
Os resultados do parque gerador da Celesc Geração são oriundos de duas fontes. A primeira e principal das fontes é a Plataforma Integrada de Medição – PIM, em que são armazenadas todas as medições de fronteira transmitidas a partir das usinas para a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica - CCEE, contendo dados de potência ativa e reativa. A segunda fonte de dados é o já abordado RDO, que é gerenciado e alimentado com informações inseridas via COG. No RDO estão cadastrados os motivos e causas de desligamentos de unidades geradoras.

Através da união dessas duas fontes de dados, mensalmente são gerados gráficos que representam a situação real do parque gerador da Celesc Geração. A seguir são apresentadas as fontes geradoras de dados e os resultados obtidos a partir das mesmas.

A primeira fonte de dados citada, o PIM, é uma ferramenta fundamental para a Celesc Geração, pois, além de servir de base de dados de geração para todos os relatórios internos a Celesc Geração, é de lá que são extraídos e transmitidos os montantes de geração disponibilizados a CCEE.

A Figura 14 é uma cópia da tela inicial do PIM, disponível na intranet da Celesc Geração. Através do PIM é possível selecionar datas, horários, usinas e grandezas desejadas, obter gráficos ou exportar os dados para uma planilha eletrônica.

Figura 14 - Tela inicial do PIM



Fonte: Acervo Celesc Geração (2020).

A segunda fonte de dados é o RDO, com ele é possível extrair todos os dados de desligamento de geradores, transformadores, disjuntores e outros componentes que venham a interferir na geração de energia elétrica. Dentre os dados é possível saber se a causa de um desligamento é programada ou não programada, bem como o motivo do desligamento. Se a ocorrência foi programada, os motivos podem ser manutenções preventivas, SIs, limpeza de grades, investimento, etc. Se a ocorrência for do tipo “não programada”, pode ser por motivo de falta d’água, proteção, grade suja, manobra da distribuição, falta de tensão, etc. A Figura 15 mostra a tela inicial do RDO, em que é possível selecionar datas, horários, equipamentos e usinas para extração de relatórios, que irão compor a base de dados para a geração dos relatórios e indicadores de geração por período.

Figura 15 - Tela inicial RDO

ID	Data	Dia da Sem.	Horário	Horário Fim	Usina	Equip.	Estado	No. O.	Potência	Motivo	Causa	Classe	Situa.	Origem	Criad.	Modif.	ID Ra...	
22451	21/12/2019	Sábado	19:42:00	20:12/2019	13:24:00	UPY	UG-01	AP	112	1,0	Naç Program	Falta de Ag.	Tempo esta	Operado	Manual	guilhermelc	guilhermelc	22451/19
22461	22/12/2019	Domingo	13:27:00	20:12/2019	13:40:00	UPY	UG-03	AP	132	1,0	Naç Program	Falta de Ag.	Tempo esta	Operado	Manual	telord	guilhermelc	22461/19
22421	22/12/2019	Domingo	13:28:00	22/12/2019	13:44:00	URS	UG-01	AP	312	6,0	Programada	Manutenção	Tempo esta	Operado	Manual	telord	telord	22421/19
22431	22/12/2019	Domingo	13:45:00	22/12/2019	14:12:00	URS	UG-02	AP	312	6,0	Programada	Manutenção	Tempo esta	Operado	Manual	telord	telord	22431/19
22451	22/12/2019	Domingo	15:56:00	23/12/2019	11:49:00	URS	UG-01	AP	132	2,0	Naç Program	Falta de Ag.	Tempo esta	Operado	Manual	williane	telord	22451/19
22471	23/12/2019	Segunda	08:22:00	23/12/2019	09:39:00	URD	UG-04	AP	242	2,08	Programada	Limpeza de	Tempo esta	Operado	Manual	fernandoo	fernandoo	22471/19
22461	23/12/2019	Segunda	08:22:00	23/12/2019	09:29:00	URD	UG-02	AP	222	1,4	Programada	Limpeza de	Tempo esta	Operado	Manual	fernandoo	fernandoo	22461/19
22481	23/12/2019	Segunda	13:25:00	23/12/2019	13:59:00	URS	UG-01	AP	112	0,24	Programada	ET	Tempo esta	Operado	Manual	fernandoo	fernandoo	22481/19
22501	23/12/2019	Segunda	21:07:00	24/12/2019	01:04:00	URS	UG-02	AP	302	0,0	Naç Program	Falta de Ag.	Tempo esta	Operado	Manual	telord	williane	22501/19
22521	24/12/2019	Terça	07:11:00	25/12/2019	19:35:00	URS	UG-01	AP	132	2,0	Naç Program	Falta de Ag.	Tempo esta	Operado	Manual	fernandoo	fernandoo	22521/19
22521	24/12/2019	Terça	08:39:00	24/12/2019	08:46:00	URD	UG-03	AP	222	1,4	Programada	SI	Tempo esta	Operado	Manual	fernandoo	fernandoo	22521/19
22531	24/12/2019	Terça	08:01:00	26/12/2019	09:24:00	URD	UG-02	AP	322	2,0	Naç Program	Falta de Ag.	Tempo esta	Operado	Manual	fernandoo	williane	22531/19
22541	25/12/2019	Quarta	09:20:00	26/12/2019	12:08:00	URS	UG-02	AP	222	0,284	Naç Program	Proteção	Tempo esta	Operado	Manual	telord	williane	22541/19
22581	25/12/2019	Quarta	09:57:00	25/12/2019	06:30:00	URD	UG-04	AP	142	0,10	Naç Program	Proteção	Tempo esta	Operado	Manual	guilhermelc	guilhermelc	22581/19
22571	25/12/2019	Quarta	09:57:00	25/12/2019	06:43:00	URD	UG-01	AP	112	0,2	Naç Program	Proteção	Tempo esta	Operado	Manual	guilhermelc	guilhermelc	22571/19
22561	25/12/2019	Quarta	09:57:00	25/12/2019	06:39:00	URD	UG-03	AP	222	0,2	Naç Program	Proteção	Tempo esta	Operado	Manual	guilhermelc	guilhermelc	22561/19
22591	26/12/2019	Quinta	07:30:00	27/12/2019	19:12:00	URS	UG-01	AP	132	2,0	Naç Program	Falta de Ag.	Tempo esta	Operado	Manual	williane	williane	22591/19
22601	26/12/2019	Quinta	08:04:00	26/12/2019	11:18:00	URD	UG-04	AP	142	1,08	Naç Program	Limpeza de	Tempo esta	Operado	Manual	williane	williane	22601/19

Fonte: Acervo Celesc Geração (2020).

Na sequência, é apresentado o resultado mensal de cada uma das usinas, elucidando os motivos dos desempenhos do parque gerador da Celesc Geração. Por fim, será apresentado um indicador anual de desempenho.

4.1 Resultados Usina Pery

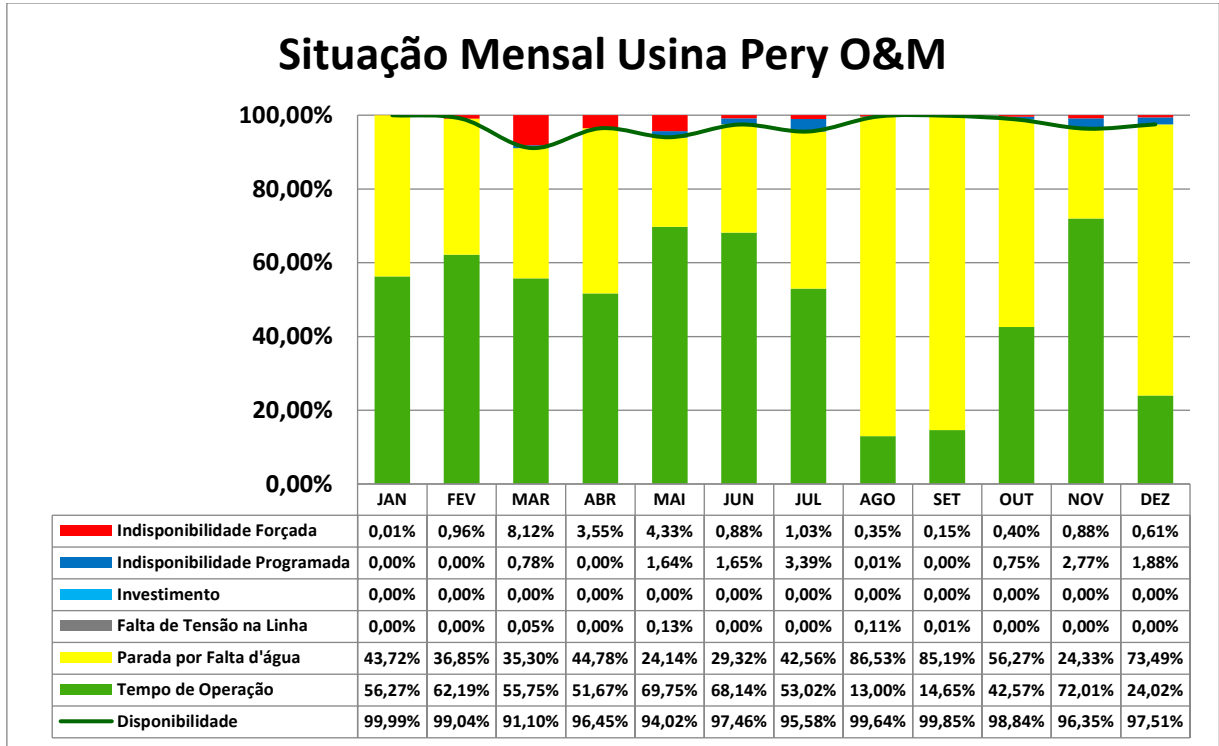
Para a Usina Pery, observa-se através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 16, que na maior parte do ano a totalidade da potência instalada estava disponível para a operação.

Os meses de março, abril e maio, foram os que mais registraram desligamentos forçados nas UGs, sendo que do total tempo de cada mês, ficaram indisponíveis, respectivamente, 8,12%, 3,55% e 4,33%.

Também houve indisponibilidade programada nos meses de maio, junho, julho, novembro e dezembro, representando, respectivamente, 1,64%, 1,65%, 3,39%, 2,77% e 1,88% do tempo total de cada mês.

Houve outras indisponibilidades, próximas ou inferiores a 1%, todas estão apresentadas na Figura 16.

Figura 16 - Situação Mensal Usina Pery O&M

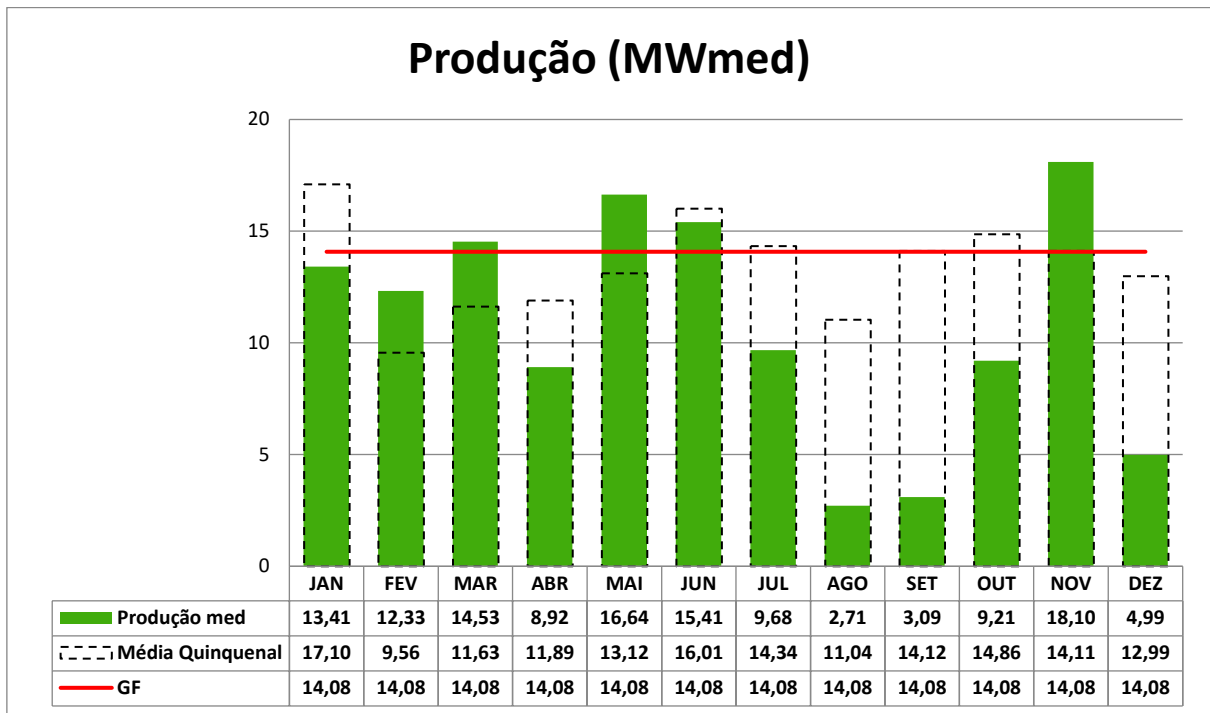


Fonte: Elaboração própria (2020).

Devido ao fato de ser uma usina a fio d'água, sem reservatório, e devido ao baixo volume no acumulado de precipitações ao longo do ano de 2019, principalmente no segundo semestre, o fator que mais afetou o desempenho da usina foi à falta d'água, presente em todos os meses do ano, impossibilitando utilização da capacidade plena de geração da usina. Destacam-se os meses de agosto e setembro, em que, respectivamente, houve uma disponibilidade de 99,64% e 99,85%, porém, o tempo em operação foi, respectivamente, de 13,00% e 14,65%, já o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 86,53% e 85,19%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se na Figura 17 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 17 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Observa-se que a geração de energia na Usina Pery foi pouco afetada em relação às indisponibilidades forçadas ou programadas. Prova disso é que nos meses de março e maio, em que houve indisponibilidades forçadas relevantes e no mês de novembro, em que houve indisponibilidade programada relevante, a geração média mensal ficou acima da média quinquenal e da GF.

O fator que mais impacta na geração de energia para a Usina Pery é a disponibilidade hídrica, pois, pode-se perceber que os piores desempenhos da usina se deram nos meses de agosto e setembro, em que se obtiveram os maiores índices de paradas de máquinas por falta d'água.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. Na Tabela 2 são apresentados todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 2 - Resultados do ano de 2019 Usina Pery

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
30,00	96,98%	1,85%	1,17%	0,00%	49,60%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,03%	47,35%	35,84%	46,93%	44,66%	10,75
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
14,08	13,40				

Fonte: Elaboração própria (2020).

4.2 Resultados Usina Palmeiras

Para a Usina Palmeiras, observa-se através do gráfico de Operação, Figura 18, e Manutenção (O&M), que na maior parte do ano mais de 90% da potência instalada estava disponível para a operação.

A exceção se deu nos meses de janeiro, fevereiro, abril e novembro, em que houve indisponibilidades forçadas nas UGs, e também, nos meses de julho, agosto e dezembro, em que houve indisponibilidades programadas. Sendo que do total de potência instalada na usina, ficaram indisponíveis, respectivamente, 12,7%, 18,63%, 18,79%, 26,68% nas indisponibilidades forçadas e 13,91%, 9,47%, 10,80% nas indisponibilidades programadas.

Nos meses de janeiro e fevereiro, em que houve falhas graves na refrigeração do mancal guia turbina da UG-02, o que impactou com relevância a indisponibilidade forçada para os meses em questão. No mês de abril, houve falha grave na unidade hidráulica, acarretando na indisponibilidade forçada da UG-01 e UG-02. Entre julho e setembro, houve indisponibilidades programadas para reforma do sistema de lubrificação e refrigeração dos mancais da UG-01 e UG-02.

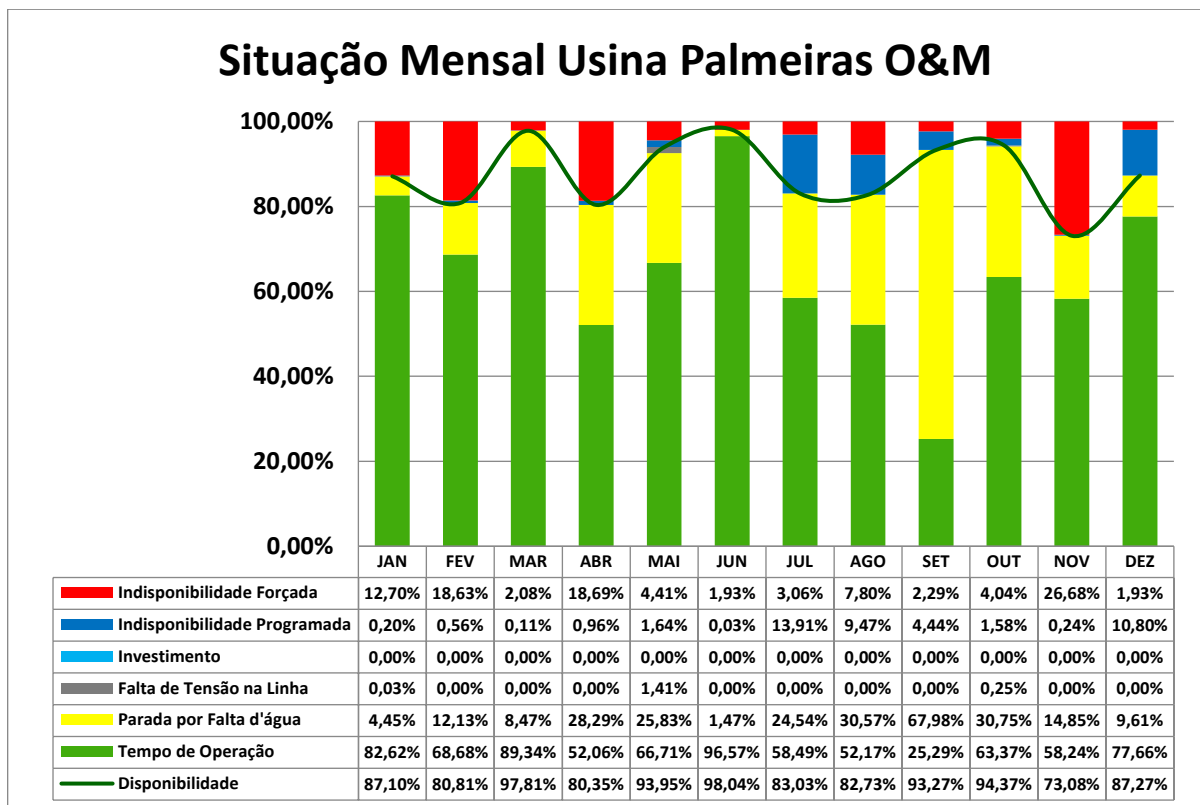
Em novembro houve grande indisponibilidade forçada, devido a uma falha grave na lubrificação do mancal guia da turbina da UG-02, que ocasionou o desgaste do eixo da turbina. Com isso, a UG-02 teve que ser desmontada e o eixo levado para reparo. Em dezembro, após reparo do eixo da UG-02, a

indisponibilidade passou a ser programada e após a remontagem e testes da UG-02, a mesma voltou à operação.

As paradas por falta de tensão na linha foram pouco relevantes, apenas no mês maio, a falta de tensão na linha representou 1,43% de indisponibilidade para o mês. Isso ocorreu devido a um defeito na linha de distribuição em que a Usina Palmeiras é conectada, impossibilitando a geração de energia.

Houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação ao tempo total. Todas estão apresentadas na Figura 18.

Figura 18 - Situação Mensal Usina Palmeiras O&M

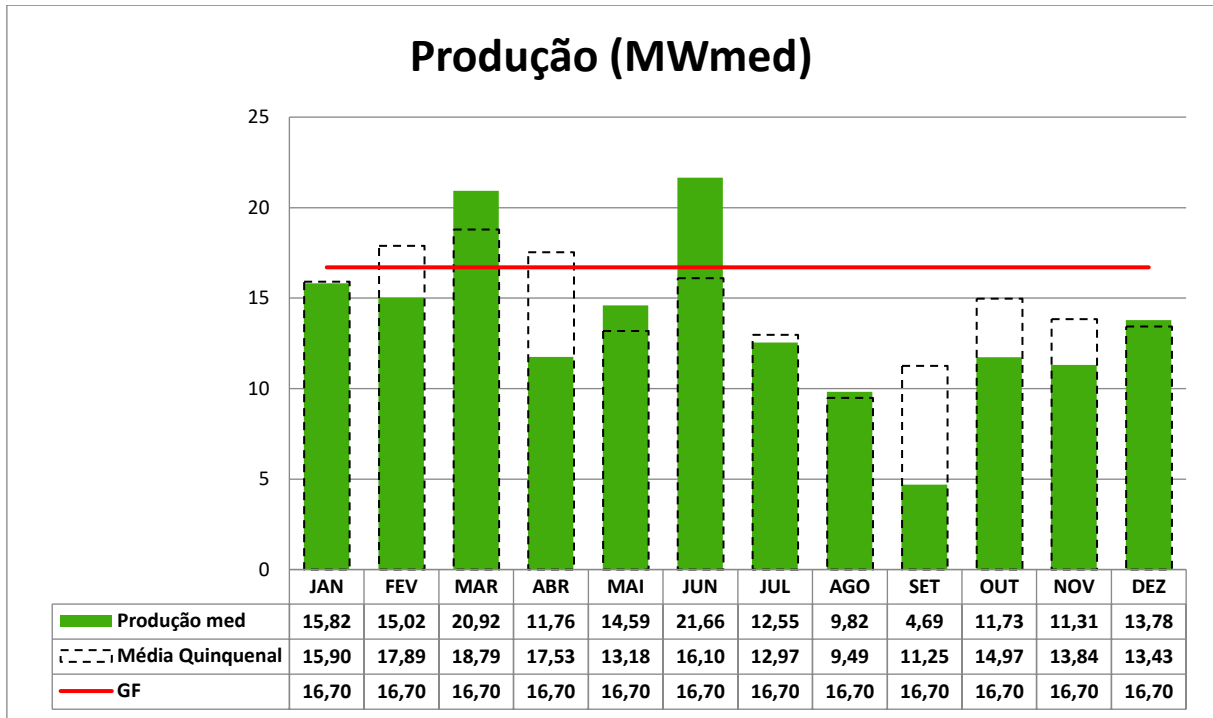


Fonte: Elaboração própria (2020).

Devido ao baixo volume no acumulado de precipitações ao longo do segundo semestre, o fator que mais afetou o desempenho da usina foi à falta d'água, presente em todos os meses do ano, impossibilitando utilização da capacidade plena de geração da usina. Destacam-se os meses de agosto e setembro, em que, respectivamente, houve uma disponibilidade de 82,73% e 93,27%, porém, o tempo em operação foi, respectivamente, de 52,17% e 25,29%, já o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 30,57% e 67,98%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 19 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 19 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Pode-se observar que a geração de energia na Usina Palmeiras foi afetada em relação às indisponibilidades forçadas ou programadas e por falta d'água. Nos meses de fevereiro, abril e novembro, em que houve indisponibilidades forçadas relevantes, a geração média mensal ficou abaixo da média quinquenal e da GF. Nos meses de setembro e outubro, destacam-se a geração bem abaixo da GF e abaixo da média quinquenal, principalmente em setembro, em que houve falta d'água em 67,98% do tempo do mês.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. É apresentado na Tabela 3 todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 3 - Resultados do ano de 2019 Usina Palmeiras

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
24,60	88,27%	7,78%	3,94%	0,00%	22,44%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,15%	65,68%	55,44%	67,89%	59,40%	13,64
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
16,70	14,61				

Fonte: Elaboração própria (2020).

4.3 Resultados Usina Bracinho

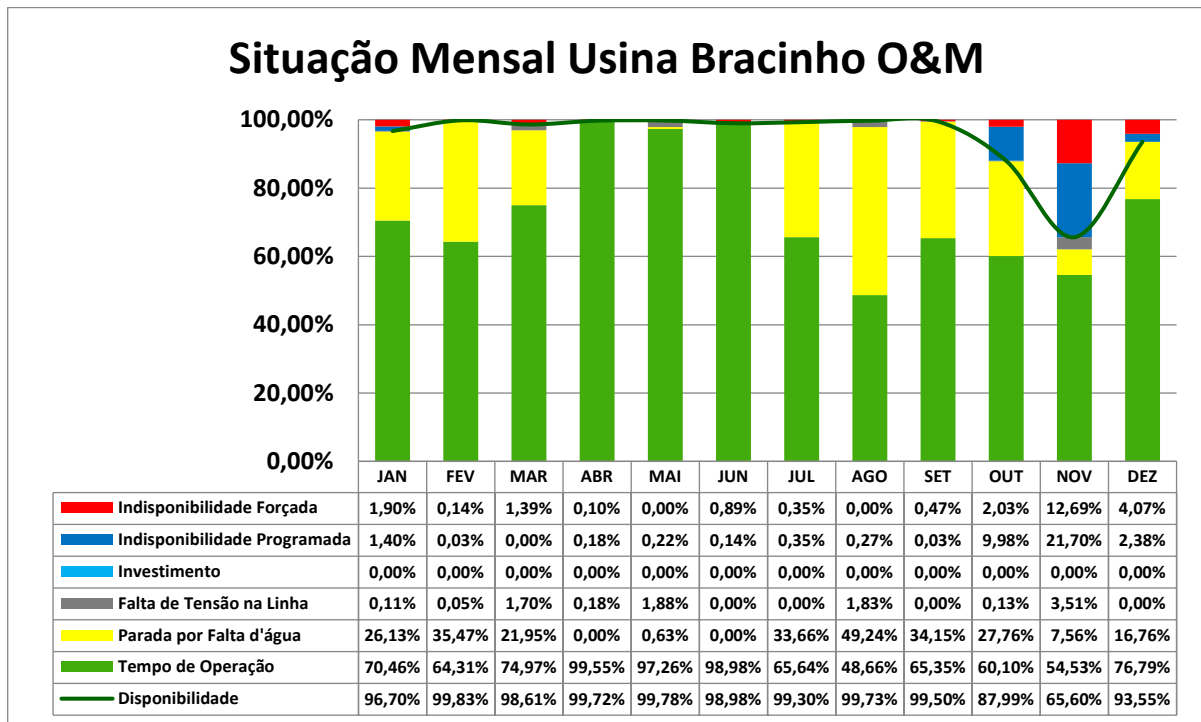
Para a Usina Bracinho, observa-se através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 20, que na maior parte do ano praticamente toda a potência instalada estava disponível para a operação.

A exceção se deu entre os meses de outubro a dezembro, em que houve indisponibilidade forçados nas UG-01, ocasionada por defeito na agulha do bico injetor da turbina, e também indisponibilidades programadas em ambas as UGs devido a uma reforma geral na Usina Bracinho. Sendo que do total de potência instalada na usina, ficaram indisponíveis, respectivamente, 2,03%, 12,69%, 4,07% nas indisponibilidades forçadas e 9,98%, 21,70%, 2,38% nas indisponibilidades programadas.

Houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação à potência instalada. Todas estão apresentadas na tabela da Figura 20.

As paradas por falta de tensão na linha foram pouco relevantes, apenas no mês novembro, a falta de tensão na linha representou 3,51% de indisponibilidade para o mês. Isso ocorreu devido a um defeito na linha de distribuição em que a Usina Bracinho é conectada, impossibilitando a geração de energia.

Figura 20 - Situação Mensal Usina Bracinho O&M



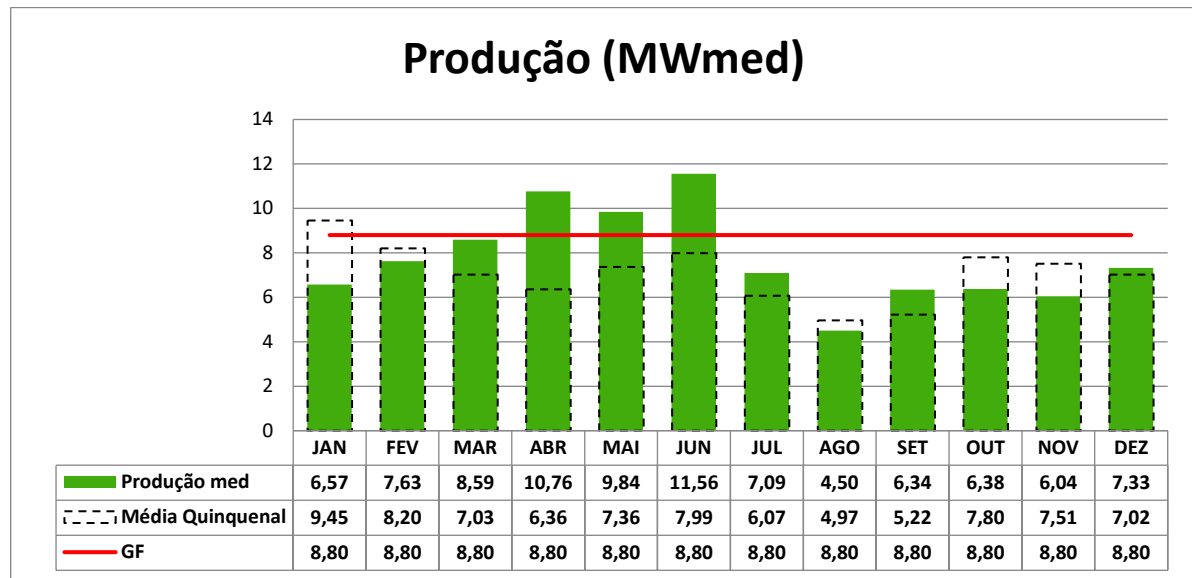
Fonte: Elaboração própria (2020).

Devido ao baixo volume no acumulado de precipitações no primeiro trimestre e segundo semestre, o fator que mais afetou o desempenho da usina foi à falta d'água, presente na maioria dos meses do ano (exceto entre abril e junho), impossibilitando utilização da capacidade plena de geração da usina. Destaca-se o mês de agosto, em que houve uma disponibilidade de 99,73%, porém, o tempo em operação foi de 48,66%, já o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 49,24%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 21 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Pode-se observar que a geração de energia na Usina Bracinho foi afetada em relação às indisponibilidades forçadas ou programadas e por falta d'água. Nos meses entre janeiro e março e entre julho e dezembro, em que houve falta d'água, a geração se manteve abaixo da GF. Nos meses de outubro e novembro, destaca-se a geração abaixo da GF e da média quinquenal, fato ocorrido devido às indisponibilidades forçadas e programadas, e também devido à falta d'água ocorrida nos referidos meses.

Figura 21 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Cabe ressaltar o bom desempenho entre abril e junho, em que não houve falta d'água e indisponibilidades relevantes. Com isso, a geração se manteve acima da média quinquenal e acima da GF.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. Na sequência é apresentada a Tabela 4 com todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 4 - Resultados do ano de 2019 Usina Bracinho

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
15,00	94,50%	2,17%	3,33%	0,00%	19,80%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,85%	73,84%	51,46%	58,67%	47,22%	7,72
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
8,80	7,08				

Fonte: Elaboração própria (2020).

4.4 Resultados Usina Garcia

Para a Usina Garcia, observa-se através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 22, que na maior parte do ano mais de 90% da potência instalada estava disponível para a operação.

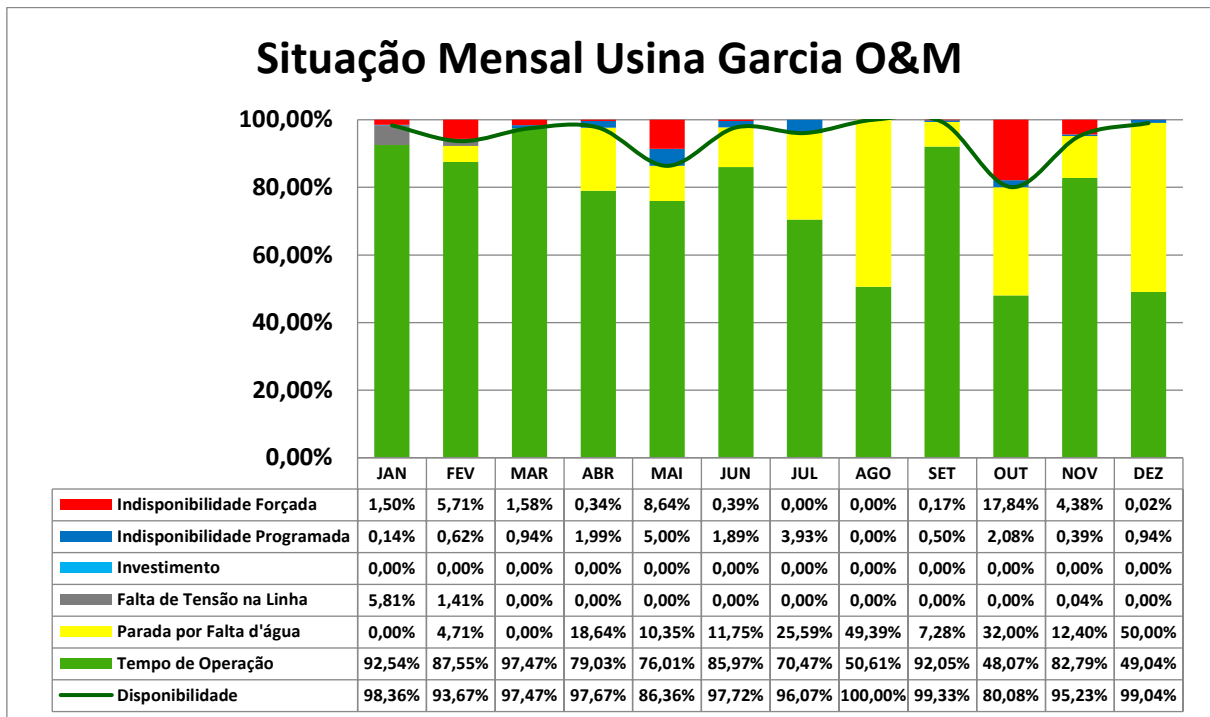
A exceção se deu nos meses de abril e outubro, em que houve indisponibilidades forçadas nas UGs, sendo que do total de potência instalada na usina, ficaram indisponíveis, respectivamente, 8,64% e 17,84%.

Em abril, houve falha na unidade hidráulica, que provocou a parada de ambas as UGs enquanto o problema persistiu. Em outubro, um desgaste no anel coletor da UG-01, provocou a indisponibilidade forçada da UG.

Houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação à potência instalada. Todas estão apresentadas na Figura 22.

As paradas por falta de tensão na linha foram relevantes em janeiro, em que a falta de tensão na linha representou 5,81% de indisponibilidade para o mês. Isso ocorreu devido a um defeito no disjuntor da linha de distribuição 69kV Florianópolis/Usina Garcia, na SE Florianópolis, linha radial que atende a Usina Garcia, impossibilitando a geração de energia.

Figura 22 - Situação Mensal Usina Garcia O&M

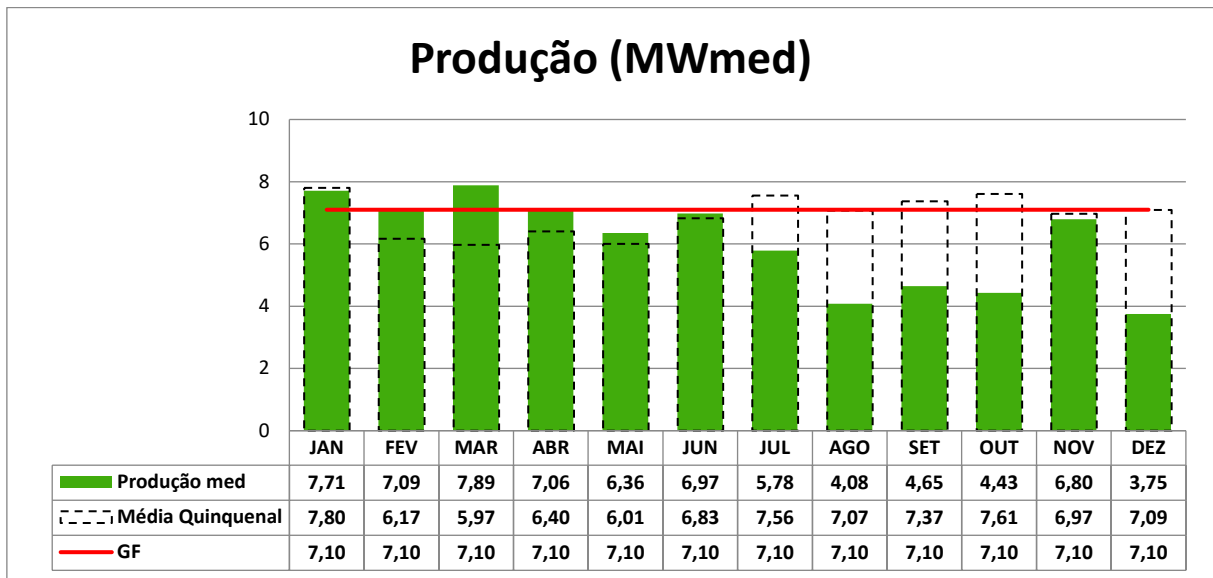


Fonte: Elaboração própria (2020).

Devido ao baixo volume no acumulado de precipitações ao longo do ano de 2019, principalmente no segundo semestre, o fator que mais afetou o desempenho da usina foi à falta d'água, presente em alguns meses do ano, impossibilitando utilização da capacidade plena de geração da usina. Destacam-se os meses de agosto, outubro e dezembro, em que, respectivamente, houve uma disponibilidade de 100,00%, 80,08% e 99,04%, porém, o tempo em operação foi, respectivamente, de 50,61%, 48,07% e 49,04%, já o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 49,39%, 32,00% e 50,00%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 23 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 23 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Pode-se observar que a geração de energia na Usina Garcia foi afetada em relação às indisponibilidades forçadas e por falta d'água. Nos meses de julho a dezembro, em que houve indisponibilidade forçada relevante em outubro e falta d'água em todos os meses, a geração média mensal ficou abaixo da média quinquenal e da GF.

Uma análise especial se faz em setembro, em que houve disponibilidade de 99,05% e tempo de operação de 92,05%, porém, mesmo com esses ótimos indicadores, a geração ficou muito abaixo da GF e da média quinquenal. Esse fato se deu devido à geração de ambas as UGs se manter reduzida a fim de manter o nível de água do reservatório. Normalmente, as UGs operam com geração de 4,0 MW por UG, porém, como o período era de seca e os montantes de chuva acumulados eram baixos, optou-se em manter as duas UGs em funcionamento, porém, com geração reduzida a 2,4 MW por UG.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. Na sequência é apresentada a Tabela 5 com todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 5 - Resultados do ano de 2019 Usina Garcia

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
8,92	95,21%	3,17%	1,62%	0,00%	19,76%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,53%	74,91%	67,80%	79,60%	77,39%	6,05
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
7,10	6,90				

Fonte: Elaboração própria (2020).

4.5 Resultados Usina Rio dos Cedros

Para a Usina Rio dos Cedros, observa-se, através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 24, que somente a partir de julho a disponibilidade para operação superou os 90,00%.

Em janeiro, as duas UGs estavam fora de operação devido à reforma do conduto forçado, responsável por conduzir a água do reservatório até a turbina de cada UG. Em fevereiro, houve a conclusão da reforma do conduto forçado e liberação das UGs para geração, porém, a UG-01 não apresentou condição de funcionamento, pois, estava apresentando vazamento da água na turbina, ficando fora de operação (indisponibilidade forçada) até o final de março. Entre fevereiro e abril, houve indisponibilidades programadas nas UGs a fim de execução de ensaios e ajustes técnicos em ambas as UGs.

Entre maio e junho houve diversas indisponibilidades forçadas devido a aquecimento excessivo no mancal guia de ambas as UGs. Em junho houve uma elevada indisponibilidade programada a fim de resolver o problema de aquecimento dos mancais.

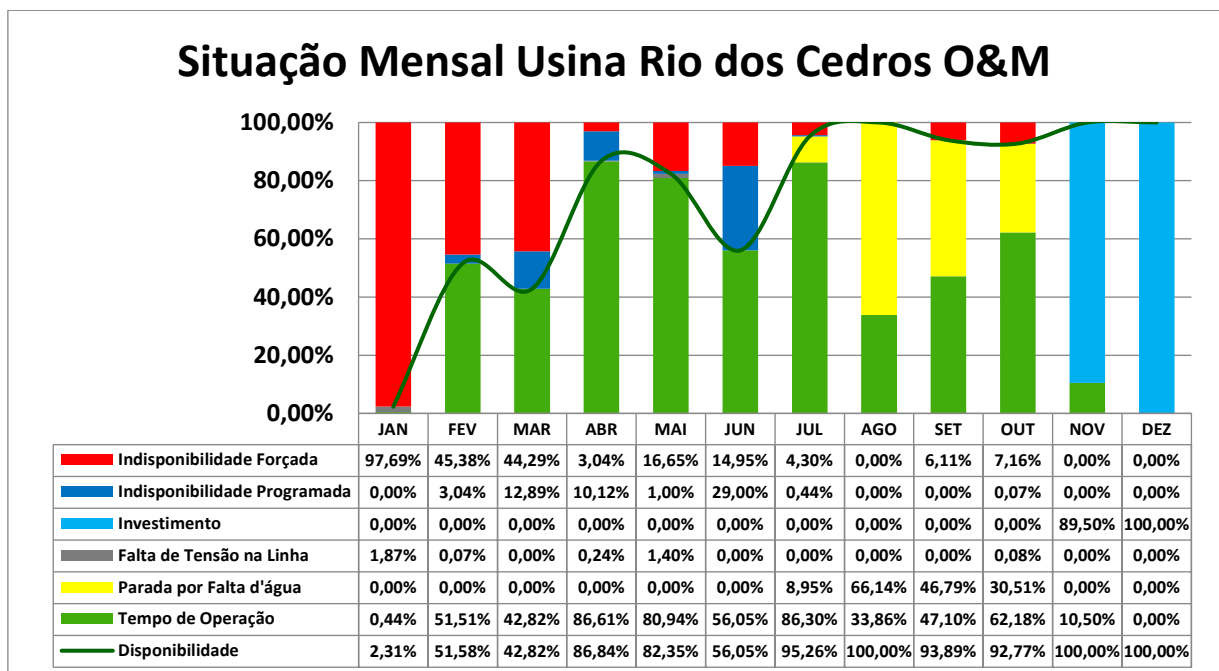
No início de novembro, ambas as UGs foram retiradas de operação para uma nova etapa de investimentos na usina. A automação da Usina Rio dos Cedros foi toda refeita e um novo sistema supervisório, específico para operação remota, foi instalado (a conclusão da automação da Usina Rio dos Cedros se deu em março de 2020).

Houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação à potência instalada. Todas estão apresentadas na Figura 24.

As paradas por falta de tensão na linha foram pouco relevantes, apenas nos meses de janeiro e maio, a falta de tensão na linha representou, respectivamente, 1,87% e 1,40% de indisponibilidade para cada mês.

Um fator que afetou o desempenho da usina entre agosto e outubro foi à falta d'água ocasionada por um baixo volume no acumulado de precipitações, impossibilitando utilização da capacidade plena de geração da usina. Para os meses de agosto, setembro e outubro, houve uma disponibilidade de, respectivamente, 100,00%, 93,89% e 92,77, porém, o tempo em operação foi, respectivamente, de 33,86%, 47,10 e 62,18%, já o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 66,14%, 46,79% e 30,51%.

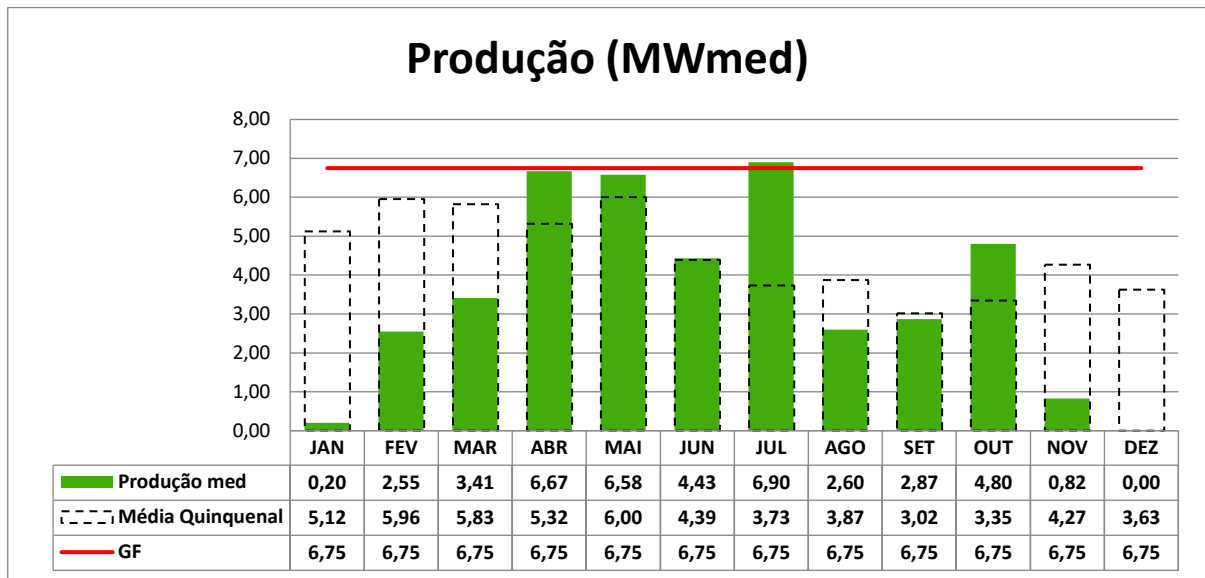
Figura 24 - Situação Mensal Usina Rio dos Cedros O&M



Fonte: Elaboração própria (2020).

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 25 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 25 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Pode-se observar que a geração de energia na Usina Rio dos Cedros foi afetada em relação às indisponibilidades forçadas ou programadas, por falta d'água e por investimento. Nos meses de janeiro, fevereiro e março, em que houve indisponibilidades forçadas relevantes, a geração média mensal ficou abaixo da média quinquenal e da GF. Nos meses de agosto e setembro, destacam-se a geração abaixo da GF e da média quinquenal devido à falta d'água. Nos meses de novembro e dezembro, como as UGs foram desligadas para investimento, devido ao processo de automação, a geração ficou totalmente comprometida.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. A seguir é apresentada a Tabela 6 com todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 6 - Resultados do ano de 2019 Usina Rio dos Cedros

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
8,40	60,25%	17,65%	4,87%	17,23%	13,85%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,33%	46,07%	41,50%	80,36%	54,04%	3,49
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
6,75	4,54				

Fonte: Elaboração própria (2020).

4.6 Resultados Usina Salto

Para a Usina Salto, observa-se através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 26, que a operação da Usina foi restabelecida somente em maio de 2019. Antes desse período, a usina encontrava-se 100% parada para investimentos. Os investimentos na usina se deram nas quatro UG se também no canal de captação d'água, que foi secado, entre março e abril, para melhorias e adaptação da captação de água por parte as SAMAE, companhia de saneamento e esgoto que atende a cidade de Blumenau.

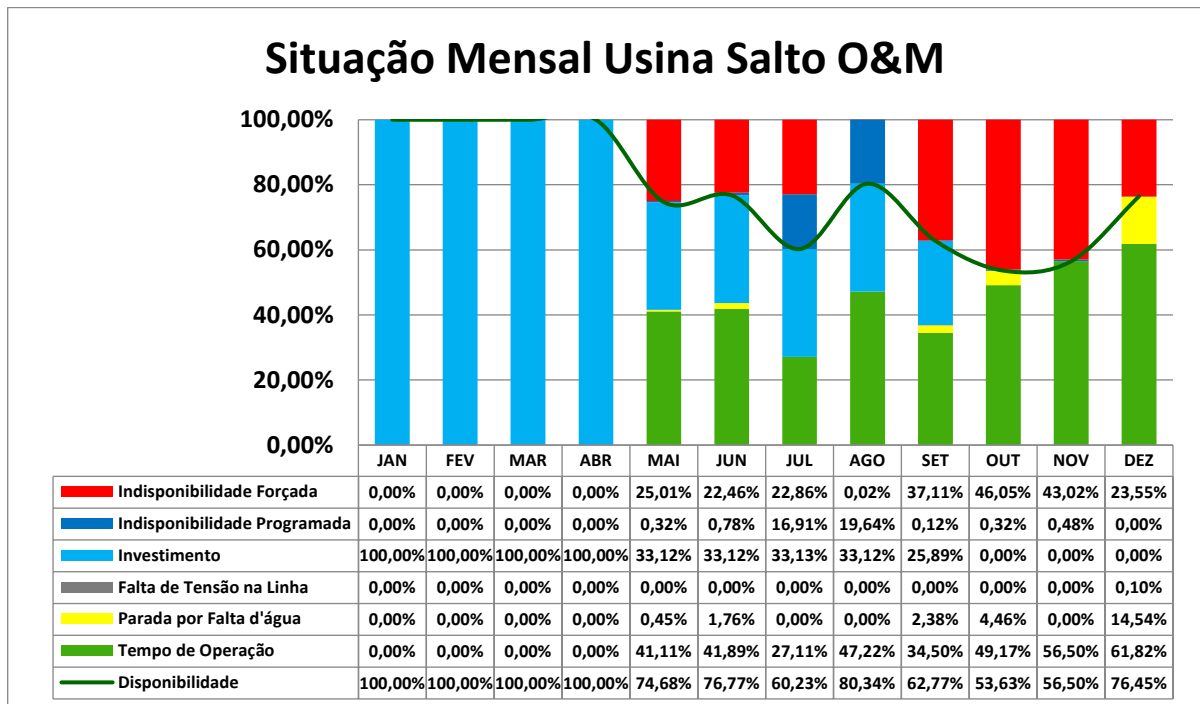
Em maio houve o retorno a operação da UG-01 e UG-03. Também nesse período, a UG-02 venceu o prazo máximo de período de desligamento por investimento, passando a ser considerado como uma indisponibilidade forçada, pois, estava entregue a manutenção e sem condições de voltar a operar.

Entre julho e agosto, ocorreram indisponibilidades programadas para execução de melhorias no canal de fuga das UGs, a jusante das turbinas. No mês de agosto, a UG-02 foi entregue a operação, permanecendo então, somente a UG-04 fora de operação para investimentos.

No início de setembro, a UG-01 foi desligada por vibração excessiva, e precisou ser desmontada, em que foram constatadas avarias nas pás do distribuidor, sendo necessária a confecção de novas peças para a UG. Somente em meados de dezembro a UG foi liberada para operação. No final de setembro houve a entrega da UG-04 para a operação.

Entre outubro e novembro houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação à potência instalada. Todas estão apresentadas na Figura 26.

Figura 26 - Situação Mensal Usina Salto O&M

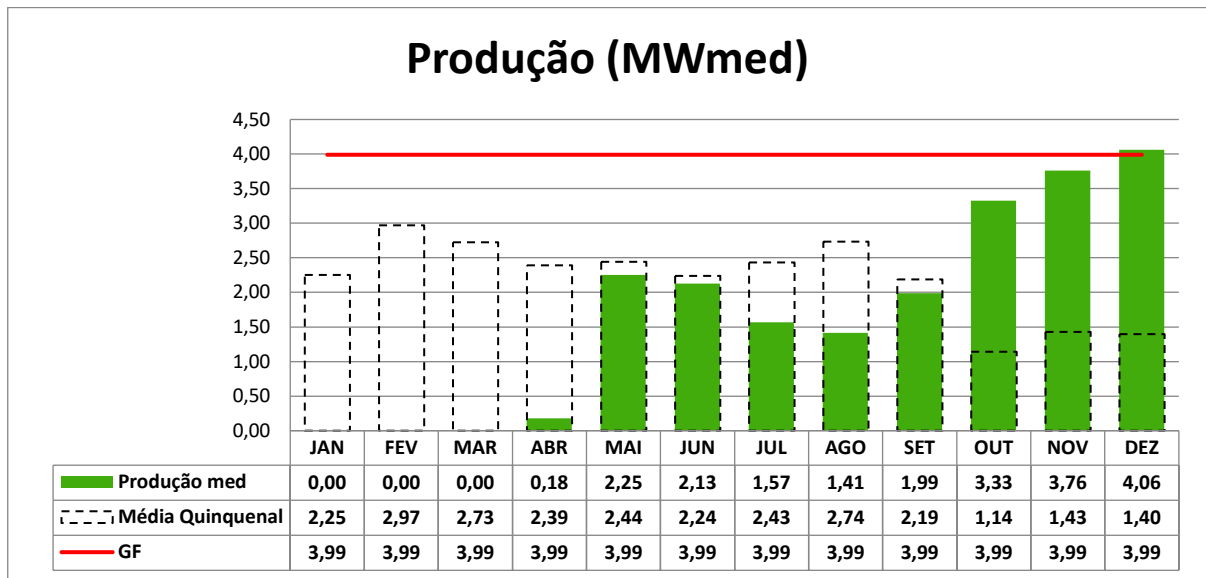


Fonte: Elaboração própria (2020).

A falta d'água devido ao baixo nível de precipitações, apenas esteve presente, com certa relevância, no mês de dezembro, em que, houve uma disponibilidade de 76,45%, porém, o tempo em operação foi de 61,82%, já o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 14,54%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 27 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 27 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

A geração de energia na Usina Garcia foi afetada por indisponibilidades forçadas/programadas e, principalmente, por investimentos. Apenas nos meses de outubro, novembro e dezembro houve melhora significativa na geração, ficando bem acima da média quinquenal e próximo a GF. Isso demonstra que a parada da usina para investimentos, surtiu o efeito esperado, principalmente, ao compararmos com a média de geração quinquenal. Após o término e entrega das UGs para a operação, houve melhora significativa no montante de geração, mesmo com o problema apresentado pela UG-01, que somente voltou à operação em meados de dezembro.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. A seguir é apresentada a Tabela 7 com todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 7 - Resultados do ano de 2019 Usina Salto

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
6,28	34,82%	20,01%	3,51%	41,67%	2,14%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,01%	32,66%	27,44%	63,54%	34,95%	1,72
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
3,99	2,19				

Fonte: Elaboração própria (2020).

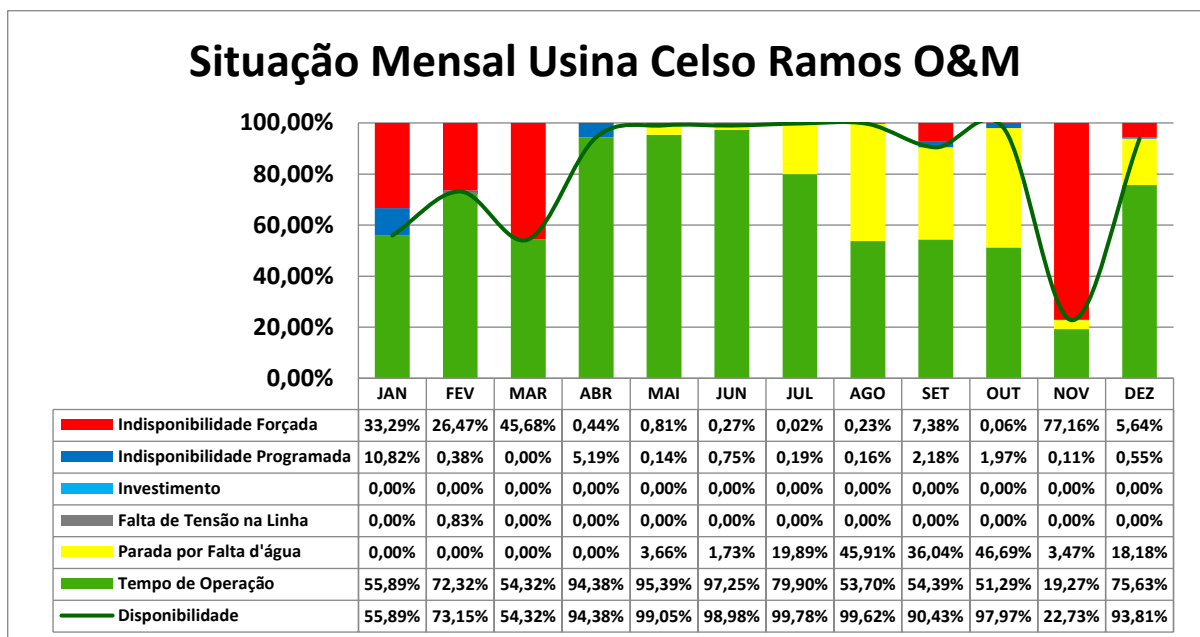
4.7 Resultados Usina Celso Ramos

Para a Usina Celso Ramos, observa-se através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 28, que na maior parte do ano mais de 90% da potência instalada estava disponível para a operação.

A exceção se deu nos meses de janeiro, fevereiro, março e novembro, em que houve indisponibilidades forçados/programadas nas UGs. Sendo que do total de potência instalada na usina, ficaram indisponíveis, respectivamente, 44,11%, 26,86%, 45,68%, 77,27%. Entre janeiro e março, um aquecimento no mancal guia gerador da UG-01 ocasionou uma indisponibilidade forçada da mesma, sendo que foi necessário a confecção de um novo mancal para substituir o mancal danificado. Somente no início de abril a UG-01 voltou a operar. Em novembro, houve um severo dano no sistema de Voltagem em Corrente Contínua (VCC) da usina, impossibilitando a mesma voltar à operação, somente no início de dezembro, após substituição de fiação e de instalação de novos bancos de baterias e relés de proteção, foi possível retornar com as UGs a operação.

Houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação à potência instalada. Todas estão apresentadas na Figura 28.

Figura 28 - Situação Mensal Usina Celso Ramos O&M

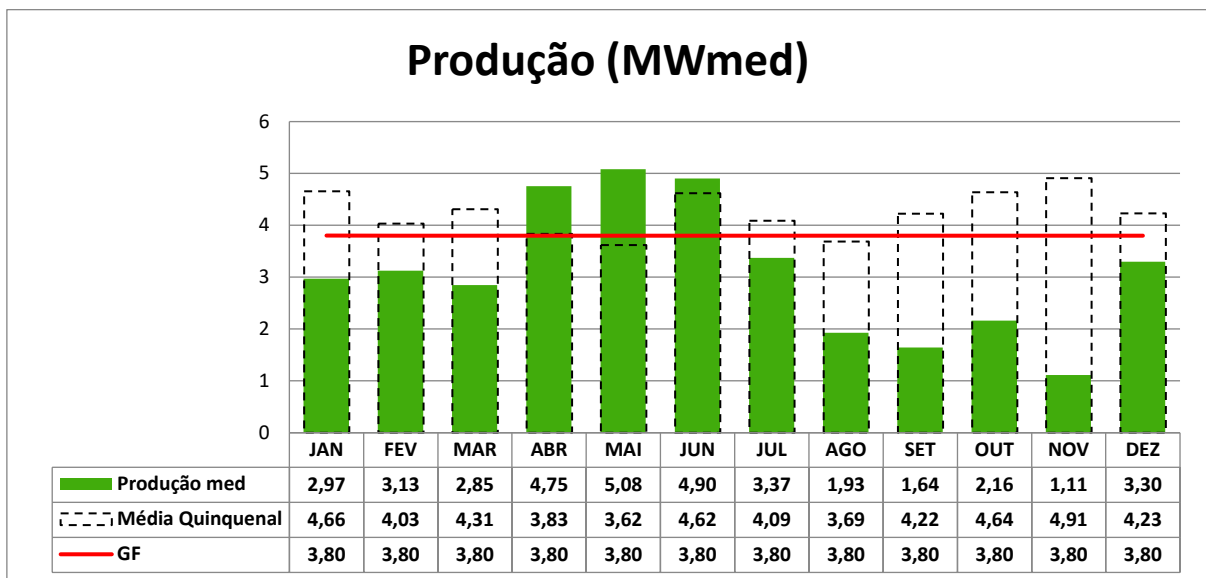


Fonte: Elaboração própria (2020).

Devido ao baixo volume no acumulado de precipitações no segundo semestre, o fator que mais afetou o desempenho da usina, principalmente entre agosto e outubro, foi à falta d'água, impossibilitando utilização da capacidade plena de geração da usina. Nos meses entre agosto e outubro, em que, respectivamente, houve uma disponibilidade de 99,62, 90,43% e 97,97%, o tempo em operação foi, respectivamente, de 53,70%, 54,39% e 51,29%, já o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 45,91%, 36,04% e 46,69%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 29 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 29 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Pode-se observar que a geração de energia na Usina Celso Ramos foi afetada, principalmente, em relação às indisponibilidades forçadas e por falta d'água. Nos meses de janeiro, fevereiro, março e novembro, em que houve indisponibilidades forçadas relevantes, a geração média mensal ficou abaixo da média quinquenal e da GF. Nos meses entre julho e outubro e em dezembro, destacam-se a geração abaixo da GF e da média quinquenal, principalmente em agosto e setembro, devido à falta d'água. Nos meses entre abril e junho, em que não houve falta d'água e/ou indisponibilidades relevantes, a geração manteve-se acima da GF e acima da média quinquenal.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. Na sequência é apresentada a Tabela 8 com todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 8 - Resultados do ano de 2019 Celso Ramos

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
5,62	82,45%	15,54%	2,00%	0,00%	15,96%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,00%	66,49%	55,15%	67,62%	75,40%	3,10
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
3,80	4,24				

Fonte: Elaboração própria (2020).

4.8 Resultados Usina Caveiras

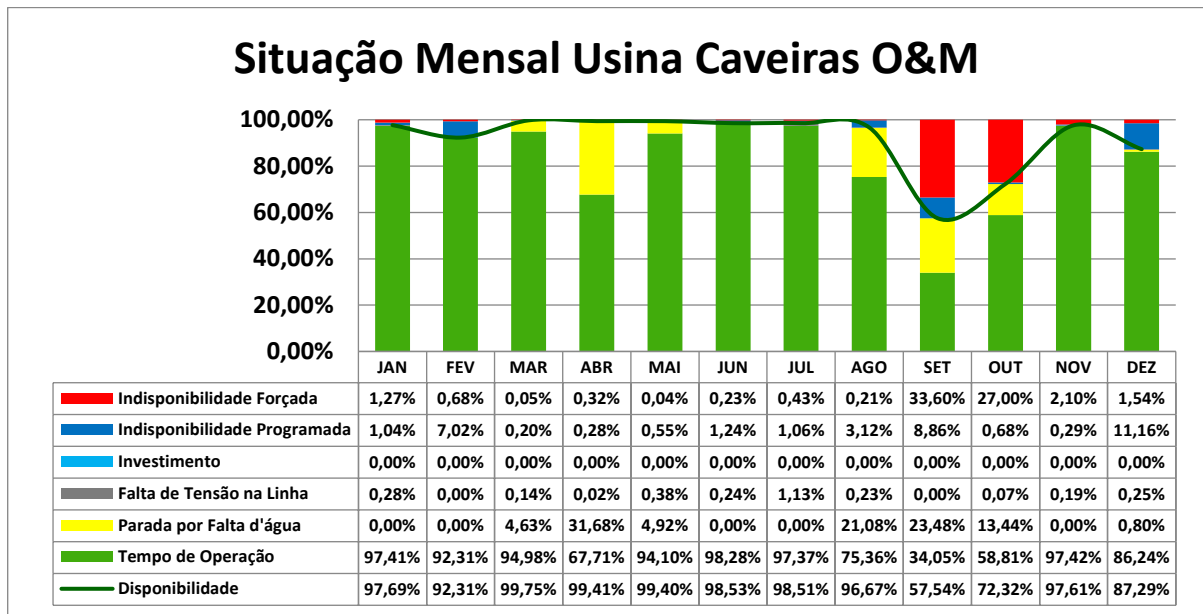
Para a Usina Caveiras, observa-se através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 30, que na maior parte do ano mais de 90% da potência instalada estava disponível para a operação.

A exceção se deu nos meses de setembro e outubro, em que houve indisponibilidade forçada na UG-02, que representa 40% da carga instalada da usina. Sendo que do total de potencial de geração da usina, ficou indisponível, respectivamente, 36,60% e 27,00%. A indisponibilidade da UG-02 se deu por conta de desgaste no mancal guia turbina, que teve que ser retirado e usinado para ter condições de ser reinstalado.

Houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação à potência instalada. Todas estão apresentadas na Figura 30.

As paradas por falta de tensão na linha foram pouco relevantes, o maior montante observa-se no mês julho, em que a falta de tensão na linha representou 1,13% de indisponibilidade para o mês.

Figura 30 - Situação Mensal Usina Caveiras O&M

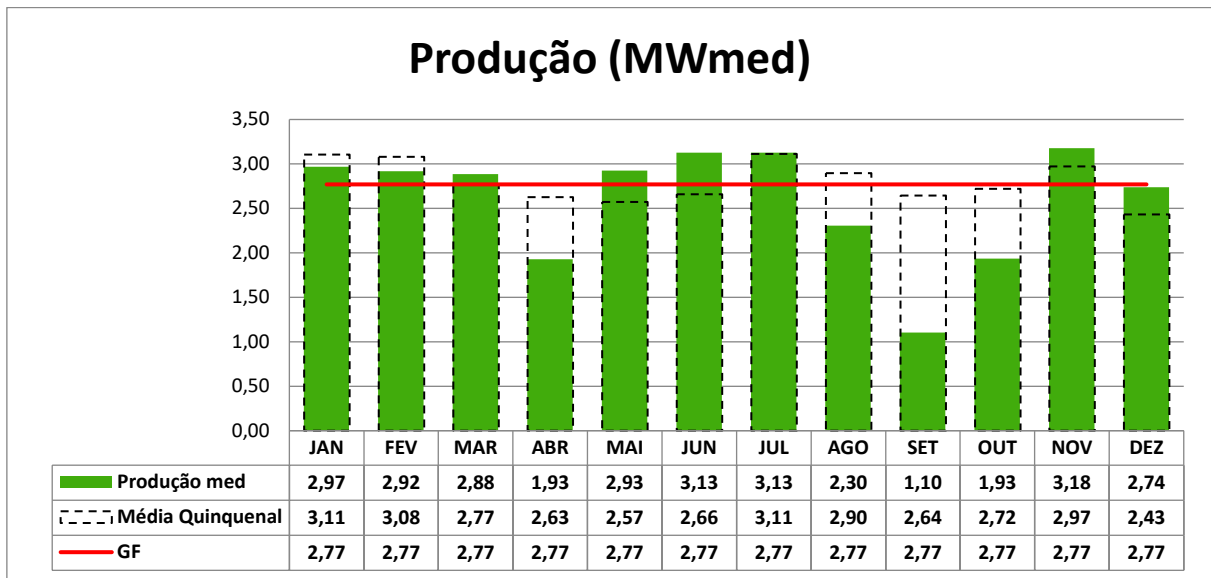


Fonte: Elaboração própria (2020).

Outro fator que afetou o desempenho da usina foi à falta d'água, ocorrido por um baixo volume acumulado de precipitações e presente com relevância nos meses de abril, agosto, setembro e outubro. Nos meses citados, respectivamente, houve uma disponibilidade de 99,43%, 96,67, 57,54 e 72,32%, porém, o tempo em operação foi, respectivamente, de 67,71%, 75,36%, 34,05% e 58,81%, já o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 31,68%, 21,08%, 23,48% e 13,44%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 31 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 31 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Pode-se observar que a geração de energia na Usina Palmeiras foi afetada em relação às indisponibilidades forçadas/programadas e por falta d'água. Em todos os meses em que houve indisponibilidades forçadas ou falta d'água relevante, a geração média mensal ficou abaixo da média quinquenal e da GF. Nos demais meses a geração foi muito boa, ficando, geralmente, acima da GF e acima da média quinquenal.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. Na sequência é apresentada a Tabela 9 com todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 9 - Resultados do ano de 2019 Usina Caveiras

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
3,83	91,34%	6,07%	2,59%	0,00%	9,09%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,27%	81,98%	67,74%	72,32%	73,08%	2,59
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
2,77	2,80				

Fonte: Elaboração própria (2020).

4.9 Resultados Usina Ivo Silveira

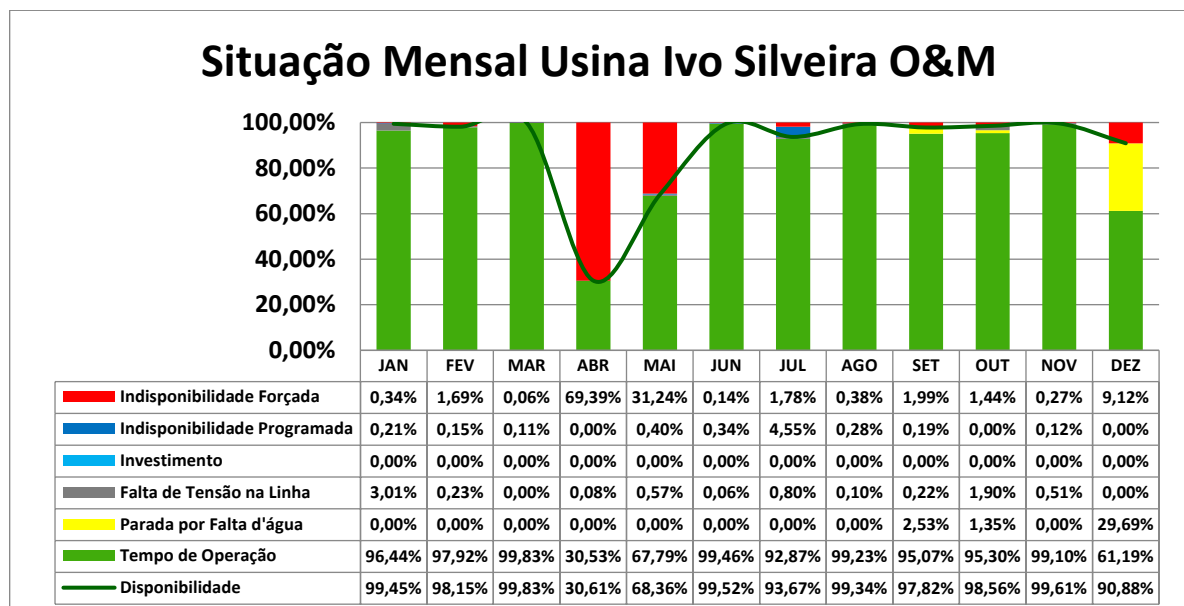
Para a Usina Ivo Silveira, observa-se através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 32, que na maior parte do ano mais de 90% da potência instalada estava disponível para a operação.

A exceção se deu nos meses de abril e maio, em que houve indisponibilidade forçada na UG. Sendo que do total do potencial gerador da usina, ficaram indisponíveis, respectivamente, 69,39% e 31,24%. A indisponibilidade se deu por um defeito no distribuidor da turbina, algumas pás do distribuidor se soltaram, danificando a turbina e impossibilitando o retorno da mesma a operação enquanto as pás não fossem substituídas, o que ocorreu em meados de maio.

Houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação ao potencial da usina. Todas estão apresentadas na Figura 32.

As paradas por falta de tensão na linha foram pouco relevantes, apenas no mês janeiro houve certa relevância, a falta de tensão na linha representou 3,01% de indisponibilidade para o mês.

Figura 32 - Situação Mensal Usina Ivo Silveira O&M



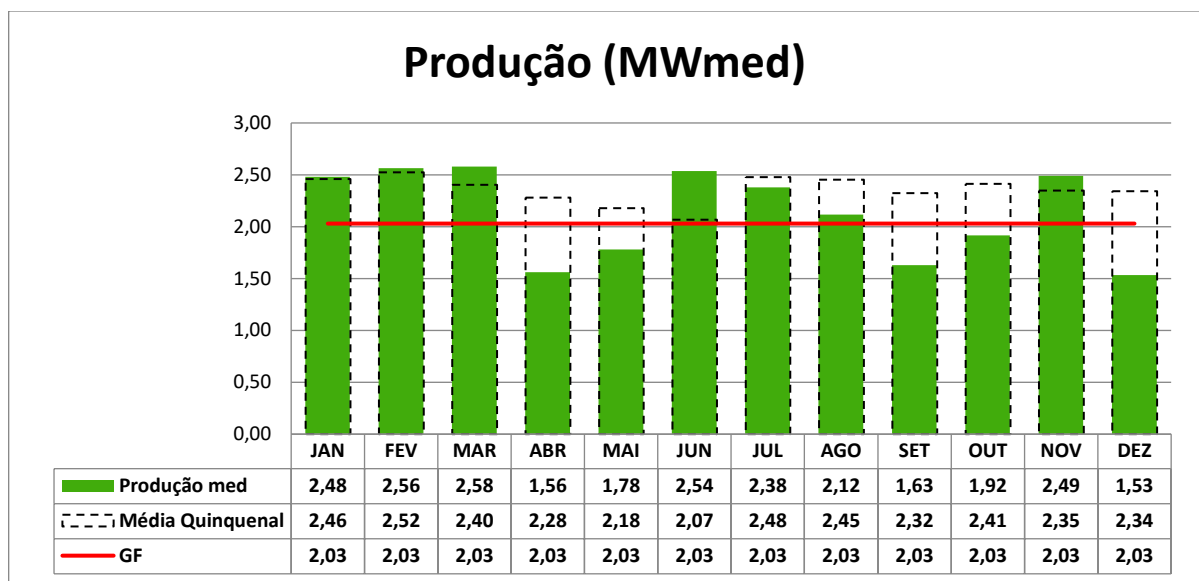
Fonte: Elaboração própria (2020).

A falta d'água esteve presente somente nos últimos meses do ano, especialmente em dezembro, isso aconteceu não em decorrência da falta de precipitações, mas sim, em função de uma nova usina construída a jusante da Usina

Ivo Silveira, porém, com captação a montante. Não compete ao presente TCC discutir a legalidade da situação, esse fato ainda está sendo tratado juridicamente pela Celesc Geração, pois, a Usina Ivo Silveira detém a outorga do uso da água do rio. Esse fato impossibilitou a utilização da capacidade plena de geração da usina.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 33 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 33 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Pode-se observar que a geração de energia na Usina Ivo Silveira foi afetada em relação às indisponibilidades forçadas nos meses de abril e maio, a geração média mensal ficou abaixo da média quinquenal e da GF. Entre julho e outubro, destacam-se a geração abaixo da média quinquenal, devido à diminuição do volume de água que chegava ao reservatório, pois, a usina a jusante da Ivo Silveira estava fazendo testes. No mês de dezembro, com a ativação da usina a jusante da Usina Ivo Silveira, a geração teve que ser reduzida e, em alguns momentos, a UG teve que ser desligada, pois, o montante de água que chegava ao reservatório não era o suficiente para deixar a UG em operação, mesmo que estivesse gerando o mínimo.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. A seguir é apresentada a Tabela 10 com todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 10 - Resultados do ano de 2019 Ivo Silveira

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
2,60	88,88%	10,56%	0,56%	0,00%	3,05%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,66%	85,17%	81,94%	78,08%	90,61%	2,13
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
2,03	2,36				

Fonte: Elaboração própria (2020).

4.10 Resultados Usina Pirai

Para a Usina Pirai, observa-se através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 34, que na maior parte do ano mais de 90% da potência instalada estava disponível para a operação.

A exceção se deu nos meses de fevereiro, março e outubro, em que houve indisponibilidades forçadas nas UGs. Sendo que do total do período de cada mês, ficaram indisponíveis por um período de, respectivamente, 68,07%, 68,19% e 41,36% do montante de cada mês.

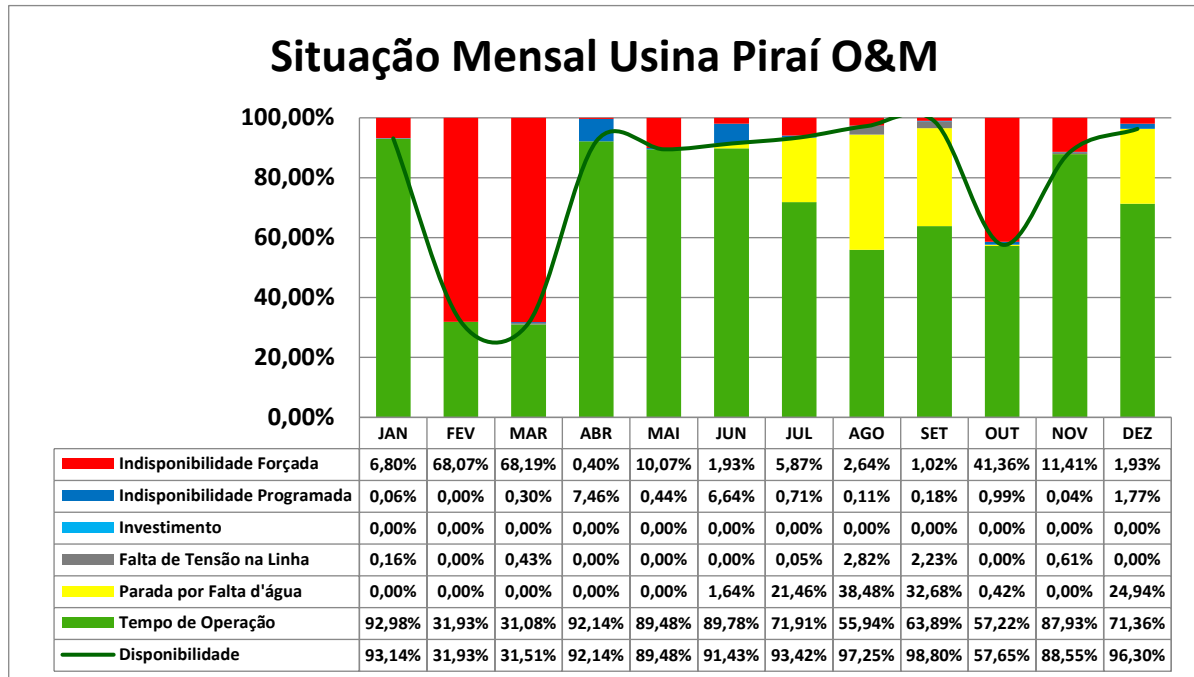
As indisponibilidades forçadas ocorridas entre fevereiro e março se deram por um rompimento no canal de adução que atendia a UG-01 e UG-02, sendo que num primeiro momento, as quatro UGs tiveram que ser desligadas para esvaziamento dos condutos forçados, após isso, foi possível isolar o defeito e no início de abril, foi executada uma programação para restabelecimento do canal de adução das UGs 1 e 2, com isso, a usina passou a ter as 4 UGs liberadas para a operação.

Em outubro houve defeito na válvula borboleta da UG-03. Inicialmente, foi necessário o desligamento da UG-04 para esvaziamento do conduto forçada que atende as duas UGs em questão. Após ser isolado o defeito a UG-04 voltou a operar normalmente. O defeito da UG-03 somente foi sanado no início de novembro.

Houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação à duração da indisponibilidade. Todas estão apresentadas na Figura 34.

As paradas por falta de tensão na linha foram pouco relevantes, apenas nos meses de agosto e setembro tiveram certa relevância, a falta de tensão na linha representou, respectivamente, 2,82% e 2,23% de indisponibilidade para cada mês.

Figura 34 - Situação Mensal Usina Piraí O&M

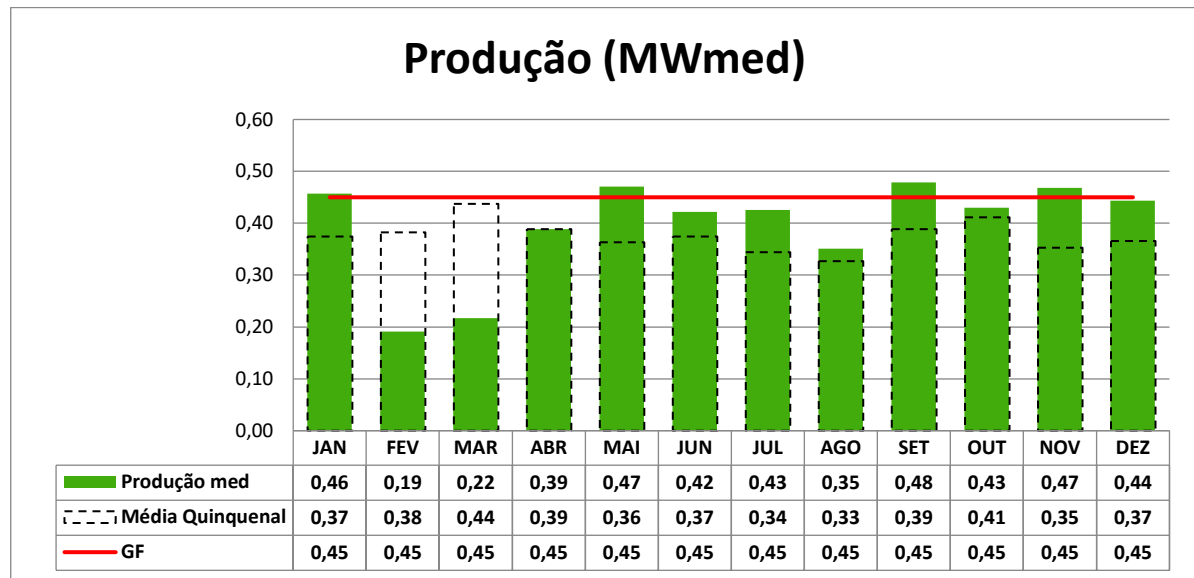


Fonte: Elaboração própria (2020).

Um fator que afetou o montante de geração da usina foi à falta d'água, presente nos meses de julho a setembro e dezembro, ocorrido devido a um baixo volume no acumulado de precipitações, impossibilitando a utilização da capacidade plena de geração da usina. Nos meses em questão, respectivamente, houve uma disponibilidade de 93,43%, 97,25%, 98,80 e 96,30%, porém, o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 21,46%, 38,48%, 32,58 e 24,94%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 35 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 35 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Pode-se observar que a geração de energia na Usina Piraí foi afetada em relação às indisponibilidades forçadas nos meses de fevereiro e março, em que houve indisponibilidades forçadas relevantes, a geração média mensal ficou abaixo da média quinquenal e da GF. No restante dos meses, apesar de ter ocorrido outras indisponibilidades e falta d'água, a geração alcançou bons resultados, ficando sempre acima da média quinquenal e, em alguns meses, acima da GF.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. Na sequência é apresentada a Tabela 11 com todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 11 - Resultados do ano de 2019 Usina Piraí

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
0,78	84,51%	13,78%	1,70%	0,00%	10,88%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,57%	73,07%	56,88%	57,69%	48,19%	0,44
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
0,45	0,38				

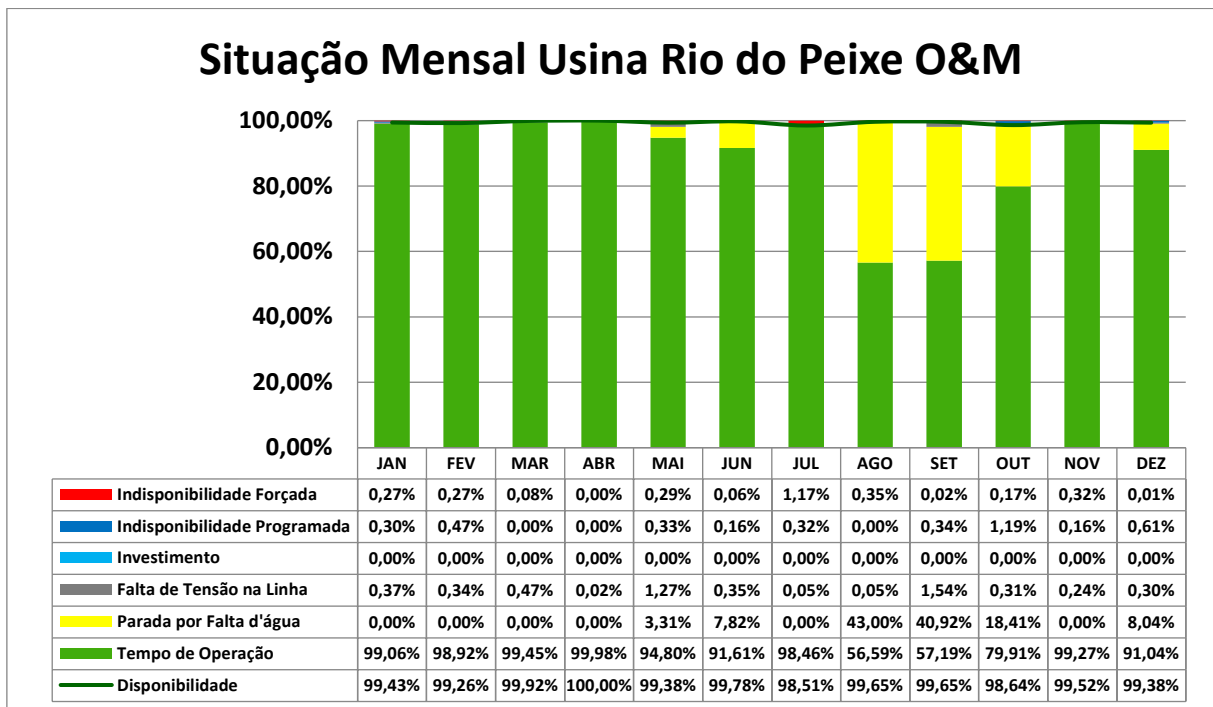
Fonte: Elaboração própria (2020).

4.11 Resultados Usina Rio do Peixe

Para a Usina Rio do Peixe, observa-se, através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 36, que durante todo o ano, a disponibilidade das UGs ficou próximo a 100%.

Houve algumas indisponibilidades forçadas/programadas, porém, de pouca relevância em relação ao montante. Todas estão apresentadas na Figura 36.

Figura 36 - Situação Mensal Rio do Peixe O&M

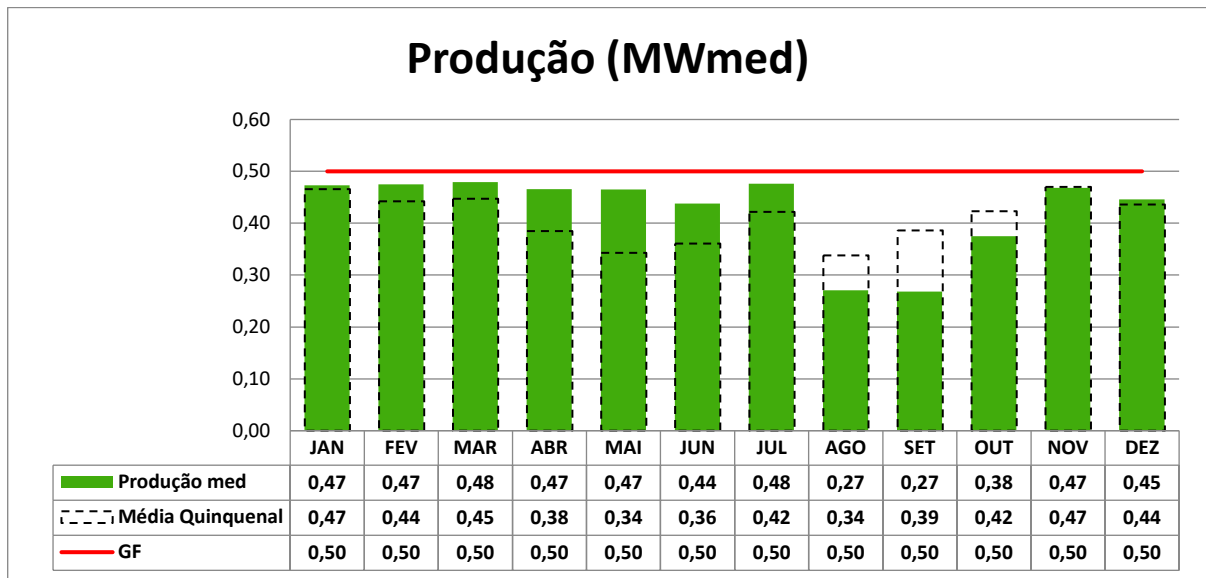


Fonte: Elaboração própria (2020).

O fator que mais afetou o desempenho da usina foi à falta d'água, presente, principalmente, nos meses de agosto, setembro e outubro, ocorrido devido a um baixo volume no acumulado de precipitações, impossibilitando utilização da capacidade plena de geração da usina. Para os meses de agosto, setembro e outubro houve uma disponibilidade de, respectivamente, 99,65%, 99,65% e 99,64%, porém, o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 43,00%, 40,92% e 18,41%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 37 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 37 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Pode-se observar que a geração de energia na Usina Rio do Peixe foi afetada em relação falta d'água. Nos meses de entre agosto e outubro, em que a geração média mensal ficou abaixo da média quinquenal e da GF. No restante do ano, a geração foi satisfatória, sempre igual ou acima da média quinquenal.

Uma observação se faz em relação à Usina Rio de Peixe, mesmo gerando com capacidade plena, o montante de geração não atinge a garantia física.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. A seguir é apresentada a Tabela 12 com todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 12 - Resultados do ano de 2019 Usina Rio do Peixe

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
0,52	99,44%	0,25%	0,31%	0,00%	11,05%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,45%	87,94%	81,74%	96,15%	78,82%	0,43
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
0,50	0,41				

Fonte: Elaboração própria (2020).

4.12 Resultados Usina São Lourenço

Para a Usina São Lourenço, observa-se através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 38, que a partir de abril mais de 90% da potência instalada estava disponível para a operação.

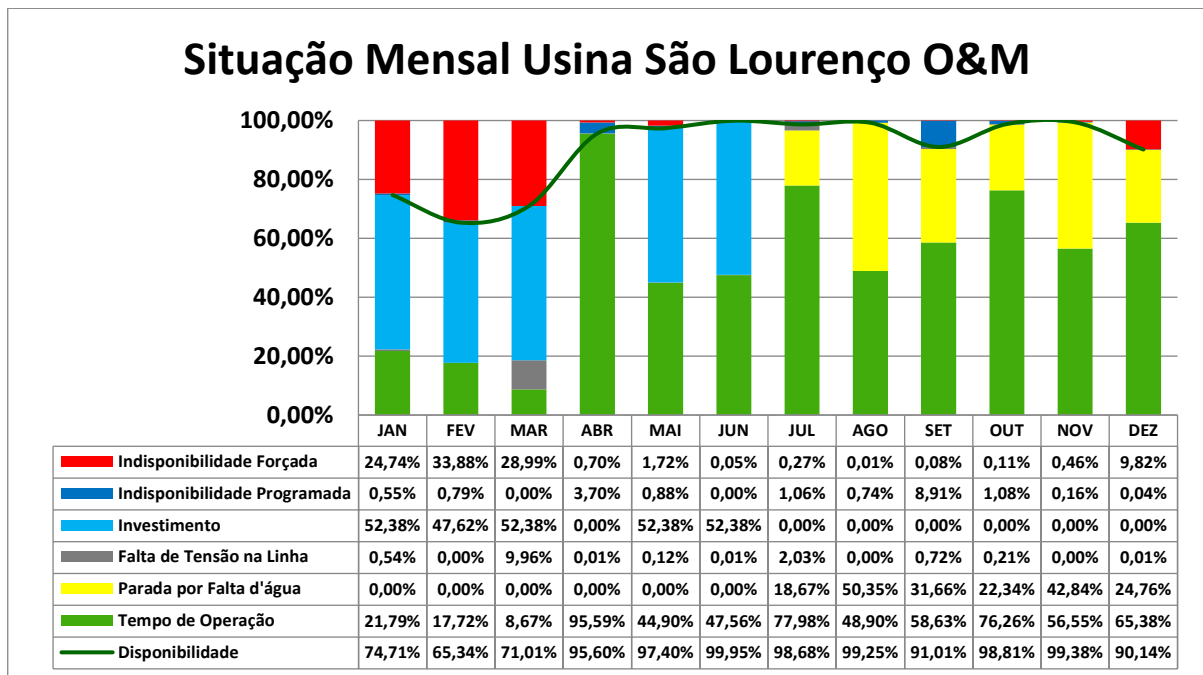
Nos meses de janeiro, fevereiro e março, a UG-01 estava fora de operação para investimento, pois, estava no processo de automação. Também houve, no mesmo período, indisponibilidades forçadas nas UG-02 devido a diversas falhas por sobreaquecimento do gerador.

Entre maio e junho a UG-02 ficou fora de operação para investimento, pois, estava no processo de automação, assim como aconteceu com a UG-01 anteriormente.

Houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação ao montante do período de cada mês. Todas estão apresentadas na Figura 38.

As paradas por falta de tensão na linha apenas foram relevantes no mês março, representou 9,96% de indisponibilidade para o mês.

Figura 38 - Situação Mensal Usina São Lourenço O&M

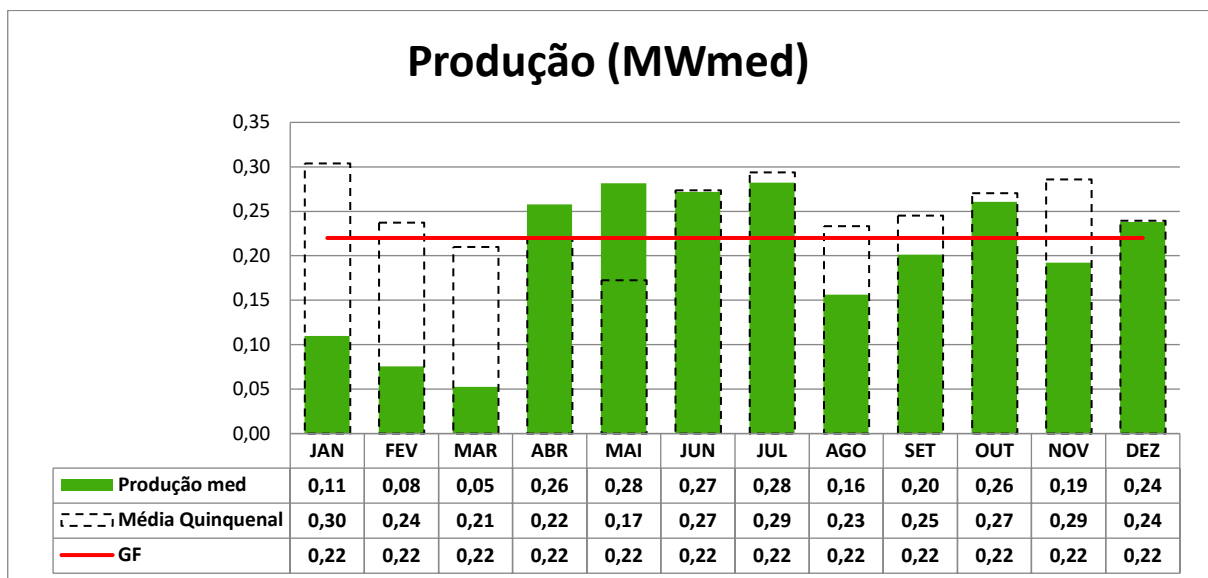


Fonte: Elaboração própria (2020).

O fator que mais afetou o desempenho da usina, ao longo de todo o segundo semestre, foi à falta d'água, ocorrida devido a um baixo volume no acumulado de precipitações, impossibilitando utilização da capacidade plena de geração da usina. Destacam-se os meses de agosto e setembro, em que, respectivamente, houve uma disponibilidade de 99,35% e 91,01%, porém, o tempo em que as UGs ficaram paradas por falta d'água foi de 50,35% e 31,66%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 39 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 39 - Produção (MWmed)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Pode-se observar que a geração de energia na Usina São Lourenço foi afetada em relação às indisponibilidades forçadas ou programadas, investimentos e por falta d'água. Nos meses de janeiro, fevereiro e março, em que houve indisponibilidades forçadas relevantes e investimentos, a geração média mensal ficou abaixo da média quinquenal e da GF. Nos meses de agosto, setembro e novembro, destacam-se a geração bem abaixo da GF e da média quinquenal devido à falta d'água.

Após a análise mensal da geração da usina, é possível fazer a análise anual. Na sequência é apresentada a Tabela 13 com todos os dados relativos ao desempenho da Usina no ano de 2019.

Tabela 13 - Resultados do ano de 2019 Usina São Lourenço

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
0,42	73,31%	6,09%	1,56%	19,05%	17,33%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
1,24%	54,75%	47,20%	52,38%	59,25%	0,20
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
0,22	0,25				

Fonte: Elaboração própria (2020).

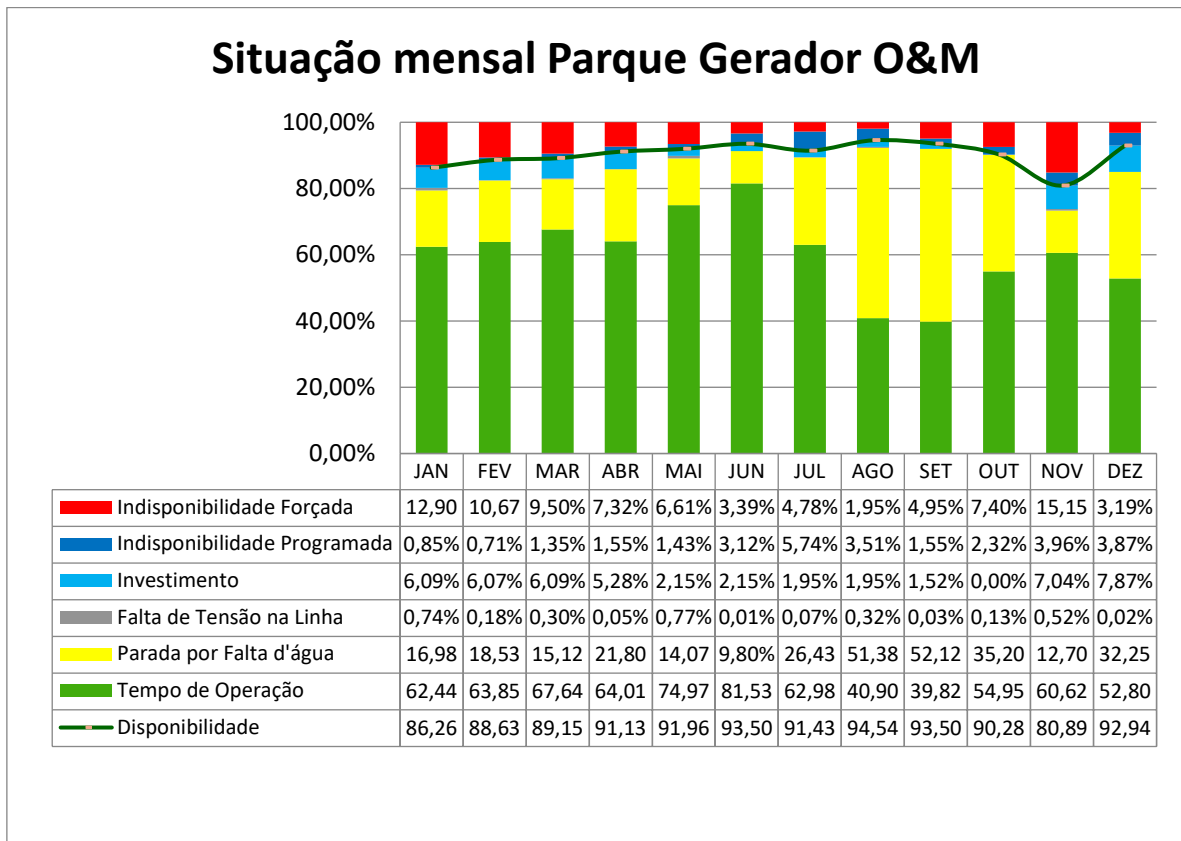
4.13 Resultados do Parque Gerador

Para o parque gerador como um todo, pode-se observar através do gráfico de Operação e Manutenção (O&M), Figura 40, que na maior parte do ano, houve em torno de 90% de disponibilidade para a operação.

Em todos os meses do ano houve indisponibilidades forçadas e programadas, principalmente entre janeiro e março e em novembro, em que as indisponibilidades forçadas e programadas, somadas, alcançaram os maiores índices, chegando a 19,04% do período disponível para operação.

Houve outras indisponibilidades, porém, de menor impacto em relação ao montante de período de cada mês. Todas estão apresentadas na Figura 40.

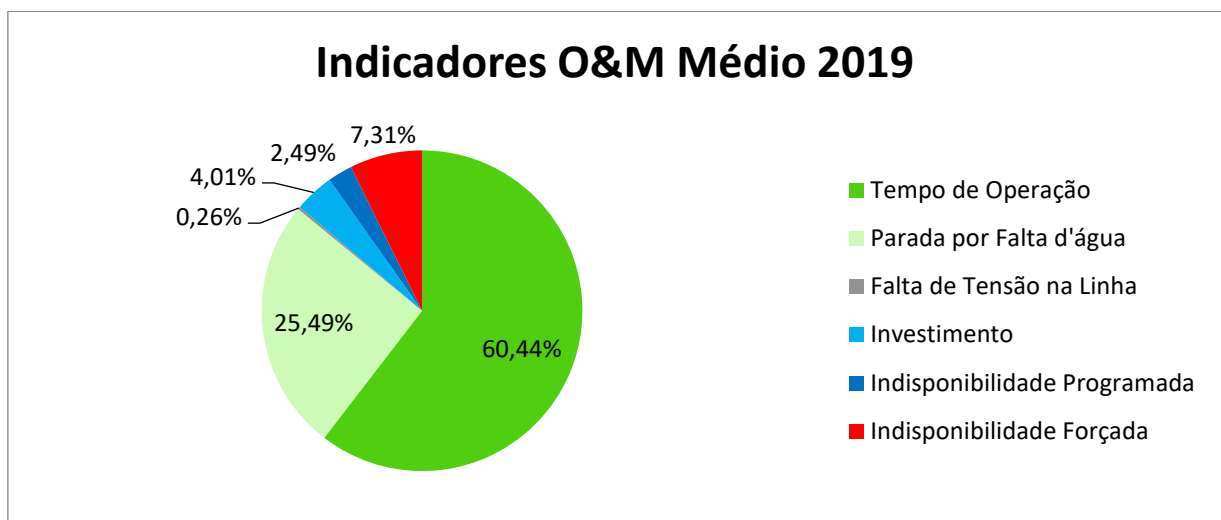
Figura 40 - Situação mensal Parque Gerador O&M



Fonte: Elaboração própria (2020).

Na Figura 41 estão representados os dados anuais de 2019 dos indicadores de operação e manutenção, com os percentuais relativos ao montante de todas as usinas do parque gerador da Celesc Geração.

Figura 41 - Indicadores O&M 2019

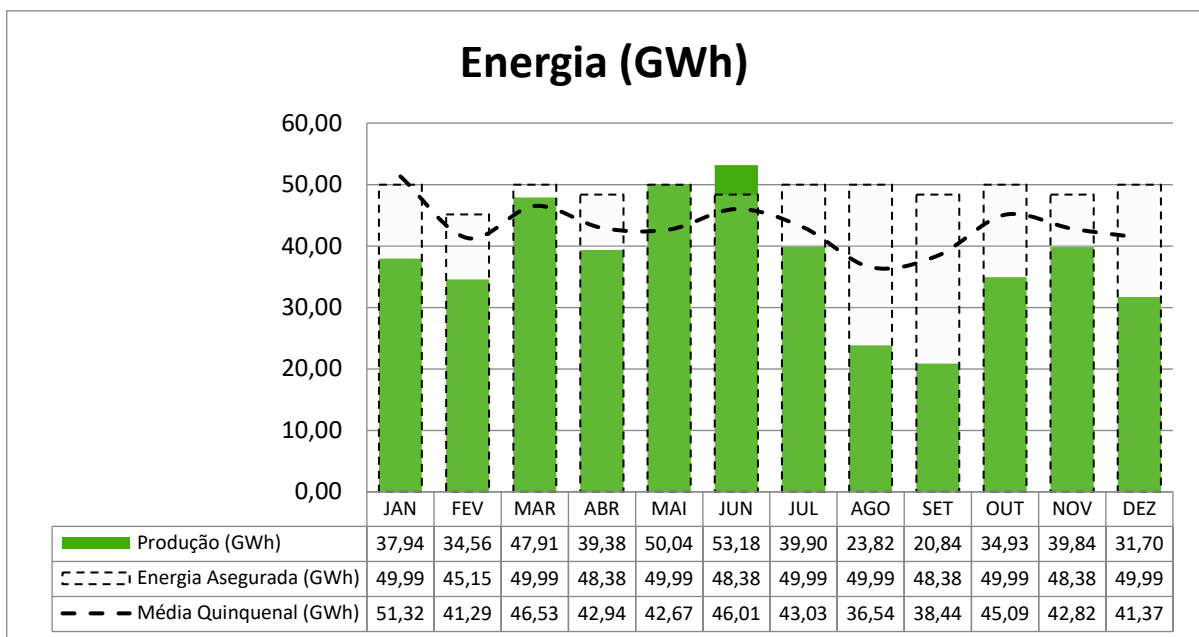


Fonte: Elaboração própria (2020).

O fator que mais afetou o desempenho das usinas foi à falta d'água, ocorrido principalmente devido a um baixo volume no acumulado de precipitações ao longo do ano de 2019, com maior impacto no segundo semestre do ano, impossibilitando utilização da capacidade plena de geração da usina. Destacam-se os meses de agosto e setembro, em que, respectivamente, houve uma disponibilidade do parque gerador de 94,50% e 93,50%, porém, o tempo em operação foi, respectivamente, de 40,90% e 39,80%, já o tempo em que as usinas ficaram com UGs paradas por falta d'água foi de 51,30% e 52,10%.

Em relação à produção mensal de energia, observa-se no gráfico da Figura 42 a produção média mensal (em verde), a média quinquenal (linha tracejada) e a Garantia Física (GF) (linha vermelha).

Figura 42 - Produção GWh



Fonte: Elaboração própria (2020).

Pode-se observar que a geração de energia do parque gerador foi afetada em relação às indisponibilidades forçadas ou programadas, investimentos e por falta d'água. A geração média mensal ficou abaixo da média quinquenal e da GF em quase todos os meses, apenas em março, maio e junho a geração superou a GF, porém, em relação à média quinquenal, apenas o mês de junho superou a média.

Após a análise mensal da geração do parque gerador da Celesc Geração, é possível fazer a análise anual. A seguir é apresentada a Tabela 14 com todos os dados relativos ao desempenho do parque no ano de 2019.

Tabela 14 - Resultados do ano de 2019 Parque Gerador Celesc Geração

Potência Instalada (MW)	Disponibilidade	Indisponibilidade Forçada	Indisponibilidade Programada	Indisponibilidade Investimento	Parada por Falta d'água
106,97	86,68%	7,01%	2,66%	3,83%	26,17%
Falta de Tensão na Linha	Tempo de Operação	produção	GF	média quinquenal	Produção (MWmed)
0,27%	60,24%	48,46%	62,81%	55,30%	51,88
GF (MWmed)	Média quinquenal (MWmed)				
67,19	59,15				

Fonte: Elaboração própria (2020).

Apesar do ano de 2019 resultar em uma disponibilidade de 86,68% e ter um total de indisponibilidades para investimento de 3,83%, totalizando 90,51% do período, fatos que mostram uma boa eficiência da O&M, a geração total ficou abaixo da média quinquenal e GF. A eficácia foi relativamente baixa, observa-se um tempo de operação de 60,24% e produção de apenas 48,46%. O baixo tempo de operação se deu, principalmente, devido a indisponibilidades hídricas ocorridas em função de um acumulado de precipitações baixo ao longo do ano de 2019. A baixa produção se justifica por não haver vazão hídrica suficiente para a geração em potência nominal das UGs que encontram-se em operação, portanto, mesmo que todas as UGs de uma usina estejam em operação, não significa que a geração esteja em valores nominais, a geração de cada UG depende da vazão hídrica disponível.

De posse de todos os dados, gráficos e tabelas elaboradas, observa-se que algumas usinas têm forte influência nos montantes de geração e da operação e manutenção. Na Tabela 15 são apresentados os percentuais relativos a cada usina e do parque gerador, deixando claro o impacto que cada usina tem dentro do parque gerador.

Tabela 15 - Comparação entre usinas do parque gerador

Usina	Potência Instalada (MW)	% em relação ao parque gerador	GF (MW)	% em relação ao parque gerador	Produção (MW)	% em relação ao parque gerador	Disponibilidade	Parada por falta d'água
Usina Pery	30,00	28,05%	14,08	20,96%	10,75	20,72%	96,98%	49,60%
Usina Palmeiras	24,60	23,00%	16,70	24,85%	13,64	26,29%	88,27%	22,44%
Usina Bracinho	15,00	14,02%	8,80	13,10%	7,72	14,88%	94,50%	19,80%
Usina Garcia	8,92	8,34%	7,10	10,57%	6,05	11,66%	95,21%	19,76%
Usina Cedros	8,40	7,85%	6,75	10,05%	3,49	6,72%	60,25%	13,85%
Usina Salto	6,28	5,87%	3,99	5,94%	1,72	3,32%	34,82%	2,14%
Usina Celso Ramos	5,62	5,25%	3,80	5,66%	3,10	5,97%	82,45%	15,96%
Usina Caveiras	3,83	3,58%	2,77	4,12%	2,59	5,00%	91,34%	9,09%
Usina Ivo Silveira	2,60	2,43%	2,03	3,02%	2,13	4,11%	88,88%	3,05%
Usina Pirai	0,78	0,73%	0,45	0,67%	0,44	0,86%	84,51%	10,88%
Usina Rio do Peixe	0,52	0,49%	0,50	0,74%	0,43	0,82%	99,44%	11,05%
Usina São Lourenço	0,42	0,39%	0,22	0,33%	0,20	0,38%	73,31%	17,33%
Parque	106,97	100,00%	67,19	100,00%	51,88	100,00%	86,68%	26,17%

Fonte: Elaboração própria (2020).

O primeiro fator que fica evidente é que, não necessariamente, a maior potência instalada representa a maior garantia física, a observar as usinas Pery e Palmeiras, em que, respectivamente, a potência instalada é de 30,00 MW e 24,60 MW e a GF é 14,08 MW e 16,70 MW.

Ao analisar as colunas de percentual em relação ao parque gerador, fica evidente a influência que cada usina tem sobre o montante de geração, observa-se, por exemplo, considerando a produção da Usina Pery, 10,75 MW, e a produção da Usina Ivo Silveira, 2,13 MW, se houver uma indisponibilidade na Usina Pery de uma hora, seria o equivalente a uma indisponibilidade de cinco horas para a Usina Ivo Silveira e comparando com a Usina São Lourenço, a mesma indisponibilidade seria equivalente a mais de 50 horas.

Através da tabela também se percebe que algumas usinas tiveram um rendimento melhor que outras. Destaca-se a Usina Ivo Silveira, que teve em sua produção média, um valor maior que sua GF, nenhuma outra usina obteve sua produção média maior que a sua respectiva GF.

Em relação à disponibilidade, observa-se um ótimo desempenho das usinas, com exceção das usinas Cedros, Salto e São Lourenço, que ficaram um longo período indisponíveis em função de investimentos. Apesar do valor elevado do

percentual de disponibilidade, pode-se notar que as paradas por falta d'água impactaram com grande relevância, principalmente nas usinas com maior capacidade de geração (considerasse disponível para operação as usinas que estão com UGs paradas por falta d'água).

Pode-se afirmar que o fator que mais afetou a geração no ano de 2019 foi à falta d'água, pois, mesmo com 86,68% de disponibilidade do parque gerador, tivemos 26,16% do período total com geradores parados por falta d'água, logo, o tempo em operação das UGs, na média de 2019, foi de 60,52%. Cabe ressaltar que, dentre esse período de 60,52% de UGs em operação, boa parte do período se operou as UGs com geração reduzida, pois, não havia água suficiente para gerar a capacidade nominal das UGs.

5 CONCLUSÃO

Com o presente trabalho foi possível determinar quais foram às causas de paradas de unidades geradoras das 12 usinas do parque gerador da Celesc Geração no ano de 2019, identificando o motivo das interferências nos montantes de geração. Além disso, foi possível ter um melhor entendimento da Celesc Geração, do Centro de Operação da Geração e suas atribuições.

O trabalho trouxe números relativos à quantidade de atividades documentadas (Pendências, SIs e RDOs) executadas no ano de 2019, sendo possível ter-se uma noção do volume de trabalho diário do COG.

A partir da análise dos dados realizada, foi possível avaliar todas as interferências relevantes que ocorreram nas usinas no ano de 2019. Percebeu-se que não necessariamente as usinas com maior disponibilidade são as que geram mais, pois, muitas vezes, a falta d'água faz com que os montantes de geração fiquem bem abaixo em relação à outra usina com maior indisponibilidade de máquinas, porém, com menor período de máquinas paradas por falta d'água. Também foram observados os diferentes impactos no montante de geração de cada uma das 12 usinas envolvidas, o que deixou claro, por exemplo, que as duas maiores usinas correspondem a, aproximadamente, 50% da produção total.

Durante a elaboração do trabalho foi possível conciliar os conhecimentos teóricos obtidos durante a vida acadêmica e o trabalho executado no COG. Obteve-se grande proveito dessa união, pois, em paralelo com a elaboração do trabalho, foi possível adequar rotinas inerentes ao COG e organizar a coleta de dados de geração, operação e manutenção.

5.1 Sugestão Para Trabalhos Futuros

Esse foi o primeiro trabalho de TCC realizado a partir do COG da Celesc Geração. A partir das tabelas, gráficos e relatórios que foram criados durante a elaboração do TCC e que se mantêm ativos até o presente momento, fazem-se possíveis novas abordagens e novos estudos acerca da otimização da geração total do parque gerador da Celesc Geração. Tornam-se possíveis novas abordagens, podendo ser explorados temas como os impactos na produtividade marginal do capital e a melhoria da gestão dos ativos hídricos, de maquinários e como melhorar o desempenho da geração.

Outro exemplo para trabalhos futuros são as paradas para manutenção preventiva, pois, hoje, não envolvem todas as partes da usina, pode-se criar um estudo mostrando a viabilidade de concentrar as equipes de manutenção para concentrar todos os trabalhos preventivos em uma única data. Com isso, diminui-se o número de paradas das Unidades Geradoras e pode-se obter um ganho com a troca de experiência entre as equipes que estarão executando o trabalho nas usinas.

REFERÊNCIAS

ABRAPCH. **Benefícios das PCHs e CGHs**. Disponível em: <https://abrapch.org.br/o-setor/beneficios-das-pchs-e-cghs/>. Acesso em: 05 abr. 2020b.

ABRAPCH. **O que são PCHs e CGHs**. Disponível em: <https://abrapch.org.br/2014/03/17/o-que-sao-pchs-e-cghs/>. Acesso em: 04 abr. 2020a.

ALBARELLO, Leonardo. **Guia Para Implantação de Pequenas Centrais Hidroelétricas - PCHs**. 36f. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso de Pós Graduação (Curso de Pós Graduação de Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos) – Educação a Distância da UFSM, UFSM, Panambi, 2014. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/1366/Albarello_Leonardo.pdf?sequencia=1. Acesso em: 03 abr. 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Guia do Empreendedor de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. 2003. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/guia_empreendedor.pdf. Acesso em: 02 abr. 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 583**, de 22 de outubro de 2013. Estabelece os procedimentos e condições para obtenção e manutenção da situação operacional e definição de potência instalada e líquida de empreendimento de geração de energia elétrica. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2013583.pdf>. Acesso em: 4 abr. 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 875**, de 10 de março de 2020. Estabelece os requisitos e procedimentos necessários à aprovação dos Estudos de Inventário Hidrelétrico de bacias hidrográficas, à obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamentos hidrelétricos, à comunicação de implantação de Central Geradora Hidrelétrica com Capacidade Instalada Reduzida e à aprovação de Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica de Usina Hidrelétrica sujeita à concessão. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020875.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2020a.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzd kNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5Yz AxNzBIMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 05 abr. 2020b.

BARBOSA JR, Antenor Rodrigues. **Elementos de Hidrologia Aplicada**: apostila do curso de Engenharia Ambiental da UFOP. Campus Ouro Preto, 2007.

CELESC. **Atribuições e Competências do Centro de Operação da Geração**. Florianópolis, 2016a.

CELESC. **PCHs e CGHs características e operação**. Florianópolis, 2016b.

CELESC. **3 anos de COG, 2016 a 2019**. Florianópolis, 2019.

COLLISCHONN, Walter; TASSI, Rutinéia. **Introduzindo hidrologia**: apostila do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Campus Porto Alegre, 2008.

DAMASCENO, Isabelle Aparecida. **Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs): Conceitos, Normas e a PCH Malagone**. 164f. 2014. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014. Disponível em: [https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16193/1/PequenasCentraisHidreletrica s.pdf](https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/16193/1/PequenasCentraisHidreletrica%20s.pdf). Acesso em: 28 mar. 2020.

ELIPSE. **Centro de operação da geração da CPFL renováveis ganha agilidade com o Elipse E3**. Disponível em: <https://www.elipse.com.br/case/aplicacao-do-elipse-e3-para-automatizar-o-centro-de-operacao-da-geracao-que-controla-17-usinas-hidreletricas-do-grupo-cpfl-energia/>. Acesso em: 09 abr. 2020.

MOREALE, Michel dos Santos. **Técnicas para treinamento de operadores de sistema elétrico utilizando simulador com base na interface de tempo real**. 145f. 2007. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/30371521.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2020.

MOREIRA, Lilian. **Ribeirão do Inferno: a primeira hidrelétrica do Brasil**. Mai. 2012. Disponível em: <https://revistaoe.com.br/ribeirao-do-inferno-a-primeira-hidreletrica-do-brasil/>. Acesso em: 01 abr. 2020.

NANGHETTINI, Mauro. **Introdução à Hidrologia Aplicada**: apostila do Curso de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais – Campus Belo Horizonte, 2012.

ONS. Operador Nacional do Sistema. **Capacidade instalada no SIN - 2020/2024**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. Acesso em: 10 abr. 2020.

ANEXO A – O SISTEMA SUPERVISÓRIO DA CPFL

No Anexo A são apresentadas diversas imagens que ilustram as principais telas de um sistema supervisório de uma PCH. Apesar de existirem diversos tipos, tamanhos, modelos e fabricantes de UGs, as figuras demonstram as principais partes a ser supervisionadas via COG. A Figura 43 apresenta um *layout* com a localização física de cada uma das usinas operadas via COG da CPFL.

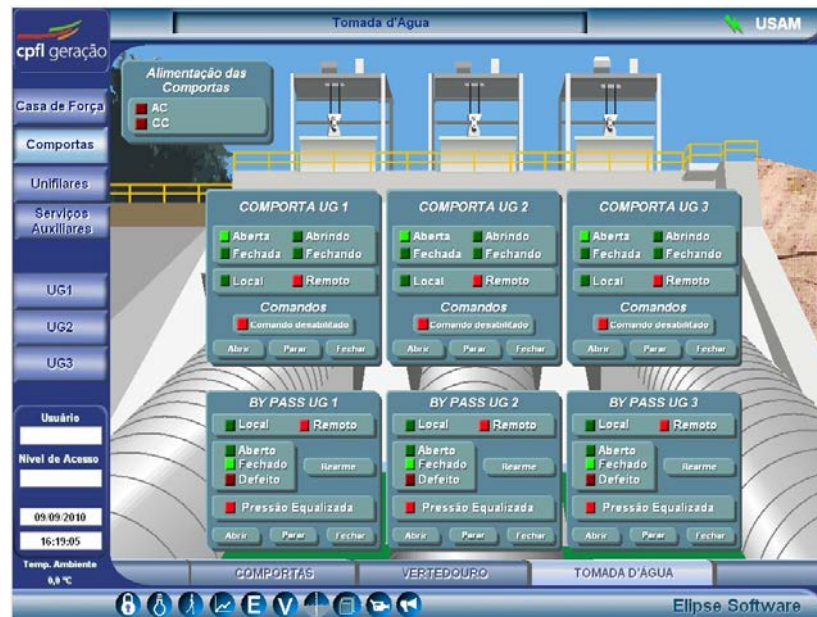
Figura 43 - Tela inicial da aplicação CPFL



Fonte: Elipse (2020).

A Figura 44 mostra a tomada d'água, sendo que nessa tela é possível verificar o *status* e comandar as comportas que liberam ou interrompem o fluxo de água para os condutos.

Figura 44 - Tomada d'água



Fonte: Elipse (2020).

A Figura 45 mostra a câmara de carga, em que é possível verificar se os parâmetros necessários para partir a UG estão de acordo.

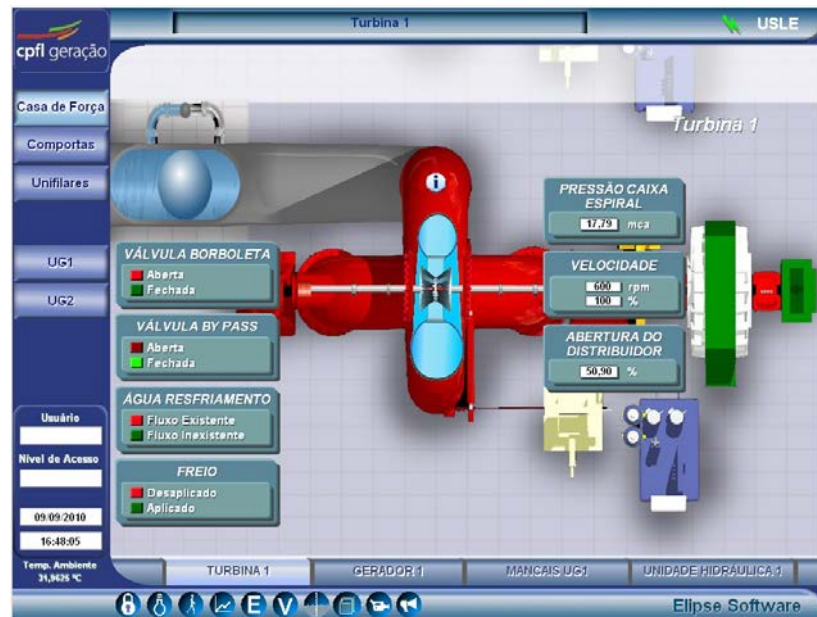
Figura 45 - Controle da câmara de carga



Fonte: Elipse (2020).

A Figura 46 mostra o controle da turbina, em que é possível verificar a abertura do distribuidor que libera a água para a turbina, bem como a pressão d'água e a velocidade da turbina.

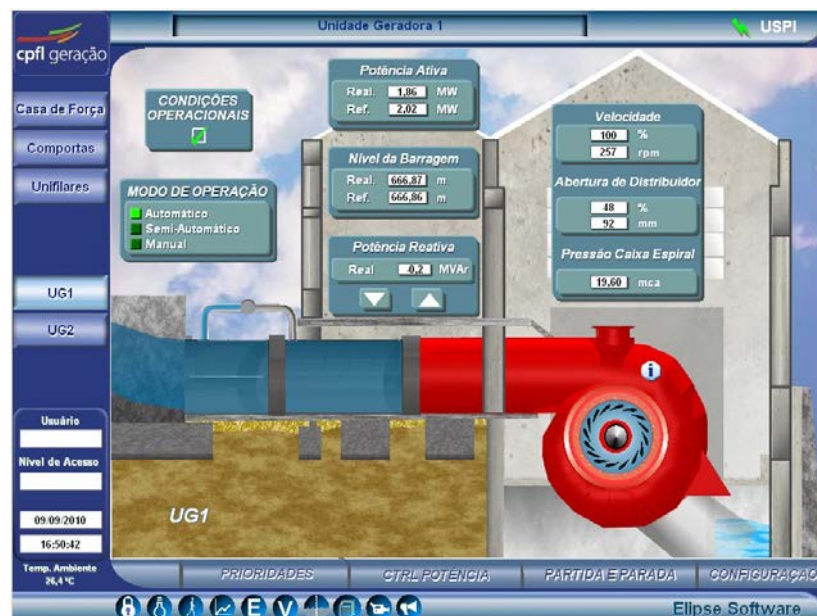
Figura 46 - Controle da turbina



Fonte: Elipse (2020).

A Figura 47 mostra a tela de uma das UGs, mostrando a abertura do distribuidor e possibilitando a variação da potência reativa, conforme necessidade.

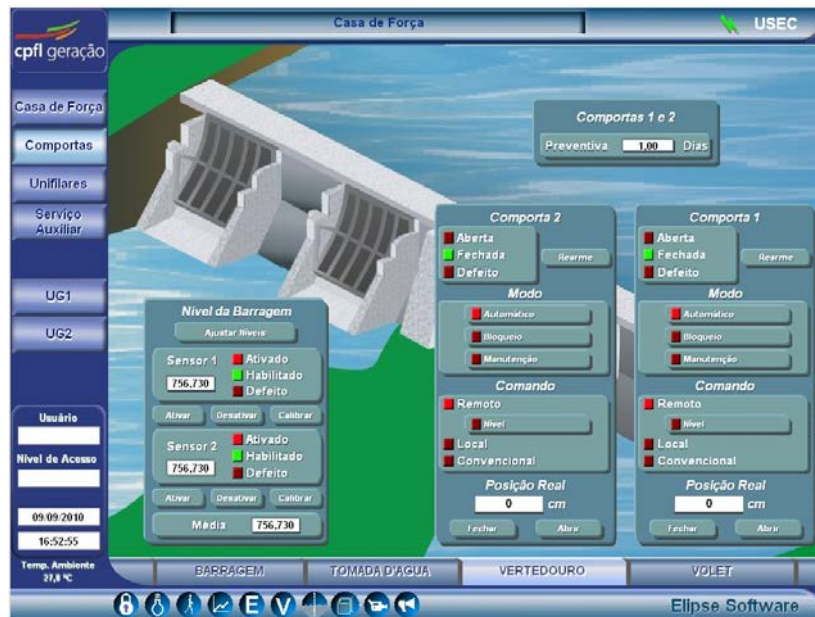
Figura 47 - Controle do distribuidor



Fonte: Elipse (2020).

A Figura 48 mostra um panorama externo à casa de força, com os níveis da barragem, *status* e comando das comportas.

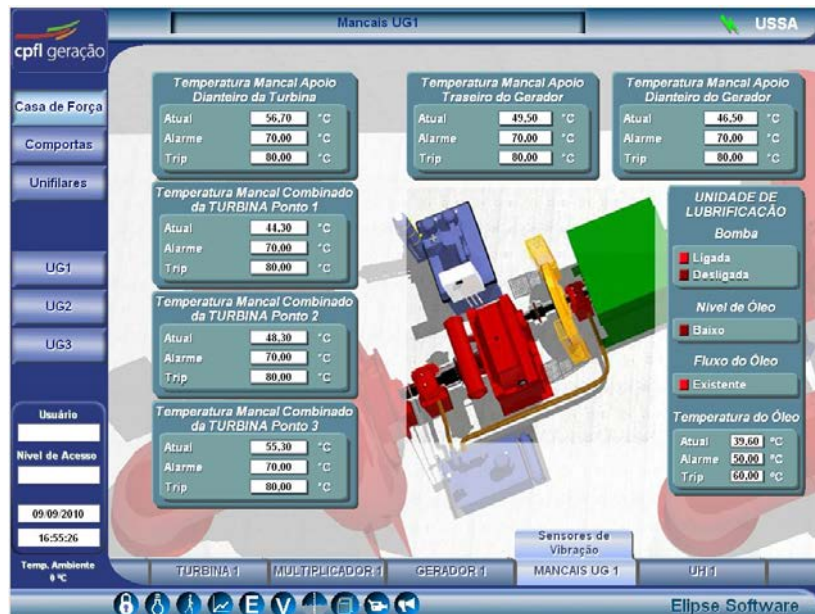
Figura 48 - Casa de força e comportas



Fonte: Elipse (2020).

A Figura 49 mostra a temperatura de todos os mancais de uma UG, também mostra algumas informações relacionadas à unidade hidráulica, responsável por fornecer o óleo de lubrificação dos mancais.

Figura 49 - Temperatura e lubrificação dos mancais



Fonte: Elipse (2020).

A Figura 50 mostra a tela da unidade hidráulica e todos os parâmetros que são relevantes para o COG.

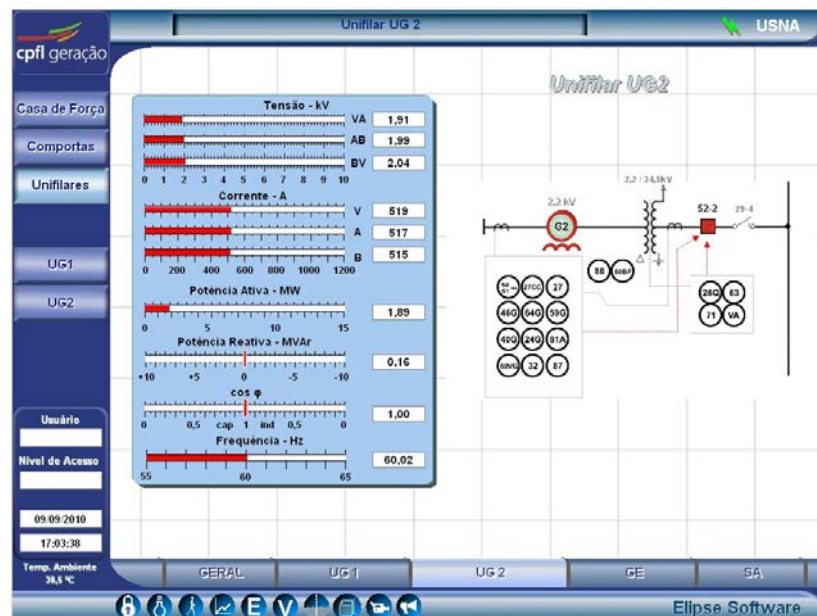
Figura 50 - Controle da Unidade Hidráulica



Fonte: Elipse (2020).

A Figura 51 mostra a tela que, geralmente, fica selecionada no COG durante a operação de cada UG, indicando o *status* da UG através do diagrama e as principais grandezas medidas.

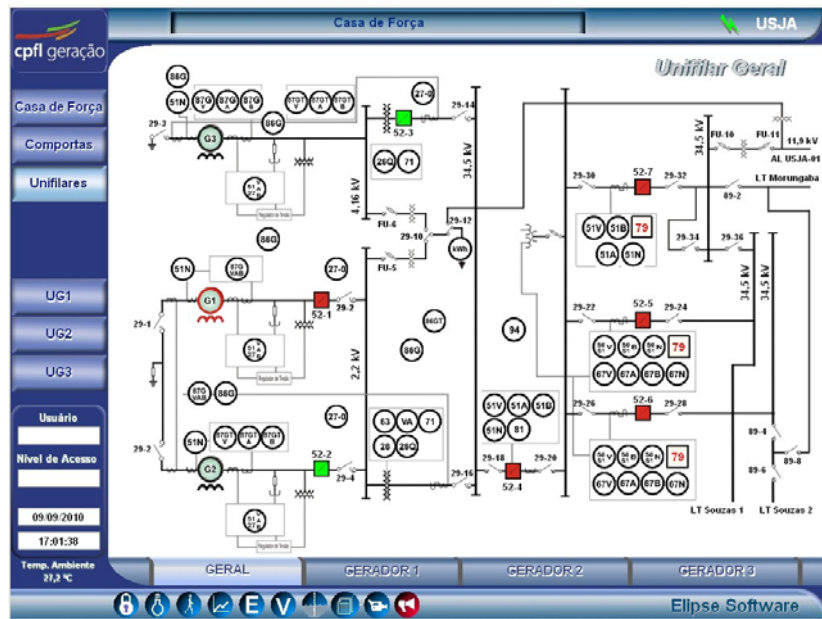
Figura 51 - Controle da UG



Fonte: Elipse (2020).

A Figura 52 mostra o diagrama de força de toda a PCF, mostrando o *status* em tempo real dos disjuntores e UGs.

Figura 52 - Unifilar de energia



Fonte: Elipse (2020).

ANEXO B – USINAS DO PARQUE GERADOR DA CELESC GERAÇÃO

PCH Bracinho

A Usina Bracinho tem 68 anos de operação, passou pelo processo de automação local em 2008 e foi realizada uma reforma geral na casa de força e subestação da usina no ano de 2019. A Figura 53 mostra a Usina Bracinho, sua subestação de energia e, à direita, o conduto forçado.

Figura 53 - Usina Bracinho e conduto forçado



Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Localização – Município de Schroeder – SC;
- Ano de início de operação: 1952;
- Potência Instalada: 15 MW (2 geradores - Pelton);

- Garantia Física: 8,80 MW (Portaria MME nº 30/2013);
- Queda bruta: 312,50 m;
- Área de drenagem: 82,6 km²;
- Rio: Bracinho;
- Possui 3 Barragens: Captação 1º Salto; Acumulação 8º Salto e Acumulação Rio do Júlio;
- Nível Mínimo Operacional no 1º Salto: 393,3 m;
- Nível de Vertimento no 1º Salto (NA): 394,0 m;
- Nível Mínimo Operacional no 8º Salto: 5,5 m;
- Nível de Vertimento no 8º Salto (NA): 13,5 m;
- Nível Mínimo Operacional no Rio do Júlio: 2,5 m;
- Nível de Vertimento no Rio do Júlio (NA): 7,0 m;
- Um conduto forçado de aço para as duas máquinas.

PCH Caveiras

A Usina Caveiras tem 80 anos de operação, foi reformada e automatizada no ano de 2008. A Figura 54 mostra a Usina Caveiras e o conduto forçado.

Figura 54 - Usina Caveiras e conduto forçado



Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Localização – Município de Lages – SC;
- Ano de início de operação: 1940;
- Potência Instalada: 3,829 MW (4 máquinas Francis horizontal);
- Garantia Física: 2,77 MW (Portaria MME nº 20/2013);
- Queda bruta: 34,10 m;
- Área de drenagem: 10.400 km²;
- Rio: Caveiras;
- Nível Mínimo Operacional na Tomada d'água: 856,85m;
- Nível de Vertimento na Tomada d'água (NA): 859,85m;
- Possui 2 condutos adutores e forçados de aço e duas chaminés de equilíbrio.

PCH Cedros

A Usina Cedros tem 71 anos de operação, tem grande importância, pois, além de gerar com suas duas unidades geradoras, toda a água turbinada na usina, é returbina na UG-03 da Usina Palmeiras, que fica a jusante da Usina Cedros. A Figura 55 mostra a Usina Cedros e o canal à jusante.

Figura 55 - Usina Cedros



Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Localização – Município de Rio dos Cedros – SC;
- Ano de início de operação: 1949;
- Potência Instalada: 8,40 MW (2 máquinas – Francis vertical);
- Garantia Física: 6,75 MW (Portaria MME nº 30/2013);
- Queda bruta: 222,50 m;
- Área de drenagem: 378 km²;
- Rio: Dos Cedros;
- Nível Mínimo Operacional no Pinhal: 646,0 m;
- Nível de Vertimento no Pinhal (NA): 652 m;
- Nível Mínimo Operacional no Tanoski: 562,8m;
- Nível de Vertimento no Tanoski (NA): 564,8 m;
- Um conduto adutor de madeira até a chaminé de equilíbrio e segue em 1 conduto forçado de aço.

PCH Celso Ramos

A Usina Celso Ramos tem 67 anos de operação, em 2008 teve seu processo de automação. Atualmente está sendo construída uma nova casa de comando a jusante da atual, um investimento de 40 milhões de reais. O novo projeto de repotencialização da usina passará dos atuais 5,6 MW para 13,9 MW de potência instalada, um acréscimo de 8,3 MW. A Figura 56 mostra todo o complexo da Usina Celso Ramos.

Figura 56 - Usina Celso Ramos



Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Município de Faxinal dos Guedes – SC;
- Ano de início de operação: 1963;
- Potência Instalada: 5,60 MW (duas máquinas Francis horizontal);
- Garantia Física: 3,80 MW (Portaria MME nº 30/2013);
- Queda bruta: 33,60 m;
- Área de drenagem: 932 km²;

- Rio: Chapecozinho;
- Nível Mínimo Operacional na Barragem: -2,5m;
- Nível de Vertimento na Barragem (NA): 0,0 m;
- 2 condutos forçados em aço.

PCH Garcia

A Usina Garcia tem 71 anos de operação, passou por reforma e sistema de automação local no ano de 2001. A Figura 57 mostra a casa de força da Usina Garcia.

Figura 57 - Usina Garcia



Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Município de Angelina – SC;
- Ano de início de operação: 1963;
- Potência Instalada: 8,92 MW (2 máquinas Francis horizontal);
- Garantia Física: 7,10 MW (Portaria MME nº 20/2013);

- Queda bruta: 139,00 m;
- Rio: Garcia;
- Nível Mínimo Operacional na Barragem: -4,8m;
- Nível de Vertimento na Barragem (NA): 0,0 m;
- Um tubo adutor de aço, 1 chaminé de equilíbrio e 1 conduto forçado de aço.

PCH Ivo Silveira

A Usina Ivo Silveira tem 53 anos de operação, passou por reforma e sistema de automação local no ano de 2008. A Figura 58 mostra a Usina Ivo Silveira e o conduto forçado.

Figura 58- Usina Ivo Silveira



Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Município de Campos Novos – SC;
- Ano de início de operação: 1967;
- Potência Instalada: 2,60 MW (uma máquina – Francis horizontal);
- Garantia Física: 2,03 MW (Portaria MME nº 30/2013);
- Queda bruta: 146,70 m;
- Área de drenagem: 275 km²;
- Rio: Santa Cruz;
- Nível Mínimo Operacional na Barragem: 639,84m (não deve ficar negativo);
- Nível de Vertimento na Barragem (NA): 639,82m.

PCH Palmeiras

Com 57 anos de operação, é uma das usinas mais relevantes da Celesc Geração, entre 2017 e 2019 passou por um novo processo de automação e reforma, melhorando assim seu rendimento e confiabilidade na operação das UGs. A Figura 59 mostra a subestação da Usina Palmeiras e o conduto forçado.

Figura 59 - Conduto forçado e subestação da Usina Palmeiras



Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Localização – Município de Rio dos Cedros – SC;
- Ano de início de operação: 1963;
- Potência Instalada: 24,602 MW (3 máquinas – Francis horizontal);
- Garantia Física: 16,7 MW (Portaria MME nº 30/2013);
- Queda bruta: 291,00 m;
- Área de drenagem: 241 km²;
- Rio: Rio dos Cedros;
- Nível Mínimo Operacional no Bonito: 582,5m;
- Nível de Vertimento no Bonito (NA): 589,5m;
- Nível Mínimo Operacional no Rio Rosina: 492,0m;
- Nível de Vertimento no Rio Rosina (NA): 496,0m;
- Um túnel escavado e um conduto forçado para as máquinas 1 e 2; 1 túnel escavado e 1 conduto forçado para a máquina 3.

PCH Pery

A Usina Pery é dividida internamente entre Pery I e Pery II, ambas fazem parte de um mesmo complexo, porém, a Pery I tem 55 anos de operação, enquanto a Pery II tem 7 anos de operação. A Pery I passou por reforma e sistema de automação local no ano de 2008, já a Pery II entrou em operação, em 2013, toda automatizada. A Figura 60 mostra a Usina Pery, seus condutos forçados e reservatórios.

Figura 60 - Usina Pery

Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Localização – Município de Curitibanos – SC;
- Ano de início de operação casa de força 1 (Pery I): 1965;
- Ano de início de operação casa de força 2 (Pery II): 2013;
- Potência Instalada: 30,00 MW (3 máquinas Francis vertical da Pery 1 e 2 máquinas Kaplan na Pery 2);
- Garantia Física: 14,08 MW (Portaria MME nº 20/2013);
- Possui duas casas de força: Pery I e Pery II;
- Queda bruta: 20,20 m;
- Rio: Canoas;
- Nível Mínimo Operacional na Captação da Pery II: 797,70m;
- Nível de Vertimento na Captação da Pery II (NA): 798,12m;
- 3 condutos de aço na Pery 1; 2 condutos de aço na Pery 2.

CGH Pirai

A Usina Pirai tem 112 anos de operação, passou por reforma e sistema de automação local no ano de 2018. A Figura 61 mostra a casa de força da Usina Pirai e o rio à jusante da usina.

Figura 61 - Usina Pirai



Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Município de Joinville – SC;
- Ano de início de operação: 1908;
- Potência Instalada: 0,78 MW (4 máquinas Pelton);
- Garantia Física: 0,45 MW (Portaria MME nº 30/2013);
- Queda bruta: 319,4 m;
- Rio: Pirai;
- 1 conduto forçado para as 4 máquinas.

CGH Rio do Peixe

A Usina Rio do Peixe tem 63 anos de operação, passou por reforma e sistema de automação local no ano de 2017. A Figura 62 mostra a Usina Rio do Peixe e, à esquerda, pode-se ver a chaminé de equilíbrio.

Figura 62 - Usina Rio do Peixe



Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Município de Videira – SC;
- Ano de início de operação: 1957;
- Potência Instalada: 0,52 MW (2 máquinas Francis horizontal);
- Garantia Física: 0,50 MW (Portaria MME nº 30/2013);
- Queda bruta: 23,00 m;
- Área de drenagem: 1.580 km²;
- Rio: Do Peixe;
- Nível Mínimo Operacional na Barragem: 0,05m;
- Nível de Vertimento na Barragem (NA): 0,0m;
- 1 túnel escavado e 1 duto forçado de aço subterrâneo para as duas máquinas.

PCH Salto

A Usina Salto tem 106 anos de operação, passou por reforma e sistema de automação local no ano de 2018. Atualmente, está em fase de licença de instalação, uma nova repontecialização da usina, acrescentando mais 23 MW, passando dos atuais 6,3 MW para 29,3 MW, um investimento de 180 milhões de reais. A Figura 63 mostra todo o complexo da Usina Salto.

Figura 63 - Usina Salto



Fonte: Acervo Celesc Geração (2019).

Principais dados da usina:

- Município de Blumenau – SC;
- Ano de início de operação: 1914;
- Potência Instalada: 6,28 MW (4 máquinas – 2 Francis vertical, 1 Hélice e 1 Kaplan);
- Garantia Física: 3,99 MW (Portaria MME nº 30/2013);
- Queda bruta: 11,00 m;
- Rio: Itajaí-açú;
- Nível Mínimo Operacional no canal de adução: 17,5m;
- Nível Vertimento no canal de adução: 18,9m;
- Não possui conduto forçado, sendo a câmara de carga atendida diretamente do canal de adução.

CGH São Lourenço

A Usina São Lourenço tem 110 anos de operação, passou por reforma e sistema de automação local no ano de 2019. A Figura 64 mostra todo o complexo da Usina São Lourenço.

Figura 64 - Usina São Lourenço



Fonte: Acervo Celesc Geração (2016).

Principais dados da usina:

- Município de Mafra – SC;
- Ano de início de operação: M1-1910 M2-1941;
- Potência Instalada: 0,42 MW (2 máquinas – Francis horizontal);
- Garantia Física: 0,220 MW (Portaria MME nº 30/2013);
- Queda bruta: 37,00 m;
- Rio: São Lourenço;
- Nível Mínimo Operacional na Barragem: -0,82m (Com 34 cm negativos tira-se um gerador e com 82 cm negativos tira-se o segundo gerador);
- Nível de Vertimento na Barragem (NA): 0,0 m;
- 1 canal de adução e 1 conduto forçado de aço para as duas máquinas.