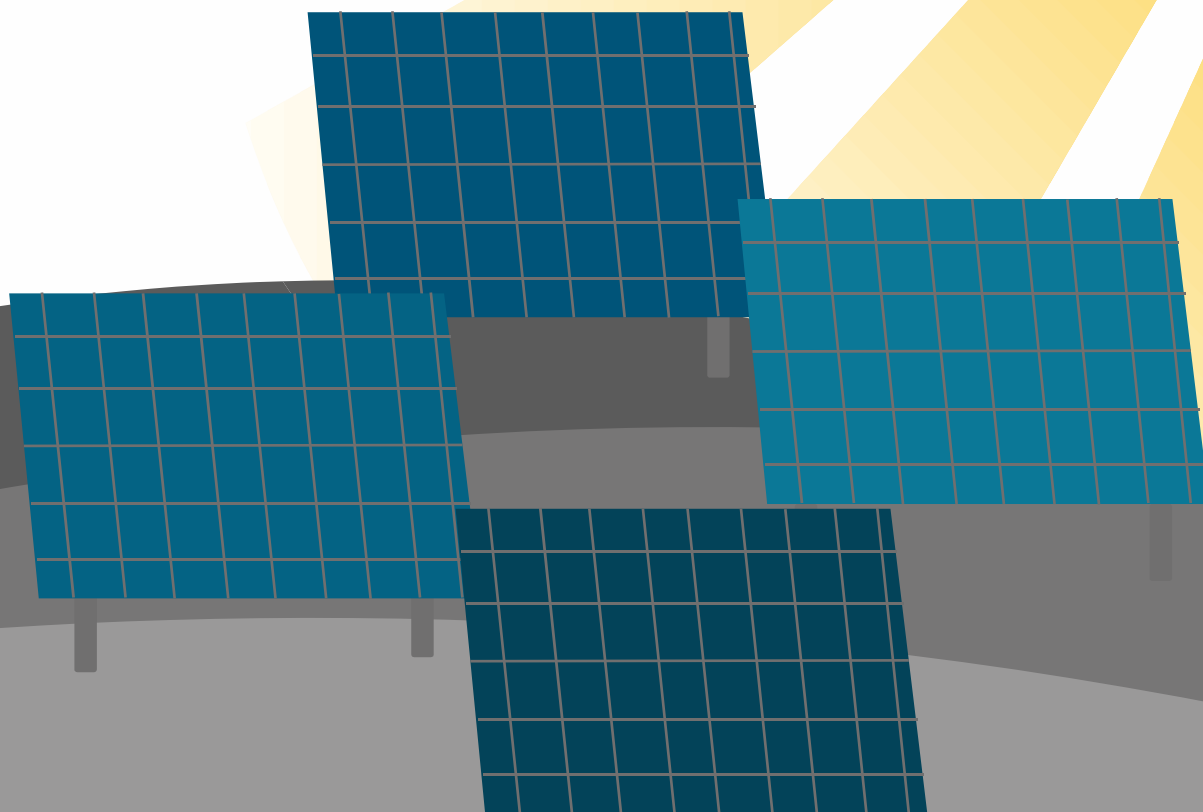


Universidade Federal de Viçosa - UFV
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas - CCE
Departamento de Engenharia Elétrica - DEL



Autossuficiência em Energia Elétrica do IFMG – Campus Ponte Nova

ELT 554 - TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aluno Gustavo Reis de Moraes
ORIENTADOR: Prof. Me. William Caires Silva Amorim
Viçosa, 16 de Fevereiro de 2022.

Gustavo Reis de Moraes

Autossuficiência em Energia Elétrica do IFMG – Campus Ponte Nova

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Viçosa para a obtenção dos créditos referentes à disciplina ELT 554 do curso de Especialização em Sistemas Fotovoltaicos Isolados e Conectados à Rede Elétrica.

Orientador: Prof. Me. William Caires Silva Amorim

Viçosa, 16 de Fevereiro de 2022.

ATA DE APROVAÇÃO

Aluno Gustavo Reis de Moraes

Autossuficiência em Energia Elétrica do IFMG – Campus Ponte Nova

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Viçosa para a obtenção dos créditos referentes à disciplina ELT 554 do curso de Especialização em Sistemas Fotovoltaicos Isolados e Conectados à Rede Elétrica.

Aprovada em 16 de Fevereiro de 2022.

Presidente e Orientador: Prof. Me. William Caires Silva Amorim

Universidade Federal de Viçosa

Membro Titular: Prof. Dr. Heverton Augusto Pereira

Universidade Federal de Viçosa

Membro Titular: Prof^a. Ma. Dayane do Carmo Mendonça

Universidade Federal de Viçosa

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

Dedico este trabalho à minha mãe Alda e minha irmã Patrícia, por sempre me apoiar e ajudar nas batalhas que enfrentamos, e sempre ser o trampolim para minhas vitórias. À Yara por sempre me motivar e trazer alegria e amor nos momentos de dificuldade. Aos meus colegas de trabalho do IFMG – Ponte Nova, por também terem um pedacinho nesta conquista, e em especial a toda equipe do IFMG que fez parte da implantação das ações sustentáveis nos campi e que me apresentaram a tecnologia de usinas fotovoltaicas, e que fez despertar em mim essa curiosidade por este assunto.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado saúde, força e energia para concluir e absorver o conhecimento neste curso e à Santa Luzia por me proteger em momentos de dificuldade. Agradeço a todos os professores, dedicados e atenciosos, que fizeram com que eu pudesse chegar a esta etapa um pouquinho melhor do que entrei, e em especial ao professor William, por toda atenção, presteza e educação durante todo o período final dos estudos!

RESUMO

Atualmente as energias renováveis estão em voga, tanto pelo critério ambiental quanto pela economia que pode ser gerada. Em consonância a esse momento, desde 2019, o Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Ponte Nova, consumidor do tipo Poder público federal – Grupo B, participa deste meio com a instalação de sua primeira usina solar fotovoltaica. Para o ano de 2023, planeja a instalação de uma nova usina, para que se torne autossustentável em energia elétrica. Desta forma, através do banco de dados existente na Instituição, contendo o consumo e a produção de energia elétrica, e a previsão de ampliação do consumo, calcularam-se os consumos totais estimados para a utilização completa do *Campus* Ponte Nova. Também pôde ser realizado o dimensionamento completo de usina complementar à existente, para que a unidade consumidora se torne autossustentável em energia elétrica, além de revisão de dimensionamento da usina existente. Os resultados mostraram a necessidade de instalação de uma nova usina de 30kW para suprir a demanda energética da instituição, com um retorno do investimento em aproximadamente quatro anos. Além disso, para a usina existente, serão necessários rearranjos dos conjuntos de módulos fotovoltaicos para que se adeque à capacidade de cada conexão de entrada, visto que os arranjos existentes superam as capacidades do inversor.

Palavras-chave: Energias sustentáveis. Sistema Fotovoltaico, Instituto Federal de Minas Gerais, Ponte Nova, Energia Elétrica.

Lista de Figuras

Figura 1 – Conta de energia do consumidor	15
Figura 2 - IFMG - Ponte Nova, com destaque à sua localização e delimitação de área	19
Figura 3 – Local da usina existente	19
Figura 4 - Usina à época de instalação, agosto de 2019	20
Figura 5 - Usina à época de instalação, agosto de 2019, ao amanhecer.....	20
Figura 6 – Usina fotovoltaica, dezembro de 2021.	21
Figura 7 - Usina fotovoltaica, dezembro de 2021.	21
Figura 8 – Local do medidor de energia bidirecional existente	22
Figura 9 – Medidor bidirecional existente.....	22
Figura 10 – Disjuntor do padrão de entrada.....	22
Figura 11 – Quadro principal de distribuição de circuitos, com interligação da usina existente, circuitos principais e pontos de expansão.	23
Figura 12 – Diagramas de caminho do sol obtido através do aplicativo 'O caminho do sol'	24
Figura 13 – Geração do dia 02/08/2021	25
Figura 14 – Vista geral do <i>campus</i> , com delimitações de área para nova usina, local da usina instalada, edificações vizinhas e ponto de entrada de energia	26
Figura 15 – Datasheet dos módulos CS6W-540	29
Figura 16 – Datasheet do inversor Growatt MAC 30KTL3-XL	31
Figura 17 – Trilho de sustentação dos módulos fotovoltaicos.....	37
Figura 18 - parafuso estrutural para telhados metálicos	38
Figura 19 – Fixação de perfis trilhos de alumínio sobre perfis metálicos.....	38
Figura 20 - Local da instalação da unidade geradora fotovoltaica, obtida no Google Maps.	54
Figura 21: Planta de localização, disposta no projeto elétrico.	55
Figura 22: Simbologia e legenda utilizada em projetos de usinas fotovoltaicas.	56
Figura 23 - Padrão de entrada com caixa de medição e medidor bidirecional.....	57
Figura 24 – Padrão de entrada de energia existente, já com medidor bidirecional e disjuntor de 175A.....	58
Figura 25: Placa de advertência instalada na usina FV, junto à caixa de medição (medidas 20 x 15 cm).....	58
Figura 26: Diagrama unifilar da UC após a instalação da usina solar fotovoltaica.	60
Figura 27: Diagrama multifilar da UC após a instalação da usina solar fotovoltaica.	60
Figura 28 – Diagrama unifilar da usina existente	63
Figura 29 – Diagrama multifilar da usina existente	63
Figura 30 – Memorial descritivo da usina existente	64

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Histórico geral de produção e consumo da unidade consumidora	17
Tabela 2 – Equipamentos a serem instalados na unidade consumidora.....	18
Tabela 3 – Histórico de consumo	27
Tabela 4 – Produção total da usina instalada.....	28
Tabela 5 - Queda de tensão tabelada (V/A*Km) x corrente do circuito (A) para cada 1.000 metros de comprimento (Km).....	35
Tabela 6 – Datasheet Inversor Growatt 20000TL3-S.....	39
Tabela 7 – Datasheet módulos Canadian Solar MAXPOWER CS6U-325	40
Tabela 8 – Custo limpeza anual.....	44
Tabela 9 - Variáveis Financeiras	45
Tabela 10 - Parâmetros do dimensionamento da usina	46
Tabela 11 – Cotações de insumos.....	47
Tabela 12 – Custo total projeto	48
Tabela 13 – Fluxo de caixa	49
Tabela 14 – Orçamentos anuais totais e investimentos	51
Tabela 15 – Análise econômica	52

Lista de Abreviação

IFMG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
IFMG-PN	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – <i>Campus</i> Avançado Ponte Nova
UC	Unidade Consumidora
STC	Standard Testing Conditions (Condições Padrão de Teste)
MPPT	Maximum power point tracking (rastreamento do ponto de máxima potência)
MPP	Maximum power point (ponto de máxima potência)
EPR	Borracha Etileno Propileno
XLPE	Polietileno reticulado
NBR	Norma Brasileira
BTU	Unidade Térmica Britânica
MPPT	Maximum power point tracking (ponto rastreador de potência máxima)
DPS	Dispositivo de proteção contra surto
VPL	Valor presente líquido
TMA	Taxa mínima de atratividade
TIR	Taxa interna de retorno

Lista de Símbolos

kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
$P_{arranjo}$	Potência do arranjo
$CM03$	Caixa de medição polifásico padrão CEMIG
A	Área do módulo fotovoltaico
ϵ	Eficiência do módulo fotovoltaico
φ	Eficiência do sistema fotovoltaico
$P_{inv}^{m\acute{a}x}$	Potência máxima do inversor
$I_{inv}^{m\acute{a}x}$	Corrente contínua máxima do inversor
W_{TOTAL}	Potência total gerada
W_{MODULO}	Produção de energia do módulo

Sumário

1-	Análise do Local da Instalação	13
1.1	ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA.....	16
1.2	LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	18
1.3	ANÁLISE DO EFEITO DE SOMBREAMENTO E PERDAS	24
2-	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico	27
2.1	DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	28
2.2	DIMENSIONAMENTO DOS INVERSORES	30
2.3	DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO	33
2.4	DIMENSIONAMENTO DOS CABOS C.C.....	33
2.5	DIMENSIONAMENTO DOS CABOS C.A.....	34
2.6	ATERRAMENTO	36
2.7	ESTRUTURA DE FIXAÇÃO	36
2.8	ASPECTOS GERAIS DA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA DO IFMG – PONTE NOVA... 39	
3-	Análise de Viabilidade Econômica	43
3.1	PERCENTUAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO	43
3.2	ANÁLISE DE DESPESAS: MANUTENÇÃO, LIMPEZA, CONCESSIONÁRIA, TROCA DE EQUIPAMENTOS	44
3.3	FLUXO DE CAIXA.....	45
3.4	ANÁLISE DA VIABILIDADE.....	51
4-	Projeto Elétrico	53
4.1	PLANTA DE LOCALIZAÇÃO.....	53
4.2	PROJETO ELÉTRICO: DIAGRAMA UNIFILAR.....	55
4.3	PROJETO ELÉTRICO: DIAGRAMA MULTIFILAR	60
4.4	MEMORIAL DESCRITIVO.....	61
4.5	USINA EXISTENTE.....	62
<i>Planta de localização.....</i>		62
<i>Diagrama unifilar</i>		63
<i>Diagrama multifilar.....</i>		63
<i>Memorial descritivo</i>		63
5-	Referências Bibliográficas	65
6-	Anexos	67
6.1	MEMORIAL DESCRITIVO - CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA – EXISTENTE	67
6.2	PROJETO DA CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA EXISTENTE	69

6.3 PROJETO PARA CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA OBRA: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS PONTE NOVA / MG 79

1- Análise do Local da Instalação

Este capítulo tem objetivo de apresentar a instituição que será nosso foco de estudo, o motivo da escolha para a elaboração da proposta de instalação de uma usina fotovoltaica e o detalhamento da proposta.

A unidade consumidora é o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG - Campus Avançado Ponte Nova [1], instalado na cidade que compõe seu nome em 2014, por meio de cooperação com a Prefeitura Municipal. A Instituição oferece cursos técnicos integrados e superior de tecnologia, com foco nas áreas de Administração e Informática, e ainda está sendo construída no local onde funcionou a estação ferroviária da cidade, que teve seu prédio principal restaurado e transformado em ambientes pedagógico-administrativos, porém ainda conta com uma grande área em adequação.

Com uma área total de aproximadamente 22.000 m², sendo aproximadamente 3.500 m² de projeção das edificações (prédio didático administrativo, quadra poliesportiva, galpão de vestiários e áreas de convivência) e 18.500 m² em área verde, sendo aproximadamente 10.000 m² em gramados e o restante de área de reflorestamento realizado nos últimos cinco anos.

Por atuar em uma instituição pública de ensino, focada no ensino básico, técnico e tecnológico, além da pesquisa e extensão, desenvolveram-se, ao longo destes cinco anos, várias ações voltadas ao seu desenvolvimento sustentável, e que foram baseadas nos seguintes pilares: reflorestamento e recuperação de áreas degradadas, redução do consumo de energia e água, redução da geração de resíduos, efficientização energética, utilização consciente da água e geração própria de energia. Como proposta de gestão do IFMG - *Campus* Ponte Nova, o foco administrativo deveria ser direcionado para:

- utilização somente de água de nascentes internas para irrigação de toda área verde e limpezas externas (objetivo alcançado);
- separação de todo lixo para coleta seletiva, ou destinação ao correto fim, e compostagem de matéria orgânica (objetivo alcançado);
- efficientização energética de todas as dependências do *campus*, com iluminação somente em LED, e instalação de aparelhos de ar condicionado somente da tecnologia inverter (parcialmente alcançado, pois existem equipamentos antigos em uso);
- reflorestamento e recuperação de áreas degradadas (em desenvolvimento);

- geração de todo o consumo de energia elétrica (em desenvolvimento).

Assim, além de todo trabalho já realizado, a meta é atingir 100% de geração própria de energia, o que seria mais um ganho para a comunidade acadêmica, aplicação eficiente de recursos públicos e economia futura para a instituição.

Como pontapé inicial deste último objetivo, já foi realizada a instalação de uma usina fotovoltaica no *campus*, a partir do apoio da Reitoria da Instituição, numa primeira remessa de usinas distribuídas às unidades do IFMG. Estes equipamentos foram adquiridos através de uma adesão a uma licitação da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares, registrada sobre o número 29 de 2018, na qual foram adquiridas 8 (oito) usinas de 20,4 kW, uma para cada unidade do IFMG.

Porém, para a contratação do sistema de geração, não foi realizada uma proposta consistente de instalação, acompanhamento, manutenção ou expansão. As usinas foram instaladas nas unidades e algumas deste sequer passam por manutenções simples, e outras estão inoperantes, por falta de acompanhamento.

Cada equipamento adquirido é composto por 01 (um) inversor Growatt 20000TL3-S e 63 módulos Canadian Solar MAXPOWER CS6U-325, além da estrutura, *string box* com dispositivos de proteção e aterramento.

Portanto, o foco será estudar a usina instalada na unidade, propor uma possível ampliação da mesma, e propor uma nova instalação, para suprir a demanda reprimida da unidade, atendendo a 100% do possível para a geração de energia elétrica, acompanhado de um plano de manutenção a ser realizado durante toda a vida útil do equipamento.

Abaixo é apresentada uma cópia da conta de energia elétrica da instituição, da Concessionária CEMIG, da qual pode-se extrair a média de consumo do *campus*, além das demais informações sobre o local e tipo de ligação com a rede de fornecimento.

INSTITUTO FEDERAL E C E TECNOLOGIA MG
PCA ANGELO VIEIRA MARTINS 87 EC
CENTRO
35430-035 PONTE NOVA, MG
CNPJ 10.626.896/0013-06

Referente a
DEZ/2019
Código de Débito Automático
008056851242

Nº DO CLIENTE
7200899070

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE U - Nº 034504709 - PTA Nº 45.000014006.81

REIMPRESSÃO

Classe Poder Público Trifásico	Subclasse GD - Poder Público Federal	Datas de Leitura Anterior Atual Próxima 14/11 13/12 15/01	Datas da Nota Fiscal Emissão Apresentação 16/12 20/12	Nº DA INSTALAÇÃO 3003266996
---	---	--	--	--

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia kWh	GPB169000734	50	85	40	1.400
Energia Injetada	GPB169000734	44	62	40	720

Informações Gerais
SALDO ATUAL DE GERAÇÃO: 0,00 kWh.
Tarifa vigente conforme Res Aneel nº 2.550, de 21/05/2019.
Retenção de 5,85%, valor R\$ 33,43,
conforme Art. 64 da lei nº 9430, de 27/12/96.
Unidade faz parte de sistema de compensação de energia.
O pagamento desta conta não quita débitos anteriores.
Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes
(multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no
vencimento das mesmas.
É dever do consumidor manter os dados cadastrais sempre
atualizados e informar alterações da atividade
exercida no local.
Leitura realizada conforme calendário de faturamento
NOV/2019 Band. Vermelha - DEZ/2019 Band. Amarela

Valores Faturados			
Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
Energia Elétrica kWh	1.400	0,83505046	1.169,05
Energia injetada kWh HFP	720	0,83505046	-601,23
Encargos/Cobranças			
Contrib Ilum Publica Municipal			38,61
Multa 2% conta de 11/2019 sobre R\$ 198,91			3,98
Juros mora 1%am: 6 dia(s) sobre R\$198,91			0,40
Varição do IGP-M: R\$199,31			0,12
Imposto Retido - COFINS			-17,16
Imposto Retido - IRPJ			-6,85
Imposto Retido - PIS/PASEP			-3,71
Imposto Retido - CSLL			-5,71
Tarifas Aplicadas (sem impostos)			
Energia Elétrica kWh		0,65735172	
Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar			
Bandeira Amarela			5,20
Bandeira Vermelha			19,87

Indicadores de Qualidade de Fornecimento

Ponte Nova-Mês: 10/2019

Apurado Mensal	Valores Permitidos		
	Mensal	Trimestral	Anual
DIC 0,00	5,55	11,10	22,21
FIC 0,00	3,30	6,60	13,20
DMIC 0,00	3,20	-	-
DICRI -	12,22	-	-

Tensão: Nominal= 127/220 V Min.= 117/202 V Máx.= 133/231 V
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$ 540,57

Informações de Faturamento

PARCELAS	VALOR(R\$)	%	PARCELAS	VALOR(R\$)	%
Energia	192,22	33,85	Enc. setoriais	54,27	9,56
Distribuição	134,01	23,80	Tributos	120,82	21,28
Transmissão	20,89	3,68	Totais	567,82	100,00
Perdas	45,61	8,03			

VENCIMENTO 07/01/2020	VALOR A PAGAR R\$ 577,50
--	---

Histórico de Consumo

MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
DEZ/19	1.400	48,27	29
NOV/19	2.000	47,61	42
OUT/19	1.560	91,76	17
SET/19	2.240	67,87	33
AGO/19	1.480	49,33	30
JUL/19	1.920	60,00	32
JUN/19	2.040	70,34	29
MAI/19	2.360	78,66	30
ABR/19	2.920	104,28	28
MAR/19	2.840	88,75	32
FEV/19	2.040	68,00	30
JAN/19	1.160	36,25	32
DEZ/18	2.160	72,00	30

Reservado ao Fisco
E7CD.3B78.CFEA.7648.7DF4.3BC0.5C20.97D4

Base de cálculo (R\$)	ICMS Aliquota (%)	Valor (R\$)	PASEP Valor (R\$)	COFINS Valor (R\$)
567,82	18	102,21	3,30	15,31

Ouvidoria CEMIG: 0800 728 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis



Unidade de leitura 10040115	Conta Contrato 008056851242	Vencimento 07/01/2020	Total a pagar R\$577,50
---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------

Dezembro/2019

Figura 1 – Conta de energia do consumidor

1.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA

Por se tratar de uma instituição de ensino, os equipamentos utilizados nesta unidade consumidora são compostos, em sua grande maioria, por computadores, lâmpadas de led do tipo tubular e do tipo refletores e aparelhos de ar condicionado. Tais itens compõem tanto as salas de aulas, quanto laboratórios e salas administrativas, além de iluminação de áreas comuns. Alguns outros equipamentos são utilizados, porém esporadicamente, não sendo possível mensurar o seu consumo, como, por exemplo, uma inversora de solda, ou um chuveiro elétrico, que já foram utilizados, porém uma ou duas vezes a cada semestre.

Por ter sido realizado o início da implantação do *campus* neste local somente em fevereiro de 2018, e por se tratar de uma instituição de ensino, somente foi possível completar as turmas de todos os anos do ensino técnico e superior, e assim, chegar ao limite da capacidade, em fevereiro de 2019, mês no qual a unidade contava com 8 (oito) turmas de ensino médio técnico durante o período matutino e vespertino, além de 5 (cinco) turmas de ensino superior em tecnologia no período noturno, perfazendo 15 (quinze) horas de uso ininterrupto da instituição, e um total de aproximadamente 400 usuários diariamente. E neste mesmo ano, em agosto, foi iniciada a implantação da usina fotovoltaica, que tem um histórico de produção média mensal de aproximadamente 2.280 kWh, conforme acompanhamento através do sistema próprio da mesma. E em março de 2020 tivemos o início das atividades remotas, causadas pela COVID-19, portanto, o consumo real de energia considerado (e que melhor retratará a realidade) será o medido nos períodos do ano de 2019 e extrapolado para novos equipamentos que foram instalados na unidade consumidora (climatização de ambientes), além de uma estimativa de uso para a quadra poliesportiva que está sendo construída no local e de novos equipamentos de climatização que planejamos instalar ao longo dos próximos dois anos.

A tabela 1 apresenta a planilha que contém todas as informações sobre a produção da usina instalada, a produção injetada na rede da concessionária, o consumo pago à concessionária e o consumo real (calculado a partir do consumo faturado adicionado à produção informada pelo sistema de monitoramento da usina fotovoltaica e reduzindo o valor da produção injetada). Tais dados englobam desde o dia de ativação do consumidor junto à Concessionária até a última conta do ano de 2021.

Tabela 1 – Histórico geral de produção e consumo da unidade consumidora

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(2)-(3)+(4)
Data	Produção (kWh)	Produção Injetada (kWh)	Consumo Faturado (kWh)	Consumo Real (kWh)
01/2019	0,0	0,0	1160,0	1160,0
02/2019	0,0	0,0	2040,0	2040,0
03/2019	0,0	0,0	2840,0	2840,0
04/2019	0,0	0,0	2920,0	2920,0
05/2019	0,0	0,0	2360,0	2360,0
06/2019	0,0	0,0	2040,0	2040,0
07/2019	0,0	0,0	1920,0	1920,0
08/2019	1291,4	0,0	1480,0	2771,4
09/2019	995,5	0,0	2240,0	3235,5
10/2019	2486,2	0,0	1560,0	4046,2
11/2019	2294,8	1760,0	2000,0	2534,8
12/2019	2531,3	720,0	1400,0	3211,3
01/2020	2377,9	2160,0	760,0	977,9
02/2020	0,0	600,0	1760,0	1160,0
03/2020	764,9	0,0	2960,0	3724,9
04/2020	2080,2	1320,0	920,0	1680,2
05/2020	2096,7	1760,0	680,0	1016,7
06/2020	2140,3	1800,0	760,0	1100,3
07/2020	2287,3	1680,0	680,0	1287,3
08/2020	2528,8	1960,0	680,0	1248,8
09/2020	2798,2	2320,0	680,0	1158,2
10/2020	2001,5	1440,0	1040,0	1601,5
11/2020	2295,7	1280,0	1200,0	2215,7
12/2020	2346,7	1480,0	1080,0	1946,7
01/2021	2816,9	1680,0	1160,0	2296,9
02/2021	1869,7	1400,0	1160,0	1629,7
03/2021	1897,5	920,0	1560,0	2537,5
04/2021	2704,4	2200,0	1160,0	1664,4
05/2021	2232,5	1880,0	1040,0	1392,5
06/2021	2018,0	1480,0	1200,0	1738,0
07/2021	2407,1	1640,0	1120,0	1887,1
08/2021	2356,3	1840,0	1280,0	1796,3
09/2021	2496,5	1800,0	1240,0	1936,5
10/2021	1813,0	1320,0	1320,0	1813,0
11/2021	2244,2	1080,0	1360,0	2524,2
12/2021	1903,5	880,0	1680,0	2703,5

Com o objetivo de se instalar novos equipamentos na unidade, tanto de climatização quanto de iluminação para a quadra poliesportiva que está sendo coberta, foi realizado o levantamento de todos os equipamentos que serão

instalados em cada um dos ambientes, e foi estimado junto à gestora do setor de ensino um período médio de consumo diário para cada um deles, e assim, produziu-se a tabela 2.

Tabela 2 – Equipamentos a serem instalados na unidade consumidora

Local	Descrição	Uso dias/ano	Horas diárias	Consumo INMETRO (kWh/mês) [1]	Consumo Total Anual (kWh)
Gabinete	09000 BTU's: HTQE09B2NA	200,0	8,0	17	906,7
Direção Geral	09000 BTU's: HTQE09B2NA	200,0	8,0	17	906,7
Tec. da Informação	09000 BTU's: HTQE09B2NA	365,0	24,0	17	4964,0
Assistência Estudantil	09000 BTU's: ICST09FER4-02	200,0	8,0	17	906,7
Administração	12000 BTU's: HVFE12B2IA ELGIN	200,0	8,0	23	1226,7
Registro Acadêmico	12000 BTU's: KFR-34W/C	200,0	8,0	28	1488,0
Setor Pedagógico	12000 BTU's: EICS12FER4-02	200,0	8,0	19	1013,3
Sala Professores 02	18000 BTU's: GWC18QD-D3DNB8M/O	150,0	10,0	34	1710,0
Sala Professores 01	36000 BTU's: 38CCU036515MC	150,0	10,0	73	3650,0
Sala 01	60000 BTU's: PVFE60B2CB	150,0	6,0	113	3390,0
Sala 02	60000 BTU's: PVFE60B2CB	150,0	6,0	113	3390,0
Sala 03	60000 BTU's: PVFE60B2CB	150,0	6,0	113	3390,0
Sala 04	60000 BTU's: PVFE60B2CB	150,0	6,0	113	3390,0
Sala 05	60000 BTU's: PVFE60B2CB	150,0	6,0	113	3390,0
Sala 06	60000 BTU's: PVFE60B2CB	150,0	6,0	113	3390,0
Quadra poliesportiva	Iluminação LED	50,0	4,0	5	960,0
CONSUMO TOTAL ANUAL PROJETADO					38072,1
CONSUMO MENSAL MÉDIO A SER ADICIONADO					3172,7

Portanto, o consumo atual, se considerado o banco de dados de 2019, de 31079 kWh, além do total de 38072 kWh que serão adicionados ao consumo a partir do próximo ano, totaliza 69151 kWh.

1.2 LOCALIZAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

O sistema existente está instalado no IFMG - Campus Avançado Ponte Nova, que está localizado à Praça José Emiliano Dias, 87, Centro, Ponte Nova, Minas Gerais. A proposta de expansão será para o mesmo endereço.

Nas figuras 2 a 11 são apresentadas imagens do local atual da instituição, seguidas por imagens da usina atualmente instalada, com suas coordenadas, além da área para ampliação do sistema atual:

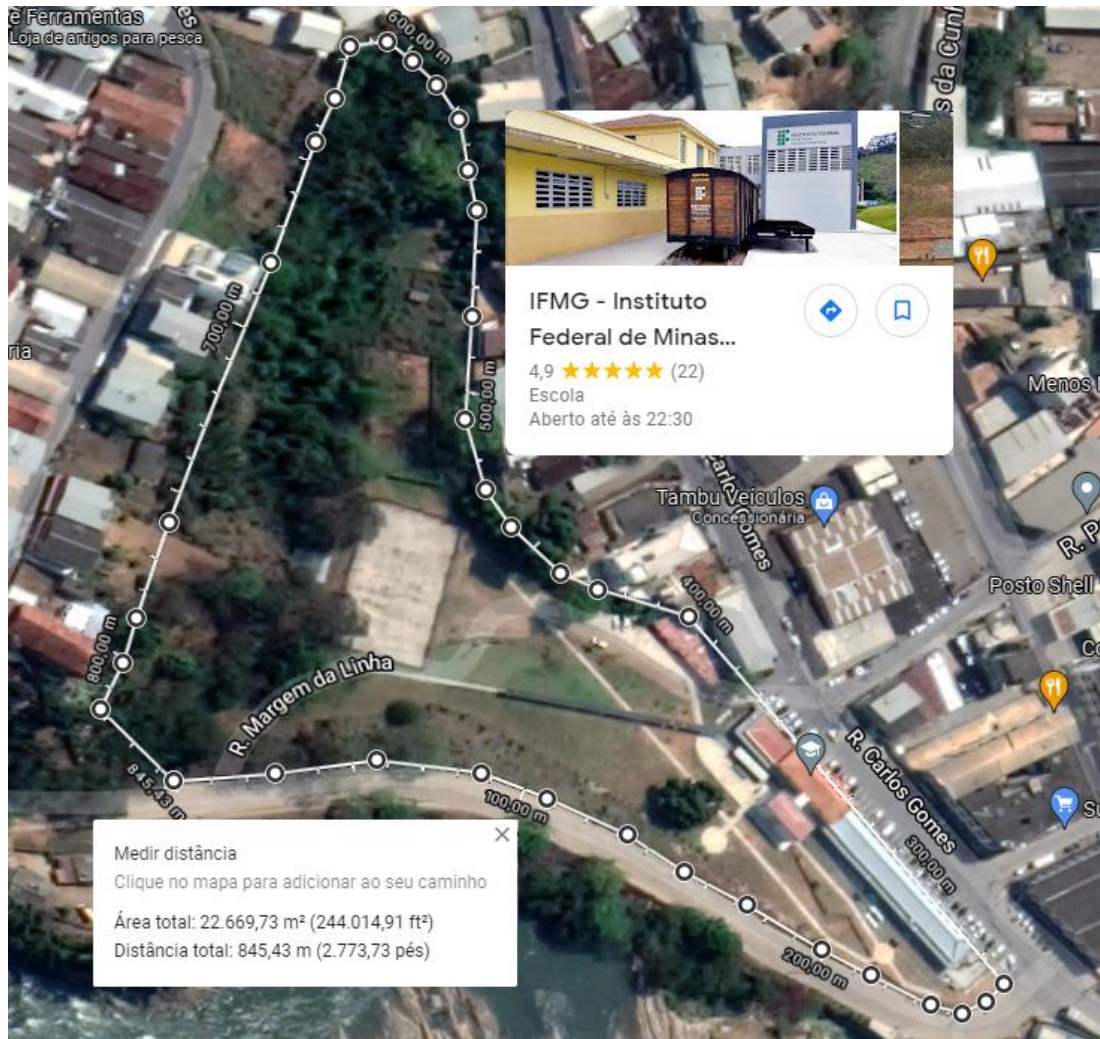


Figura 2 - IFMG - Ponte Nova, com destaque à sua localização e delimitação de área

Atualmente, a usina geradora está instalada acompanhando um passeio existente no campus, servindo também como sombreamento para os transeuntes. As coordenadas dela são de $20^{\circ}25'08.3''S$ $42^{\circ}54'47.8''O$ a $20^{\circ}25'07.9''S$ $42^{\circ}54'50.0''O$, aproximadamente, conforme observado na figura 2 e detalhado na figura 3.



Figura 3 - Local da usina existente



Figura 4 - Usina à época de instalação, agosto de 2019



Figura 5 - Usina à época de instalação, agosto de 2019, ao amanhecer.

Pela figura 4, do horário próximo ao nascer do sol, pode-se observar que a edificação lateral não causa sombreamento na usina instalada em nossa

unidade, assim como as árvores do entorno, o que favorece a produção e manutenção do equipamento.



Figura 6 - Usina fotovoltaica, dezembro de 2021.



Figura 7 - Usina fotovoltaica, dezembro de 2021.

Observa-se que foram utilizados trilhos da linha férrea para estruturação dos perfis de apoio dos módulos, como forma de compor com o ambiente em que foi instalada a usina, e reutilizar materiais disponíveis na instituição. Tais estruturas podem ser observadas nas figuras 6 e 7.



Figura 8 – Ponto de entrada de energia



Figura 9 – Medidor bidirecional existente



Figura 10 – Disjuntor do padrão de entrada

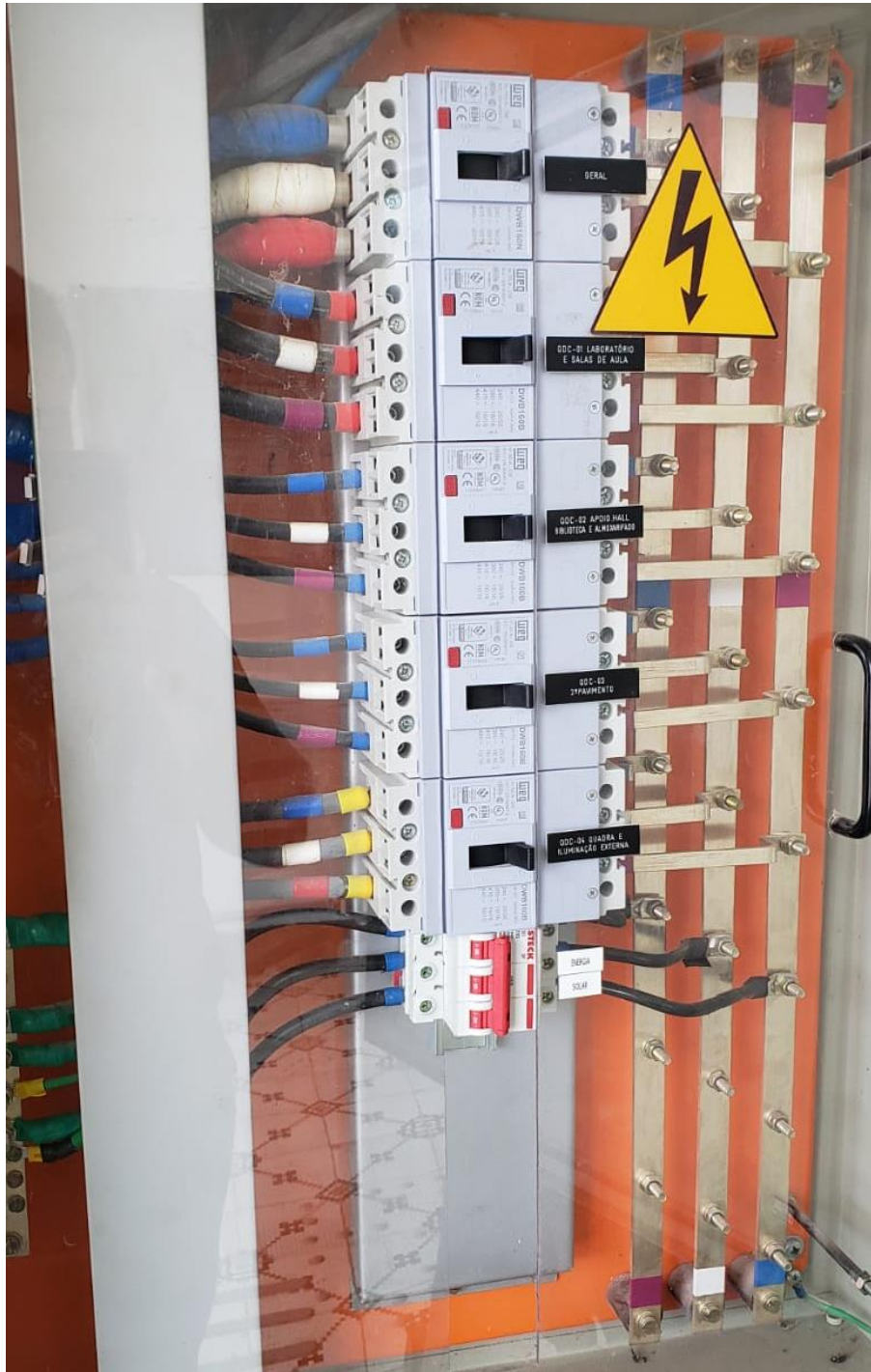


Figura 11 – Quadro principal de distribuição de circuitos, com interligação da usina existente, circuitos principais e pontos de expansão.

Já no detalhamento do ponto de entrada e seus componentes, destaca-se na figura 8 o ponto de entrada do padrão de energia com disjuntor de tripolar

de 175A (destacado na figura 10) e medidor bidirecional trifásico (destacado na figura 9), além de robusto quadro principal de distribuição de circuitos detalhado na figura 11, com capacidade de sustentação tanto da usina existente quanto de futura expansão, caso ocorra.

1.3 ANÁLISE DO EFEITO DE SOMBREAMENTO E PERDAS

Para a usina já instalada, apesar de ter sido aproveitado um caminho de passeio existente, a partir de observações in loco, não foram constatadas áreas com sombreamento total. Poderia correr o sombreamento parcial de alguns módulos, porém somente quando não é realizada a poda de uma árvore próxima à instalação, e durante a época do inverno, no período da manhã. Na figura 12, na parte à direita, pode-se observar a árvore em questão: uma espécie nativa, que não foi cortada pois seus frutos servem de alimentos para aves maracanã-verdadeira (*Primolius maracana*) [2], portanto, é preservada somente a partir de pequenas podas. A árvore está a aproximadamente 12 metros de distância do ponto mais próximo da usina.



Figura 12 – Diagramas de caminho do sol obtido através do aplicativo 'O caminho do sol'

Na figura 13, gráfico extraído do painel de controle da usina fotovoltaica instalada na unidade, pode-se observar a curva de geração característica de um dia normal de produção, este representa um dia em vários observados, no qual pode-se constatar o problema gerado por esse sombreamento: variação de produção justamente no horário de início da insolação, ocasionando perda de uma parcela da produção. Após confirmar-se o sombreamento, as podas corretivas necessárias são realizadas por equipe própria para tal.

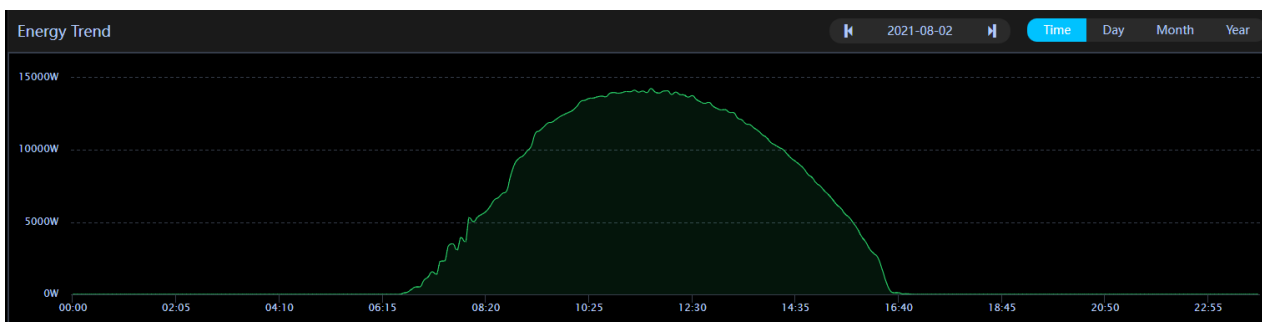


Figura 13 – Geração do dia 02/08/2021

Observa-se, ainda, a ocorrência de sombreamento temporário: por sobreposição de sujeidade, principalmente poeira de terra e folhas, porém realiza-se imediatamente a limpeza das folhas e sujeiras maiores, e limpezas trimestrais no conjunto instalado, lavando-o.

Já para o local proposto para instalação de nova usina, lateralmente ao local da usina já instalada, não haverá nenhum tipo de sombreamento (somente por sujidades leves que são carregadas pelo vento), portanto, este tipo de problema não causará danos à geração de energia futura. O local de instalação pode ser verificado na figura 14, com demarcação de grande área disponível para instalação do sistema. A expectativa é que seja realizada a instalação a aproximadamente 3 (três) metros de altura, como forma de se utilizar a própria estrutura como área sombreada pelos estudantes da Instituição. Assim como a dupla função assumida pela usina existente, que atua como cobertura para passeio e geradora, a proposta para a nova instalação é que, além da geração, a mesma também sirva à área como um ponto de encontro de pessoas, protegidas da insolação. Pela proposta ser de um espaço aberto, rodeado por árvores, e próxima do Rio Piranga, a circulação de ar ajuda para que, mesmo em dias com bastante insolação, a parte inferior dos módulos não sejam pontos de aquecimento. E apesar da imagem não estar atualizada, toda a área já está gramada, o que reduz a sujeidade do conjunto.



Figura 14 – Vista geral do *campus*, com delimitações de área para nova usina, local da usina instalada, edificações vizinhas e ponto de entrada de energia

2- Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico

Este capítulo tem por objetivo apresentar a análise da conta de energia elétrica da unidade consumidora e dimensionar o sistema fotovoltaico conectado à rede que suprirá o consumo da mesma, além de apresentar os dados da usina existente na unidade.

Em todos os dimensionamentos, apesar de serem apresentados os dados gerais da UC na Tabela 1 – Histórico geral de produção e consumo da unidade consumidora, serão considerados somente os dados para o ano de 2019 acrescidos dos consumos dos equipamentos que foram e serão instalados, conforme Tabela 2 – Equipamentos a serem instalados na unidade consumidora. Tal base de dados deve-se ao fato de que somente no ano de 2019 ocorreu a utilização completa da unidade em todos períodos do dia, sendo que em 2018 ainda ocorria obra de reforma da edificação das salas de aulas, e nos anos de 2020 e 2021 as atividades presenciais foram suspensas devido à pandemia de SARS-CoV-2. A consideração da totalidade da Tabela 1 – Histórico geral de produção e consumo da unidade consumidora será para a situação de análise de histórico da produção da usina existente na unidade.

Abaixo é apresentada a tabela de consumo que será considerada:

Tabela 3 – Histórico de consumo

Data	Consumo Real (kWh)	Consumo dos novos equipamentos (kWh)	Consumo total (kWh)
jan/19	1160,00	3172,70	4332,70
fev/19	2040,00	3172,70	5212,70
mar/19	2840,00	3172,70	6012,70
abr/19	2920,00	3172,70	6092,70
mai/19	2360,00	3172,70	5532,70
jun/19	2040,00	3172,70	5212,70
jul/19	1920,00	3172,70	5092,70
ago/19	2771,40	3172,70	5944,10
set/19	3235,50	3172,70	6408,20
out/19	4046,20	3172,70	7218,90
nov/19	2534,80	3172,70	5707,50
dez/19	3211,30	3172,70	6384,00
		Média mensal	5762,63

Nos dados considerados, a média mensal bruta de consumo é de 5762 kWh por mês (o consumo total, sem desconto da produção da usina já existente). Observa-se que a variação dos valores ao longo dos meses do ano ficam em

aproximadamente 10% referenciados pela média mensal. Assim, dependendo do mês de instalação do sistema, a UC poderá não ter toda a geração para que a conta seja compensada, pois o sistema será dimensionado para o valor médio de consumo, porém, com os saldos de geração, atingirá a compensação total.

2.1 DIMENSIONAMENTO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Inicialmente será realizada a definição da energia gerada, tendo como parâmetros os valores de áreas de módulos propostos, sua eficiência, eficiência do sistema, e número de módulos totais, descontando da média mensal de consumo, a média gerada pelo sistema atualmente instalado.

O primeiro ponto será realizar a média de produção da usina já instalada para todo o espaço amostral existente, apresentado na tabela 4.

Tabela 4 – Produção total da usina existente

Data	out/19	nov/19	dez/19	jan/20	fev/20	mar/20	abr/20	mai/20	jun/20	
Produção (kWh)	2486,2	2294,8	2531,3	2377,9	-	-	2080,2	2096,7	2140,3	
	jul/20	ago/20	set/20	out/20	nov/20	dez/20	jan/21	fev/21	mar/21	
	2287,3	2528,8	2798,2	2001,5	2295,7	2346,7	2816,9	1869,7	1897,5	
	abr/21	mai/21	jun/21	jul/21	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	MÉDIA MENSAL
	2704,4	2232,5	2018	2407,1	2356,3	2496,5	1813	2244,2	1903,5	2286,8

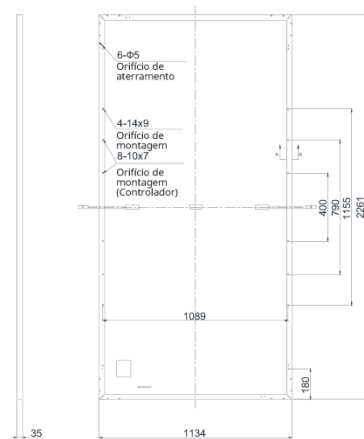
Para a usina instalada na UC, serão desconsiderados os meses de agosto e setembro de 2019, pois foram os meses de implantação e ajustes da usina, além dos meses de fevereiro e março de 2020, pois ocorreram problemas na rede elétrica da concessionária, fazendo com que fosse necessária a desativação temporária da usina. Tais intercorrências, se considerados os períodos, reduziriam a média real de produção em aproximadamente 10%.

Atualmente a instituição conta com uma usina de 63 módulos Canadian Solar MAXPOWER CS6U-325, e para que seja mantida relação com mesmo fabricante, e, caso necessário, mesma assistência técnica, serão considerados novos módulos também da Canadian Solar, porém de novas versões, mais atuais.

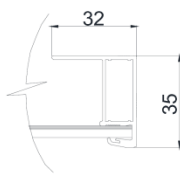
Portanto, serão considerados módulos Canadian Solar HiKu6 Mono PERC CS6W-540 [3], com as características abaixo:

DESENHO DE ENGENHARIA (mm)

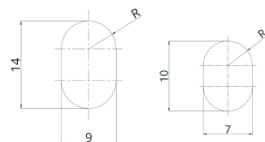
Vista traseira



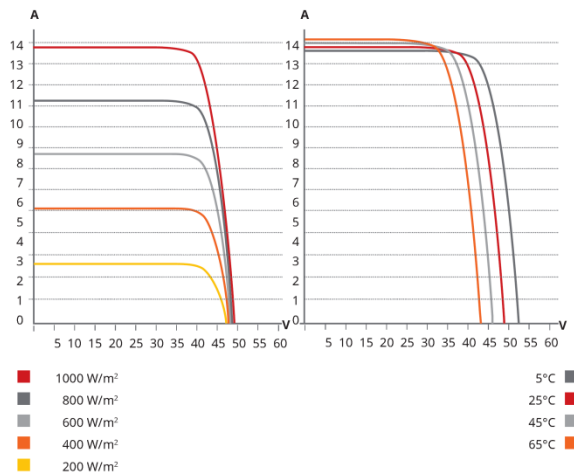
Seção transversal do quadro A-A



Orifício de montagem



CS6W-530MS / CURVAS I-V



DADOS ELÉTRICOS | STC*

CS6W	525MS	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Máx. Potência Nominal (Pmax)	525 W	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W
Opt. Tensão de Operação (Vmp)	40,7 V	40,9 V	41,1 V	41,3 V	41,5 V	41,7 V
Opt. Corrente de Operação (Imp)	12,90 A	12,96 A	13,02 A	13,08 A	13,14 A	13,20 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	48,6 V	48,8 V	49,0 V	49,2 V	49,4 V	49,6 V
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	13,75 A	13,80 A	13,85 A	13,90 A	13,95 A	14,00 A
Eficiência de Módulo	20,5%	20,7%	20,9%	21,1%	21,3%	21,5%
Temperatura de Operação	-40°C ~ +85°C					
Máx. Tensão de Sistema	1500V (IEC/UL) ou 1000V (IEC/UL)					
Desempenho antichamas do módulo	TIPO 1 (UL 61730 1500V) ou TIPO 2 (UL 61730 1000V) ou CLASSE C (IEC 61730)					
Máx. valor nominal do fusível de série	25 A					
Classe da aplicação	Classe A					
Tolerância de potência	0 ~ + 10 W					

* Sob condições de teste padrão (STC), irradiância de 1000 W/m², espectro AM 1,5 e temperatura de célula de 25°C.

DADOS MECÂNICOS

Especificação	Dados
Tipo de célula	Monocristalina
Arranjo de células	144 [2 X (12 X 6)]
Dimensões	2261 X 1134 X 35 mm (89,0 X 44,6 X 1,38 in)
Peso	27,8 kg (61,3 lbs)
Capa dianteira	Vidro temperado de 3,2 mm
Quadro	Liga de Alumínio Anodizado
Caixa J	IP68, 3 diodos de bypass
Cabo	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Comprimento do cabo (Incluindo conector)	410 mm (16,1 pol.) (+) / 290 mm (11,4 pol.) (-) ou comprimento personalizado*
Conector	Série T4 ou H4 UTX ou MC4-EVO2
Por palete	30 peças
Por contêiner (40' HQ)	600 peças

* Para informações detalhadas, contate seu Representante de Vendas ou Representante Técnico local.

DADOS ELÉTRICOS | NMOT*

CS6W	525MS	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Máx. Potência Nominal (Pmax)	392 W	396 W	400 W	403 W	407 W	411 W
Opt. Tensão de Operação (Vmp)	38,0 V	38,2 V	38,4 V	38,6 V	38,8 V	39,0 V
Opt. Corrente de Operação (Imp)	10,33 A	10,37 A	10,42 A	10,45 A	10,49 A	10,54 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	45,8 V	46,0 V	46,2 V	46,4 V	46,6 V	46,8 V
Corrente de Curto-Circuito (Isc)	11,09 A	11,13 A	11,17 A	11,21 A	11,25 A	11,30 A

* Sob temperatura nominal de operação do módulo (NMOT), irradiância de 800 W/m², espectro AM 1,5, temperatura ambiente de 20°C e velocidade do vento de 1 m/s.

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA

Especificação	Dados
Coefficiente de Temperatura (Pmax)	-0,34 % / °C
Coefficiente de Temperatura (Voc)	-0,26 % / °C
Coefficiente de Temperatura (Isc)	0,05 % / °C
Temperatura Nominal de Operação do Módulo	42 ± 3°C

Figura 15 – Datasheet dos módulos CS6W-540

A estimativa de módulos necessários poderá ser calculada considerando a energia média demandada e a energia média produzida por cada módulo ($W_{\text{módulo}}$):

$$W_{\text{módulo}} = \text{Irradiância} * A * \epsilon * \varphi,$$

Equação 01

sendo:

Irradiância = 4,82 kWh/m².dia, de acordo com base de dados do site Cresesb [4] e dados fornecidos pelo aplicativo Estimate para a localidade do IFMG – Campus Ponte Nova

$$\text{Área} = \text{largura} * \text{altura} = 2,261 * 1,134 = 2,56\text{m}^2,$$

$\epsilon = 0,211$, eficiência do módulo, fornecido pelo fabricante.

$\varphi = 0,80$, eficiência do sistema, geralmente em torno 80% (valor este aproximado fornecido por apostila do curso ELT 567 - REGULAMENTAÇÃO E PROJETO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA [5] e valor próximo à média calculada a partir dos dados da usina existente).

$$W_{\text{módulo}} = 4,82 * 2,56 * 0,211 * 0,80 = 2,086 \text{ kWh/dia}$$

O número de módulos será encontrado dividindo o consumo pela estimativa da energia média gerada por cada módulo:

Consumo médio diário

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{média mensal consumo} - \text{média mensal de produção da usina existente}}{\text{média de dias dos meses}} \\ &= \frac{5762,6 - 2286,8}{365/12} = 114,27\text{kW/dia} \end{aligned}$$

Número de Módulos = $\frac{\text{Consumo médio diário}}{W_{\text{módulo}}} = \frac{114,27}{2,086} \cong 55$ módulos, sendo a potência total do arranjo, calculada com o valor de:

$$P_{\text{arranjo}} = 55 * 540 = 29.700W$$

2.2 DIMENSIONAMENTO DOS INVERSORES

Para dimensionamento do inversor para esta aplicação, e considerando que já existe uma usina instalada na UC da marca Growatt, modelo 20000TL3-S, a proposta será mantida com o mesmo fabricante, visando redução de custo para manutenção das usinas que existirão no local.

Para os equipamentos fornecidos no Brasil, através do site do próprio fabricante [6] e de consulta online de quais modelos disponíveis para a potência de 30kW, encontra-se o modelo MAC 30KTL3-XL, com as seguintes características:

Ficha de dados		MAC 30KTL3-XL	Dispositivo de proteção			
Dados de entrada			Proteção de polaridade reversa de CC	Sim		
			Interrupor CC	Sim		
			Máxima potência fotovoltaica recomendada (para módulo STC)	39000W	Proteção de surtos CC	Tipoll
			Máxima tensão CC	1100V	Monitoramento de resistência de isolamento	Sim
			Tensão de partida	250V	Proteção de surtos CA	Tipoll
			Tensão nominal	360V	Proteção de curto-circuito CA	Sim
			Faixa de tensão MPP	200V-1000V	Monitoramento de rede	Sim
			Número de rastreador MPP	3	Proteção anti-ilhamento	Sim
			Número de strings fotovoltaicas por MPPT	4/4/4	Unidade de monitoramento de corrente residual	Sim
Máx. corrente de entrada por rastreador MPP	52A/52A/52A	Fusível de proteção da String	Não			
Máx. corrente curto-circuito por rastreador MPP	55A/55A/55A	Monitoramento de string	Não			
Saída (CA)			Função Anti-PID	Não		
			Proteção AFCI	Sim		
			Dados Gerais			
			Potência nominal de saída	30000W	Dimensões (L/A/P)	680/508/281mm
			Potência aparente máxima de CA	33300VA@220VAC	Peso	≤52kg
			Tensão nominal de saída(Faixa)	127V/220V(101.6-139.7V)	Faixa de temperatura operacional	- 25°C ... +60°C (>45°C Derating)
			Frequência de rede CA(Faixa)	50/60 Hz(46~54/56~64Hz)	Emissão de ruído	≤60dB(A)
			Corrente nominal de saída CA	78.8A	Altitude	4000m
			Máx. Corrente de saída	87.4A	Consumo noturno	1W
			Fator de potência	>0.99	Topologia	Sem transformador
			Fator ajustável de potência	0.8i-0.8c	Resfriamento	Ventilador de refrigeração
THDI	<3%	Grau de proteção eletrônica	IP65			
Tipo de conexão CA	3W+N+PE	Humidade relativa	0~100%			
Eficiência			Conexões CC	H4(OPT)		
			Máx. Eficiência	98.8%	Conexões CA	Terminal OT
			Euro-eta	98.2%	Características	
			Exibição	OLED+LED/WIFI+APP		
			Interfaces: Rs485/USB/WIFI/GPRS/4G	Sim/Sim/Opc/Opc/Opc		
			Fornecimento CA	NÃO		
			IEC61000-6/3,IEC62109-1/2,IEC62116,IEC61727, IEEEl547, UL1741			

Figura 16 – Datasheet do inversor Growatt MAC 30KTL3-XL

De posse dos dados dos módulos e do inversor, as verificações são feitas para que se garanta a integridade dos equipamentos.

1 - A potência nominal ($P_{arranjo}$) dos módulos ligados em cada inversor não deve ser muito maior que a potência máxima do inversor ($P_{inv}^{máx}$).

Geralmente, a potência máxima que o modelo escolhido de inversor suporta pode ser encontrado no datasheet, e possui o valor de 39000W ou 39kW. Portanto, a potência máxima do inversor é maior que a potência do arranjo: $P_{inv}^{máx} > P_{arranjo}$

2 – Após a verificação da potência, verifica-se a corrente de curto circuito do módulo fotovoltaico (I_{SC}), e a corrente contínua máxima do inversor ($I_{inv}^{m\acute{a}x}$). Será considerada ainda uma margem de segurança de 10%, uma vez que a corrente de curto circuito do módulo fotovoltaico é na condição STC (1.000 W/m² e 25°C) e pode ocorrer da irradiação superar o valor de 1.000 W/m² em algum período do ano:

$$I_{inv}^{m\acute{a}x} > 1,1 * I_{SC} \rightarrow 52 > 1,1 * 13,90 \rightarrow 52 > 15,29$$

Pelo valor do $I_{inv}^{m\acute{a}x}$, pode-se ainda realizar a instalação de três conjuntos em paralelo, que somarão 45,87A, ainda inferior aos 52A.

3 – Verifica-se ainda a tensão contínua máxima do inversor, e esta deverá ser 20% superior à soma das tensões de circuito aberto dos módulos em série:

$$V_{inv}^{m\acute{a}x} > 1,2 * N * V_{OC} \rightarrow 1100 > 1,2 * N * 49,2 \rightarrow N < 18,6 \text{ módulos em série}$$

Logo, caso seja mantido, no máximo, 18 módulos por série, o inversor atenderá:

$$V_{inv}^{m\acute{a}x} > 1,2 * N * V_{OC} \rightarrow 1100 > 1,2 * 18 * 49,2 \rightarrow 1100 > 1063$$

4 – Outros pontos de atenção ao modelo de inversor selecionado:

- possui quatro strings por MPPT
- possui três MPPT
- opera entre -25°C e 60°C, sendo a temperatura mínima de Ponte Nova próxima de 13°C e a máxima próxima de 31°C, segundo base de dados do site Weather Spark [7].
- tensão de saída de 127V e 220V, portanto não demandará a instalação de transformador.
- Faixa de frequência dentro da fornecida pela concessionária CEMIG.

Com as informações do quantitativo mínimo de módulos (55 unidades) e do inversor (1 unidade), propõe-se que seja realizada a instalação de usina composta por este inversor, e os módulos divididos em seis strings de dez módulos cada, cada par de strings instalado em uma entrada MPPT, para que se tenha um conjunto balanceado energeticamente, logo, um total de 60 módulos.

Recalculando a geração diária total, portanto, com a proposta de 60 módulos:

$$W_{TOTAL} = 60 * 4,82 * 2,56 * 0,211 * 0,80 = 124,97 \text{ kWh/dia}$$

2.3 DIMENSIONAMENTO DA PROTEÇÃO

Considerando a proposta anterior, os conjuntos terão as seguintes características:

$$V_{inv}^{m\acute{a}x} = 492V, \text{ fornecido por cada string}$$

$$I_{inv}^{m\acute{a}x} = 30,58A, \text{ fornecido por cada MPPT}$$

Serão utilizados dispositivos de proteção contra surto para corrente contínua de 500V (fornecedor Soprano [8]) ou 600V (fornecedor Clamper [9]), ambos de 20 kA.

Também serão utilizados fusíveis CC para isolar e proteger os arranjos: os mais comuns de se encontrar no mercado, e que seriam adequados para esta formação são os de pelo menos 500V e 32A.

Serão utilizadas chaves seccionadoras e caixa com grau de proteção, para cada arranjo, com proteção de 32A e 600V.

Estes três itens farão a proteção para o lado de corrente contínua da instalação.

Para o lado de corrente alternada serão utilizados DPS's e chave seccionadoras, que devem atender às seguintes especificações mínimas:

DPS: 175V.

Chave seccionadora: tripolar 100A, considerando as características do inversor de máxima corrente de saída e tensão nominal de saída.

2.4 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS C.C.

Os condutores para corrente contínua possuem características diferentes dos cabos comuns que corriqueiramente são utilizados para instalações de corrente alternada. Estas características são classe de encordoamento 5 muito flexível, isolamento e cobertura de composto não halogenado termofixo (EPR ou XLPE). A cada 50 centímetros o cabo deve possuir marcação "Uso em Sistema Fotovoltaico", devem ser resistentes à radiação ultravioleta ou UV para suportarem a ação do sol e ser resistentes à água, e o padrão de cores deve obedecer às tonalidades preta, vermelha, verde ou verde e amarela, além de operarem em temperaturas entre -15°C e 90°C.

Diante de todas as considerações normativas, e considerando-se também a distância entre os módulos e o inversor, que na pior situação será a distância maior possível da área de instalação e o local de fixação do inversor, sendo esta de 80 metros de comprimento de instalação elétrica.

A queda de tensão máxima será de 3%, e o sistema será dotado de proteção contra sobrecorrente, logo, a corrente de projeto será igual à corrente do arranjo.

Utilizando a equação de dimensionamento de seções de cabos para o critério de queda de tensão (que fornece a situação mais crítica):

$$S = \frac{L \cdot I_b}{\sigma \cdot V_m} = \frac{2 \cdot 80 \cdot 1,1 \cdot 13,90}{44 \cdot 0,03 \cdot 492} = 3,77 \text{mm}^2, \quad \text{Equação 02}$$

Sendo:

L o comprimento total de cabos (soma dos cabos positivo + negativo) em metros; I_b a corrente de projeto, σ a condutividade do cobre à 90°C (que é a pior hipótese) e V_m a queda de tensão máxima, que não deve ser superior a 3% da tensão do arranjo fotovoltaico em seu ponto de máxima potência. Portanto, deverão ser utilizados cabos de 4mm².

Comparando o resultado com a tabela de capacidade de condução de corrente disponível na NBR 16612/2020 [10], observa-se que cabos de 4mm² possuem capacidade mínima de 40A, quando instalados ao ar livre, expostos ao sol, portanto, superior à corrente demandada.

2.5 DIMENSIONAMENTO DOS CABOS C.A.

O dimensionamento para os cabos de corrente alternada devem seguir as orientações da NBR 5410/2004 [11], atendendo os critérios de seção mínima, capacidade de condução de corrente, queda de tensão, sobrecarga e curto circuito.

Em todas instalações CA serão considerados cabos de cobre flexíveis isolados em PVC 70°C, unipolares, halogenados.

Segundo o critério de capacidade de corrente, utiliza-se o método de instalação B1, pois a interligação entre inversor e quadro de distribuição de circuitos será realizada por eletroduto aparente sobre a parede, devido ao padrão de utilização na UC. Apesar de parte do trajeto do circuito ser realizado em eletrocalhas perfuradas, deve-se atender a situação com maior demanda. Logo, para a máxima corrente de saída do inversor (87,4A), com três condutores carregados, obtém-se o cabo de seção 25mm² (suporta até 89A).

Segundo o critério da queda de tensão, não deve-se permitir quedas maiores a 7%, calculados entre o de conexão do inversor fotovoltaico e o

transformador que este está conectado, e será necessário o cálculo do valor da impedância a partir da seguinte fórmula:

$$\Delta V = Z_C * I_B * L, \quad \text{Equação 03}$$

sendo ΔV a queda de tensão, Z_C a impedância do cabo fornecida pelo fabricante Sil Fios e Cabos Elétricos, I_B a corrente de projeto e L o comprimento do trecho do circuito, para que, a partir de tabela específica, seja definido o cabo a ser utilizado.

$$\Delta V = Z_C * I_B * L \Rightarrow Z_C = \frac{\Delta V}{I_B * L} \Rightarrow Z_C = \frac{0,07 * 220}{87,4 * 30} = 5,87 \Omega/\text{km}$$

Considera-se 30 metros entre a saída do inversor e a conexão com o quadro geral de baixa tensão, e este conecta-se à rede da concessionárias por cabos flexíveis de cobre de 95mm² de seção, revestidos por PVC 70°C.

Tabela 5 - Queda de tensão tabelada (V/A*Km) x corrente do circuito (A) para cada 1.000 metros de comprimento (Km).

Seção Nominal do Condutor (mm ²)	Queda de tensão para cos $\phi = 0,8$ (V/A.km)		
	Conduto não-magnético		Conduto magnético
	Circuito monofásico	Circuito trifásico	
1,5	23,3	20,2	23
2,5	14,3	12,4	14
4	8,96	7,79	9
6	6,03	5,25	5,87
10	3,63	3,17	3,54
16	2,32	2,03	2,27
25	1,51	1,33	1,5
35	1,12	0,98	1,12
50	0,85	0,76	0,86
70	0,62	0,55	0,64
95	0,48	0,43	0,5
120	0,4	0,36	0,42
150	0,35	0,31	0,37
185	0,3	0,27	0,32
240	0,26	0,23	0,29

A partir da queda da tensão calculada, encontra-se, na Tabela 5, o valor imediatamente inferior, considerando circuitos trifásicos, e assim deverão ser utilizados cabos de 6mm².

Considerando, portanto, o critério que apresentou a situação de maior seção, os cabos a serem utilizados deverão ser de 25mm².

2.6 ATERRAMENTO

Segundo a NBR 5410/2004, existem algumas possibilidades de aterramento e são eles: esquema TN, esquema TT e esquema IT, com o qual temos a primeira letra referindo-se à situação do neutro em relação à terra, e a segunda letra referindo-se à situação das massas em relação à terra.

Seguindo o padrão existente na UC, existem circuitos independentes para o neutro e para o aterramento, portanto, a nova instalação seguirá também este padrão, com todos equipamentos e estruturas interligados através de cabeamento específico para aterramento. O esquema de aterramento existente é o TT.

O aterramento da edificação é formado por uma gaiola de Faraday (estrutura formada por cordoalhas de cobre com bitola de 50 mm², instaladas nos pontos mais altos da cobertura e em volta da mesma, através de toda sua platibanda, e conectada ao sistema de aterramento através de condutores de descida devidamente protegidos de contato e choques mecânicos) e também por malha de equipotencialização, e a usina existente possui estrutura de fixação em trilhos (trilhos ferroviário), cravados em aproximadamente 1,50 metros de profundidade, o que ajuda no sistema de aterramento. Além disso, foi realizada cravação de uma haste para interligação direta com o transformador.

A nova usina proposta será interligada aos circuitos de aterramento através do quadro principal de distribuição de circuitos, e também serão utilizados trilhos cravados no solo para estrutura de sustentação, melhorando o desempenho do sistema de aterramento.

2.7 ESTRUTURA DE FIXAÇÃO

Assim como a primeira usina, a proposta para as novas usinas que possivelmente serão instaladas é o uso múltiplo do equipamento: além da geração de energia elétrica, deve ser instalada em local acessível que permita a exibição para os estudantes e visitantes do local, propagando conhecimento, além de permitir o uso de materiais e espaços disponíveis. Assim, serão utilizados trilhos como pilares de apoio, e sobre estes, serão afixados, por solda, perfis metálicos que servirão de apoio para os perfis do tipo trilho fotovoltaico de alumínio universal.

Os trilhos metálicos são instalados a cada 4,00 metros, e o mais nivelados possível de cada um dos lados da área a ser ocupada pelos módulos. Deve-se atentar para a inclinação do plano formado pelo topo de tais perfis, para que acompanhe a angulação da latitude do local a ser instalado, que neste caso é

de aproximadamente $20,41^\circ$. Na parte mais superior de cada um desses perfis, seguindo um alinhamento horizontal, deverá ser soldado perfis metálicos galvanizado retangular de $(30 \times 50) \text{mm}^2$, espessura 1,25mm, no comprimento da área a ser instalada.

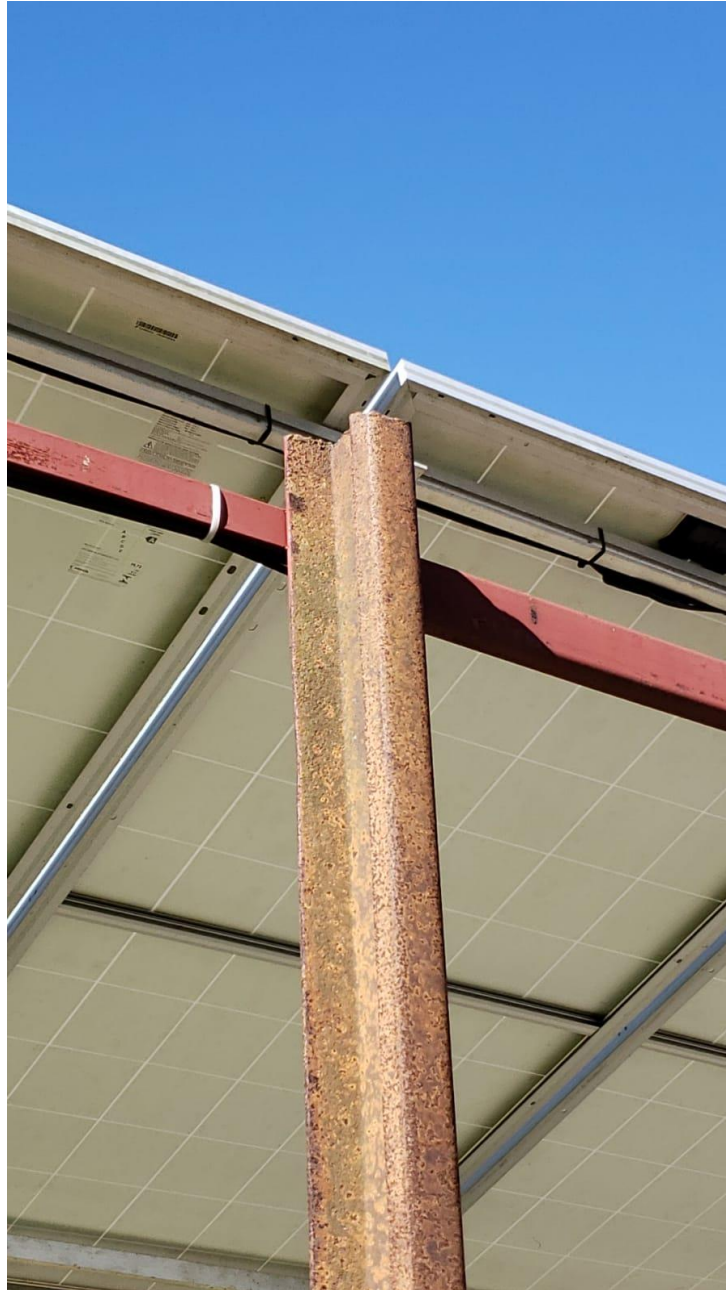


Figura 17 – Trilho de sustentação dos módulos fotovoltaicos

Os perfis trilho fotovoltaico de alumínio universal são afixados por parafusos estruturais para telha metálica (com porcas), como o da imagem 18:



Figura 18 - parafuso estrutural para telhados metálicos



Figura 19 – Fixação de perfis trilhos de alumínio sobre perfis metálicos

Para fixação dos módulos sobre os trilhos serão utilizados tanto os grampos de fixação intermediário quanto o de fim de linha.

2.8 ASPECTOS GERAIS DA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA DO IFMG – PONTE NOVA

Para realizar um estudo de caso, com base no levantamento e cálculo da usina complementar à existente, será realizada a revisão básica da compatibilidade entre inversor e módulos instalados na usina atualmente existente na unidade.

Ela é composta por um inversor 20000TL3-S e 63 módulos Canadian Solar MAXPOWER CS6U-325, divididos em três strings de 21 cada, sendo dois strings ligados a um MPPT, e outro ligado ao segundo MPPT.

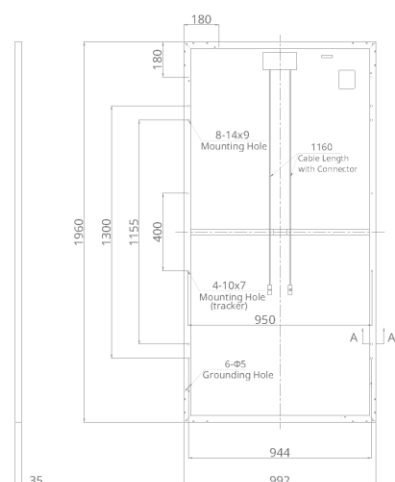
Tabela 6 – Datasheet Inversor Growatt 20000TL3-S

Growatt	20000TL3-S
Dados de entrada	
Máx. potência PV recomendada	25000W
Máxima tensão DC	1000V
Tensão de início	250V
Tensão CC nominal	580V
Variação de tensão PV	200V-1000V
Intervalo de tensão MPP (carga total)	400V-800V
Máx. corrente de entrada do rastreador MPP A/B	37,5A
Máxima corrente de entrada de curto circuito	45A
Número de rastreadores MPP	2
Máx. número de cadeias paralelas por MPPT	3
Dados de saída	
Potência de saída nominal	20000W
Potência máx. aparente	22200VA
Tensão de CA nominal	230V/400V
Intervalo de tensão de CA	340-440VAC
Frequência de rede CA nominal	50/60 Hz
Intervalo de frequência da rede de CA	5~55HZ/55-65 Hz
Máx. corrente de saída (cos $\phi=1$)	32,2A
Fator de Potência (cos $\phi=1$)	0.8
Harmônica	<3%
Tipo de conexão à rede	3W+N+PE
Eficiência	
Eficiência máxima	98,70%
Eficiência ponderada Europeia	98,40%
Eficiência MPPT	99,5%
Dispositivo de proteção	
Proteção de inversão de polaridade DC	SIM
Interruptor CC	SIM
Proteção contra sobretensão de entrada	SIM (CLASSEII)
Medida de isolamento de CC	SIM

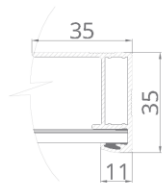
Tabela 7 – Datasheet módulos Canadian Solar MAXPOWER CS6U-325

ENGINEERING DRAWING (mm)

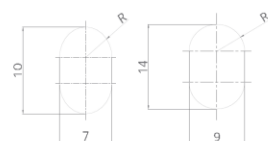
Rear View



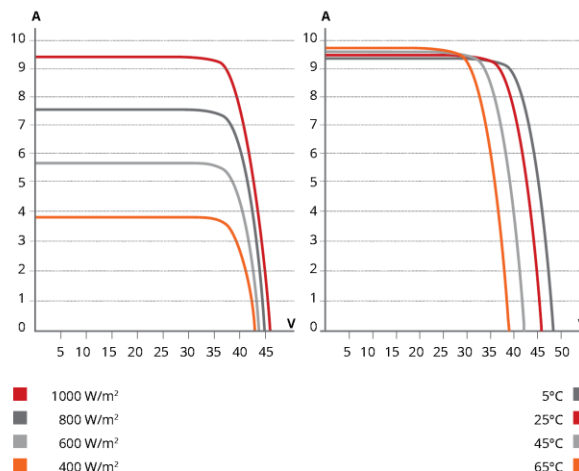
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



CS6U-330P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6U	325P	330P	335P
Nominal Max. Power (Pmax)	325 W	330 W	335 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.0 V	37.2 V	37.4 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.78 A	8.88 A	8.96 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.5 V	45.6 V	45.8 V
Short Circuit Current (Isc)	9.34 A	9.45 A	9.54 A
Module Efficiency	16.72%	16.97%	17.23%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC/UL) or 1500 V (IEC/UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6U	325P	330P	335P
Nominal Max. Power (Pmax)	239 W	243 W	247 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	34.0 V	34.2 V	34.4 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.03 A	7.10 A	7.17 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.4 V	42.5 V	42.6 V
Short Circuit Current (Isc)	7.54 A	7.63 A	7.70 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6 × 12)
Dimensions	1960 × 992 × 35 mm (77.2 × 39.1 × 1.38 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm² (IEC), 12 AWG (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	720 pieces

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.40 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	43 ± 3 °C

Com as informações fornecidas anteriormente, e considerando a eficiência do sistema como 80%, obtém-se que:

$$W_{\text{módulo}} = \text{Irradiância} * A * \epsilon * \varphi = 4,82 * 1,960 * 0,992 * 0,1672 * 0,80 = 1,253\text{kWh/dia}$$

Como a usina é composta por 63 módulos, a produção total será de aproximadamente 79kWh/dia, ou 2369kWh/mês, ou 28825kWh/ano.

Comparando tal valor, ao valor real medido (74kWh/dia, ou 2219kWh/mês, ou 27002kWh/ano), obtém-se um valor aproximadamente 6,4% menor do que o esperado, caso desconsidere-se a redução de 1% anual na produção dos módulos, ou 4,4% menor do que o esperado, caso seja considerado o decaimento da produção. Tal fato pode-se ocorrer, principalmente, à não existência de rotina de manutenção no equipamento. Portanto, pode-se considerar realista a eficiência de 80% do sistema.

Fazendo a análise sobre a compatibilidade entre o inversor e os strings, considera-se

1 - A potência nominal (P_{arranjo}) dos módulos ligados em cada inversor não deve ser muito maior que a potência máxima do inversor ($P_{\text{inv}}^{\text{máx}}$).

A potência máxima do modelo escolhido de inversor suporta 25000W ou 25kW. Portanto, a potência máxima do inversor é maior que a potência do arranjo (63 módulos existentes):

$$P_{\text{inv}}^{\text{máx}} > P_{\text{arranjo}} = 25000W > 63 * 325W \rightarrow 25000W > 20475W$$

$$P_{\text{inv}}^{\text{máx}} > N * P_{\text{módulos}} \rightarrow 25000W > N * 325 \rightarrow N < 76,92$$

Assim, o número máximo de módulos que o inversor suportaria seriam 77.

2 - Após a verificação da potência, verifica-se a corrente de curto circuito do módulo fotovoltaico (I_{SC}), e a corrente contínua máxima do inversor ($I_{\text{inv}}^{\text{máx}}$).

$$I_{\text{inv}}^{\text{máx}} > 1,1 * I_{\text{SC}} \rightarrow 37,5A > 1,1 * 9,34A \rightarrow 37,5A > 10,27A$$

Pelo valor do $I_{\text{inv}}^{\text{máx}}$, poderia ser realizada a instalação de até três conjuntos em paralelo, que somariam 30,82A, ainda inferior aos 37,5A.

3 - Verifica-se ainda a tensão contínua máxima do inversor, e esta deverá ser 20% superior à soma das tensões de circuito aberto dos módulos em série:

$$V_{\text{inv}}^{\text{máx}} > 1,2 * N * V_{\text{OC}} \rightarrow 1000 > 1,2 * 21 * 45,5 \rightarrow 1000 > 1147$$

Logo, neste caso, observa-se inconsistência entre o conjunto instalado em funcionamento e as orientações normativas. Portanto, o recomendado seria o reordenamento dos strings, da seguinte forma:

$$V_{\text{inv}}^{\text{máx}} > 1,2 * N * V_{\text{OC}} \rightarrow 1000 > 1,2 * N * 45,5 \rightarrow N < 18,3$$

Assim, a recomendação é que sejam mantidos, no máximo, 18 módulos em série por strings.

$$V_{\text{inv}}^{\text{máx}} > 1,2 * N * V_{\text{OC}} = 1000 > 1,2 * 18 * 45,5 = 1000 > 972$$

4 – Outros pontos de atenção ao modelo de inversor selecionado:

- possui três entrada por MPPT
- possui dois MPP
- opera entre -25°C e 60°C , sendo a temperatura mínima de Ponte Nova próxima de 13°C e a máxima próxima de 31°C , segundo base de dados do site Weather Spark.
- tensão de saída de 380V, portanto funciona em conjunto com um transformador.
- Faixa de frequência dentro da fornecida pela concessionária CEMIG.

Portanto, para a usina já existente, é recomendado:

1. A ampliação do número de módulos para operar no máximo permitido para o inversor, com módulos de mesmo modelo, e nesta situação, a sugestão é que sejam instalados 6 conjuntos de 13 módulos, equilibrando as entradas CC, e atingindo a totalidade permitida pelo fabricante, e respeitando os parâmetros do inversor;
2. Realizar o rearranjo dos módulos para atender os parâmetros técnicos do fabricante do inversor;
3. Elaborar um plano de manutenção do equipamento, para que o mesmo opere fornecendo o máximo de energia possível.

3- Análise de Viabilidade Econômica

Este capítulo objetiva-se na realização da análise econômico-financeira do investimento a ser realizada pelo órgão, e analisar se este investimento é viável ou não. Tal análise, diferente de análises com indicadores do mercado financeiro, será mais voltada para o tempo de retorno do investimento, assim como da disponibilidade média orçamentária anual do *campus* para realizar o investimento.

Nesta proposta, os indicadores mercadológicos têm sua importância reduzida, pois, os recursos recebidos pelas instituições federais de ensino não são passíveis de acumulação e investimento em contas com rentabilidade (como ocorre em alguns municípios e estados) nem dentro do ano de execução de um orçamento e nem em anos seguintes, ou seja, o recurso recebido dentro do ano de 2022, por exemplo, tem que ser investido em 2022, e caso existam sobras, estas são recolhidas em todos dias 31 de dezembro dos anos.

Outro ponto importante é a capacidade de investimento do *campus*, já que, mesmo fazendo parte de uma instituição maior, composta por 18 *campi*, um polo de inovação e uma reitoria, cada unidade possui orçamento próprio, e que deve ser obedecido dentro de seus limites. Ocorrem excepcionalidades de investimento, porém dependem de questões de gestão (políticas), e não serão considerados.

3.1 PERCENTUAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO

Para verificação da redução de consumo máxima possível a ser alcançada, deve-se considerar o valor pago mensalmente para iluminação pública e tarifa mínima de consumo (trifásico: 100 kWh/mês). Nesta UC, o valor médio do kWh para o ano considerado como base de dados de cálculo (2019) é de R\$0,81 (pouco abaixo do valor para dezembro de 2021: R\$0,84), e o valor da contribuição de iluminação pública é de R\$38,61 (não variando entre 2019 e 2021). Portanto, o valor mínimo a ser pago, considerando os valores de dezembro de 2021, será de, aproximadamente, R\$122,61.

Considerando-se um consumo médio aproximado por mês de 3.476kWh (ou 114kWh/dia), já descontada a produção da usina existente, o valor médio mensal projetado seria de R\$2.958,28 ou R\$35.498,50 anuais, e uma geração de 3.801kWh/mês (calculado página 33), o máximo possível seria abatido, e restaria saldo de geração para consumo posterior, e assim a conta seria reduzida para o valor mínimo, uma redução de aproximadamente 96%:

$$\% \text{ redução} = 1 - \frac{\text{valor fatura compensada}}{\text{valor fatura não compensada}} = 1 - \frac{122,61}{2958,28} = 1 - 0,04 = 0,96 = 96\%$$

3.2 ANÁLISE DE DESPESAS: MANUTENÇÃO, LIMPEZA, CONCESSIONÁRIA, TROCA DE EQUIPAMENTOS

Neste tópico algumas questões específicas ao *campus* Ponte Nova devem ser consideradas em relação à limpeza do sistema fotovoltaico, e são eles:

- Como ocorre movimento de veículos dentro da área, ocorre aspersão de poeira, o que acarreta em um maior acúmulo de poeira sobre os módulos, portanto o mais recomendado seriam pelo menos quatro limpezas a serem realizadas;
- O sistema está instalado de baixa altura (e o proposto também será assim), portanto ainda mais propenso às sujidades;
- Existe um posto terceirizado contratado para a manutenção das instalações da unidade, com o valor diário de R\$126,24, e o mesmo, após explicação e treinamento básico, será o responsável pelas limpezas tanto dos módulos quanto dos inversores;
- A limpeza básica realizada nos módulos existente ocupou aproximadamente 1,5 dias de serviço do zelador, portanto serão considerados três dias completos de serviço para limpeza de todo sistema.

Tabela 8 – Custo limpeza anual.

Mão de obra - Valor da diária	R\$ 126,24
Número de dias	3
Número de vezes por ano	5
Reajuste no preço por ano	5%
Total	R\$ 1.514,88

Para as manutenções preventivas e corretivas, também existem peculiaridades na unidade consumidora:

- Manutenções elétricas que sejam necessárias poderão ser realizadas através de contrato de manutenção predial e elétrica existentes no IFMG, e que acarretam custos atrelados à referência do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAPI), e que dependem exclusivamente dos itens a serem revisados. Serviços como reaperto de disjuntores, verificação e trocas de terminais, revisão de cabeamento e quadros, trocas de dispositivos de proteção são analisadas e realizadas juntamente com a manutenção preventiva

realizada semestralmente na instituição, portanto não geram custos extras.

- O zelador da instituição realiza a vistoria visual constante em todos equipamentos da instituição, e reporta ao setor responsável pela infraestrutura, que acompanha o próprio zelador nas pequenas manutenções simples ou abre chamado para empresa especializada em manutenção elétrica.

Para as previsões de trocas dos equipamentos, considera-se o período de garantia dado pelos fabricantes como parâmetro temporal para previsão de troca dos mesmos, e são:

- Inversor: 10 anos;
- Módulos: 25 anos – até 80% da eficiência.

3.3 FLUXO DE CAIXA

Para análise do fluxo de caixa, primeiramente foram definidos alguns parâmetros, exibidos na tabela 9:

Tabela 9 - Variáveis Financeiras

Reajuste da conta de energia:	6%
Taxa de juros do financiamento	-
Taxa mínima de atratividade	9%
Tarifa Energia (R\$)	0,84
Iluminação pública (R\$)	38,61
Mínimo - Trifásico	100

Os valores de taxa de juros está zerado pois, por se tratar de investimento público, com recurso aplicados na instituição diretamente destinado pelo Tesouro Nacional, não existe a possibilidade de financiamento de aquisições de bens. Já para a taxa mínima de atratividade, considera-se o percentual de 9%, visando equilibrar com investimentos públicos, e portanto, demonstrar que o investimento é viável também para o setor público, e que o recurso ali alocado trará ganhos financeiros para a sociedade, além do retorno socioambiental. Além disso, os investimentos realizados devem suprir demandas de consumo, fomentar setores e disseminar conhecimento, abarcando as atribuições dos setores de ensino.

Definem-se também os parâmetros utilizados no dimensionamento do sistema fotovoltaico, sendo a primeira parte referente às condições de irradiância do local. Devido às perdas por sombreamento e perdas geográficas a irradiância calculada ficou em aproximadamente $4,2\text{kWh/m}^2\cdot\text{dia}$. Considerando módulos de 540W, com eficiência de 21,10%, a produção por módulo será de 828,05 Wh/ano. Considerando ainda 7% de perdas nos cabos (pior situação permitida), a eficiência do sistema será de 80% (valores consideravelmente realistas para as perdas se compararmos a produção e a eficiência da usina atualmente instalada, e que permitem uma segurança para a apresentação da proposta de instalação futura).

Assim para atender a demanda de energia da UC, e como forma de balancear a instalação no inversor, foi proposto que sejam instalados 60 módulos divididos em conjuntos de 10 unidades, totalizando a potência de 32.400W, e um inversor de 30 kW. Na análise econômica também considerase a necessidade de substituição do inversor a cada 10 anos, ao valor cotado de mercado em R\$ 22.384,05.

Tabela 10 - Parâmetros do dimensionamento da usina

Radiação (kWh/m² dia)	4,82
Perdas sombreamento	6,0%
Perdas geografia (não alinhado para o norte)	7,0%
Perdas do cabo	7,0%
Radiação considerada (kWh/m²*dia)	4,2
Eficiência do sistema	80,00%
Módulo fotovoltaico (Wp)	540
Eficiência do módulo	21,10%
Perda de eficiência do módulo por ano	1%
Área do módulo (m ²)	2,56
Produção por módulo (kWh/ano)	828,05
Número de módulos (mínimo)	60
Potência total de módulos	32.400
Troca dos Inversores (em 10 anos)	R\$22.384,00
Área da Usina (m ²)	153,80

Foi realizada também a cotação dos materiais e equipamentos de maior expressividade no projeto, além da previsão de mão de obra no percentual de 35% sobre o valor total dos insumos (materiais e equipamentos). Tal percentual deve-se ao fato de que a administração pública contrata não

somente a aquisição de equipamentos, mas também arca com todos os tributos, bonificações diretas e indiretas, além de parte dos custos administrativos das empresas contratadas, e ainda, esse percentual abarcará itens de menor expressividade, e que poderão mudar conforme *layout* de instalação, como trilhos de alumínio, perfis metálicos retangulares, parafusos de fixação, espaçadores, vedações para juntas, locação de munck para instalação de trilhos e etc.

Tabela 11 – Cotações de insumos

ITEM	QUANTIDADE
MAC 30KTL3-XL 30KW	1
Aldo Solar	R\$ 23.219,00
So Solar	R\$ 21.430,80
Planeta PC	R\$ 22.502,34
MÉDIA	R\$ 22.384,05
ITEM	QUANTIDADE
Canadian Solar CS6W-540	60
Ponto Frio	R\$ 1.481,47
Extra	R\$ 1.481,47
Suministros del Sol	R\$ 1.532,29
MÉDIA	R\$ 1.498,41
ITEM	QUANTIDADE
CABOS CC 4MM² 1000V	960
Shoptime	R\$ 4,38
Americanas	R\$ 4,01
Submarino	R\$ 4,67
MÉDIA	R\$ 4,35
ITEM	QUANTIDADE
DPS CC 500V	6
Submarino	R\$ 134,91
Loja Clamper	R\$ 149,90
Loja Energia Livre	R\$ 155,00
MÉDIA	R\$ 146,60
ITEM	QUANTIDADE
PORTA FUSÍVEL + FUSÍVEL 32A 500V	6
Mercado Livre	R\$ 64,90
Sunprop	R\$ 78,50
Nelstar Solar	R\$ 54,89
MÉDIA	R\$ 66,10

ITEM	QUANTIDADE
CHAVE SECCIONADORA 32A	6
Eletropeças	R\$ 156,98
RH materiais elétricos	R\$ 199,35
Eletrorastro	R\$ 117,31
MÉDIA	R\$ 157,88
ITEM	QUANTIDADE
DPS CA 275V	3
Loja Clamper	R\$ 53,90
Submarino	R\$ 57,10
Mercado Livre	R\$ 65,90
MÉDIA	R\$ 58,97
ITEM	QUANTIDADE
CHAVE SECCIONADORA 100A	1
RH materiais elétricos	R\$ 676,92
Mercado Livre	R\$ 626,70
Viewtech	R\$ 541,32
MÉDIA	R\$ 614,98
ITEM	QUANTIDADE
CABOS CA 25MM²	150
Amazon	R\$ 19,50
Shoptime	R\$ 15,46
Santil	R\$ 24,70
MÉDIA	R\$ 19,89

Com base em todas as cotações, estimou-se o custo total do sistema:

Tabela 12 – Custo total projeto

Potência do módulo (Wp)	540
Número de módulos	60
Potência do inversor (kW)	30
Número de inversores	1
Potência dos inversores (kW)	30
Preço dos insumos	R\$ 122.466,11
Custos administração pública (R\$)	R\$ 42.863,14
Custo total	R\$ 165.329,25

Para realizar o fluxo de caixa do projeto, também será levada em consideração a necessidade das limpezas durante o ano, ao custo de R\$1.514,88 anuais. Além disso, esse valor será ajustado a uma taxa média de 5% ao ano, de acordo com histórico de inflações anuais brasileira.

A Tabela 13 a seguir, apresenta os anos de investimento, os valores a serem investidos, os valores prováveis de tarifas e contribuições para iluminação pública, os valores mínimos pagos anualmente, as despesas de manutenção e a produção por ano. Na 7ª coluna é exibida a produção esperada anual. Na 8ª, é calculada a energia possivelmente expirada após cinco anos de acúmulo, e na 9ª é exibido o saldo de energia que fica disponível para o cliente, que tem 5 anos de validade. Após esse período, observa-se que se o consumo da UC continuar o mesmo, uma parte considerável da energia seria expirada entre o 5º e o 10º anos, e entre o 13º e 18º anos.

Para a possibilidade de energia expirada, deve-se levar em conta ainda a existência de 18 unidades do IFMG espalhadas por Minas Gerais, e a Reitoria, localizada na capital do estado (Belo Horizonte), todas sob a responsabilidade da mesma concessionária de energia, o que possibilitaria o repasse do excedente para outras instalações, visto que a matriz do IFMG é a Reitoria, a maioria dos contratos é assinada pelo Reitor, e que o *campus* Ponte Nova não possui autonomia, sendo diretamente vinculado à reitoria, portanto, a articulação para alteração de titularidades para a matriz seria possível.

Outro ponto a ser considerado na questão da validade da energia expirada é que, atualmente, a Prefeitura de Ponte Nova, por meio de convênio válido até 2026, arca com os custos de energia, água e telefone fixo de um segundo prédio que o IFMG utiliza (do outro lado da rua em que a proposta foi apresentada), e que, portanto, em quatro anos estes custos passariam para a responsabilidade da unidade, e, apesar de não termos acesso às contas pagas, estima-se que sejam consumidos aproximadamente 2.000kWh/mês, e que, após unificação de titularidade, também poderiam ser compensados.

Tabela 13 – Fluxo de caixa

1 Ano	2 Invest. R\$	3 Tarifa R\$/kWh	4 Iluminação Pública R\$	5 Pagamento Mínimo	6 Despesa Manutenção R\$
0	165329,25	0,84	463,32	1008,00	1514,88
1	0	0,89	491,12	1068,48	1590,62
2	0	0,94	520,59	1132,59	1670,16
3	0	1,00	551,82	1200,54	1753,66
4	0	1,06	584,93	1272,58	1841,35
5	0	1,12	620,03	1348,93	1933,41

6	0	1,19	657,23	1429,87	2030,08
7	0	1,26	696,66	1515,66	2131,59
8	0	1,34	738,46	1606,60	2238,17
9	0	1,42	782,77	1702,99	2350,08
10	22384,05	1,50	829,74	1805,17	2467,58
11	0	1,59	879,52	1913,48	2590,96
12	0	1,69	932,29	2028,29	2720,51
13	0	1,79	988,23	2149,99	2856,53
14	0	1,90	1047,52	2278,99	2999,36
15	0	2,01	1110,37	2415,73	3149,33
16	0	2,13	1177,00	2560,67	3306,79
17	0	2,26	1247,62	2714,31	3472,13
18	0	2,40	1322,47	2877,17	3645,74
19	0	2,54	1401,82	3049,80	3828,03
20	0	2,69	1485,93	3232,79	4019,43

7	8	9
Produção kWh	Energia Expirada (kWh)	Saldo energia 5 anos
49683		7973
49186		15449
48694		22433
48207		28930
47725		34945
47248	7973	26973
46775	7476	19497
46308	6984	12512
45845	6497	6015
45386	6015	0
44932	5538	0
44483		2.773
44038		5.101
43598	4135	966
43162	3676	0
42730	3222	0
42303	2773	0
41880	2328	0
41461	1639	0
41046		0
40636		0

3.4 ANÁLISE DA VIABILIDADE

A partir do sistema do Tesouro Gerencial (através de acesso cadastrado) [13] e também do Portal da Transparência do Governo Federal (através de acesso livre) [14], pode-se obter as informações sobre orçamentos anuais e valores investidos em equipamentos (recursos de capital, investidos em bens permanentes):

Tabela 14 – Orçamentos anuais totais e investimentos

ANO	Orçamento total	Valor de equipamentos	% do orçamento
2016	R\$ 1.139.726,31	R\$ 70.357,35	6,17%
2017	R\$ 1.023.201,47	R\$ 33.716,18	3,30%
2018	R\$ 1.017.131,71	R\$ 90.194,71	8,87%
2019	R\$ 1.357.199,81	R\$ 166.658,51	12,28%
2020	R\$ 1.073.275,88	R\$ 175.601,18	16,36%
2021	R\$ 1.034.317,31	R\$ 196.121,72	18,96%
2022	R\$ 1.079.141,00	R\$ 57.435,93	5,32%
MÉDIA	R\$1.103.427,64	R\$112.869,37	10,18%

Pontua-se que, no ano de 2019, ocorreu investimento de R\$ 72.965,24 na aquisição da primeira usina fotovoltaica instalada na instituição.

Pode-se extrair da tabela 14 que o investimento médio anual do IFMG – Ponte Nova em capital é de aproximadamente 10% do orçamento anual, e também que o valor atual do orçamento é de R\$ 1.079.141,00, sendo este valor praticamente o mesmo desde 2016, e menor que a média dos recursos.

Nos anos de 2019 a 2021, dentro do planejamento da instituição, ocorreram previsões de aquisições de equipamentos para laboratórios, aparelhos de climatização e mobília, portanto justifica-se o valor elevado de capital, e também destaca-se a capacidade de ampliação de investimento caso exista planejamento para tal, e, visando a aquisição de nova usina fotovoltaica, a instituição poderá ajustar seu planejamento para investir anualmente, aproximadamente R\$110.000,00 neste objetivo, ou ainda realizar um ajuste orçamentário para dois anos, no qual conseguiria até o montante de R\$225.000,00 para investimento imediato após planejamento e contratação dos equipamentos.

Para efeito de comparação às expectativas de mercado, será considerada uma taxa mínima de atratividade de 9%, para verificação de valores, conforme Tabela 15.

Tabela 15 – Análise econômica

VPL (TMA = 9%)	R\$ 325.004
TIR	30,79%
Payback Simples	3,6
Payback Descontado	4,5

Conclui-se, portanto, através da importância de tal equipamento para a comunidade acadêmica e da viabilidade econômica que o investimento é viável, e apresenta taxas atrativas de retorno. Assim, a indicação é de investimento no sistema de geração de energia fotovoltaico.

Na situação de consideração da TMA, teremos o retorno do investimento em aproximadamente quatro anos e seis meses, e ainda, considerando a aplicação em pesquisa, ensino e extensão na instituição através desde recursos “economizados” após este período, o valor conseguido através deste equipamento seria revertido exponencialmente no fomento da educação de qualidade.

4- Projeto Elétrico

Este capítulo tem objetivo apresentar o projeto elétrico da usina existente (projeto elaborado por empresa contratada à época), e também apresentar o projeto da proposta de nova usina a ser implantada no IFMG – Ponte Nova.

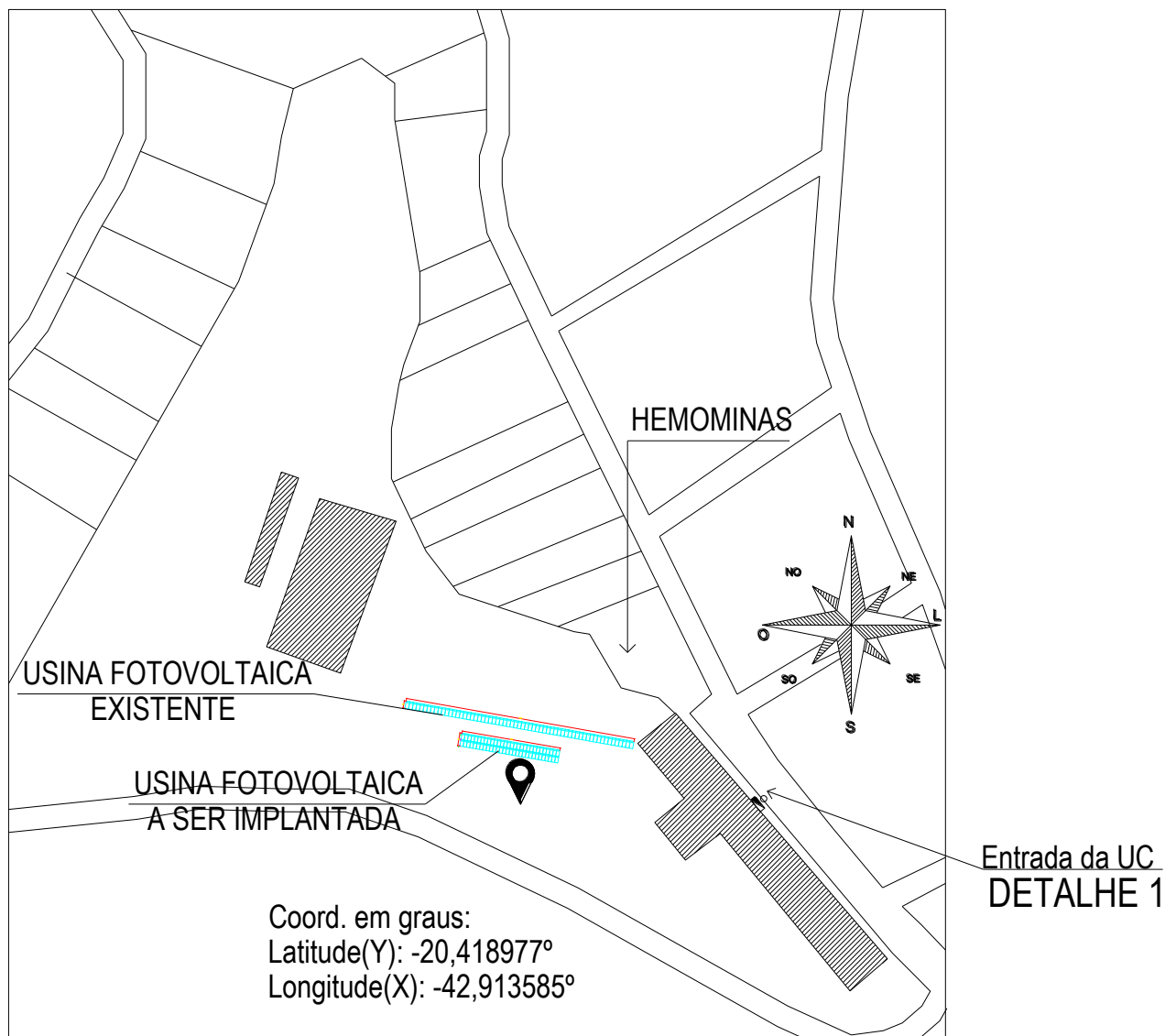
4.1 PLANTA DE LOCALIZAÇÃO

A localização da instalação da UC é Praça José Emiliano Dias, número 87, no Centro de Ponte Nova, em Minas Gerais, CEP 35.430-034. A Figura 20 Figura 21 mostra a vista superior da unidade consumidora obtida no *Google Maps*.

As coordenadas geográficas (latitude e longitude) e a localização do norte geográfico são informações importantes dispostas no memorial descritivo. Por outro lado, a Figura 21 Figura 21 mostra a planta de localização desta UC, detalhando pontos de referências, localização dos módulos e do transformador de conexão com a rede. Ambas as representações mostram, essencialmente, o local de instalação da usina FV. No entanto, a planta de localização está disposta no projeto elétrico, enquanto a localização obtida no *Google Maps* é apresentada no memorial descritivo.



Figura 20 - Local da instalação da unidade geradora fotovoltaica, obtida no Google Maps.



UNIDADE CONSUMIDORA IFMG - PONTE NOVA,
PRAÇA JOSÉ EMILIANO DIAS, 87, CENTRO, PONTE NOVA
CONECTADA AO TRANSFORMADOR URBANO TRIFÁSICO DE 70KVA

Figura 21: Planta de localização, disposta no projeto elétrico.

4.2 PROJETO ELÉTRICO: DIAGRAMA UNIFILAR

Com o objetivo de simplificar e generalizar o entendimento dos projetos elétricos fotovoltaicos, símbolos gráficos são utilizados para representar os diversos componentes destes sistemas, portanto, os projetos elétricos devem conter: margem, conforme norma; etiqueta com todas as identificações do proprietário e informações básicas; legenda com a simbologia e especificação

técnica; esquema unifilar ou multifilar, quando aplicável; detalhes de montagem, quando necessário; e especificação dos componentes elétricos.

A Figura 22 apresenta a simbologia e a legenda adotada neste projeto elétrico fotovoltaico.

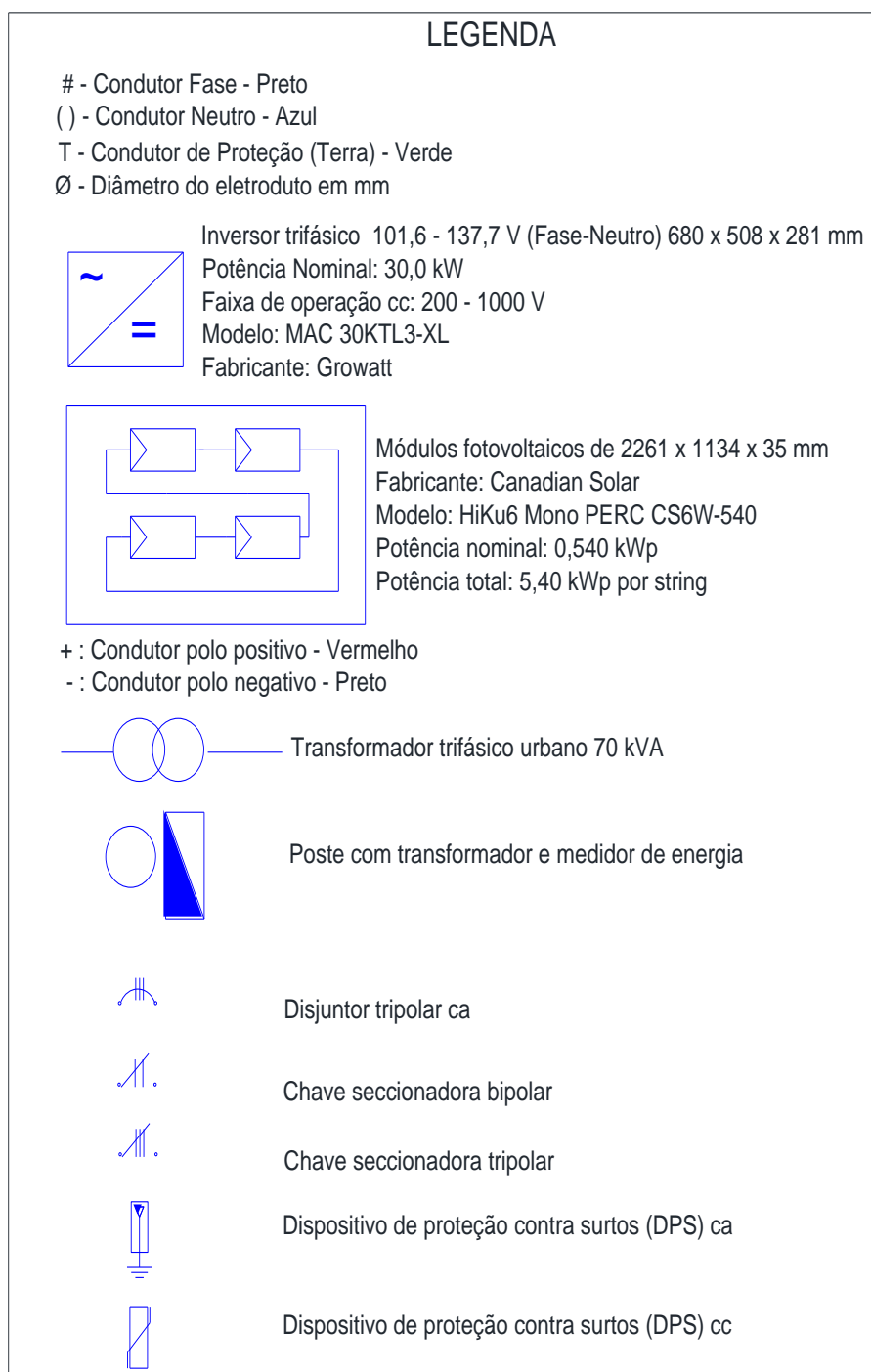


Figura 22: Simbologia e legenda utilizada em projetos de usinas fotovoltaicas.

O sistema de medição de energia existente na UC já é do tipo bidirecional, dentro das normas da CEMIG ND's 5.1, 5.2 e 5.5 visto que a mesma já aderiu ao sistema de compensação de energia, portanto, não seriam necessárias alterações no medidor de entrada, somente inclusão de nova usina.

A energia ativa injetada (aquela gerada durante os períodos de insolação descontando-se a desta consumida) e a consumida da rede são apuradas, para gerar descontos e créditos na fatura de energia da UC, como pode ser observado na Figura 23.

A Figura 23 apresenta o padrão de entrada existente, instalado na fachada, de acordo com as exigências da CEMIG, com vistoria já realizada à época da ativação da usina existente na unidade.

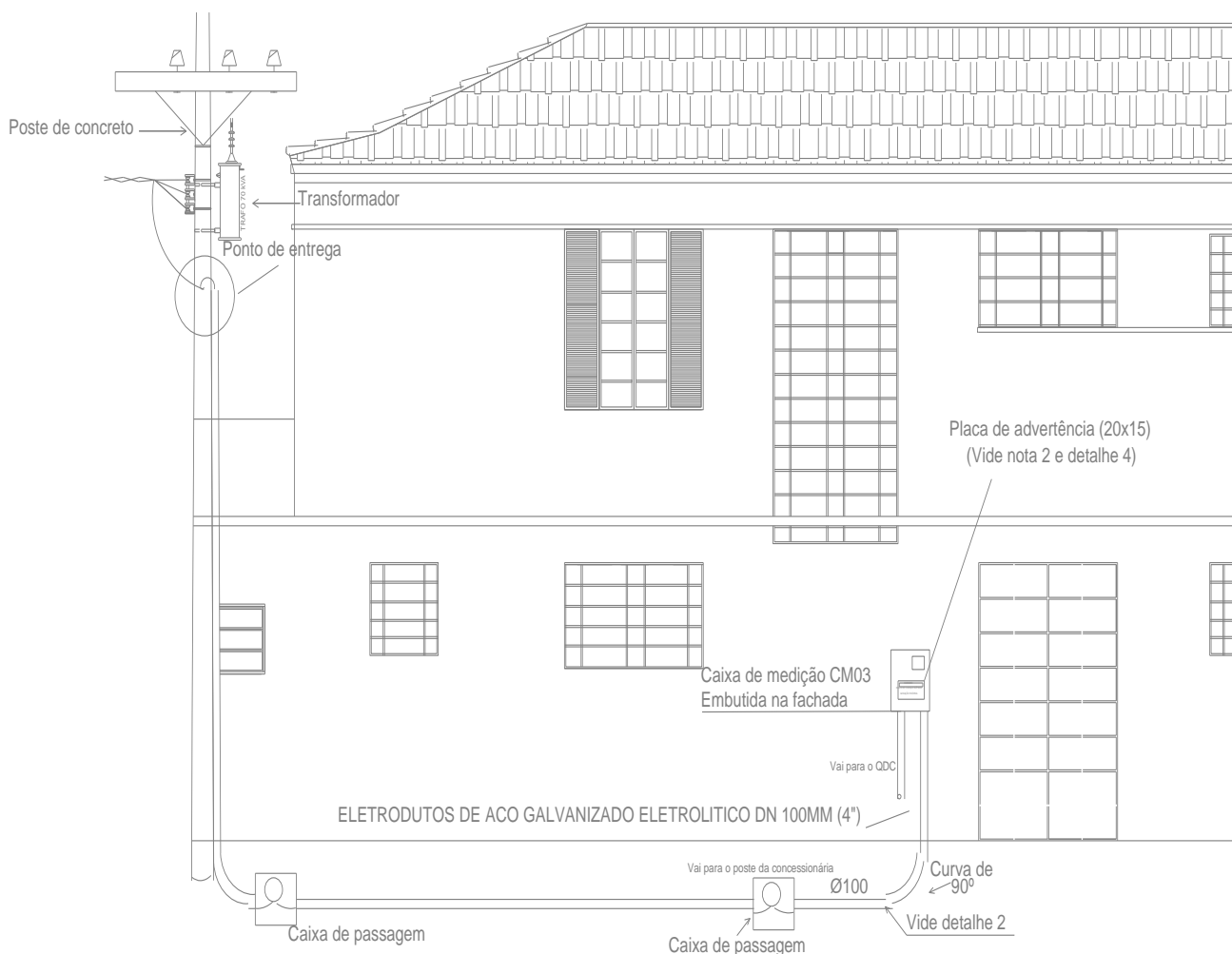


Figura 23 - Padrão de entrada com caixa de medição e medidor bidirecional

A Figura 24 é da caixa de medição do tipo CM03 com medidor bidirecional existente no local. Além disso, junto ao padrão de entrada de energia próximo à caixa de medição, está instalada uma placa de advertência.



Figura 24 – Padrão de entrada de energia existente, já com medidor bidirecional e disjuntor de 175A



Figura 25: Placa de advertência instalada na usina FV, junto à caixa de medição (medidas 20 x 15 cm).

A Figura 26 apresenta o digrama unifilar da instalação elétrica trifásica (3F+N) com tensão fase-fase (ou de linha) de 127V eficaz. Uma usina solar

fotovoltaica conectada a esta UC, de onde as seguintes características elétricas do sistema podem ser enumeradas:

- ✓ Disjuntor tripolar CA de 175 A do padrão de entrada;
- ✓ Carga instalada existente na unidade consumidora de 70 kW;
- ✓ Condutores CA fase, neutro e aterramento de bitola 95 mm², isolamento PVC 500 V em eletrodutos de aço galvanizado pesado de 100 mm de diâmetro, no padrão de entrada;
- ✓ Medidor de energia bidirecional;
- ✓ Dispositivo de proteção contra surtos de 175 V (fase-terra), classe 2, corrente nominal (corrente projetada, na qual é capaz de desviar para o aterramento de proteção) de 20 kA;
- ✓ Condutores CA fase de bitola 25 mm², isolamento PVC 500 V, dispostos em eletroduto de 32 mm (conecta a saída CA do inversor ao quadro geral da instalação);
- ✓ Chave seccionadora instalada entre saída CA do inversor e o quadro geral, de 100 A.
- ✓ Disjuntor CA de 90 A no lado CA da string box;
- ✓ Condutores CC polos positivo e negativo de bitola 4 mm², isolamento XLPE 1000V (conecta o arranjo fotovoltaico à entrada CC do inversor);
- ✓ Dispositivo de seccionamento CC de 32 A, tensão máxima de 600 V (mínimo) de isolamento no lado CC da string box;
- ✓ Dispositivo de proteção contra surtos CC de 500 V (mínimo), classe 2, corrente nominal (corrente projetada, na qual é capaz de desviar para o aterramento de proteção) de 20 kA;
- ✓ Inversor fotovoltaico Growatt 30 kW CA, 220V CA, e faixa de operação CC 200-1000V, com dois MPPT's;
- ✓ Módulos fotovoltaicos 540 Wp dispostos em seis strings de 10 módulos FV cada, totalizando 5,4 kWp de potência CC instalada em cada strings e 32400 Wp de potência total.

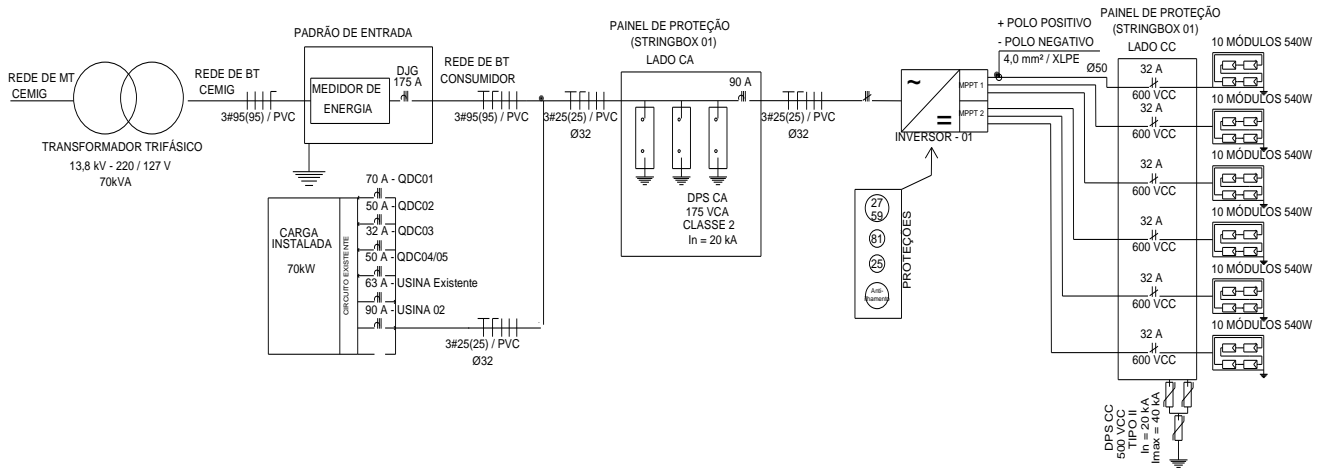


Figura 26: Diagrama unifilar da UC após a instalação da usina solar fotovoltaica.

4.3 PROJETO ELÉTRICO: DIAGRAMA MULTIFILAR

Para um maior detalhamento, será apresentado também o diagrama multifilar da UC, com enfoque nas ligações elétricas entre os componentes da usina solar fotovoltaica. Este diagrama traduz fielmente as conexões efetuadas no ato da instalação física do sistema.

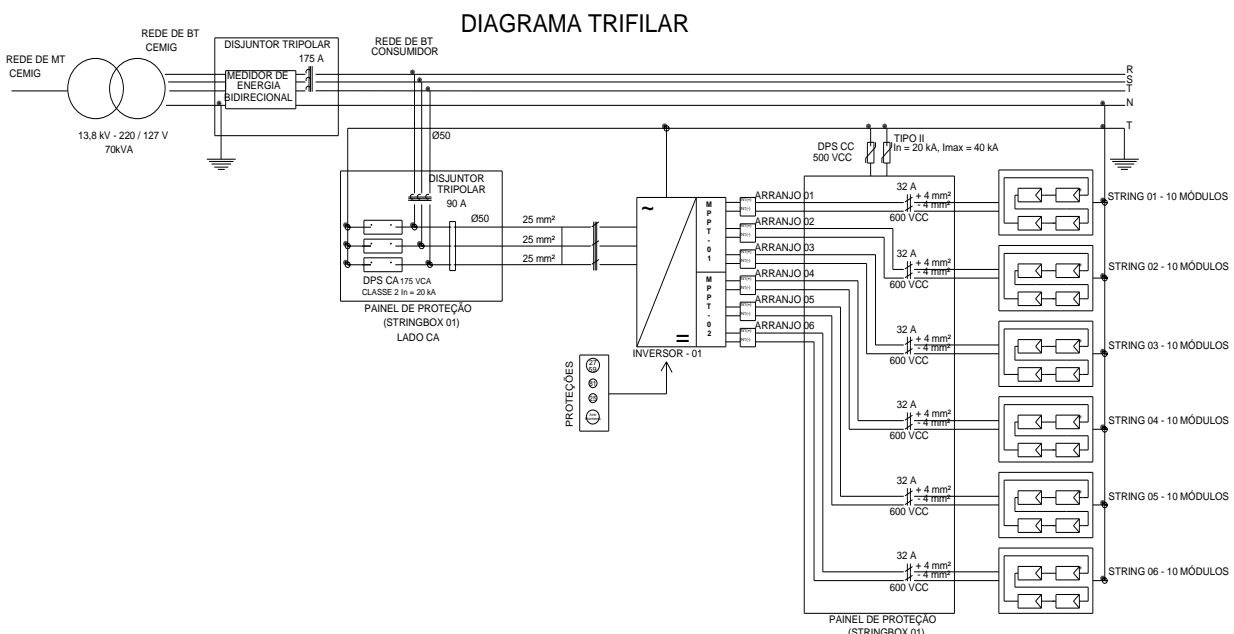


Figura 27: Diagrama multifilar da UC após a instalação da usina solar fotovoltaica.

4.4 MEMORIAL DESCRITIVO

O memorial descritivo é o documento elaborado antes de efetuar a instalação da usina solar fotovoltaica, na qual as informações do projeto devem estar descritas de forma detalhada e aprofundada, fornecendo tanto para o contratante quanto a concessionária todas informações importantes sobre a usina.

O objetivo, portanto, consiste em descrever os componentes presentes no sistema de microgeração ou minigeração de energia solar fotovoltaica em uma unidade consumidora de pessoa física.

Os seguintes itens devem ser abordados neste documento, com base nesta proposta:

- ✓ Engenheiro Responsável pelas Informações Declaradas
 - Nome: Gustavo Reis de Moraes
 - Número do Registro no CREA/CONFEA: MG-190284/D
 - Região: Minas Gerais
- ✓ Identificação do Empreendimento
 - Denominação: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Avançado Ponte Nova
 - Responsável: Leonardo de Paiva Barbosa – Diretor Geral
 - Endereço da instituição: Praça José Emiliano Dias, 87, Centro, Ponte Nova, Minas Gerais
 - Coordenadas: 20°25'08.3"S 42°54'47.8"O
 - CNPJ: 10.626.896/0013-06
 - Contato: (31)38812630 / dap.pontenova@ifmg.edu.br
 - Classificação: Poder público federal – Grupo B
 - Número da UC: 3012690590
 - Tipo de atividade: escola pública federal de ensino médio e superior
- ✓ Dados dos Módulos Fotovoltaicos
 - Módulos Canadian Solar HiKu6 Mono PERC CS6W-540
 - Máx. Potência Nominal (P_{max}): 540W
 - Tensão de Operação (V_{mp}): 41,3 V
 - Corrente de Operação (I_{mp}): 13,08 A
 - Tensão de Circuito Aberto (V_{oc}): 49,2 V
 - Corrente de Curto-Circuito (I_{sc}): 13,90 A
 - Eficiência de Módulo: 21,1%
- ✓ Dados dos arranjos
 - Corrente de operação: 13,08 A
 - Tensão de operação: 413 V

- Tensão de Circuito Aberto: 492 V
- Corrente de Curto-Circuito: 13,90 A
- ✓ Dados do inversor
 - Inversor Growatt MAC 30KTL3-XL
 - Potência do Inversor: 30000 W
 - Tensão do Inversor (V): 127V/220V(101.6-139.7V)
 - Rendimento (%): 98.8%
 - Número de rastreador MPP: 3
 - Número de strings por MPPT: 4
- ✓ Dados do aterramento
 - Aterramento do Sistema DC: Conectado ao sistema de aterramento da Unidade Consumidora (equipotencializado)
 - Aterramento do Sistema AC: Conectado ao sistema de aterramento da Unidade Consumidora
- ✓ Proteção:
 - DPS
 - Chaves seccionadoras
 - Disjuntores DIN
- ✓ Usina geradora:
 - Potência Instalada Total (kWp): 32,40 kWp
 - Número de Arranjos: 6 arranjos
 - Área Total da Central Geradora (m²): 158,8 m²
 - Número de módulos por Arranjo: 10 módulos
 - Energia Produzida (kWh/mês): 3.807 kWh/mês

4.5 USINA EXISTENTE

Neste item, serão apresentados os detalhes da usina existente na unidade, seguindo os mesmos pontos apresentados anteriormente para a proposta deste trabalho:

Planta de localização

A localização da instalação é a mesma para a proposta, sendo, inclusive, usinas paralelas em mesma área de terreno, visando a redução de custos para manutenção do equipamento e da área do entorno.

Diagrama unifilar

Apresentado pela empresa que realizou a prestação de serviço de fornecimento, instalação e homologação da usina junto à concessionária, apresentando o diagrama apresentado na Figura 28:

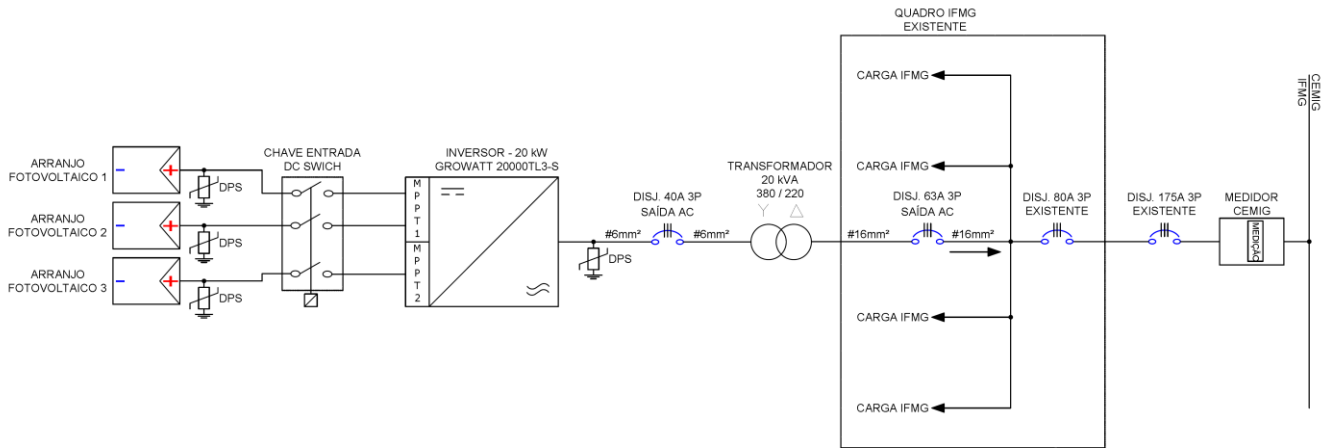


Figura 28 – Diagrama unifilar da usina existente

Diagrama multifilar

Apresentado pela empresa que realizou a prestação de serviço de fornecimento, instalação e homologação da usina junto à concessionária, apresentando o diagrama apresentado na Figura 29:

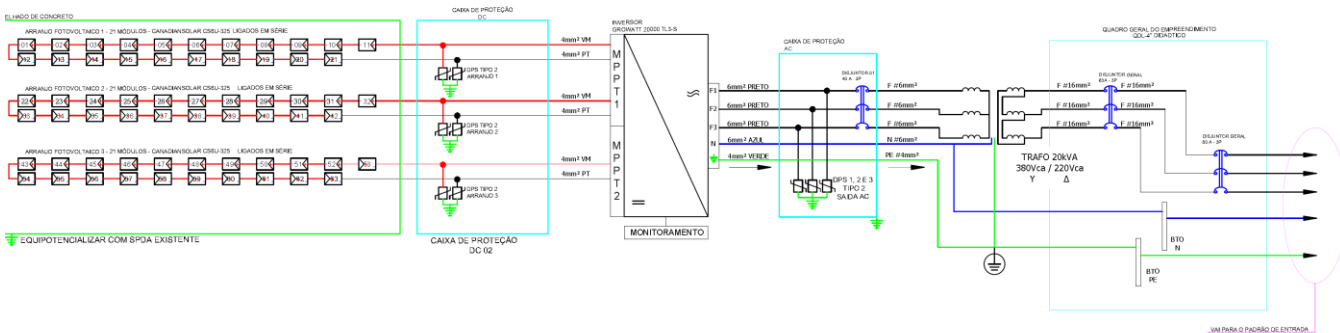


Figura 29 – Diagrama multifilar da usina existente

Memorial descritivo

Apresentado pela empresa que realizou a prestação de serviço de fornecimento, instalação e homologação da usina junto à concessionária, apresentando o diagrama apresentado na Figura 30:

MEMORIAL DESCRITIVO - CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA	
Identificação do Empreendimento	Caracterização do Local do Empreendimento
Denominação: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS	Endereço: Praça José Emiliano Dias, nº 87, Centro – Ponte Nova/ MG
Responsável: Kêber Gonçalves Glória	Município e Unidade da Federação: Ponte Nova/ MG
Endereço do Proprietário: Avenida Professor Mário Werneck Nº2.590	Telefone / Fax / E-mail: (11) 2691-5883 / (11) 2691-5889 / ednaldo@solenenergia.com.br
Bairro / Distrito: Bunitis, Belo Horizonte	Número da Unidade Consumidora (UC): 3012690590
Município e Unidade da Federação: Belo Horizonte /MG	Coordenadas Geográficas: Latitude: 20.418925 Sul e Longitude: 42.913031 Oeste
CNPJ ou CPF: 10.626.896/0001-72	Altitude (m): 431m
Telefone / Fax / E-mail: (11) 2691-5883 / (11) 2691-5889 / ednaldo@solenenergia.com.br	Temperatura Ambiente Média Anual (°C): 21,9 °C
Classificação: Poder Público – THS Verde A4	Umidade Relativa Média Anual (%): 61%
Central Geradora	Dados dos Módulos Fotovoltaicos
Potência Instalada Total (kWp): 20,47 kWp	Corrente de Máxima Potência (Impp): 8,78 A
Potência Instalada Total (kVA): 20 kVA	Tensão de Operação de Máxima Potência (Vmpp): 37 Vcc
Número de Arranjos: 3 arranjos	Tensão de Circuito Aberto (Voc): 45,5 Vcc
Área Total da Central Geradora (m²): 123 m²	Corrente de Curto-Circuito (Isc): 9,34 A
Fator de Capacidade: 98,7%	Fabricante: CanadianSolar
Módulos da Central Geradora (numerar sequencialmente para referência e indicação de quantidade associados a cada arranjo): Arranjo 1: módulo 1 ao 21, Arranjo 2: módulo 22 ao 42, Arranjo 3: módulo 43 ao 63.	Dados do Arranjo Fotovoltaico
Número de módulos por Arranjo: Arranjos 1, 2 e 3: 21 módulos	Corrente Contínua (CC): 8,78 A
Potência de Pico (kWp): 20,47 kWp	Tensão de Operação (V): Arranjos 1, 2 e 3: 777.
Energia Produzida (kWh/mês): 2,57 MWh/mês	Tensão de Circuito Aberto (V): Arranjos 1, 2 e 3: 955,5 V
	Corrente de Curto-Circuito (A): 9,34 A
	Dados do Inversor
	Potência do Inversor (kW): 20kW
	Tensão do Inversor (V): 230V/ 400V
	Rendimento (%): 98,7%
	Data de Entrada em Operação: 06/2019
Medidor de Energia a ser utilizado – Medidor CEMIG	Sistema de Aterramento
Tipo de Medidor escolhido: Medidor bidirecional	Aterramento do Sistema DC: Conectado ao sistema de aterramento da Unidade Consumidora (equipotencializado)
Engenheiro Responsável pelas Informações Declaradas	Aterramento do Sistema AC: Conectado ao sistema de aterramento da Unidade Consumidora
Nome: Eugenio Carlos Gorgulho Silva	
Número do Registro no CREA/CONFEA: PR-27612/D	
Região: Paraná	

Figura 30 – Memorial descritivo da usina existente

5- Referências Bibliográficas

- [1] IFMG, "Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais," 2022. [Online]. Available: <https://www.ifmg.edu.br/pontenova>. [Acesso em janeiro 2022].
- [2] Economia, Ministério da, "INMETRO," Governo Federal, 2022. [Online]. Available: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/tabelas-de-eficiencia-energetica/condicionadores-de-ar>. [Acesso em Janeiro 2022].
- [3] M. F. C. Nunes, *Distribuição do Maracanã-verdadeiro Primolius Maracana (psittacidae): preferencia de hábitat e fatores que influenciam na manutenção de suas populações remanescentes*, Piracicaba: USP, 2003.
- [4] Canadian Solar Brasil, "<https://www.csisolar.com/br/>," Canadian Solar, Janeiro 2021. [Online]. Available: https://www.csisolar.com/test-br/wp-content/uploads/sites/7/2020/08/Canadian_Solar-Flyer-HiKu6_CS6W-MS_EN.pdf. [Acesso em Janeiro 2022].
- [5] CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito / CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, "Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito," Eletrobras, 2014. [Online]. Available: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. [Acesso em Janeiro 2022].
- [6] H. A. Pereira e J. M. S. Callegari, Regulamentação e projeto de sistema fotovoltaicos conectados à rede elétrica, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2021.
- [7] Growatt New Energy, "Growatt," Growatt New Energy, 2022. [Online]. Available: <https://www.ginverter.pt/show-41-641.html>. [Acesso em janeiro 2022].
- [8] Cedar Lake Ventures, Inc., "Weather Spark," Cedar Lake Ventures, Inc., 2022. [Online]. Available: <https://pt.weatherspark.com/y/30684/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Ponte-Nova-Brasil-durante-o-ano>. [Acesso em janeiro 2022].
- [9] <https://weecom.com.br/>, "Soprano," 2022. [Online]. Available: <https://www.soprano.com.br/produtos/materiais-eletricos/dispositivo-de-protecao-contra-surtos-dps>. [Acesso em janeiro 2022].
- [10] <https://vtex.com/br-pt/>, "CLAMPER Indústria e Comércio S.A," 2022. [Online]. Available: <https://www.lojaclamper.com.br/protecao-por-segmento/Fotovoltaico?O=OrderByScoreASC#1>. [Acesso em janeiro 2022].
- [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS., "NBR 16612: Cabos de Potência para Sistemas Fotovoltaicos, Não Halogenados, Isolados, Com Cobertura - Requisitos de Desempenho," ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, n. 2ª, 2020.
- [12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, "NBR 5410: Instalações elétricas

de baixa tensão," ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, n. 2ª, 2004.

- [13] SERPRO, "Tesouro Gerencial," Serpro, 2022. [Online]. Available: <https://tesourogerencial.tesouro.gov.br/>. [Acesso em janeiro 2022].
- [14] CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO, "Portal da Transparência," Governo Federal, 2022. [Online]. Available: <https://www.portaltransparencia.gov.br/>. [Acesso em janeiro 2022].

Caracterização do Local do Empreendimento

Endereço: Praça José Emiliano Dias, nº 87, Centro – Ponte Nova/ MG

Município e Unidade da Federação: Ponte Nova/ MG

Telefone / Fax / E-mail: (11) 2691-5883 / (11) 2691-5889 / ednaldo@solenenergia.com.br

Número da Unidade Consumidora (UC): 3012690590

Coordenadas Geográficas: Latitude: 20.418925 Sul e Longitude: 42.913031 Oeste

Altitude (m): 431m

Temperatura Ambiente Média Anual (°C): 21,9 °C

Umidade Relativa Média Anual (%): 61%

Dados dos Módulos Fotovoltaicos

Corrente de Máxima Potência (Imp): 8,78 A

Tensão de Operação de Máxima Potência (Vmpp): 37 Vcc

Tensão de Circuito Aberto (Voc): 45,5 Vcc

Corrente de Curto-Circuito (Isc): 9,34 A

Fabricante: CanadianSolar

Dados do Arranjo Fotovoltaico

Corrente Contínua (CC): 8,78 A

Tensão de Operação (V): Arranjos 1, 2 e 3: 777.

Tensão de Circuito Aberto (V): Arranjos 1, 2 e 3: 955,5 V

Corrente de Curto-Circuito (A): 9,34 A

Dados do Inversor

Potência do Inversor (kW): 20kW

Tensão do Inversor (V): 230V/ 400V

Rendimento (%): 98,7%


Data de Entrada em Operação: 06/2019

Sistema de Aterramento

Aterramento do Sistema DC: Conectado ao sistema de aterramento da Unidade Consumidora (equipotencializado)

Aterramento do Sistema AC: Conectado ao sistema de aterramento da Unidade Consumidora

6.2 PROJETO DA CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA EXISTENTE





PROJETO PARA CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA 20,47 kWp

OBRA: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
PONTE NOVA / MG

FORMATO: J3 (+23/257mm) DIREITOS AUTORES RESERVADOS

Página	Descrição da Página	Data	Editor
0	CAPA	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
1	INDICE	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
2	OBJETIVO	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
3	MEMORIAL DESCRITIVO PG1	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
4	LOCALIZAÇÃO DA PLANTA	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
5	IRRADIAÇÃO E INSOLAÇÃO E MÉDIA DE GERAÇÃO MENSAL	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
6	LISTA DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS PG1	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
7	DIAGRAMA UNIFILAR - ESQUEMA DE LIGAÇÃO	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
8	DIAGRAMA MULTIFILAR - ESQUEMA DE LIGAÇÃO	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
9	DISPOSIÇÃO DOS MÓDULOS	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
10	MONTAGENS DAS MESAS	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
11	ESQUEMA DE LIGAÇÃO DOS MÓDULOS	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
12	DISPOSIÇÃO DAS MESAS	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
13	DISPOSIÇÃO DO INVERSOR E REDE DE DUTOS - ÁREA INTERNA	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
14	CAIXAS DE JUNÇÃO DC E AC	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
15	PADRÃO DE ENTRADA	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
16	PLACA DE ADVERTÊNCIA	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
17	ANEXO 01 - CATÁLOGO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI
18	ANEXO 02 - CATÁLOGO DOS INVERSORES	11/07/2019	JONATHAN PEDRETTI


 <p>PROJETISTA-INTÉRDISCIPLINAR:</p>  <p>Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - Belo Horizonte - Minas Gerais - CEP: 31270-912 www.cbr.org.br</p>	<p>Descrição de revisão</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Rev. No.</th> <th>Descrição</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Rev. No.	Descrição	Data	0			<p>CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA</p> <p>IFMG PONTE NOVA</p> <p>PROJETO EXECUTIVO</p> <p>ÍNDICE</p> <p>FOTVOLTAICA SEM ESCALA</p> <p>11/07/2019</p>	<p>FV 01/18</p> <p>00</p> <p>JONATHAN PEDRETTI</p>
	Rev. No.	Descrição	Data						
0									
<p>FORMATO: J3 (+23/257mm)</p> <p>REVISÃO EM:</p>	<p>EMISSÃO: 11/07/2019</p>	<p>DIREITOS AUTORES RESERVADOS</p>							

1. OBJETIVO

O objetivo deste projeto é apresentar de forma clara um Sistema de Geração de Energia através de fonte solar fotovoltaica conectada paralelamente a rede elétrica da CEMIG, sendo que o empreendimento descrito a seguir realizará a compensação de energia conforme a resolução ANEEL N° 687, de 24/11/2015 que altera a Resolução Normativa n° 482, de 17 de abril de 2012.

A Solen Comércio e Serviços de Energia Solar Ltda. informa que o inversor a ser instalado no empreendimento é do modelo 20000 TL3-S, do fabricante GROWATT. O inversor está de acordo com as características de proteção e operação exigidas pela ANEEL e CEMIG, comprovado através de certificações internacionais apresentadas junto com este projeto. Apresentamos abaixo algumas das normas nas quais estes inversores estão certificados:


- CE,
- VDE 0126-1-1,
- VDE-AR-N4105,
- G59, CEI 0-21,
- CEI 0-16,
- VFR 2014,
- EN50438,
- IEC 62116,
- IEC 61727,
- IEC 61683,
- IEC 60068

	Descrição de revisão REVISÃO: 0 DATA:		CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA IFMG PONTE NOVA PROJETO EXECUTIVO OBJETIVO DO PROJETO		FV 02/18 00
	EMISSÃO INICIAL		FOTVOLTAICA SEM ESCALA 11/07/2019 ENO. EUGENIO GORGILHO EDNALDO FERES JOHN THAIN FERRETTI		

FORMATO: A3 (420x297mm)
 A BARRIDO EM:

DIREITOS AUTOMÁTICAMENTE RESERVADOS

MEMORIAL DESCRITIVO - CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA	
Identificação do Empreendimento Denominação: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS Responsável: Kéber Gonçalves Glória Endereço do Proprietário: Avenida Professor Mário Werneck N°2.590 Bairro / Distrito: Bunitis, Belo Horizonte Município e Unidade da Federação: Belo Horizonte /MG CNPJ ou CPF: 10.626.896/0001-72 Telefone / Fax / E-mail: (11) 2691-5883 / (11) 2691-5889 / ednaldo@solenenergia.com.br Classificação: Poder Público – THS Verde A4	Caracterização do Local do Empreendimento Endereço: Praça José Emiliano Dias, n° 87, Centro – Ponte Nova/ MG Município e Unidade da Federação: Ponte Nova/ MG Telefone / Fax / E-mail: (11) 2691-5883 / (11) 2691-5889 / ednaldo@solenenergia.com.br Número da Unidade Consumidora (UC): 3012690590 Coordenadas Geográficas: Latitude: 20.418925 Sul e Longitude: 42.913031 Oeste Altitude (m): 431m Temperatura Ambiente Média Anual (°C): 21,9 °C Umidade Relativa Média Anual (%): 61%
Central Geradora Potência Instalada Total (kWp): 20,47 kWp Potência Instalada Total (kVA): 20 kVA Número de Arranjos: 3 arranjos Área Total da Central Geradora (m²): 123 m² Fator de Capacidade: 98,7% Módulos da Central Geradora (numerar sequencialmente para referência e indicação de quantidade associados a cada arranjo): Arranjo 1: módulo 1 ao 21, Arranjo 2: módulo 22 ao 42, Arranjo 3: módulo 43 ao 63. Número de módulos por Arranjo: Arranjos 1, 2 e 3: 21 módulos Potência de Pico (kWp): 20,47 kWp Energia Produzida (kWh/mês): 2,57 MWh/mês	Dados dos Módulos Fotovoltaicos Corrente de Máxima Potência (Imp): 8,78 A Tensão de Operação de Máxima Potência (Vmpp): 37 Vcc Tensão de Circuito Aberto (Voc): 45,5 Vcc Corrente de Curto-Circuito (Isc): 9,34 A Fabricante: CanadianSolar
	Dados do Arranjo Fotovoltaico Corrente Contínua (CC): 8,78 A Tensão de Operação (V): Arranjos 1, 2 e 3: 777. Tensão de Circuito Aberto (V): Arranjos 1, 2 e 3: 955,5 V Corrente de Curto-Circuito (A): 9,34 A
	Dados do Inversor Potência do Inversor (kW): 20kW Tensão do Inversor (V): 230V/ 400V Rendimento (%): 98,7% Data de Entrada em Operação: 06/2019
Medidor de Energia a ser utilizado – Medidor CEMIG Tipo de Medidor escolhido: Medidor bidirecional Engenheiro Responsável pelas Informações Declaradas Nome: Eugenio Carlos Gorgulho Silva Número do Registro no CREA/CONFEA: PR-27612/D Região: Paraná	Sistema de Aterramento Aterramento do Sistema DC: Conectado ao sistema de aterramento da Unidade Consumidora (equipotencializado) Aterramento do Sistema AC: Conectado ao sistema de aterramento da Unidade Consumidora


	Descrição de revisão REVISÃO: 0 DATA:		CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA IFMG PONTE NOVA PROJETO EXECUTIVO MEMORIAL DESCRITIVO - PÁGINA 01		FV 03/18 00
	EMISSÃO INICIAL		FOTVOLTAICA SEM ESCALA 11/07/2019 ENO. EUGENIO GORGILHO EDNALDO FERES JOHN THAIN FERRETTI		

FORMATO: A3 (420x297mm)
 A BARRIDO EM:


DIREITOS AUTOMÁTICAMENTE RESERVADOS

IFMG - CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA - LISTA DE MATERIAIS E EQUIPAMENTOS					
LOCALIDADE - PONTE NOVA / MG					
GERADOR DE ENERGIA FOTOVOLTAICA CONECTADA A REDE 20,15 kWp					
Item	Descrição dos Equipamentos	Desenho Item	Qtd.	Unid.	Fornecedor
1 - Relação de Equipamentos					
1.1	Módulo Fotovoltaico Canadian Solar - CS6U-32SP, 325 Wp, Policristalino		63	pc	Canadian Solar
1.2	Inversor Growatt 20000 TL3-S		1	pc	Growatt
1.3	Modem Shine Wi-Fi		1	pc	Growatt
1.4	Estrutura de fixação em alumínio para telhado metálico para 4 módulos retrato		15	pc	Alumax
1.4	Estrutura de fixação em alumínio para telhado metálico para 3 módulos retrato		1	pc	Alumax
1.6	Parafuso estrutural para estrutura metálica		126	pc	Dapco
1.7	Emendas para trilhas		22	pc	Alumax
2 - Material de Instalação - Módulos Fotovoltaicos					
2.1	Conector tipo "MC" Macho		7	pc	Pro Auto
2.2	Conector Tipo "MC" fêmea		7	pc	Pro Auto
2.3	Cabo Flex 4 mm² EPR (1kV) - PRETO		170	m	Area
2.4	Cabo Flex 4 mm² EPR (1kV) - VERMELHO		150	m	Area
2.5	Cabo de cobre nu de 35 mm²		20	m	Area
2.6	Cabo de cobre nu de 10 mm²		10	m	Area
2.7	Terminal de Compressão Tipo Othal 36 mm²		10	pc	Inteli
2.8	Haste de aterramento de 2,40 metros		1	pc	Inteli
2.9	Conector de aterramento tipo "GAR" pra 35 mm²		1	pc	Inteli
2.10	Caixa de inspeção para aterramento		1	pc	Inteli
2.11	Terminal de Compressão Tipo Othal 10 mm²		5	pc	Area
3 - Caixa de Proteção CC - QDC					
3.1	Caixa de distribuição Stack para 9 módulos, IP65, com barramento terra		1	pc	Stack
3.2	Dispositivo protetor de surtos (DPS) DC de 1000 V - 40kA Classe II		3	pc	ABB
3.3	Organizador de cabos, espiral (esparguete), 3W		1	m	Area
3.4	Terminal Pré-Isolado tipo Faca 6 mm²		20	pc	Inteli
4 - Caixa de Proteção CA - QDCA					
4.1	Caixa de distribuição Stack para 9 módulos, IP65, com barramento terra		1	pc	Stack
4.2	Disjuntor Trifásico de 40 A		1	pc	Stack
4.3	Dispositivo protetor de surtos (DPS) CA 275 Vca (F-N) 20kA Classe II		3	pc	ABB
4.4	Cabo Flex 6 mm² 750 V PRETO		15	pc	Area
4.5	Cabo Flex 6 mm² 750 V AZUL		5	pc	Area
4.6	Cabo Flex 4 mm² 750 V VERDE		5	pc	Area
4.7	Terminal Pré-Isolado Tipo Faca para Cabo de 6 mm²		20	pc	Area
4.8	Terminal Pré-Isolado Tipo Othal para Cabo de 6 mm²		15	pc	Area
5 - Acondicionamento CA Baixa Tensão / Inversor - Transformador					
5.1	Transformador Isolador 20 kVA, 380 V YN (Estrela) / 220 V (Triângulo)		1	pc	Unitrato
5.2	Disjuntor Trifásico de 63 A		1	pc	Stack
5.3	Cabo Flex 16 mm² HEPR (1 kV) - PRETO		75	m	Area
5.4	Cabo Flex 16 mm² HEPR (1 kV) - AZUL		25	m	Area
5.5	Cabo Flex 10 mm² HEPR (1 kV) - VERDE		25	m	Area
6 - Rede de Dutos					
6.1	Eletroduto corrugado PEAD de 1 1/2"		40	m	Area
6.2	Eletroduto corrugado SEALTUBE de 1 1/2"		8	m	Area
6.3	Eletroduto galvanizado e fogo leve de 1 1/2"		36	m	Area
6.4	Linhas cilíndricas 1 1/2" + bucha e arruela de acabamento		36	pc	Area
6.5	Condulete Tipo LB de 1 1/2"		2	pc	Area
6.6	Condulete Tipo LR de 1 1/2"		4	pc	Area
6.7	Condulete Tipo LL de 1 1/2"		4	pc	Area
6.8	Condulete Tipo E de 1 1/2"		2	pc	Area
6.9	Abraçadeira tipo D de 1 1/2" com parafuso, arruela lisa e bucha		36	pc	Area
6.10	Fita Helaman T 50		150	pc	Area
6.11	Canote perfurado 50x50 cm (2m)		2	pc	Area
6.12	Caixa de passagem 20x20 Alumínio		3	pc	Area

CONCEITO E FORNECIMENTO:



PROJETISTA E INSTALADOR:



Av. Itália km 08, s/nº - Fátima - Cx. Postal 14.049 - 91240-900 - Porto Alegre - RS

Descrição de revisão

Revisão	Descrição	Data
0		
1	EMISSÃO INICIAL	11/07/2019

CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA

IFMG PONTE NOVA

PROJETO EXECUTIVO

LISTA DE EQUIPAMENTOS E MATERIAIS


FV 06/18

00


11/07/2019

JOSÉ THIAN FERRETTI

CONCEITO E FORNECIMENTO:



PROJETISTA E INSTALADOR:



Av. Itália km 08, s/nº - Fátima - Cx. Postal 14.049 - 91240-900 - Porto Alegre - RS

Descrição de revisão

Revisão	Descrição	Data
0		
1	EMISSÃO INICIAL	11/07/2019

CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA

IFMG PONTE NOVA

PROJETO EXECUTIVO

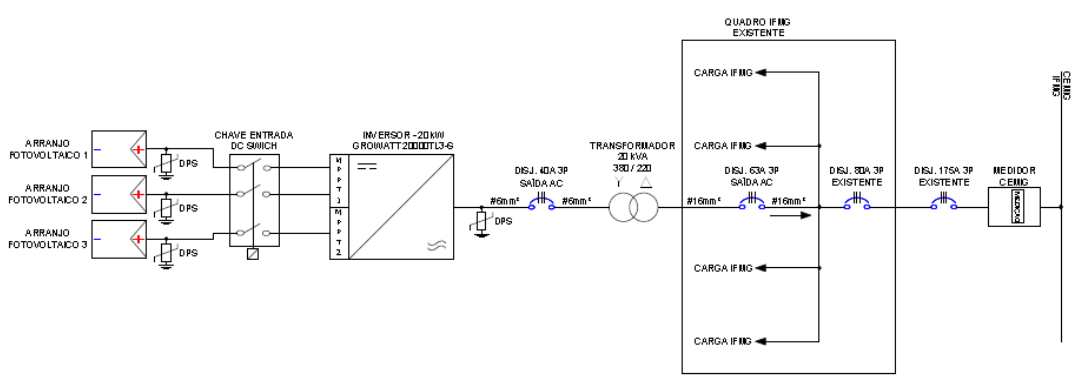
DIAGRAMA UNIFILAR SISTEMA FOTOVOLTAICO

FV 07/18

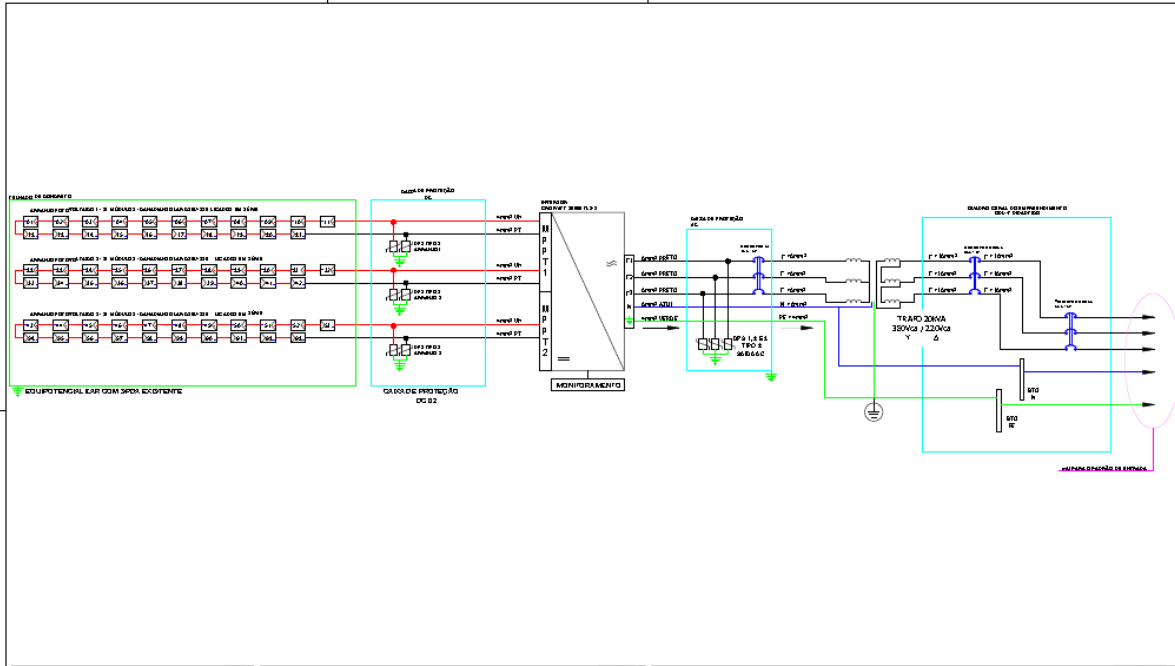
00

11/07/2019

JOSÉ THIAN FERRETTI

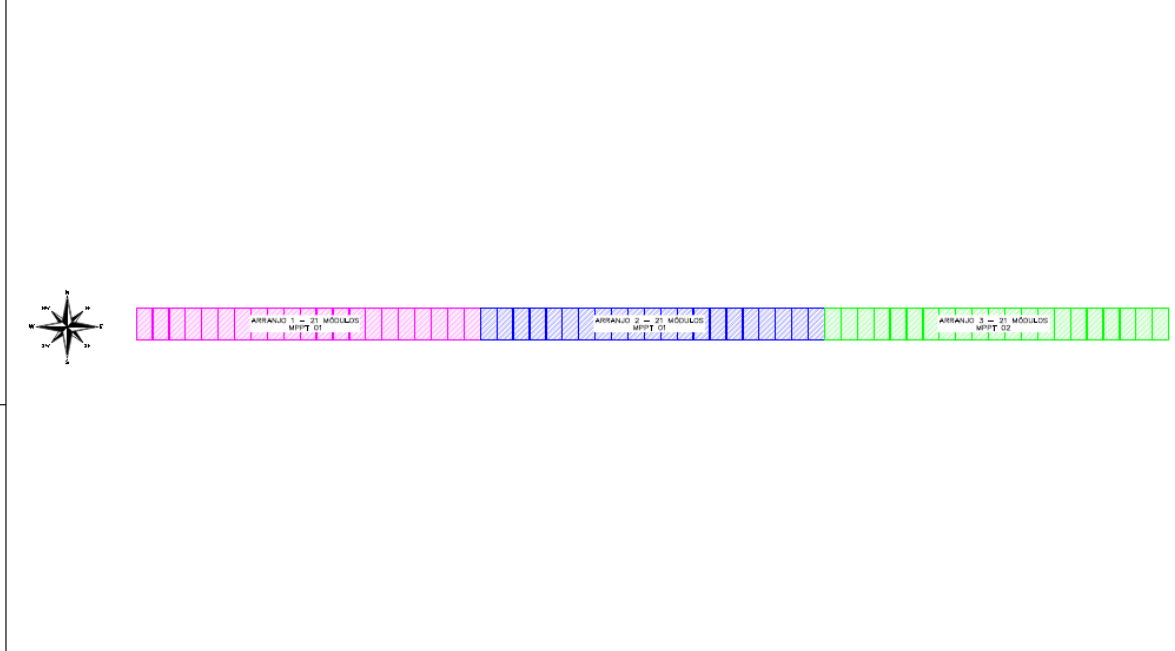


The diagram illustrates the electrical flow from three photovoltaic arrays (ARRANJO FOTOVOLTAICO 1, 2, 3) through a DC switch (CHAVE ENTRADA DC SWITCH) to an inverter (INVERSOR - 20kW GROWATT 20000TL3-S). The output of the inverter passes through a transformer (TRANSFORMADOR 20 kVA 380V/220V) and a distribution panel (QUADRO IFMG EXISTENTE) containing a 40A DC switch, a 63A AC switch, and a 175A AC switch, before reaching the grid (REDE).



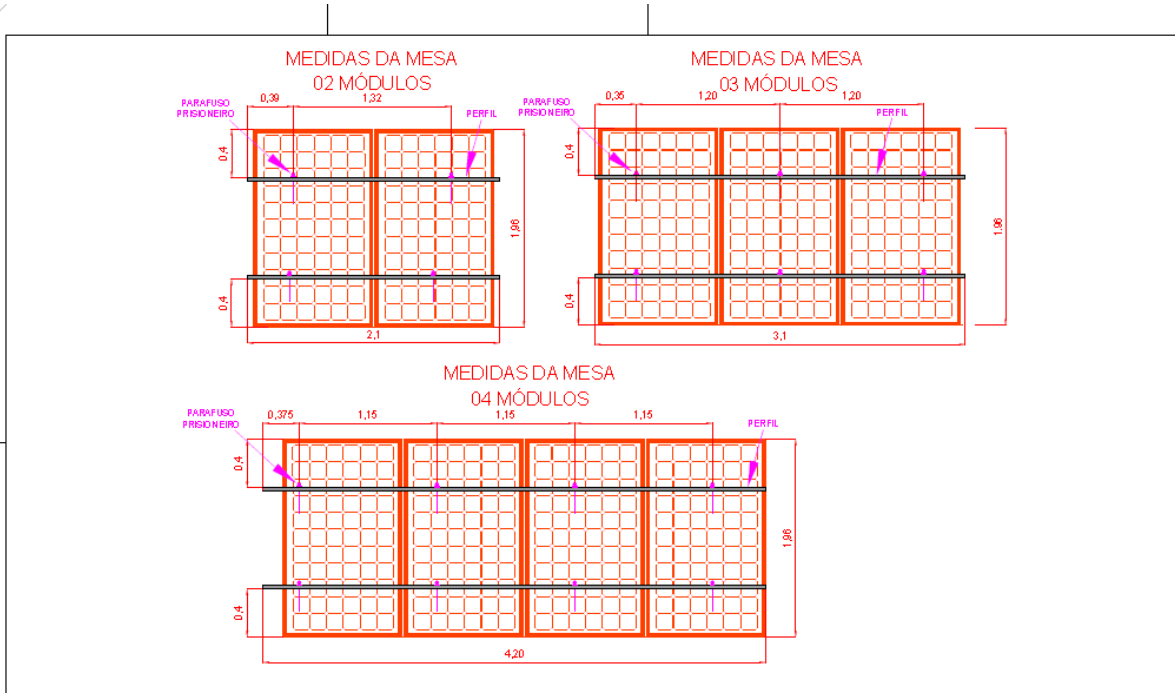
<p>CONCEITO E FORNECEDOR:</p>	Descrição de revisão		CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA	
	0	Descrição:	DATA:	PROJETO EXECUTIVO
<p>PROJETISTA - INSTALADOR:</p>	EMISSÃO INICIAL		FV 08/18	
	11/07/2019		00	

FORMATO: A3 (420x297mm) | DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS

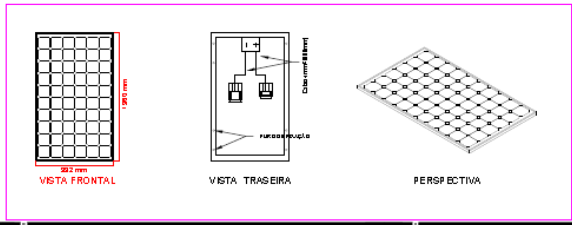
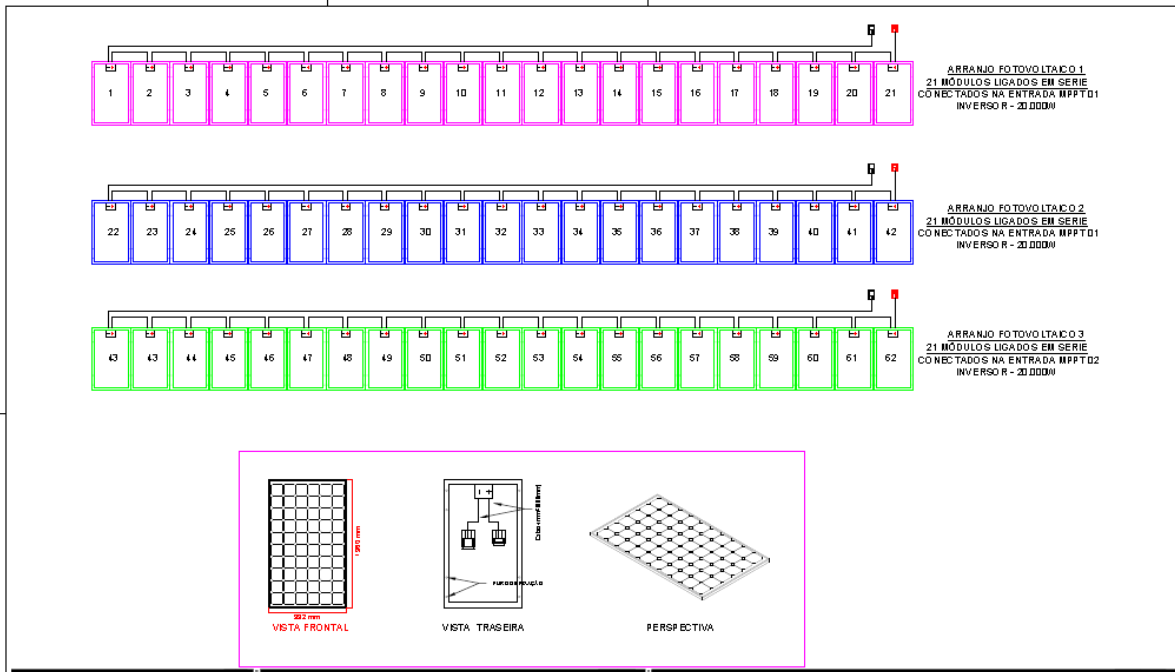


<p>CONCEITO E FORNECEDOR:</p>	Descrição de revisão		CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA	
	0	Descrição:	DATA:	PROJETO EXECUTIVO
<p>PROJETISTA - INSTALADOR:</p>	EMISSÃO INICIAL		FV 09/18	
	11/07/2019		00	

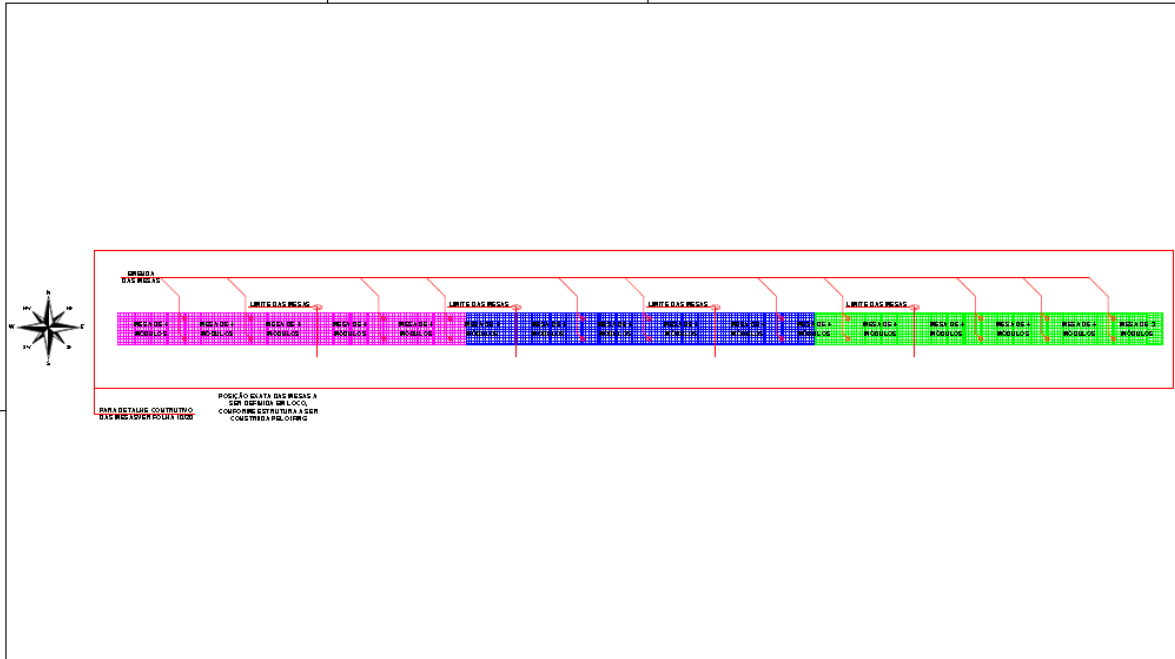
FORMATO: A3 (420x297mm) | DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS



<p>INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS</p>	<p>Descrição de revisão</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Revisão</th> <th>Descrição</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Revisão	Descrição	Data	0			<p>CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA</p> <p>PROJETO EXECUTIVO</p> <p>MONTAGEM DAS MESAS</p>		<p>FV 10/18</p> <p>00</p>
		Revisão	Descrição	Data						
0										
<p>PROJETISTA-INSTALADOR:</p> <p>SOLEN</p> <p>Av. Antônio Carlos, 1.414 - Ribeirão - Cx. Postal 141 - 31.161-900 - Belo Horizonte - MG</p>	<p>PROJETO: FOTVOLTAICA</p> <p>DATA: 11/07/2019</p> <p>PROJETO: SEM ESCALA</p> <p>PROJETO: ENO. EUSEBIO GORGILHO</p> <p>PROJETO: EDNALDO FERREZ</p> <p>PROJETO: JONAS FERRETTI</p>	<p>DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS</p>								



<p>INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS</p>	<p>Descrição de revisão</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Revisão</th> <th>Descrição</th> <th>Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Revisão	Descrição	Data	0			<p>CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA</p> <p>PROJETO EXECUTIVO</p> <p>ESQUEMA DE LIGAÇÃO DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS</p>		<p>FV 11/18</p> <p>00</p>
		Revisão	Descrição	Data						
0										
<p>PROJETO-INSTALADOR:</p> <p>SOLEN</p> <p>Av. Antônio Carlos, 1.414 - Ribeirão - Cx. Postal 141 - 31.161-900 - Belo Horizonte - MG</p>	<p>PROJETO: FOTVOLTAICA</p> <p>DATA: 11/07/2019</p> <p>PROJETO: SEM ESCALA</p> <p>PROJETO: ENO. EUSEBIO GORGILHO</p> <p>PROJETO: EDNALDO FERREZ</p> <p>PROJETO: JONAS FERRETTI</p>	<p>DIREITOS AUTORAIS RESERVADOS</p>								



CONCEITO E FORNECIMENTO:

PROJETISTA-INSTALADOR:

Av. Itália, Dom Pedro II, s/nº - Bairro - CEP: 54.070-900
 Tel.: 55 51 3639.6000 - Fax: 55 51 3639.6044
 www.solen.org.br

Descrição de revisão		
Revisão	Descrição	DATA
0		
1	EMISSÃO INICIAL	11.07.2019

PROJETO: **CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA**

CLIENTE: IFMG PONTE NOVA

TÍTULO: PROJETO EXECUTIVO

CONTÊÚDO: DISPOSIÇÃO DAS MESAS

PROJETO: FOTVOLTAICA

ESCALA: SEM ESCALA

DATA: 11/07/2019

PROJETADE: ENO. EUSEBIO GORGILHO

COORDENADOR: ERNALDO FREIRES

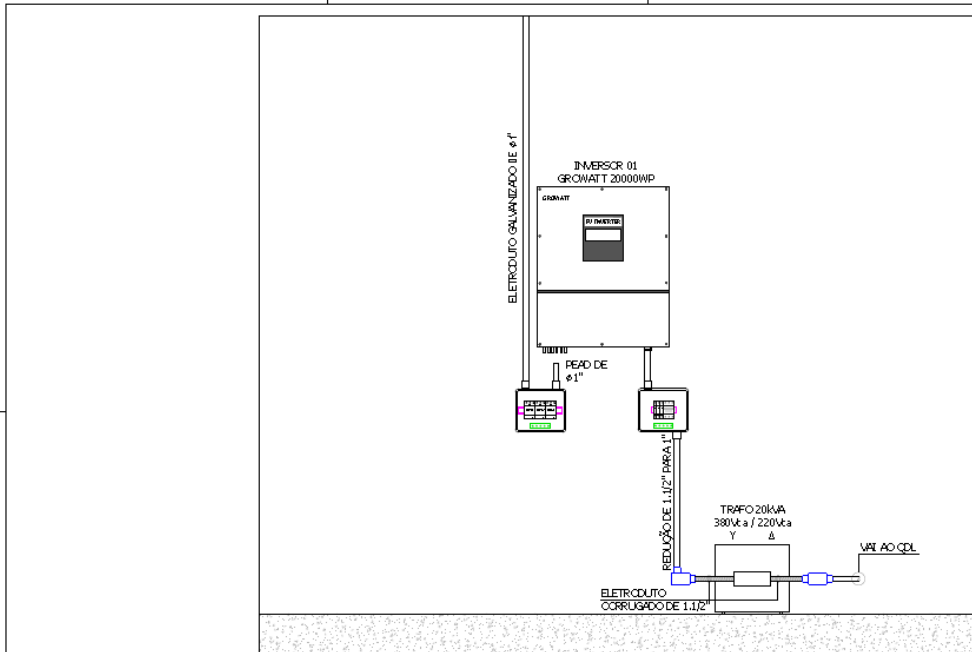
PROJETADE: JONAS THIAN FERRETTI

PROJETO: FV 12/18

PROJETO: 00

© DIREITOS AUTOS RESERVADOS

FÓRMO: A3 (420x297mm)
 A/B: B3/D: E4K



CONCEITO E FORNECIMENTO:

PROJETADE-INSTALADOR:

Av. Itália, Dom Pedro II, s/nº - Bairro - CEP: 54.070-900
 Tel.: 55 51 3639.6000 - Fax: 55 51 3639.6044
 www.solen.org.br

Descrição de revisão		
Revisão	Descrição	DATA
0		
1	EMISSÃO INICIAL	11.07.2019

PROJETO: **CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA**

CLIENTE: IFMG PONTE NOVA

TÍTULO: PROJETO EXECUTIVO

CONTÊÚDO: DISPOSIÇÃO DO INVERSOR E REDE DE DUTOS - ÁREA INTERNA

PROJETO: FOTVOLTAICA

ESCALA: SEM ESCALA

DATA: 11/07/2019

PROJETADE: ENO. EUSEBIO GORGILHO

COORDENADOR: ERNALDO FREIRES

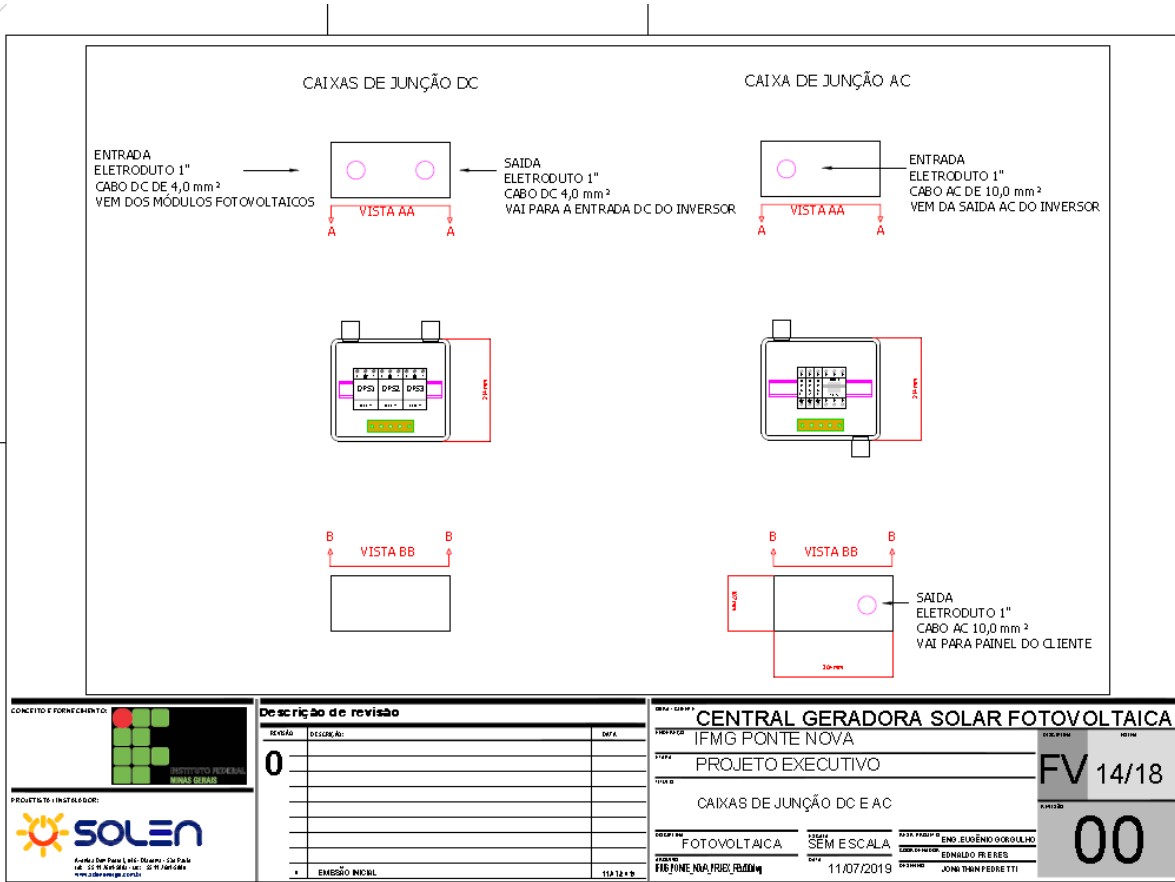
PROJETADE: JONAS THIAN FERRETTI

PROJETO: FV 13/18

PROJETO: 00

© DIREITOS AUTOS RESERVADOS


FÓRMO: A3 (420x297mm)
 A/B: B3/D: E4K



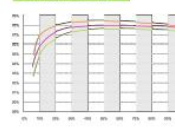
Growatt 17000TL3-S/20000TL3-S/25000TL3-S

Leading - edge Technology

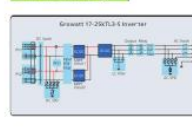
- ▶ Maximum efficiency of 96.7%
- ▶ Multi MPPT Controller and MITL string
- ▶ 6 string intelligent monitoring and fault protection
- ▶ Leading the efficiency with Low Loss Inverter
- ▶ 3 level DC switch and high frequency
- ▶ High anti-empirability with DC and AC
- ▶ High efficiency AC output
- ▶ High safety and easy installation
- ▶ Complete safety protection



Growatt 20000TL3 Inverter



Growatt 17000TL3 S Inverter



GROWATT NEW ENERGY TECHNOLOGY Co., Ltd.
 A: No.28 Guangming Road, Longgang Community, Shekou, Bixian District, Shenzhen, P.R. China
 T: +86 755 2347 1990 F: +86 755 2349 9999 E: info@growatt.com



	Growatt 17000TL3-S	Growatt 20000TL3-S	Growatt 25000TL3-S
Input Data			
Max. input DC power (for model 30)	21200W	25000W	31200W
Max. DC voltage	1000V	1000V	1000V
Start Voltage	200V	200V	200V
MPPT voltage range	200V - 1000V	200V - 1000V	200V - 1000V
MPPT	200V	200V	200V
Full load MPPT voltage range	400V - 800V	400V - 800V	400V - 800V
Min. input current	37.5A/37.5A	37.5A/37.5A	37.5A/37.5A
Max. input current per string	12.5A	12.5A	12.5A
Number of MPPT voltage / string per MPPT	2/3	3/3	3/3
Output (AC)			
Rated AC output power	17000W	20000W	25000W
Max. AC output power	18000W	22000W	27000W
Max. output current	27.5A	30.0A	36.0A
AC internal voltage range	7.5V/1000V - 575.478V	7.5V/1000V - 575.478V	7.5V/1000V - 575.478V
AC grid frequency	50/60Hz (50Hz)	50/60Hz (50Hz)	50/60Hz (50Hz)
Power factor	0.8 leading - 0.8 lagging	0.8 leading - 0.8 lagging	0.8 leading - 0.8 lagging
THD	<5%	<5%	<5%
AC grid connection type	3Phase4Wire	3Phase4Wire	3Phase4Wire
Efficiency			
Max efficiency	96.7%	96.7%	96.7%
Min. eff.	96.4%	96.4%	96.4%
MPPPT efficiency	96.5%	96.5%	96.5%
Protection Devices			
DC reverse polarity protection	yes	yes	yes
DC switch	yes	yes	yes
DC surge protection	Yes/PT	Yes/PT	Yes/PT
Overvoltage protection	yes	yes	yes
Output line circuit protection	yes	yes	yes
AC surge protection	Yes/PT	Yes/PT	Yes/PT
String fuses protection	yes	yes	yes
String fault monitoring	yes	yes	yes
Anti-EMC protection	yes	yes	yes
General Data			
Dimensions (W x H x D)	470x740x275 mm	470x740x275 mm	470x740x275 mm
Weight	48kg	48kg	48kg
Operating temperature range	25 °C, -40 °C	25 °C, -40 °C	25 °C, -40 °C
Noise emission (Typical)	< 52 dBA	< 52 dBA	< 52 dBA
Self Consumption Input	< 1W	< 1W	< 1W
Topology	Transcendence	Transcendence	Transcendence
Cooling method	Smart cooling	Smart cooling	Smart cooling
Environmental Protection Rating	IP65	IP65	IP65
MTBF	40000h	40000h	40000h
Warranty (standard)	5-10/5/5	5-10/5/5	5-10/5/5
Features			
Display	LED+LCD	LED+LCD	LED+LCD
Interface	RS232/RS485	RS232/RS485	RS232/RS485
Monitoring System	yes / yes / yes	yes / yes / yes	yes / yes / yes
Certificates and Approvals			

CONCEITO E FORNECEDOR

INSTITUTO ADRIANO PINAS GONZ

PROJETISTA E INSTALADOR:

SOLEN
 Avenida Dom Pedro, 455 - Itararé - CEP: 06.174-000
 Tel: 55 11 5083-1101 - E: info@solenn.com.br
www.solenn.com.br

Descrição de revisão

Revisão	Descrição	Data
0		

CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA

IFMG PONTE NOVA

PROJETO EXECUTIVO

ANEXO 02 - CATÁLOGO DOS INVERSORES

TIPO DE PROJETO	FV 18/18
OPERAÇÃO	00

COORDENADOR: FOTVOLTAICA **ELABORADOR:** SEM ESCALA **REVISOR:** ENO ELKENDO GORILLHO

PROJETO: FV 18/18/18 **DATA:** 11/07/2019 **PROJETO:** EDUARDO F. REES **PROJETO:** JONI THIAN FERRETI

DIREITOS AUT. RES. RESERVADOS

6.3 PROJETO PARA CENTRAL GERADORA SOLAR FOTOVOLTAICA OBRA: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS PONTE NOVA / MG

DIAGRAMA TRIFILAR

DIAGRAMA UNIFILAR

NOTAS:

- 1- Especificações de "Fusos de Aterramento": Material: PVC; Largura: 150mm; Diâmetro: "CUIDADO" - CABO ELÉTRICO" no centro de file, em vimeite. Cor da pintura: amarelo.
- 2- Junto ao padrão de entrada, próximo à caixa de medição/proteção, terá instalada uma placa de identificação com as seguintes dadas: "CUIDADO" - CABO ELÉTRICO".
- 3 - A área reservada para a instalação de uma fotovoltaica, deve ser de pelo menos 10 metros quadrados e deve ser plana.
- 4 - Será utilizado 01 Inversor de 30 kW, ligado a 60 módulos fotovoltaicos.
- 5 - Todos os equipamentos elétricos terão um ponto de conexão com a rede elétrica.
- 6 - O aterramento é instalado em local de fácil acesso.
- 7 - Somente deverá sair energia na rede elétrica após a aprovação do ABNT.
- 8 - O projeto de instalação de energia está em conformidade com a NBR 5410 e 5439 da ABNT.
- 9 - O projeto de instalação de energia está em conformidade com a NBR 5410 e 5439 da ABNT.
- 10 - O projeto de instalação de energia está em conformidade com a NBR 5410 e 5439 da ABNT.
- 11 - A aprovação do projeto para a CEMIG, referente a todos os dados do projeto, fica condicionada à apresentação da ART (Aprovação de Responsabilidade Técnica) de concepção emitida no CREA da localidade.

DETALHE 3- HASTE DE ATERRAMENTO

DETALHE 4- PLACA DE ALERTE

DETALHE 2- ELÉTRICO ENTERRADO SOB PASSARELO

DETALHE 5 - LOCAL INSTALAÇÃO

DETALHE 6 - VISTA FRONTAL: MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DISPOSTOS NOS PERIS METÁLICOS

DETALHE 7 - VISTA LATERAL DOS MÓDULOS E ESTRUTURA METÁLICA

LEGENDA

- 1 - Condutor Fase - Preto
- 2 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 3 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 4 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 5 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 6 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 7 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 8 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 9 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 10 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 11 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 12 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 13 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 14 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 15 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 16 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 17 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 18 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 19 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 20 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 21 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 22 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 23 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 24 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 25 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 26 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 27 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 28 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 29 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 30 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 31 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 32 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 33 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 34 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 35 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 36 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 37 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 38 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 39 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 40 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 41 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 42 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 43 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 44 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 45 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 46 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 47 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 48 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 49 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 50 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 51 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 52 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 53 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 54 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 55 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 56 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 57 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 58 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 59 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 60 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 61 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 62 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 63 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 64 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 65 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 66 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 67 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 68 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 69 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 70 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 71 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 72 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 73 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 74 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 75 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 76 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 77 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 78 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 79 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 80 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 81 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 82 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 83 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 84 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 85 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 86 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 87 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 88 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 89 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 90 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 91 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 92 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 93 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 94 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 95 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 96 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 97 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 98 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 99 - Condutor de Proteção (terra) - Verde
- 100 - Condutor de Proteção (terra) - Verde

DETALHE 1 - PARTE DA FAIXADA, PRINCIPAL DO BARRIL

DETALHE 8 - LOCALIZAÇÃO

UNIDADE CONSERVADORA DE PONTE NOVA
 PRAÇA JOSÉ EMILIANO DIAS ET. CENTRO PONTE NOVA
 CONECTADA AO TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 75KVA



Coordenadoria de
Educação Aberta e a Distância