PROJETO PD-00068-0038/2016: FORNECIMENTO DE SERVIÇOS ANCILARES COM SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA EM SISTEMAS ELÉTRICOS COM ELEVADA PENETRAÇÃO DE GERAÇÃO INTERMITENTE

São Paulo, 24 de julho de 2019

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
Programa de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D

CHAMADA nº 021/2016

PROJETO ESTRATÉGICO: "ARRANJOS TÉCNICOS E COMERCIAIS PARA A INSERÇÃO DE SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO"

JULHO 2016

ANEEL
AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
Programa de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D

CHAMADA nº 021/2016

"O principal objetivo desta chamada é a proposição de arranjos técnicos e comerciais para <u>avaliação e inserção de sistemas de armazenamento de energia no setor elétrico brasileiro</u>, de forma integrada e sustentável, buscando também criar condições para o <u>desenvolvimento de base tecnológica e infraestrutura de produção nacional</u>.

O projeto deverá incluir a <u>construção de uma planta piloto</u> de armazenamento de energia conectada direta ou indiretamente à rede de distribuição e/ou transmissão de energia elétrica."

EQUIPE

- ✓ **Proponente:**

  isa CTEEP

- ✓ **Coordenação :**

  IEE USP LSF

- ✓ **Execução:**

  IEE USP LSF, plb Solar, CPFL 40 anos, Hytron

- ✓ **Parceiro:**

  POLITÉCNICA

- ✓ **Cooperadas:**

  INTERLIGAÇÃO ELÉTRICA SERRA DO JAPI S.A.
  INTERLIGAÇÃO ELÉTRICA MINAS GERAIS S.A.
  EVRECY PARTICIPAÇÕES LTDA.

OBJETIVOS

1. Projetar, instalar e operacionalizar um ESS com baterias de lítio-íon;
2. Desenvolver a tecnologia e a indústria nacionais para o desenvolvimento do BMS e do EMS;
3. Estudar, desenvolver e validar métodos e estratégias de gerenciamento de ESS;
4. Propor requisitos normativos para a integração de ESS ao sistema elétrico brasileiro;
5. Recomendar premissas regulatórias específicas para a integração de ESS ao sistema elétrico brasileiro;

OBJETIVOS

6. Comparar as tecnologias de armazenamento de energia contempladas no projeto: baterias de lítio-íon, hidrogênio e reservatórios de hidrelétricas reversíveis;

7. Analisar a viabilidade técnico-econômica de ESS no contexto do sistema de transmissão brasileiro;

8. Estudar o comportamento intermitente das flutuações da radiação solar e seus impactos;

9. Implantar infraestrutura laboratorial para a avaliação de conformidade de inversores FV com armazenamento de energia em bateria;

OBJETIVOS

10. Promover a divulgação dos resultados do projeto;

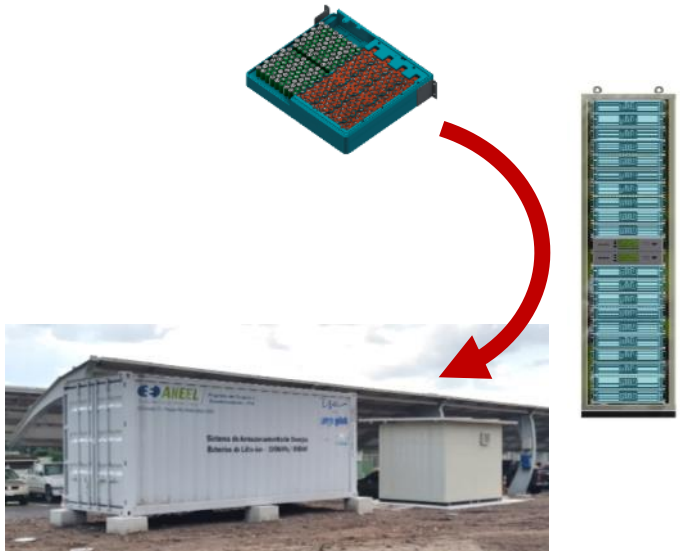
11. Estabelecer cooperação internacional para os estudos e divulgação dos resultados;

12. Capacitar recursos humanos nos temas abrangidos pelo projeto.

✓ Originalidade

Desenvolvimento nacional de engenharia e de produtos:

- ✓ BMS
- ✓ Empacotamento modular
- ✓ ESS
- ✓ Inteligência de gestão energética



✓ Aplicabilidade

- Utilização do sistema e do controle desenvolvidos para provimento de serviços ancilares.
- Possibilidade de adaptação em sistemas de micro e mini geração distribuída para gestão ativa da demanda.
- Possibilidade de adoção da proposta de regulamentação em Resoluções específicas.
- Possibilidade de adoção da proposta de normatização nas Normas Técnicas Brasileiras.
- Aplicação dos resultados experimentais na produção de cabeça de série de sistema de armazenamento com tecnologia nacional.

✓ Relevância

Desenvolvimento da indústria nacional, regulamentação específica e exploração de novo nicho de mercado:

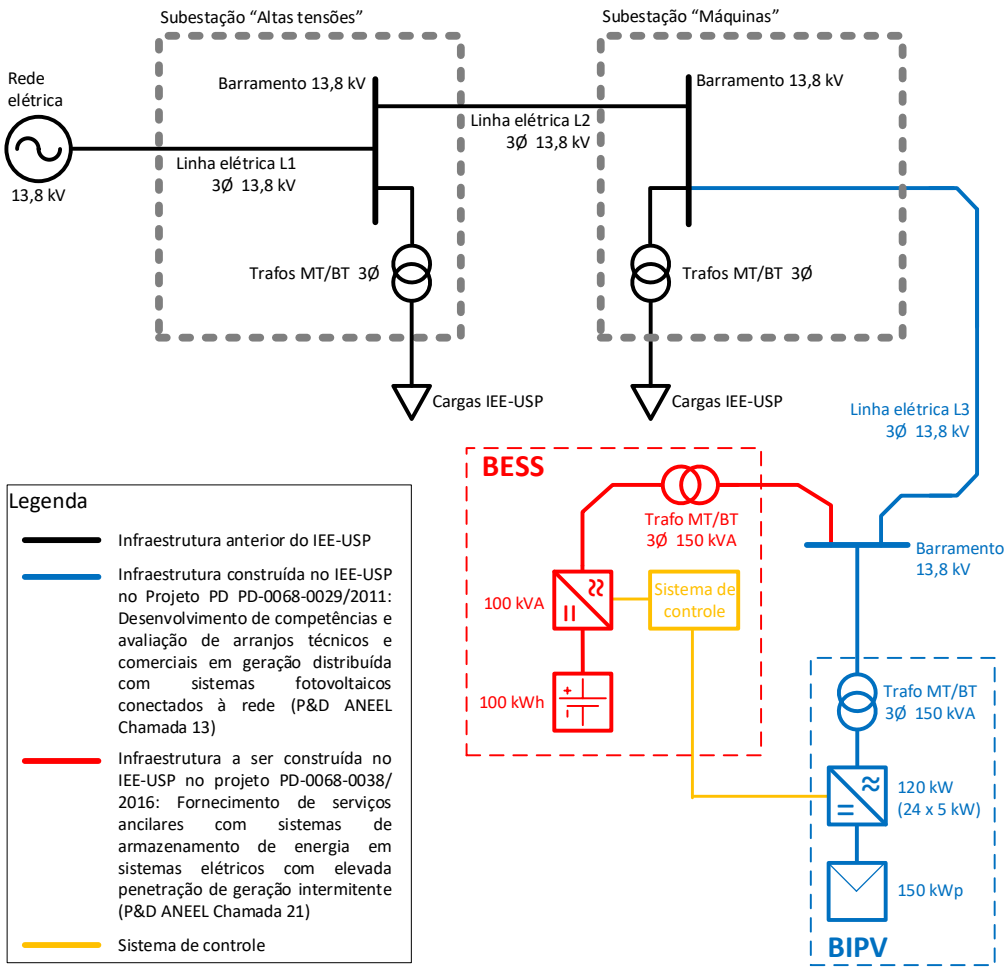
- CTEEP: Fornecimento de serviços ancilares e serviços de rede utilizando sistemas de armazenamento de energia incorporados às instalações de transmissão.
- IEE/USP: Fomento de pesquisa nas áreas de geração intermitente e armazenamento de energia, bem como formação de recursos humanos nestas áreas do conhecimento.
- PHB Eletrônica: Desenvolvimento de protótipo comercial de sistema de armazenamento de energia com possibilidade de inserção no mercado.

✓ Relevância

Desenvolvimento da indústria nacional, regulamentação específica e exploração de novo nicho de mercado:

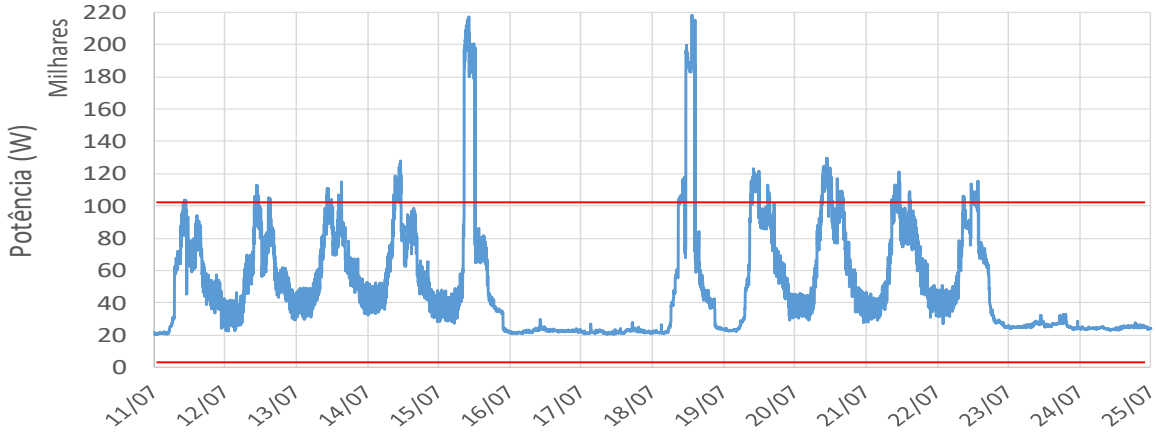
- CPqD: Fomento de pesquisa nas áreas de desenvolvimento dos sistemas de controle, gestão e empacotamento de baterias de lítio-íon (*BMS* e *Módulos*).
- Hytron: Desenvolvimento de solução para o armazenamento de energia em hidrogênio e posterior conversão para energia elétrica através de célula a combustível visando à integração do sistema à rede elétrica.

O projeto utilizará infraestrutura pré-existente no IEE/USP resultante da chamada de P&D estratégico n°13/2011.



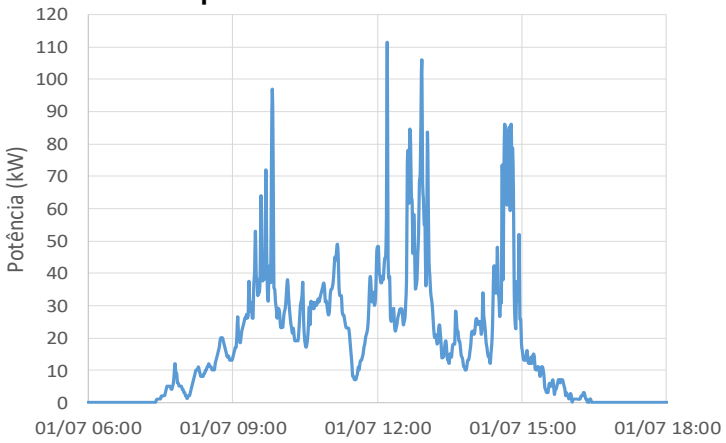
- Gerador FV: 150 kWp
- Inversor FV: 120 kWp
- BESS: 100 kWh
  100 kVA
- Sistema de controle

Demanda do IEE

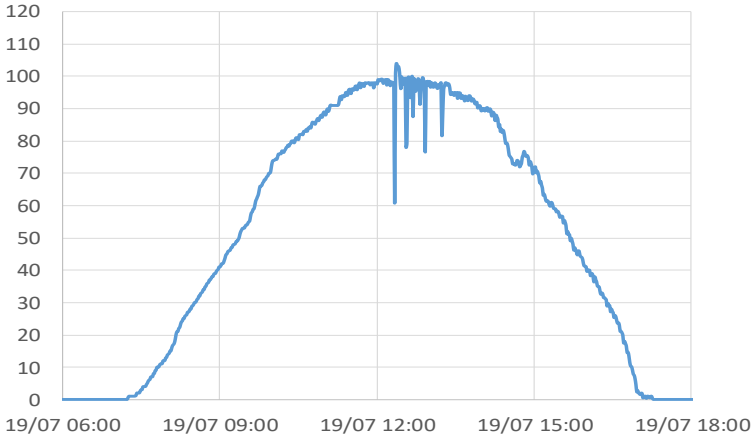


Geração do sistema BIPV

Céu parcialmente nublado



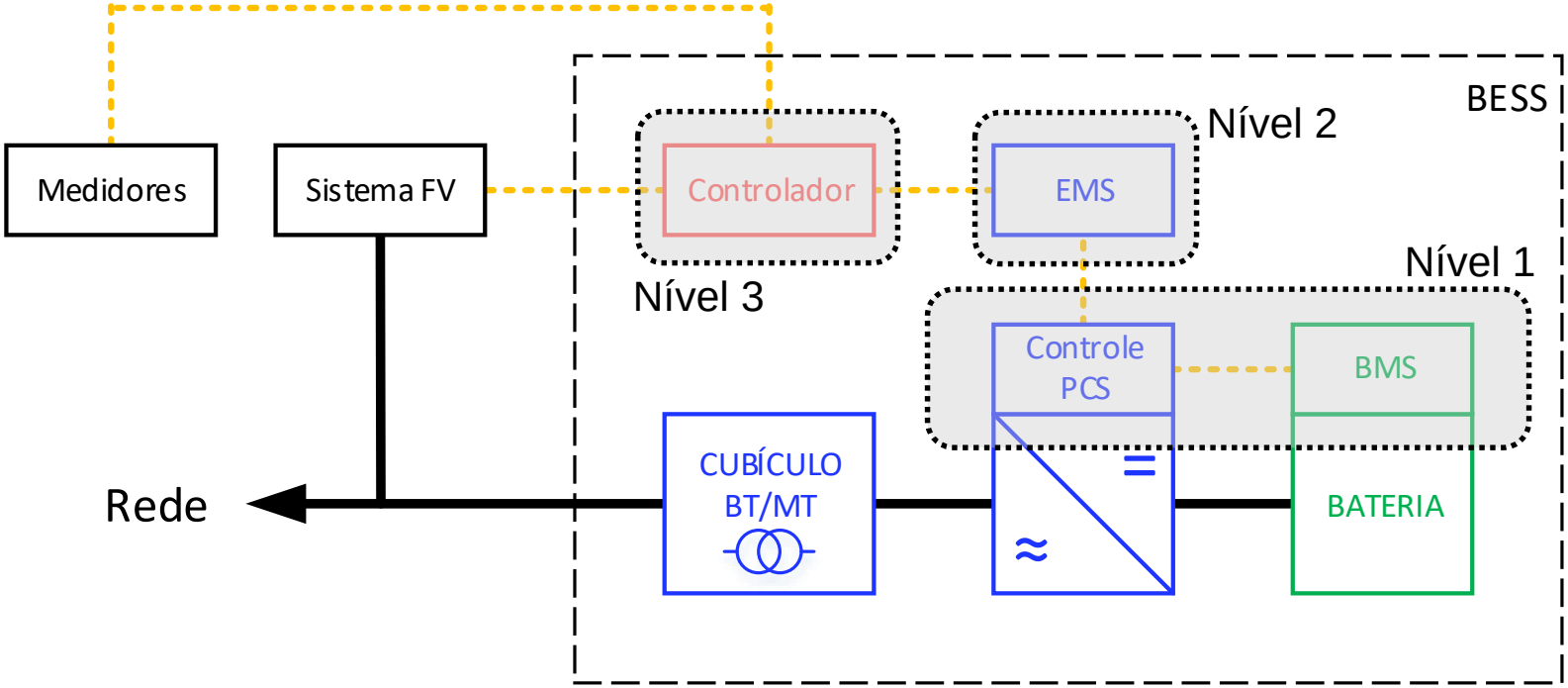
Céu claro

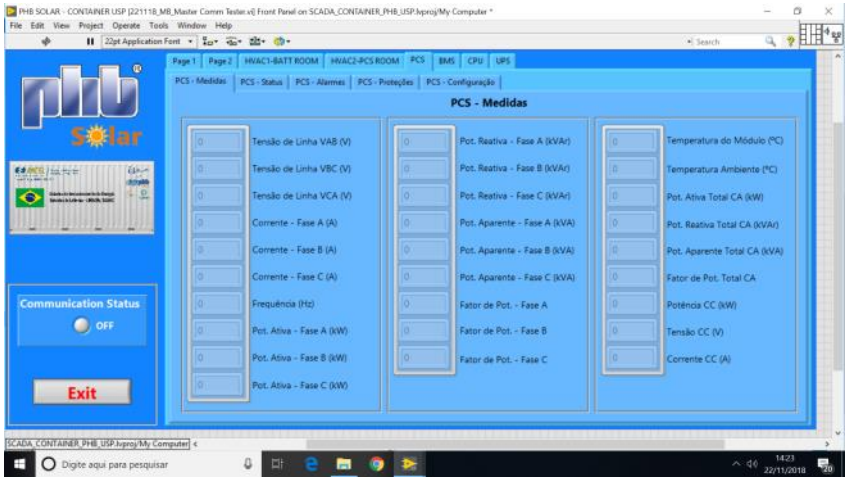


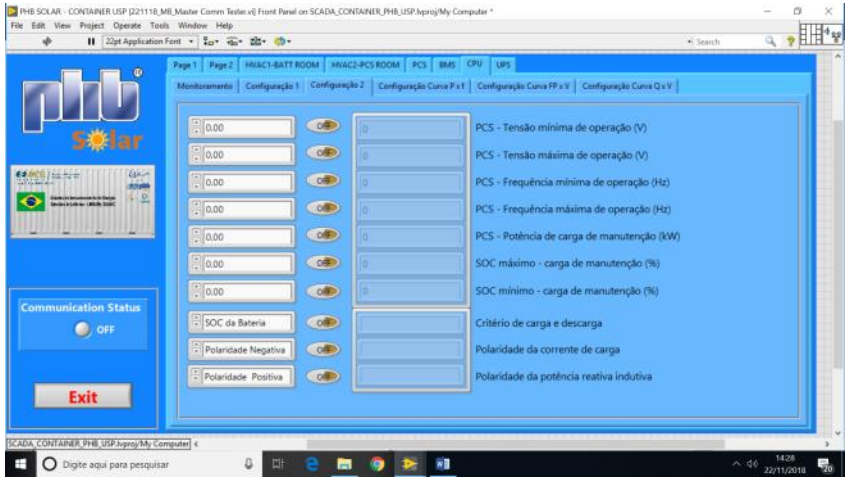
ANEEL
Programa de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D
Sistema de Armazenamento de Energia
Baterias de Lítio-íon - 100kWh/300kW

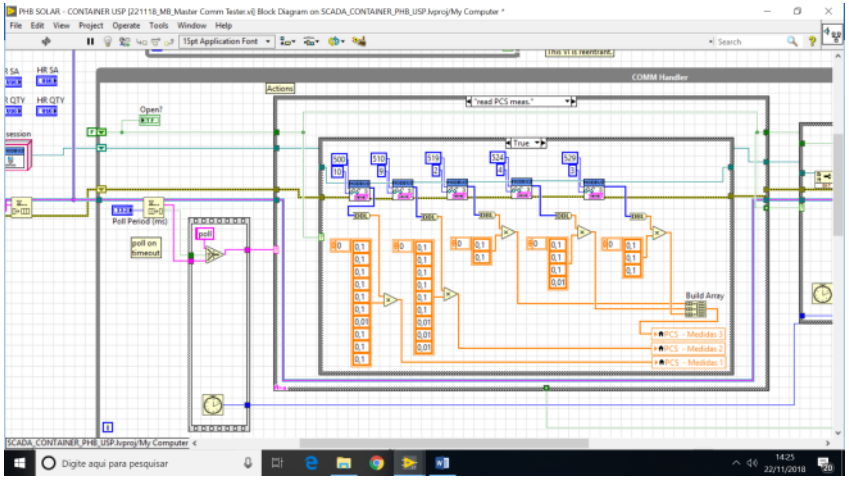
PYLONTECH

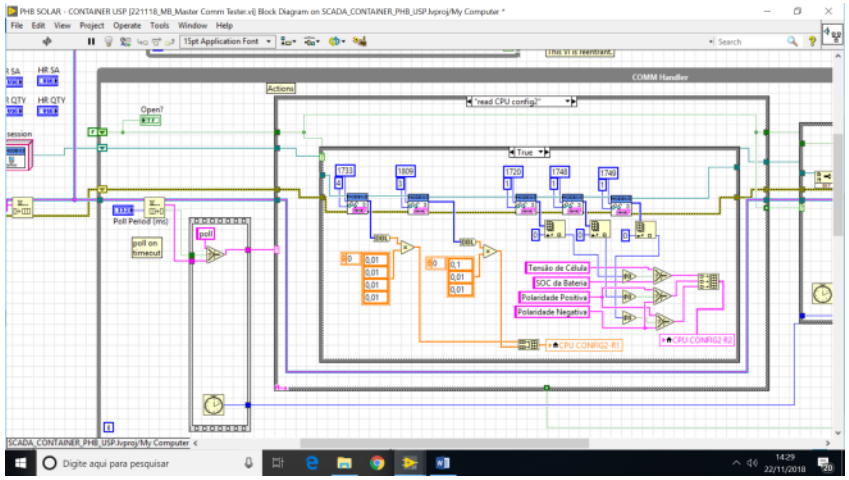
Storage Inverter
PWS1-150KW


BESS
Nível 2
Nível 1
Nível 3
Medidores
Sistema FV
Controlador
EMS
Controle PCS
BMS
CUBÍCULO BT/MT
BATERIA
Rede

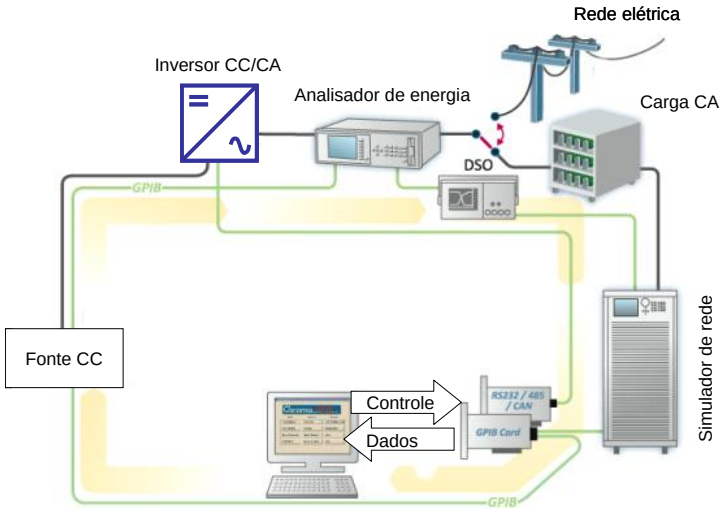

PCS - Medidas
Tensão de Linha VAB (V)
Tensão de Linha VBC (V)
Tensão de Linha VCA (V)
Corrente - Fase A (A)
Corrente - Fase B (A)
Corrente - Fase C (A)
Frequência (Hz)
Pot. Ativa - Fase A (kW)
Pot. Ativa - Fase B (kW)
Pot. Ativa - Fase C (kW)
Pot. Reativa - Fase A (kVAr)
Pot. Reativa - Fase B (kVAr)
Pot. Reativa - Fase C (kVAr)
Pot. Aparente - Fase A (kVA)
Pot. Aparente - Fase B (kVA)
Pot. Aparente - Fase C (kVA)
Fator de Pot. - Fase A
Fator de Pot. - Fase B
Fator de Pot. - Fase C
Temperatura do Módulo (ºC)
Temperatura Ambiente (ºC)
Pot. Ativa Total CA (kW)
Pot. Reativa Total CA (kVAr)
Pot. Aparente Total CA (kVA)
Fator de Pot. Total CA
Potência CC (kW)
Tensão CC (V)
Corrente CC (A)
Communication Status
OFF
Exit

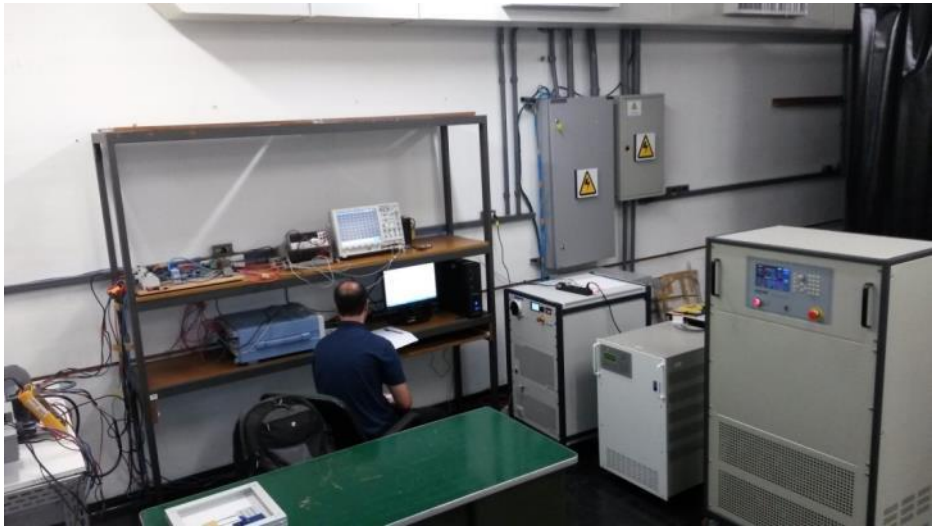

PCS - Tensão mínima de operação (V)
PCS - Tensão máxima de operação (V)
PCS - Frequência mínima de operação (Hz)
PCS - Frequência máxima de operação (Hz)
PCS - Potência de carga de manutenção (kW)
SOC máximo - carga de manutenção (%)
SOC mínimo - carga de manutenção (%)
SOC da Bateria
Polaridade Negativa
Polaridade Positiva
Critério de carga e descarga
Polaridade da corrente de carga
Polaridade da potência reativa indutiva
Communication Status
OFF
Exit


COMM Handler
"read PCS meas."
Build Array


COMM Handler
"read CPU config2"
Tensão de Célula
SOC da Bateria
Polaridade Positiva
Polaridade Negativa

Implantação de infraestrutura laboratorial para avaliação de conformidade da interface de conexão de sistemas FV com armazenamento de energia em bateria.





LABORATÓRIO PARA QUALIFICAÇÃO DE INVERSORES ACREDITADO PELO INMETRO

Execução de ensaios de qualificação em conformidade com a Portaria INMETRO 357/2014

Desenvolvimento do BMS e do empacotamento das baterias (módulos)

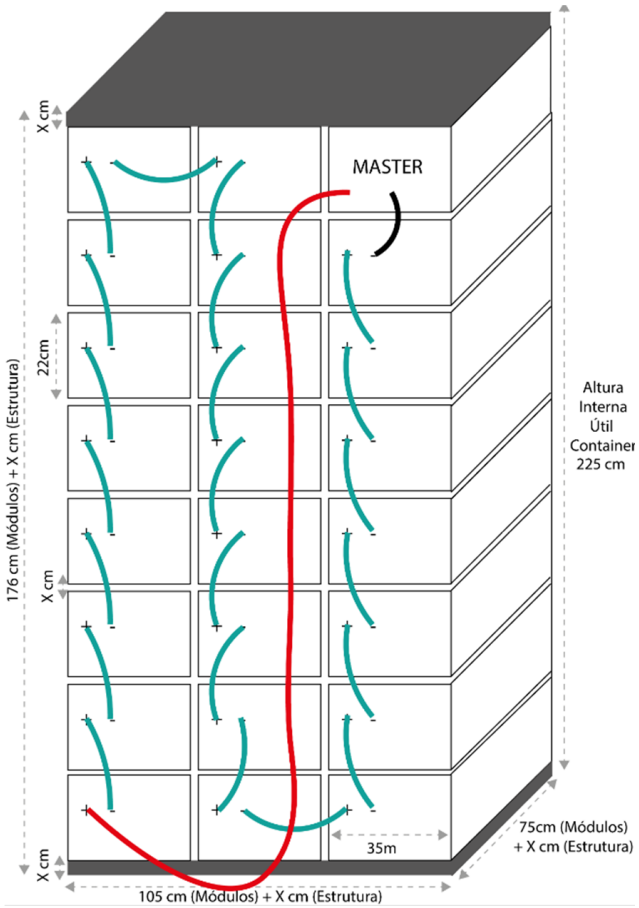


Tabela 1 - Especificações elétricas do sistema

Célula	
Tensão Mínima (Vcc)	2,8
Tensão Nominal (Vcc)	3,2
Tensão Máxima (Vcc)	3,65
DoD (%)	85%
Capacidade (Ah)	160
Peso (kg)	5,6
Custo (R$)	1.110,00

Módulo	
Células em Série	10
Tensão Mínima (Vcc)	28
Tensão Nominal (Vcc)	32
Tensão Máxima (Vcc)	36,5
Capacidade (Ah)	160
Energia Instalada (kWh)	5,12
Energia Útil (kWh)	4,35
Peso (kg)	56
Custo (R$)	11.100,00

String	
Módulos em Série	23
Tensão Mínima (V)	644
Tensão Nominal (V)	736
Tensão Máxima (V)	839
Energia Instalada (kWh)	117,8
Energia Útil (kWh)	100,1
Regime (C-Rate)	0,85
Peso (kg)	1288
Custo (R$)	255.300,00

Inversor	
Tensão Mínima (Vcc)	500
Tensão Nominal (Vcc)	675
Tensão Máxima (Vcc)	850
Potência Máxima (kW)	100

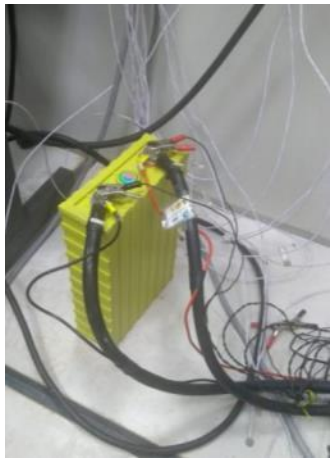
Célula - 160Ah	
Largura (mm)	18,2
Profundidade (mm)	705
Altura (mm)	277

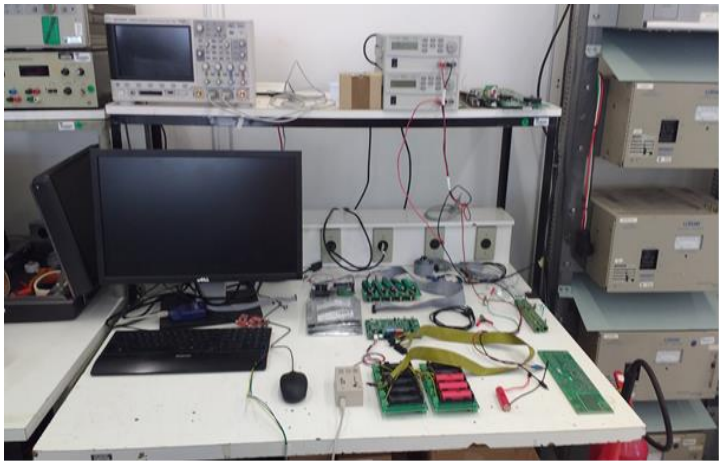
Módulo com as células deitadas (Aproximação)	
Largura (mm)	350
Profundidade (mm)	750
Altura (mm)	220

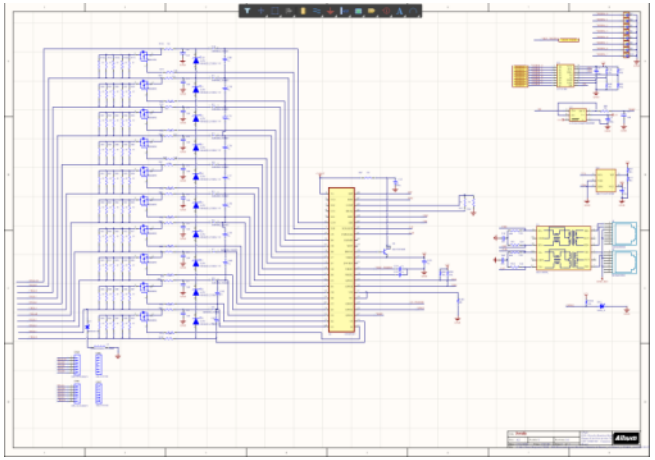
Contêiner	
Altura Útil (mm)	2250
Altura Útil Contêiner / Altura Módulo	10,23

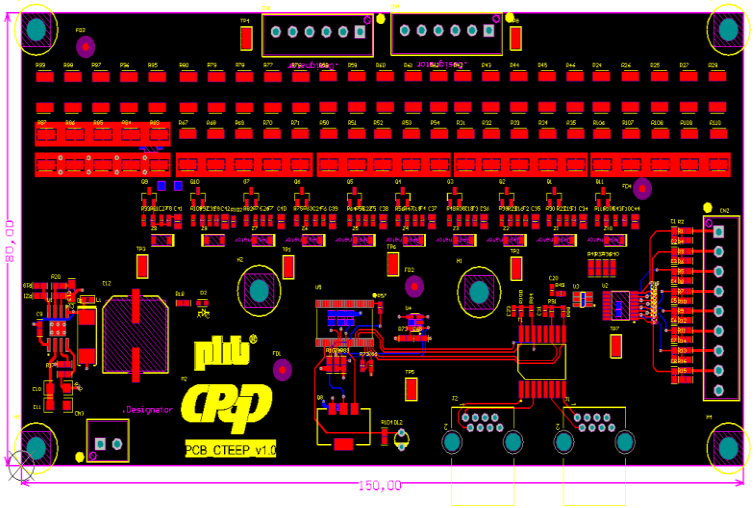
Se utilizados 8 módulos por coluna	
Altura com módulos (mm)	1760
Sobra para parte estrutural (mm)	490

Desenvolvimento do BMS e do empacotamento das baterias (módulos)









Visita técnica à Red Eléctrica de España

POLITÉCNICA

Visita técnica à hidrelétrica reversível de IP (Acciona)

POLITÉCNICA

Salto neto de 935 m.

3 turbinas Pelton de eixo vertical, 114.600 CV de potência

3 bombas de acumulação de eixos verticais com 103.000 CV de potência

3 alternadores, com potência total de 82.440 kV.

Proposição de características normativas e dos procedimentos de ensaio dos equipamentos de interface de conexão com a rede em sistemas FV com armazenamento de energia

ABNT/CB-03
6º PROJETO 003:082.001-006
SET 2018

Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características e procedimentos de ensaio de equipamentos com gerenciamento de baterias e interface de conexão com a rede elétrica de distribuição

APRESENTAÇÃO

1) Este 3º Projeto de Norma foi elaborado pela CE-03:082.01 – Comissão de Estudo de Sistemas de conversão fotovoltaicas de energia solar do ABNT/CB-03 – Comitê Brasileiro de Eletricidade, nas reuniões de:

2) Não tem valor normativo;

3) Este 3º Projeto de Norma é previsto para entrar em vigor 12 meses após sua publicação;

4) Aqueles que tiverem conhecimento de qualquer direito de patente devem apresentar esta informação em seus comentários, com documentação comprobatória;

5) Tomaram parte na elaboração deste Projeto:

Participante	Representante
7E Engenharia	Marcos Fernandes
Acumuladores Moura	Marcelo Keiji
Celpa	Giorgiana Freitas
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL	Marco Antonio Galdino
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL	Marta M. A. Olivieri
Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL	Oscar Solano Rueda
Ecori Energia Solar	João Paulo de Souza
Eficiente Engenharia Sustentável	Ricardo Abe
Energisa	Claudemir Cândido de Araújo
GEDAE-UFPA	João Tavares Pinho

NÃO TEM VALOR NORMATIVO

ABNT/CB-03
6º PROJETO 003:082.001-006
SET 2018

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A aplicação desta Norma não dispensa o respeito aos regulamentos de órgãos públicos que os equipamentos, os serviços e as instalações devem satisfazer. Como exemplos de regulamentos de órgãos públicos, podem ser citadas as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego e as Portarias Ministeriais elaboradas pelo Inmetro contendo os Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) para produtos e serviços.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard stablishes specific recommendations for descripton, technical requirements and test procedures for photovoltaic (PV) systems with battery management and connection interface with distribution lines of electrical energy.

NOTE 1 This Standard does not contemplate electromagnetic compatibility and anti-islanding testing procedures.

NOTE 2 The requirements for connection photovoltaic (PV) systems to distribution lines may vary when control signals and command come from the electrical Utility.

NÃO TEM VALOR NORMATIVO 3/36

ABNT/CB-03
6º PROJETO 003:082.001-006
SET 2018

1 Escopo

Esta Norma estabelece as recomendações específicas para caracterização, requisitos técnicos e ensaio de conformidade de sistemas fotovoltaicos com gerenciamento de banco de baterias e interface de conexão com a rede de distribuição de energia elétrica.

NOTA 1 Esta Norma não contempla compatibilidade eletromagnética do sistema fotovoltaico.

NOTA 2 Os requisitos para a conexão dos sistemas fotovoltaicos à rede podem variar quando os sinais de controle e comando são provenientes da distribuidora.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

IEC 60364-7-712, *Electrical installations of buildings – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems*

ABNT NBR 16149:2013, Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição

ABNT NBR 16150:2013, Sistemas fotovoltaicos (FV) — Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição — Procedimento de ensaio de conformidade

ABNT NBR IEC 62116:2012, Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica

ABNT NBR 15204:2005, Conversor a semicondutor - Sistema de alimentação de potência ininterrupta com saída em corrente alternada (nobreak) - Segurança e desempenho

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições.

3.1
fator de potência
FP
fator calculado dividindo-se a energia ativa pela raiz quadrada da soma dos quadrados da energia ativa e da energia reativa, obtidas em um período de tempo determinado e definido por:

$$FP = \frac{E_{ATIVA}}{\sqrt{E_{ATIVA}^2 + E_{REATIVA}^2}}$$

onde

E_{ATIVA} é a energia ativa expressa em quilowatt-hora (kWh);

$E_{REATIVA}$ é a energia reativa expressa em quilovolt-ampère-reativo-hora (kvarh).

NÃO TEM VALOR NORMATIVO 4/36

Publicações

Status	Título
Artigo de congresso publicado no *35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition* –PVSEC, 2018 (IEE-USP)	PV battery systems sizing to account for the provision of ancillary services under different scenarios for energy policies and tariffs
Artigo de congresso aceito para apresentação no *Solar World Congress* – SWC, 2019 (IEE/USP)	Sizing energy storage systems with lithium-ion batteries to postpone investments in transmission capacity expansion
Artigo de congresso publicado no *22nd World Hydrogen Energy Conference* – WHEC, 2018 (Hytron)	Power-to-Power Energy Storage Demonstration Plant Using Alkaline Electrolysis and PEM Fuel Cell Technologies
Artigo de congresso publicado na *International Conference and Exhibition for Power Electronics, Intelligent Motion, Renewable Energy and Energy Management* – PCIM Europe, 2019 (CPqD)	Battery Energy Storage System to Provide Ancillary Services to the Grid with High Intermittent Electric Generation Penetration

Obrigado!