

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

BRENO PEREIRA DELA BRUNA

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA SIMULAÇÃO E
ANÁLISE DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR
DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA -
PVGRID 2.0**

ARARANGUÁ, SC

2019

BRENO PEREIRA DELA BRUNA

**DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA SIMULAÇÃO E
ANÁLISE DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR
DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA –
PVGRID 2.0**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Engenheiro(a) de Energia.

Araranguá, 22 de novembro de 2019.


BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Giuliano Arns Rampinelli (Orientador)
Universidade Federal de Santa Catarina



Profa. Me. Leticia Toret Scarabelot
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Dr. Luciano Lopes Pfitscher
Universidade Federal de Santa Catarina

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bruna, Breno Pereira Dela

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA DIMENSIONAMENTO E
ANÁLISE DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA - PVGRID 2.0
/ Breno Pereira Dela Bruna ; orientador, Giuliano Arns
Rampinelli, 2019.

54 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá,
Graduação em Engenharia de Energia, Araranguá, 2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Energia. 2. Energia Solar
Fotovoltaica. 3. Autoconsumo Remoto. 4. Geração Distribuída.
5. MATLAB. I. Arns Rampinelli, Giuliano. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de
Energia. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus primeiros professores, meus pais João e Magali, pelo apoio incondicional.

À Jaqueline, pela companhia e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Giuliano Arns Rampinelli, pelos conselhos, paciência e confiança apostada em mim no cumprimento de objetivos acadêmicos desafiadores.

Aos colegas: Israel, Vinicius, Telmo, Danilo e José, pela amizade verdadeira, singular e duradoura.

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA - PVGRID 2.0

Breno Pereira Dela Bruna

RESUMO

No final do 1º semestre de 2019, 80% da potência instalada das 90.051 instalações fotovoltaicas conectadas à rede no Brasil caracterizava-se como geração junto à carga, sendo outros 18% da modalidade de autoconsumo remoto. O consumidor de energia elétrica da rede de distribuição que busca reduzir custos com eletricidade sem espaço físico em sua unidade consumidora, mas dispende disto em outra localidade dentro de mesma área de concessão/permissão da distribuidora de energia elétrica e sob mesma titularidade pode aderir ao autoconsumo remoto. Contudo, ao envolver unidades consumidoras com características diferentes no mesmo projeto de micro ou minigeração distribuída, o dimensionamento da potência nominal do sistema fotovoltaico merece atenção maior, para operar de forma coerente com o consumo das unidades participantes do sistema de compensação de energia, respeitando as condições estabelecidas nas normativas vigentes. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é a criação de um programa (PV GRID Versão 2.0) para dimensionamento da potência nominal de sistemas de geração distribuída de energia solar fotovoltaica para unidades consumidoras atendidas em baixa tensão da modalidade de geração junto à carga e autoconsumo remoto, utilizando da plataforma App Design do MatLAB 2018a. Assim, foi possível estimar a potência necessária do sistema fotovoltaico a partir irradiação solar incidente no local da instalação, bem como os percentuais de energia excedente (créditos) definidos para cada unidade consumidora listada, com variação total anual de -0,5 a 9,8% na energia gerada pelo sistema fotovoltaico em relação às plataformas América do Sol e Global Solar Atlas, respectivamente. Ainda, em comparação com um sistema real, houve uma diferença percentual de apenas 5,55% em relação à simulação do programa proposto.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica, MatLAB, Autoconsumo Remoto.

DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA - PVGRID 2.0

Breno Pereira Dela Bruna

ABSTRACT

At the end of the first half of 2019, 80% of the installed capacity of 90,051 grid-connected photovoltaic installations in Brazil are characterized by load generation, with another 18% of the remote self-consumption. Electricity consumers in the distribution network who seek to reduce the cost of electricity without physical space in their consumer unit, but available elsewhere within the same concession / permit area as the electricity distributor and under the same ownership may join. to remote self-consumption. However, by involving consumption units with different resources in the same distributed micro or mining project, or scaling the rated power level of the PV array considered larger, to operate in a manner consistent with consumption of units of participants in the power compensation system, respecting as conditions imposed in the current norms. Thus, the objective of the present work is to create a program (PV GRID Version 2.0) for the nominal power sizing of solar photovoltaic distributed power generation systems for low voltage consumer units in the execution of load with load. and remote self-consumption using MATLAB 2018a's App Design platform. Thus, it was possible to estimate the power of the photovoltaic system from the solar radiation incident on the local installation, as well as the percentages of surplus energy credits (credits) defined for each consumer unit listed, with an average of 0.5 to 9.8% in the energy generated by the photovoltaic system.

Keywords: .Solar Photovoltaic Energy, MATLAB, Remote Self-Consumption.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1	Energia Solar Fotovoltaica	5
2.2	Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede.....	5
2.3	Geração Distribuída	6
2.4	Sistema de Compensação de Energia Elétrica	7
3	METODOLOGIA	11
3.1	Base de dados de irradiação solar	11
3.2	Equacionamento.....	12
3.2.1	Produtividade de referência (YR).....	12
3.2.2	Produtividade do sistema (YF).....	12
3.2.3	Razão de performance (PR).....	13
3.2.4	Potência nominal do sistema fotovoltaico ($P_{instalada}$)	13
3.2.5	Área necessária (A)	14
3.2.6	Percentual de créditos excedentes alocados ($C\%k$).....	14
3.2.7	Método iterativo	15
3.3	Plataforma MATLAB.....	16
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	17
4.1	Desenvolvimento do layout do programa	17
4.2	Validação da simulação de geração de energia elétrica.....	21
4.3	Análises comparativas do faturamento simulado.....	22
5	CONCLUSÃO	27
	APÊNDICE A – Código Fonte do PV Grid Versão 2.0	31
	APÊNDICE B – Especificações técnicas de um módulo fotovoltaico	49

1 INTRODUÇÃO

A fonte de energia solar é um recurso gratuito e abundante que pode ser aproveitado de forma eficiente e sustentável, e sua aplicação destinada à geração de energia elétrica é economicamente viável, já que o custo da energia produzida por um sistema fotovoltaico de geração distribuída geralmente é menor que o praticado pela distribuidora (IPEA, 2018). A rigor, a energia proveniente do Sol não é renovável, mas devido à escala de tempo da vida no planeta Terra pode ser classificada desta maneira. Algumas de suas aplicações mais comuns são: o aquecimento solar, a climatização de ambientes e a geração de eletricidade.

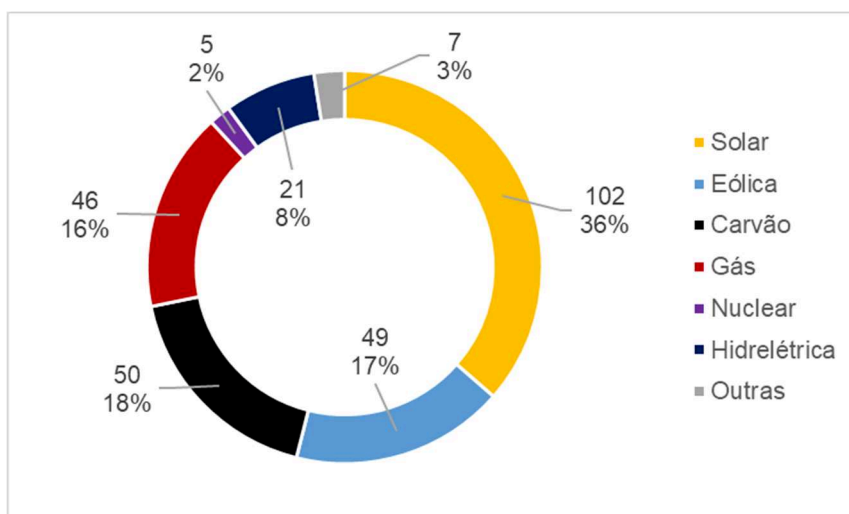
A conversão direta da energia solar em energia elétrica ocorre pelos efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destaca-se o efeito fotovoltaico. Neste, os fótons contidos na luz solar são convertidos em energia elétrica, por meio do uso de células solares devido à tecnologia fotovoltaica, que utiliza pequenas células de materiais semicondutores associados entre si para, quando expostos à irradiação solar, produzirem eletricidade (INPE, 2017).

Segundo o Global Market Outlook for Solar Power (2019, p. 7) a capacidade instalada adicionada em 2018 por sistemas solares fotovoltaicos no mundo foi de 102 GW, como mostrado na Figura 1, equivalente à 36% do total, sendo apenas 2% menor que no ano anterior. Isso mostra, nos anos de 2017 e 2018, que a tecnologia fotovoltaica de aproveitamento da fonte solar tem crescido de forma intensa.

Da mesma forma, segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2019), a energia solar fotovoltaica ocupa papel de destaque na geração distribuída no Brasil, representando 90,7% da potência instalada e mais de 97% em unidades consumidoras com geração distribuída deste tipo.

Com uma vasta área territorial, o Brasil apresenta características favoráveis para o aproveitamento desta fonte através da tecnologia fotovoltaica. Historicamente, a geração de energia elétrica no país concentra-se na força hidráulica, onde 67,6% (112,47 GW) da capacidade instalada de geração é de fonte hídrica (ONS, 2019). Neste cenário, a fonte solar representa apenas 1,3% do total (2,24 GW), conforme Figura 2.

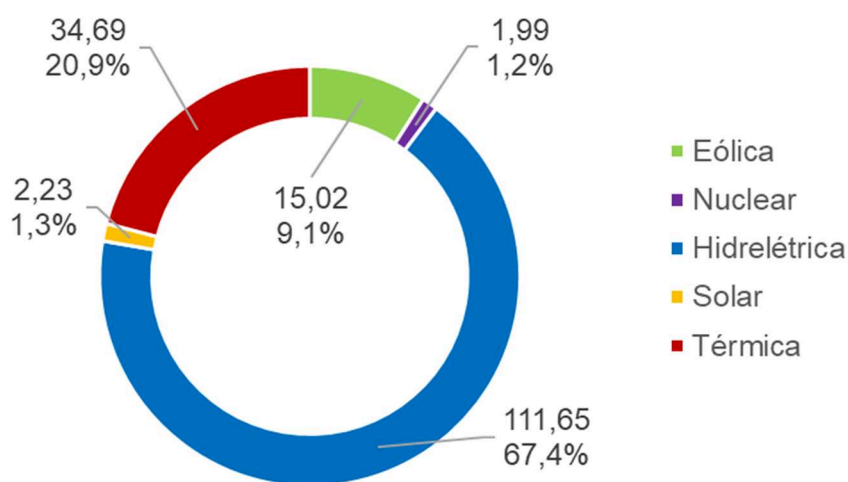
Figura 1 - Capacidade instalada adicionada em 2018 por fonte no mundo [GW]



Fonte: SOLARPOWER EUROPE (2019)

A fonte solar, representada por todas as usinas em operação gerou 2.917 GWh em 2018, apenas 3,6% da produção anual da Usina Hidrelétrica de Itaipú (ONS, 2019). Entretanto, a construção de novos empreendimentos hidrelétricos enfrenta críticas da sociedade, devido aos impactos ambientais frutos do alagamento de áreas com vegetação nativa e florestadas. Além disso, o investimento ainda maior em grandes centrais hidrelétricas tornaria o Brasil muito dependente do ciclo hidrológico, impactando na segurança energética da matriz (INPE, 2017).

Figura 2 - Capacidade instalada de geração no Brasil, até 09/2019 [GW]



Fonte: ONS (2019)

É neste cenário que a energia solar fotovoltaica traz benefícios ao setor elétrico e para a sociedade, surgindo como uma fonte renovável com menores impactos ambientais, modularidade e uma alternativa complementar aos períodos de seca nos reservatórios hídricos.

Além disso, o crescente aumento do consumo e no preço da energia elétrica e a descentralização de grandes centrais geradoras impulsionaram a popularização da energia solar fotovoltaica, principalmente a partir da publicação da Resolução Normativa N°482/2012 e, posteriormente, a REN N°687/2015, onde a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) estabeleceu as condições gerais para o acesso da microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e do sistema de compensação de energia elétrica, entre outras providências. Dessa forma, consumidores cativos da rede de distribuição podem instalar em suas unidades consumidoras sistemas geradores de energia elétrica, como o sistema solar fotovoltaico, para atendimento instantâneo de seu consumo e, em casos de energia excedente, compensá-lo futuramente.

As modalidades de geração caracterizam as unidades consumidoras (UC) como: com microgeração ou minigeração distribuída (geração junto à carga); caracterizada como autoconsumo remoto; caracterizada como geração compartilhada; integrante de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras. As descrições dos pressupostos teóricos são apresentadas no decorrer do trabalho. A Figura 3 mostra um sistema solar fotovoltaico instalado sobre uma residência em Criciúma (SC).

Figura 3 – Sistema de microgeração solar fotovoltaica



Fonte: Autor (2019)

No âmbito da engenharia, a regulamentação da geração distribuída e a popularização, especificamente, da energia solar fotovoltaica desencadearam estudos e pesquisas relacionados ao dimensionamento deste tipo de sistema quanto à localização, orientação, inclinação dos módulos fotovoltaicos, eficiência de componentes elétricos e eletrônicos, entre outros, e inúmeros *softwares* podem ser utilizados para esta tarefa. Entretanto, a maioria deles não retrata com atenção necessária o faturamento futuro da energia elétrica da unidade consumidora após a instalação do sistema solar fotovoltaico.

E este é o objetivo deste trabalho: desenvolver um software para dimensionamento e análise de compensação de energia elétrica a partir de sistemas fotovoltaicos de geração distribuída. Através dele, espera-se:

- Simular a geração e o faturamento de uma unidade consumidora com microgeração ou minigeração (ou grupo de unidades caracterizadas como autoconsumo remoto) após a instalação de um sistema solar fotovoltaico, de forma simples e direta, obedecendo as normativas vigentes e possibilitando reduzir as incertezas no projeto desta modalidade de geração;
- Fornecer o valor da potência nominal de um sistema fotovoltaico que atenda ao consumo das unidades consumidoras da modalidade de geração de autoconsumo remoto, permitir a análise do faturamento de uma unidade consumidora com consumo e potência do sistema fotovoltaico pré-definido;
- Disponibilizar parâmetros como produtividade do sistema fotovoltaico, área estimada, percentual de créditos alocados, irradiação solar do local de instalação;
- Comparar os resultados de dimensionamento com plataformas já existentes e permitir que os usuários obtenham um relatório com informações detalhadas sobre as simulações.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Com o intuito de preparar o leitor para o entendimento do tema, os seguintes tópicos abordarão conceitos sobre energia solar fotovoltaica, sistema solar fotovoltaico conectado à rede, geração distribuída e o sistema de compensação de energia elétrica.

2.1 Energia Solar Fotovoltaica

Segundo CRESESB (2014), a energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da radiação solar em eletricidade (Efeito Fotovoltaico), sendo a célula fotovoltaica, um dispositivo fabricado com material semicondutor, a unidade fundamental deste processo de conversão (CRESESB, 2014).

Villalva (2015) relata que, diferentemente dos sistemas solares térmicos, que são empregados para realizar aquecimento ou para produzir energia elétrica a partir da energia térmica do Sol, os sistemas fotovoltaicos têm a capacidade de captar diretamente a radiação solar e produzir corrente elétrica. Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistemas conectados à rede elétrica.

2.2 Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede

Segundo Villalva (2015), o sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica opera em paralelismo com a rede de eletricidade. Diferentemente do sistema autônomo, o sistema conectado é empregado em locais já atendidos por energia elétrica.

De acordo com o mesmo autor, o objetivo do sistema fotovoltaico conectado à rede é gerar eletricidade para o consumo local, podendo reduzir ou eliminar o consumo da rede pública ou mesmo gerar excedente de energia (VILLALVA, 2015).

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede podem ser classificados em três categorias, de acordo com seu tamanho, segundo as definições utilizadas pela ANEEL. São elas: Microgeração (Potência instalada de até 75kW), Minigeração

(Potência instalada de até 5MW) e Usinas de eletricidade (Potência instalada acima de 5MW) (ANEEL, 2015).

Sobre os sistemas fotovoltaicos de minigeração, Villalva (2015) atenta para aqueles instalados em consumidores comerciais e industriais, construídos com o objetivo de suprir parcial ou totalmente a demanda de energia elétrica desses consumidores, reduzindo sua dependência da energia elétrica da rede pública, proporcionando economia na conta de eletricidade e imunidade contra a elevação do preço da energia elétrica.

O mesmo autor ainda comenta sobre os sistemas de microgeração fotovoltaica, destacando que podem ser conectados em redes monofásicas, bifásicas ou trifásicas. Ainda, afirma que estes tipos de sistemas são de fácil instalação e utilizam poucos componentes, utilizando técnicas de fixação de módulos sobre telhados semelhantes às empregadas na instalação de coletores térmicos (VILLALVA, 2015).

Por serem conectados à rede elétrica pública, estas instalações dispensam os sistemas acumuladores de energia (bancos de baterias) normalmente utilizados em instalações solares fotovoltaicas do tipo isolada ou autônoma, reduzindo assim consideravelmente o custo total da instalação (da ordem de 30% do custo total do sistema para sistemas com acumulação e dispensando manutenção e reposição requeridas por um banco de baterias (RÜTHER, 2004).

Por fim, Villava (2015) ressalta que a disseminação deste tipo de sistema em residências pode contribuir fortemente com a geração de eletricidade em nível nacional e reduzir as emissões de carbono e outros prejuízos ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis e outras fontes tradicionais de energia.

2.3 Geração Distribuída

A geração distribuída é caracterizada pela instalação de geradores de pequeno porte, normalmente a partir de fontes renováveis ou mesmo utilizando combustíveis fósseis, localizados próximos aos centros de consumo de energia elétrica conectados à rede de distribuição (ANEEL, 2016).

A conexão de unidades de geração distribuída na rede de distribuição pode gerar grandes benefícios para o setor elétrico, pois adiam a necessidade de

investimentos para expansão da rede elétrica e diminuem suas perdas associadas, diversificam a matriz elétrica e contribuem para diminuir os elevados fluxos de energia em períodos de pico. Ainda, grande parte das conexões de geração distribuída são de fontes geradoras renováveis, com baixo impacto ambiental.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014) ressalta que ações pelo lado do consumidor final de energia (ganhos de eficiência energética e geração distribuída) tem papel relevante e permitem reduzir a necessidade de expansão da geração centralizada no Sistema Interligado Nacional (SIN).

A representatividade da energia solar fotovoltaica é evidenciada na Tabela 1, que mostra o número e potência das unidades consumidoras com geração distribuída no Brasil, até outubro de 2019. Mais de 90% de toda a potência instalada em geração distribuída é de fonte solar fotovoltaica. Isso corresponde a cerca de 129,6 mil unidades consumidoras que apresentam sistemas de microgeração ou minigeração, além das quase 163 mil unidades que recebem créditos.

Tabela 1 – Unidades consumidoras com geração distribuída por fonte

Tipo	Quantidade	UCs que recebem os créditos	Potência Instalada [kW]
CGH	98	7.712	96.129,60
EOL	60	104	10.360,86
UFV	129.596	162.714	1.490.543,50
UTE	198	3.965	51.000,84
Total	129.952	174.495	1.648.034,80

Fonte: ANEEL (2019)

2.4 Sistema de Compensação de Energia Elétrica

Sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa (ANEEL, 2016).

Este sistema foi definido pela REN N°687/2015, e é exibido de forma resumida na Figura 4. O artigo 6º desta resolução permite aderirem ao sistema de compensação as seguintes unidades consumidoras:

I. com microgeração ou minigeração distribuída:

Microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2015);

Minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras (ANEEL, 2015).

II. integrante de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras:

Empreendimento de múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento (ANEEL, 2015).

III. caracterizada como geração compartilhada:

Geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada (ANEEL, 2015).

IV. caracterizada como autoconsumo remoto:

Autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada (ANEEL, 2015).

A energia injetada na rede de distribuição é definida como “crédito de energia”. Em períodos onde a geração exceder o consumo, haverá geração de créditos de energia. Caso contrário, a rede de distribuição fornecerá a energia complementar à energia consumida instantaneamente do sistema de geração distribuída.

Figura 4 – Sistema de compensação de energia elétrica



Fonte: ANEEL (2016)

Este recurso possibilita à unidade consumidora fazer uso da rede de distribuição para armazenar temporariamente a energia gerada que não foi consumida instantaneamente pelo sistema de geração distribuída. Esse “armazenamento” não ocorre de fato, pois a energia é consumida por outras unidades no entorno do sistema fotovoltaico. O controle do fluxo de energia injetada e consumida é feito por um medidor de energia elétrica bidirecional. Dessa forma, mensalmente é realizado o faturamento de eletricidade da unidade consumidora, e em caso de injeção de energia na rede de distribuição, esta tem validade de 60 meses. Contudo, deve-se ressaltar que, mesmo que o sistema de geração distribuída forneça toda a energia necessária para a unidade consumidora, esta será faturada de acordo com o custo de disponibilidade (Tabela 2) de sua instalação (em caso de consumidor do grupo B), ou pela demanda contratada (em caso de consumidor do grupo A).

Tabela 2 – Custo de disponibilidade conforme tipo de ligação

Tipo de Ligação	Custo de disponibilidade [kWh]
Monofásica ou Bifásica a 2 condutores	30
Bifásica a 3 condutores	50
Trifásica	100

Fonte: ANEEL (2010).

A Figura 5 exemplifica o faturamento de uma única unidade consumidora com um sistema de geração distribuída. Consideremos uma residência trifásica com

consumo mensal de 300, 360 e 460kWh, respectivamente. O valor da tarifa assumido foi de R\$0,51/kWh.

Figura 5 – Exemplo de faturamento de consumidor do Grupo B sem/com geração distribuída

Mês	Consumo (kWh)	Injetado (kWh)	Crédito acumulado (kWh)	Fatura sem GD*	Fatura com GD*	Diferença
Jan	330	353	23	R\$ 168,30	R\$ 51,00	R\$ 117,30
Fev	360	360	23	R\$ 183,60	R\$ 51,00	R\$ 132,60
Mar	460	335	0	R\$ 234,60	R\$ 52,02	R\$ 182,58

$Fatura\ março = (Consumo - Injetado - Crédito\ utilizado) \times Tarifa\ energia$
 $Fatura\ março = (460 - 335 - 23) \times 0,51 = R\$ 52,02$

Fonte: ANEEL (2016)

Na modalidade de geração de autoconsumo remoto, o faturamento pode ser um pouco mais trabalhoso, conforme mostrado nas Figuras 6 e 7. Neste caso, o titular da unidade consumidora deve definir o percentual da energia excedente que será destinada a cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica. No exemplo foi considerado que o excedente seria distribuído entre as unidades consumidoras 2 e 3, na proporção de 70 e 30%.

Figura 6 – Exemplo de faturamento de consumidor do Grupo B com autoconsumo remoto
Unidades consumidoras 1 e 2

Mês	Consumo UC1 (kWh)	Injetado UC1 (kWh)	Energia excedente UC1 (kWh)	Consumo faturado UC1 (kWh)	Consumo UC2 (kWh)	Crédito alocado UC2 (kWh)	Crédito utilizado UC2 (kWh)	Crédito acumulado UC2 (kWh)	Energia faturada UC2 (kWh)
Jan	330	1.764	1.434	100	957	1.004	957	47	100
Fev	360	1.863	1.503	100	1.008	1.052	1.008	91	100
Mar	460	1.900	1.440	100	1.334	1.008	1.099	0	235

Fonte: ANEEL (2016)

Figura 7 – Exemplo de faturamento de consumidor do Grupo B com autoconsumo remoto
Unidade consumidora 3

Mês	Consumo UC3 (kWh)	Crédito alocado UC3 (kWh)	Crédito utilizado UC3 (kWh)	Crédito acumulado UC3 (kWh)	Energia faturada UC3 (kWh)
Jan	396	430	396	34	100
Fev	432	451	432	53	100
Mar	598	432	485	0	113

Fonte: ANEEL (2016)

3 METODOLOGIA

Para a elaboração deste trabalho de conclusão de curso foi proposto o desenvolvimento de um programa para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos e análise do sistema de compensação de energia elétrica no âmbito da geração distribuída utilizando a plataforma MATLAB. O trabalho foi dividido em etapas, descritas nos seguintes tópicos:

- Base de dados de irradiação solar;
- Equacionamento;
- Plataforma MATLAB;

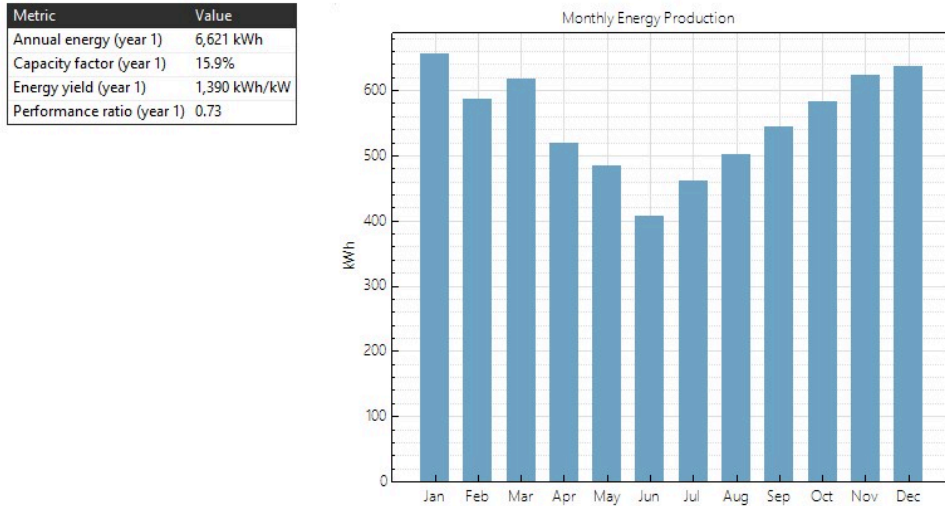
3.1 Base de dados de irradiação solar

Como evidenciado por ARNS, SILVA e MELO (2017), a análise do recurso solar é um importante elemento na obtenção de indicadores para viabilidade de empreendimentos. Por isso, na primeira etapa da metodologia foi selecionada a base de dados de irradiação solar média diária mensal no plano inclinado para ser utilizada nos cálculos. A decisão de utilizar esta componente da irradiação visa facilitar o dimensionamento, considerando que os módulos dos sistemas dimensionados estarão direcionados para a orientação Norte (0°) e inclinação igual à latitude do município. A base de dados foi obtida no website do Laboratório de Modelagem e Estudos Renováveis de Energia (LABREN), e dispõe da irradiação solar no plano inclinado das sedes municipais de 5.569 municípios brasileiros.

Além dos dados externos, a etapa de levantamento de informações buscou definir os dados de entrada do programa. Foram eles: UF, município, número de unidades consumidoras, tipo de ligação das unidades e consumo mensal. Sabendo que o programa utilizará um método iterativo para o dimensionamento da potência nominal e que há variação na razão de performance de acordo com a localização do sistema fotovoltaico, foram incluídos também o número de iterações e a razão de performance do sistema fotovoltaico como parâmetros opcionais para edição, sendo inicializados com valores padrão. De forma a exemplificar a variação da razão de performance, foi consultado o programa System Advisor Model (SAM). Após inúmeras simulações em diversas regiões do Brasil (exemplificada na Figura 10), optou-se por

inicializar o programa com o valor 0,8, valor comumente empregado em sistemas fotovoltaicos instalados no sul do país, podendo ser alterado pelo usuário.

Figura 8 – Simulação de sistema fotovoltaico no programa System Advisor Model (SAM)



Fonte: NREL (2019)

3.2 Equacionamento

Como mencionado nos objetivos específicos, o programa proposto permite a avaliação de certos indicadores, que serão detalhados a seguir:

3.2.1 Produtividade de referência (Y_R)

A Equação 1 é dependente da irradiação no plano do gerador (H), onde i refere-se ao intervalo de tempo mensal, e da irradiação nominal ($G_{nominal}$), definida em $1000W/m^2$.

$$Y_{Ri} = \frac{H_i}{G_{nominal}} [kWh/kW] \quad (1)$$

3.2.2 Produtividade do sistema (Y_F)

Relaciona a energia gerada com a potência instalada pelo sistema fotovoltaico.

$$Y_F = \frac{\sum_1^i E_{gerada_i}}{P_{nominal}}, i = [1, \dots, 12] [kWh/kW] \quad (2)$$

3.2.3 Razão de performance (PR)

Representa a razão entre a produtividade do sistema e a produtividade de referência. Machado e Correa (2015) estimam em 80% a produtividade de sistemas fotovoltaicos instalados no sul do Brasil. Por esse motivo, este foi o valor padrão de entrada desta variável no programa proposto, visto que a estimativa é necessária dado que não há valores de produtividade do sistema nem da potência instalada.

$$PR = \frac{Y_F}{Y_R} \quad (3)$$

3.2.4 Potência nominal do sistema fotovoltaico ($P_{instalada}$)

Inicialmente, para o dimensionamento da potência instalada do sistema fotovoltaico, a energia elétrica a ser gerada pelo sistema é definida inicialmente como a diferença entre a energia consumida pela(s) unidade(s) consumidora(s) e pelo(s) seu(s) respectivo(s) custo(s) de disponibilidade. O período considerado é mensal, visto que tanto os dados de irradiação e consumo das UC's são disponibilizados desta maneira.

$$E_{gerada_i} = \sum_1^n (E_{consumida_{n,i}} - CD_n), i = [1, \dots, 12] e n > 0 [kWh/ano] \quad (4)$$

Após definí-la, a Equação 5 mostra como obter a potência nominal do sistema fotovoltaico.

$$P_{nominal} = \frac{\sum_1^i E_{gerada_i}}{Y_{Ranual} \times PR}, i = [1, \dots, 12] \quad (5)$$

A Equação 5 resulta na potência nominal de um sistema fotovoltaico que gere a energia elétrica considerada para as unidades consumidoras envolvidas.

Contudo, após obter a potência nominal, é realizado o procedimento inverso, utilizando a Equação 6, para calcular a energia efetiva gerada pelo sistema fotovoltaico levando em consideração a produtividade de referência mensal do local de instalação.

$$E_{gerada_i} = P_{nominal} \times Y_{R_i} \times PR \quad (6)$$

Por fim, é realizada a simulação de faturamento da(s) unidade(s) consumidora(s) segundo as condições estabelecidas na REN N°687/2015. Ainda nesta etapa, o programa utiliza um método iterativo para otimizar a geração de energia do sistema fotovoltaico, adequando-a às necessidades da(s) unidade(s) consumidora(s) de forma a minimizar os créditos de energia acumulados ao valor que resulte no faturamento da unidade consumidora pelo custo de disponibilidade no período anual ou num valor que deva ser utilizado ao longo do ano para atingir esta mesma condição.

3.2.5 Área necessária (A)

Para a estimativa da área necessária disponível em telhado para alocação dos módulos fotovoltaicos, foi utilizado a área do módulo comercial Canadian Solar CS3U, disponível no Apêndice B. Foi considerado que os módulos aplicados na instalação possuíssem potência nominal de 340Wp e área de 2m².

$$A = \frac{P_{nominal} \times 2}{0,34} [m^2] \quad (7)$$

3.2.6 Percentual de créditos excedentes alocados ($C_{\%k}$)

Nos casos onde o sistema fotovoltaico é dimensionado para atender mais de uma unidade consumidora, há a distribuição dos créditos excedentes entre todas, exceto a unidade prosumidora. Primeiramente, definimos o consumo compensável de cada unidade consumidora, através da Equação 8:

$$E_{compensável_n} = \sum_1^n (\sum_1^i E_{consumida_{n,i}} - CD_n) \quad (8)$$

Com a energia elétrica compensável de cada unidade consumidora, o percentual de créditos excedentes alocado para a unidade consumidora k ($C_{\%k}$) respeita a seguinte equação:

$$C_{\%k} = \frac{E_{compensável_k}}{\sum_1^n E_{compensável_n} - E_{compensável_1}}, n > 0 \quad (9)$$

É importante ressaltar que o consumo da unidade prosumidora, representada na equação pelo subscrito 1, não é considerado para a alocação dos créditos.

3.2.7 Método iterativo

Com a intenção de aumentar a precisão da potência instalada estimada para o sistema fotovoltaico o programa busca, de forma iterativa, ajustar o valor de créditos de energia acumulados na unidade consumidora de forma a minimizá-los pelo valor que garante o faturamento pelo custo de disponibilidade. De forma geral, a potência instalada estimada do sistema é obtida através da aplicação das seguintes equações:

Equação (4) → Equação (5) → Equação (6)

A partir deste ponto, o algoritmo do programa verifica o seguinte indicador, denominado pelo autor de “ajuste total”:

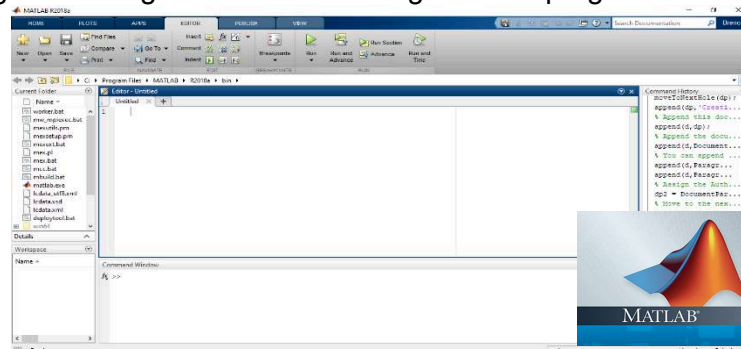
$$Ajuste_{total} = \sum_1^i (\sum_1^n (E_{compensável_{n,i}} - E_{gerada_{n,i}}) - \sum_1^n C_{acumulados_{n,i}}) \quad (10)$$

Caso o valor de $Ajuste_{total}$ seja maior que zero, este valor é adicionado ao valor de E_{gerada} na Equação 4, repetindo os cálculos até que o valor de $Ajuste_{total}$ seja menor ou igual à zero.

3.3 Plataforma MATLAB

O programa MATLAB, inicialmente concebido para utilização em cálculos matriciais, possui também características que permitem o desenvolvimento de scripts e de algoritmos como em outras linguagens de programação. Um *script* é um arquivo que contém um ou mais comandos. Após salvar este arquivo, pode-se executá-lo digitando seu nome no interpretador de comandos do MATLAB. Como propriedade fundamental, o MATLAB faz uso das matrizes como estrutura de dados básica. Atualmente, o MATLAB é um produto comercial extremamente completo utilizado por muitas indústrias de engenharia e por cientistas. A Figura 9 exibe a logomarca e interface gráfica do programa MATLAB. O código fonte do programa é exibido no Apêndice A.

Figura 9 – Logomarca e interface gráfica do programa MATLAB



Fonte: MATHWORKS (2019)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Desenvolvimento do layout do programa

Na etapa seguinte, através da plataforma App Designer do MATLAB, foi desenvolvida a interface gráfica do programa. Ela é composta por 3 abas, nomeadas “Apresentação”, “Entrada de Dados” e “Resultados”. Na aba “Apresentação”, é apresentado o programa, seus autores, objetivo e instruções rápidas de uso. O layout do programa foi baseado em SCARABELOTTI & RAMPINELLI (2018).

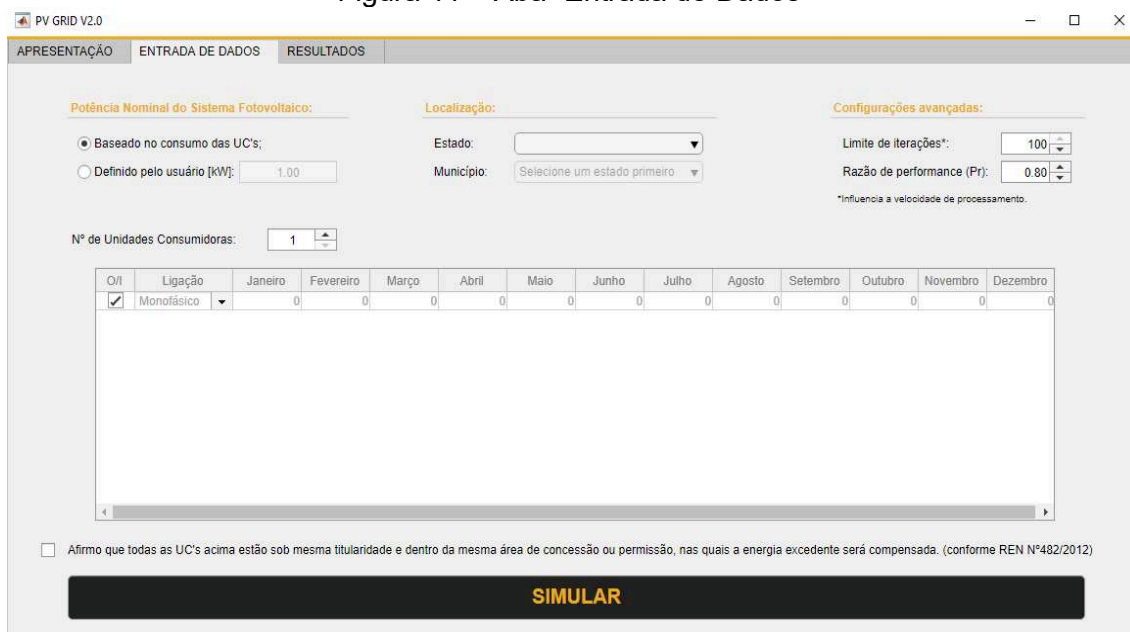
Figura 10 – Janela de abertura do PV Grid Versão 2.0 / Aba “Apresentação”



Fonte: Autor (2019)

Na aba “Entrada de Dados”, o usuário deverá interagir com a interface, preenchendo o local da instalação, o consumo da(s) unidade(s), concordar com o disposto no item VIII do Art 2º da REN 482/2012, referente à definição da modalidade de autoconsumo remoto e pressionar o botão “SIMULAR”. O usuário pode escolher também a potência nominal do sistema fotovoltaico, verificando a simulação do faturamento da unidade consumidora.

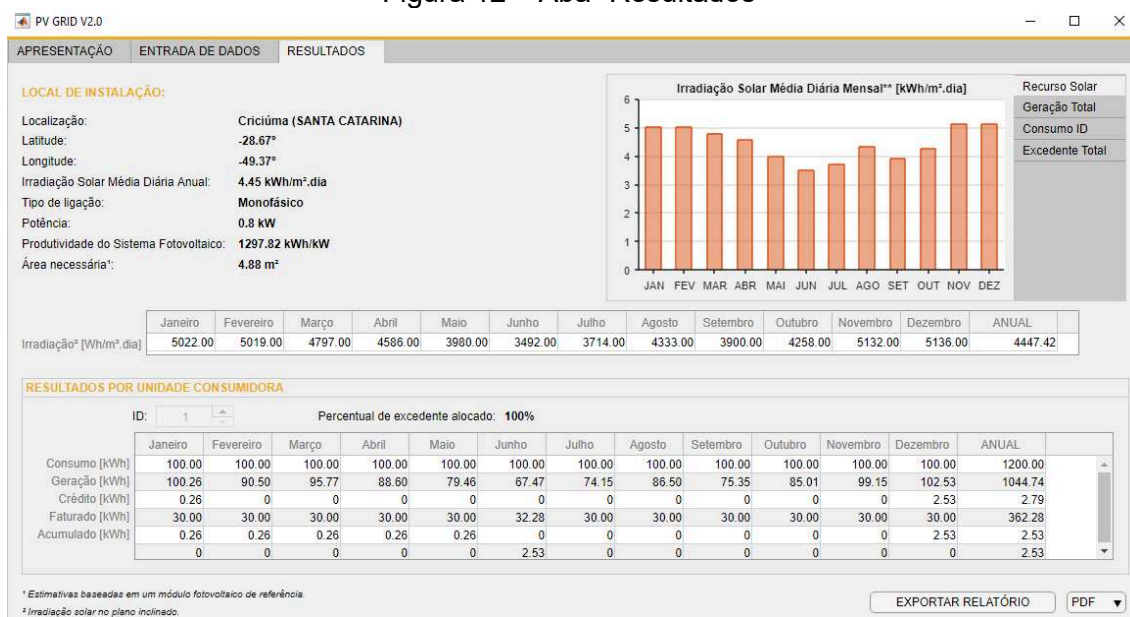
Figura 11 – Aba “Entrada de Dados”



Fonte: Autor (2019)

Por fim, tendo seguido os passos anteriores, o usuário verá na aba “Resultados” as implicações da simulação requerida. Na área superior esquerda são listadas informações sobre a unidade prosumidora e o sistema fotovoltaico, como: potência nominal, localização, coordenadas geográficas, irradiação solar, tipo de ligação, produtividade e área necessária.

Figura 12 – Aba “Resultados”



Fonte: Autor (2019)

Na região inferior da janela, o usuário verá um campo nomeado “ID”, seguido de uma tabela com o resultado da simulação de faturamento. O campo ID pode ser alterado, exibindo a simulação de faturamento de cada unidade consumidora participante do sistema de compensação.

Figura 13 – Região de exibição da simulação de faturamento da(s) unidade(s) consumidora(s)

RESULTADOS POR UNIDADE CONSUMIDORA

ID: Percentual de excedente alocado: 100%

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	ANUAL
Consumo [kWh]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	1200.00
Geração [kWh]	100.26	90.50	95.77	88.60	79.46	67.47	74.15	86.50	75.35	85.01	99.15	102.53	1044.74
Crédito [kWh]	0.26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.53	2.79
Faturado [kWh]	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	32.28	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	362.28
Acumulado [kWh]	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0	0	0	0	0	0	2.53	2.53
	0	0	0	0	0	2.53	0	0	0	0	0	0	2.53

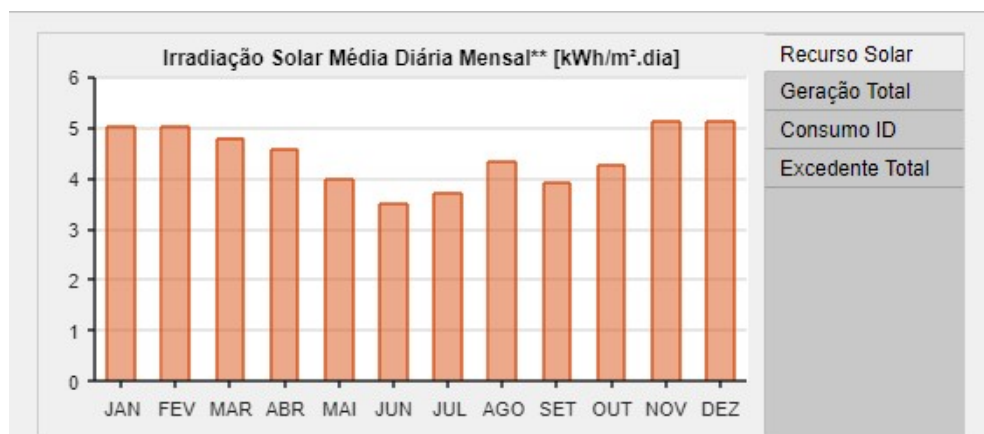
* Estimativas baseadas em um módulo fotovoltaico de referência.
 ** Irradiação solar no plano inclinado.

EXPORTAR RELATÓRIO PDF

Fonte: Autor (2019)

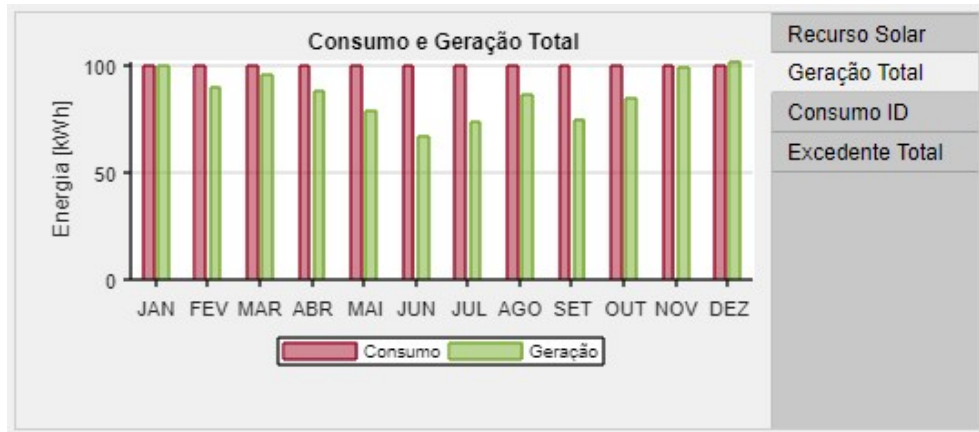
Na área superior direita, o usuário poderá visualizar gráficos sobre a irradiação solar no local de instalação, consumo total das unidades participantes com a geração do sistema fotovoltaico, o consumo individual da unidade selecionada e o percentual alocado em cada unidade consumidora.

Figura 14 – Gráfico de irradiação solar média diária mensal do local de instalação



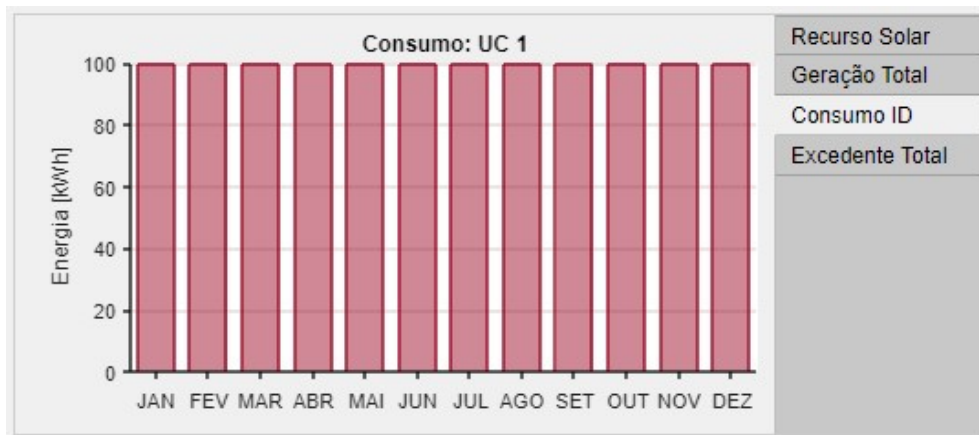
Fonte: Autor (2019)

Figura 15 – Gráfico do consumo e geração totais



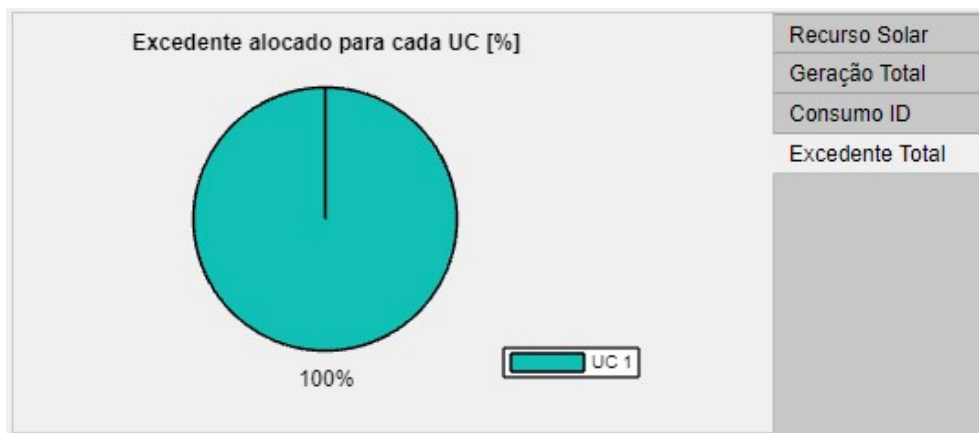
Fonte: Autor (2019)

Figura 16 – Gráfico de consumo individual da unidade selecionada no campo “ID”



Fonte: Autor (2019)

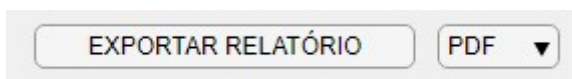
Figura 17 – Gráfico do percentual de energia excedente alocado para cada unidade



Fonte: Autor (2019)

Por fim, na região inferior direita, o usuário pode exportar um relatório com as informações e tabelas resultantes da simulação, nos formatos “PDF” e “HTML”.

Figura 18 – Botão para exportar relatório de simulação



Fonte: Autor (2019)

4.2 Validação da simulação de geração de energia elétrica

Com o objetivo de verificar se os dados de saída do programa PV GRID Versão 2.0 estão de acordo com a realidade, foram consultados outros dois simuladores solares: América do Sol (IDEAL, 2019) e Global Solar Atlas (WBG, 2019). Foi realizado a simulação de um sistema de 1 kWp de potência nominal, localizado em Florianópolis (SC). Os dados de saída das simulações são exibidos na Tabela 3 e na Figura 20.

Tabela 3 – Comparativo da energia gerada num sistema fotovoltaico de 1kWp em Florianópolis (SC)

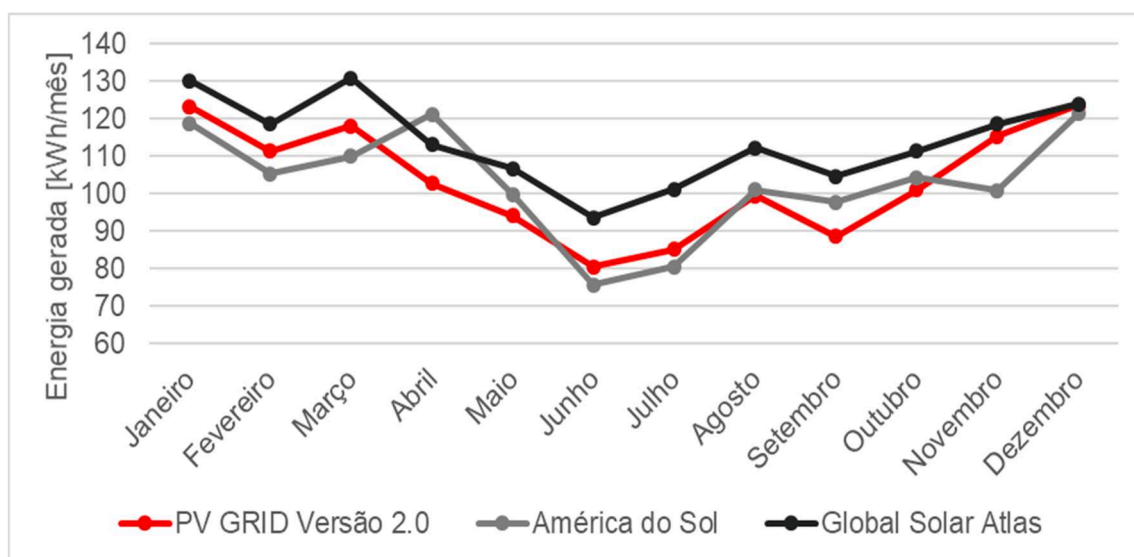
	PV GRID Versão 2.0	América do Sol		Global Solar Atlas	
	Energia [kWh]	Energia [kWh]	%	Energia [kWh]	%
Janeiro	123,24	118,77	-3,6%	130,2	5,6%
Fevereiro	111,32	105,39	-5,3%	118,6	6,5%
Março	118,08	110,04	-6,8%	130,9	10,9%
Abril	102,76	121,22	8,0%	113,1	10,1%
Mai	94,19	99,78	5,9%	106,8	13,4%
Junho	80,48	75,67	-6,0%	93,7	16,4%
Julho	85,15	80,58	-5,4%	101,3	19,0%
Agosto	99,47	100,98	1,5%	112,2	12,8%
Setembro	88,71	97,74	10,2%	104,7	18,0%
Outubro	101,12	104,25	3,1%	111,4	10,2%
Novembro	115,32	100,89	-12,5%	118,7	2,9%
Dezembro	123,6	121,31	-1,9%	124	0,3%
Total	1.243,45	1.236,62	-0,5%	1.365,6	9,8%

Fonte: Autor (2019)

Os resultados da validação mostraram que o simulador de geração solar do programa PV GRID Versão 2.0 se aproxima muito dos valores simulados por IDEAL

(2019) e WBG (2019), com variação na geração anual de -0,5 e 9,8%, respectivamente. A maior variação da geração mensal do simulador proposto foi de 19% em relação ao Global Solar Atlas, no mês de julho.

Figura 19 – Comparativo da energia gerada num sistema fotovoltaico de 1kWp em Florianópolis (SC)



Fonte: Autor (2019)

Analisando a Figura 20, percebe-se que o simulador proposto teve maior aproximação com o simulador solar América do Sol, com variação máxima de -12,5% na energia gerada no mês de novembro.

4.3 Análises comparativas do faturamento simulado

Para comprovar as funcionalidades propostas nos objetivos específicos deste trabalho, foi realizada uma simulação de dimensionamento de sistema fotovoltaico para atendimento de 3 unidades consumidoras (com autoconsumo remoto), na região de Bom Jesus da Lapa (BA). A Figura 21 mostra os dados de entrada utilizados na simulação. Foi incluída uma unidade consumidora monofásica, uma bifásica e uma trifásica para análise do faturamento de cada unidade conforme seu custo de disponibilidade.

Figura 20 – Dados para dimensionamento de sistema fotovoltaico com autoconsumo remoto

Potência Nominal do Sistema Fotovoltaico:

Baseado no consumo das UC's;

Definido pelo usuário [kW]:

Localização:

Estado:

Município:

Configurações avançadas:

Limite de iterações*:

Razão de performance (Pr):

*Influencia a velocidade de processamento.

Nº de Unidades Consumidoras:

O/I	Ligação	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
<input checked="" type="checkbox"/>	Trifásico	600.00	400.00	300.00	310.00	350.00	320.00	330.00	350.00	400.00	430.00	550.00	575.00
<input checked="" type="checkbox"/>	Monofásico	54.00	76.00	50.00	68.00	69.00	74.00	80.00	88.00	95.00	80.00	100.00	98.00
<input checked="" type="checkbox"/>	Bifásico	150.00	120.00	110.00	100.00	110.00	115.00	105.00	130.00	160.00	155.00	167.00	180.00

Afirmo que todas as UC's acima estão sob mesma titularidade e dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada. (conforme REN N°482/2012)

Fonte: Autor (2019)

A Figura 22 exibe o faturamento de energia elétrica da unidade prossumidora, assim como a geração do sistema fotovoltaico nela instalado.

Figura 21 – Resultado da simulação: Unidade Prossumidora

RESULTADOS POR UNIDADE CONSUMIDORA

ID: Percentual de excedente alocado: 0 %

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	ANUAL
Consumo [kWh]	600.00	400.00	300.00	310.00	350.00	320.00	330.00	350.00	400.00	430.00	550.00	575.00	4915.00
Geração [kWh]	647.58	612.24	649.59	628.13	609.14	577.67	619.02	650.97	640.15	663.82	572.23	627.62	7498.16
Crédito [kWh]	47.58	212.24	349.59	318.13	259.14	257.67	289.02	300.97	240.15	233.82	22.23	52.62	2583.16
Faturado [kWh]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	1200.00
Acumulado [kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autor (2019)

Um detalhe importante a ser observado é que, na modalidade autoconsumo remoto, o programa PV GRID Versão 2.0 não aceita a alocação de créditos na unidade prossumidora. Por outro lado, é verificado o faturamento mínimo nesta unidade, como esperado. Isso ocorre devido à elevada quantia de energia gerada pelo sistema fotovoltaico. Na Figura 23 é exibido o resultado da simulação para a unidade consumidora 2:

Figura 22 – Resultado da simulação: Unidade Consumidora 2

RESULTADOS POR UNIDADE CONSUMIDORA													
ID: 2		Percentual de excedente alocado: 36.34 %											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	ANUAL
Consumo [kWh]	54.00	76.00	50.00	68.00	69.00	74.00	80.00	88.00	95.00	80.00	100.00	98.00	932.00
Geração [kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crédito [kWh]	17.29	77.13	127.04	115.61	94.17	93.64	105.03	109.38	87.27	84.97	8.08	19.12	938.73
Faturado [kWh]	36.71	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	366.71
Acumulado [kWh]	0	1.13	78.17	125.78	150.96	170.60	195.63	217.00	217.00	221.97	160.05	111.17	111.17
	6.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	61.92	48.88	117.51

Fonte: Autor (2019)

Nesta unidade consumidora, o faturamento apenas não é mínimo no mês de janeiro, já que os créditos alocados para a unidade não são suficientes para cobrir todo o consumo de energia elétrica. Porém, pode-se verificar um saldo de 111,17kWh em créditos de energia no final do primeiro ano de operação do sistema fotovoltaico. Assim, o sistema será capaz de ser faturado pelo custo de disponibilidade em todos os meses. O percentual de créditos excedentes alocado para esta unidade foi de 36,34%.

Figura 23 – Resultado da simulação: Unidade Consumidora 3

RESULTADOS POR UNIDADE CONSUMIDORA													
ID: 3		Percentual de excedente alocado: 63.66 %											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	ANUAL
Consumo [kWh]	150.00	120.00	110.00	100.00	110.00	115.00	105.00	130.00	160.00	155.00	167.00	180.00	1602.00
Geração [kWh]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crédito [kWh]	30.29	135.11	222.55	202.52	164.97	164.03	183.99	191.60	152.88	148.85	14.15	33.49	1644.42
Faturado [kWh]	119.71	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	669.71
Acumulado [kWh]	0	15.11	127.66	230.18	285.15	334.18	413.17	474.76	474.76	474.76	371.92	275.41	275.41
	69.71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	102.85	96.51	269.07

Fonte: Autor (2019)

Por fim, a Figura 24 mostra o faturamento e a alocação de créditos excedentes na unidade consumidora 3. Da mesma forma que a unidade anterior, esta não apresenta faturamento pelo custo de disponibilidade apenas no mês de janeiro. Contudo, os créditos de energia excedente alocados nos 63,66% são suficientes para, após o primeiro ano de operação, garantir o faturamento mínimo da unidade.

Através deste teste foi possível confirmar que a alocação de créditos excedentes pelo programa PV GRID Versão 2.0 funciona como esperado, possibilitando que um sistema fotovoltaico conectado à rede de potência instalada de 4,28kWp seja suficiente para o faturamento mínimo das três unidades consumidoras participantes da modalidade de autoconsumo remoto.

Através de outras simulações, foi comparado o método de dimensionamento geralmente adotado para sistemas de geração solar fotovoltaica, onde é considerado como consumo passível de abatimento a diferença entre o consumo e o custo de disponibilidade anual da unidade consumidora. Para ilustrar o caso, a Tabela 4 mostra a comparação entre a geração estimada de energia elétrica simulada pelo PV Grid Versão 2.0 e um sistema real com potência de 3,24kWp, instalado na região de Criciúma (SC). Os dados reais de geração compreendem o período de janeiro de 2019 até 12/11/2019. Como os dados reais dos meses de novembro e dezembro não estão disponíveis, a comparação deu-se apenas nos meses de janeiro até outubro de 2019.

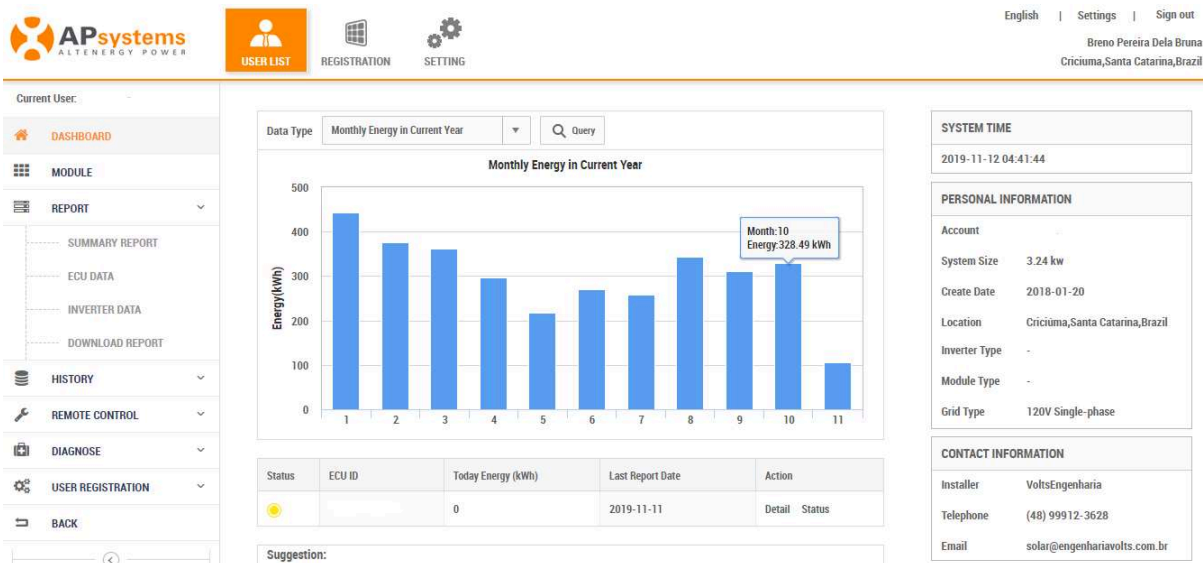
Tabela 4 – Comparativo da energia gerada num sistema fotovoltaico de 3,24kWp em Criciúma (SC)

	PV GRID Versão 2.0	Dados medidos	
	Energia [kWh]	Energia [kWh]	%
Janeiro	403,53	442,28	9,60%
Fevereiro	364,26	375,49	3,08%
Março	385,45	361,18	-6,30%
Abril	356,61	296,84	-16,76%
Mai	319,80	216,78	-32,21%
Junho	271,54	271,03	-0,19%
Julho	298,43	258,23	-13,47%
Agosto	348,17	344,11	-1,17%
Setembro	303,26	310,4	2,35%
Outubro	342,14	328,49	-3,99%
Novembro	
Dezembro	
Total	3.393,18	3.204,83	-5,55%

Fonte: Autor (2019)

Os dados de geração do sistema foram obtidos através da plataforma Energy Monitoring & Analysis (EMA) System, da empresa APsystems (Figura 25).

Figura 24 – Plataforma de monitoramento EMA APsystems



Fonte: APsystems (2019)

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do programa PV GRID Versão 2.0 possibilitou o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos conectados à rede, nas modalidades de geração junto à carga ou autoconsumo remoto, com alocação de créditos excedentes automática. Além disso, permite que o usuário verifique como uma ou mais unidades consumidoras são faturadas para um sistema fotovoltaico de potência nominal determinada.

Os parâmetros sobre a localização da instalação fotovoltaica e da operação do sistema gerador permitem que o usuário obtenha informações importantes para a análise do projeto, como a área necessária para instalação, a produtividade, entre outros.

Buscando validar o PV GRID Versão 2.0, a comparação com os simuladores América do Sol e Global Solar Atlas mostraram-se interessantes, tendo o simulador proposto atingido valores aceitáveis com defasagem anual de -0,5 e 9,8%. Ainda, após a realização de testes de simulação do faturamento de unidades consumidoras na modalidade autoconsumo remoto, verificou-se que apenas no primeiro ano as unidades não seriam faturadas em todo o ano por seu custo de disponibilidade, dado que os créditos excedentes alocados seriam suficientes para compensar a energia consumida da rede de distribuição.

Ao comparar a energia gerada pela simulação com um sistema fotovoltaico real, verificou-se que houve um distanciamento de 5,55% na geração total no período analisado, sendo que os meses de abril e maio apresentaram desvios percentuais elevados (<-16,76% e <-32%, respectivamente). Como não houve um acompanhamento da operação do sistema fotovoltaico de onde os dados foram obtidos, as medidas de energia gerada podem ter sofrido alterações de manutenções eventuais, quedas de energia da rede de distribuição, além de variação da geração devido à orientação e inclinação dos módulos.

Entretanto, a consideração de que, em casos de autoconsumo remoto, a unidade prosumidora não pode receber créditos de energia excedente deve ser melhorada.

Dessa forma, o presente trabalho mostrou-se inovador, já que não foram verificados estudos semelhantes relacionados à simulação de sistemas na

modalidade de autoconsumo remoto. Como principal vantagem, está a simulação a nível nacional com rapidez e flexibilidade do usuário, com a inclusão da entrada da razão de performance pelo usuário.

Para continuidade do aperfeiçoamento do programa desenvolvido, sugere-se que sejam incluídos cálculos mais precisos sobre a razão de performance dos sistemas fotovoltaicos simulados, além da possibilidade da variação no direcionamento dos módulos com impacto na radiação solar incidente nos mesmos. Ainda, sabendo das atuais discussões sobre a revisão da REN N°482/2012, é importante possibilitar que o usuário opte pela alternativa de faturamento dentre àquelas apresentadas pela ANEEL, acompanhado do fator de autoconsumo, buscando manter a fidelidade das simulações mesmo após as modificações da resolução normativa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Cademo Temático de Micro e Minigeração Distribuída**. Brasília: Aneel, 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414/2010**: Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Brasília: Aneel, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482/2012**: Condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Brasília: Aneel, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 687/2015**: Condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Brasília: Aneel, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Unidades consumidoras com geração distribuída – resumo por tipo de geração**. 2019. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp>. Acesso em 04 nov. 2019

ARNS RAMPINELLI, G.; SILVA, J. E. ; MELLO, A. D. . **Análise do recurso solar da região sul de Santa Catarina a partir de distintas redes de dados meteorológicos**. Revista Brasileira de Energia Renováveis, v. 6, p. 165-183, 2017.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L. de; RUTHER, R.; ABREU, S. L. de; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. de. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2017. 80 p. São José dos Campos: INPE, 2017. ISBN: 978-85-17-00089-8.

CRESESB/CEPEL. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito; Grupo de trabalho de Energia Solar. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: 2014.

Empresa de Pesquisa Energética. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro: Epe, 2014.

INSTITUTO IDEAL. **O Mercado Brasileiro de Geração Distribuída Fotovoltaica – Edição 2019**. 2019. 66p. Disponível em: <https://issuu.com/idealeco_logicas/docs/o_mercado_brasileiro_de_gera__o_distribu_da_fv_-_e>. Acesso em: 04 nov. 2019.

INSTITUTO IDEAL. **América do Sol: Simulador Solar**. Disponível em: <<http://americadosol.org/simulador/>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

MACHADO, K. S. V. D.; CORREA, N. **Análise do desempenho de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica em Curitiba**. 2015. 64 p. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2015.

MATHWORKS. **MATLAB: App Designer**. Disponível em: <<https://nl.mathworks.com/help/matlab/app-designer.html>>. Acesso em: 04 nov. 2019.

NREL - National Renewable Energy Laboratory. **System Advisor Model (SAM): Photovoltaic (Detailed)**. 2019. Disponível em: <<https://sam.nrel.gov/download>>. Acesso em: 01 nov. 2019.

RÜTHER, Ricardo. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil**. Florianópolis: UFSC/LABSOLAR, 2004. 118 p.

SCARABELOT, L. T. ; RAMPINELLI, GIULIANO A. . **Desenvolvimento de Software de Dimensionamento e Análise do Sistema de Compensação de Geração Distribuída em Unidades Prosumidoras**. Brazilian Journals of Business, v. 1, p. 1237-1251, 2019.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015. 224 p.

WBG – WORLD BANK GROUP. **Global Solar Atlas**. Disponível em: <<https://globalsolaratlas.info/map>>. Acessado em: 04 nov. 2019.

APÊNDICE A – Código Fonte do PV Grid Versão 2.0

```
classdef PVGrid_V2_02112019 < matlab.apps.AppBase
% Properties that correspond to app components
properties (Access = public)
    PVGRIDV2          matlab.ui.Figure
    Window            matlab.ui.container.TabGroup
    Tab_Apresentacao  matlab.ui.container.Tab
    Button_Iniciar    matlab.ui.control.Button
    Label_Instrucoes2 matlab.ui.control.Label
    Label_PVGRID      matlab.ui.control.Label
    Label_Descricao   matlab.ui.control.Label
    Label_Universidade matlab.ui.control.Label
    Label_Instrucoes  matlab.ui.control.Label
    Label_Autor       matlab.ui.control.Label
    Label_Autor2      matlab.ui.control.Label
    Label_Objetivo    matlab.ui.control.Label
    Label_Objetivo2   matlab.ui.control.Label
    Button_NTEEL      matlab.ui.control.Button
    Button_UFSCCTS    matlab.ui.control.Button
    Tab_EntradadeDados matlab.ui.container.Tab
    CheckBox_REN482   matlab.ui.control.CheckBox
    Table_DadosUC     matlab.ui.control.Table
    Label_NumeroUC    matlab.ui.control.Label
    Spinner_NumeroUC  matlab.ui.control.Spinner
    Button_Simular    matlab.ui.control.Button
    Box_PotenciaNominalFV matlab.ui.container.ButtonGroup
    RadioButton_Padrao matlab.ui.control.RadioButton
    RadioButton_Usuario matlab.ui.control.RadioButton
    EditField_EntradaPotenciaFV matlab.ui.control.NumericEditField
    Box_Localizacao   matlab.ui.container.Panel
    Label_UF          matlab.ui.control.Label
    DropDown_UF       matlab.ui.control.DropDown
    Label_Municipio   matlab.ui.control.Label
    DropDown_Municipio matlab.ui.control.DropDown
    Box_Configuracoes matlab.ui.container.Panel
    Label_NumeroIteracoes matlab.ui.control.Label
    Spinner_NumeroIteracoes matlab.ui.control.Spinner
    Label_VelocidadeProcessamento matlab.ui.control.Label
    Label_PR          matlab.ui.control.Label
    Spinner_PR        matlab.ui.control.Spinner
    Tab_Resultados    matlab.ui.container.Tab
    Label_Localizacao matlab.ui.control.Label
    Label_Localizacao2 matlab.ui.control.Label
    Label_TipodeLigacao matlab.ui.control.Label
    Label_PotenciaNominal matlab.ui.control.Label
    Label_ProdutividadeFV matlab.ui.control.Label
    Label_AreaNecessaria matlab.ui.control.Label
    Label_TipodeLigacao2 matlab.ui.control.Label
    Label_Potencia    matlab.ui.control.Label
    Label_Produtividade matlab.ui.control.Label
    Label_AreaNecessaria2 matlab.ui.control.Label
    Label_Informacao  matlab.ui.control.Label
    Label_IrradiacaoSolar matlab.ui.control.Label
    Label_Latitude2   matlab.ui.control.Label
    Label_Longitude2  matlab.ui.control.Label
    Label_IrradiacaoSolar2 matlab.ui.control.Label
    Label_Longitude   matlab.ui.control.Label
    Label_Latitude    matlab.ui.control.Label
    Table_Irradiacao  matlab.ui.control.Table
    Label_Irradiacao  matlab.ui.control.Label
    Box_ResultadosUC  matlab.ui.container.Panel
    Table_SaidaDadosUC matlab.ui.control.Table
    Label_Consumo     matlab.ui.control.Label
    Label_Gerado      matlab.ui.control.Label
    Label_Credito     matlab.ui.control.Label
    Label_Faturado    matlab.ui.control.Label
    Label_Acumulado   matlab.ui.control.Label
    Label_PercentualExcedente matlab.ui.control.Label
    Label_Excedente   matlab.ui.control.Label
    Label_ID          matlab.ui.control.Label
end
```

```

Spinner_ID          matlab.ui.control.Spinner
Window_Graficos    matlab.ui.container.TabGroup
Tab_RecursoSolar   matlab.ui.container.Tab
Grafico_Irradiacao matlab.ui.control.UIAxes
Tab_GeracaoConsumo matlab.ui.container.Tab
Grafico_GeracaoConsumo matlab.ui.control.UIAxes
Tab_ConsumoID      matlab.ui.container.Tab
Grafico_ConsumoID  matlab.ui.control.UIAxes
Tab_ExcedenteAlocado matlab.ui.container.Tab
Grafico_ExcedenteAlocado matlab.ui.control.UIAxes
Label_Anotacao     matlab.ui.control.Label
Label_LocaldeInstalacao matlab.ui.control.Label
Button_ExportarRelatorio matlab.ui.control.Button
DropDown_FormatoRelatorio matlab.ui.control.DropDown
end
properties (Access = private)
source = load('fonte2.mat');
MUN_number = 0;
row_data = 0;
Y_Data = 0;
s = 0;
custo_disponibilidade = 0;
consumo_matrix = 0;
consumo_calculo = 0;
excedente = 0;
potencia_nominal = 0;
Yr_anual = 0;
ajuste_total = 0;
creditos_gerados = 0;
consumido = 0;
gerado = 0;
faturado = 0;
acumulado = 0;
utilizavel = 0;
numero_iteracoes = 0;
end
methods (Access = private)
function load_sourcedata(app)
clear consumo...
consumo_total...
consumo_prossumidora...
l...
T...
L...
X_Data...
B

app.Table_SaidaDadosUC.Position = [115 15 1000 130];
end

function load_dropdown(app)
app.DropDown_UF.Items = {'ACRE','ALAGOAS','AMAPÁ','AMAZONAS','BAHIA','CEARÁ','DISTRITO FEDERAL',...
'ESPÍRITO SANTO','GOIÁS','MARANHÃO','MATO GROSSO','MATO GROSSO DO SUL','MINAS
GERAIS','PARÁ',...
'PARAÍBA','PARANÁ','PERNAMBUCO','PIAUÍ','RIO DE JANEIRO','RIO GRANDE DO NORTE','RIO
GRANDE DO SUL',...
' Rondônia','RORAIMA','SANTA CATARINA','SÃO PAULO','SERGIPE','TOCANTINS'};
app.DropDown_Municipio.Items = {'Selecione um estado primeiro'};
app.DropDown_Municipio.Enable = 'off';
end
function reset_UIAxes(app)
app.Grafico_Irradiacao.XTickLabel = 0;
app.Grafico_Irradiacao.YTickLabel = 0;
cla(app.Grafico_Irradiacao);
app.Grafico_GeracaoConsumo.XTickLabel = 0;
app.Grafico_GeracaoConsumo.YTickLabel = 0;
cla(app.Grafico_GeracaoConsumo);
end
function load_UCTable(app)
app.Table_DadosUC.Position = [90 120 980 250];
i = app.Spinner_NumeroUC.Value;
Coluna1(1:i,1) = true;
Coluna2(1:i,1) = categorical([1,1:3,{'Monofásico','Bifásico','Trifásico'}]);

```

```

Coluna3(1:i,1) = 0.00;
Coluna4(1:i,1) = 0.00;
Coluna5(1:i,1) = 0.00;
Coluna6(1:i,1) = 0.00;
Coluna7(1:i,1) = 0.00;
Coluna8(1:i,1) = 0.00;
Coluna9(1:i,1) = 0.00;
Coluna10(1:i,1) = 0.00;
Coluna11(1:i,1) = 0.00;
Coluna12(1:i,1) = 0.00;
Coluna13(1:i,1) = 0.00;
Coluna14(1:i,1) = 0.00;
T =
table(Coluna1,Coluna2,Coluna3,Coluna4,Coluna5,Coluna6,Coluna7,Coluna8,Coluna9,Coluna10,Coluna11,Coluna12,Coluna13
,Coluna14);
    app.Table_DadosUC.Data = T;
end

function search_MUN(app)
    app.MUN_number = find(strcmp(app.source.STATE(:), app.DropDown_UF.Value));
    MUN_names = app.source.NAME(app.MUN_number(:));
    app.DropDown_Municipio.Items = MUN_names;
    app.DropDown_Municipio.Enable = 'on';
end

function UF_change(app)
    if app.DropDown_UF.Value == ''
        load_dropdown(app)
        reset_UIAxes(app)
    else
        search_MUN(app)
    end
end

function MUN_change(app)
    if app.DropDown_Municipio.Value ~= "Selecione um estado primeiro"
        app.row_data = intersect(find(strcmp(app.source.NAME(:), app.DropDown_Municipio.Value),app.MUN_number);
        app.Y_Data = [app.source.JAN(app.row_data), app.source.FEB(app.row_data), app.source.MAR(app.row_data),
        app.source.APR(app.row_data), app.source.MAY(app.row_data), app.source.JUN(app.row_data),...
        app.source.JUL(app.row_data), app.source.AUG(app.row_data), app.source.SEP(app.row_data),
        app.source.OCT(app.row_data), app.source.NOV(app.row_data), app.source.DEC(app.row_data)];
        I1=app.source.JAN(app.row_data);
        I2=app.source.FEB(app.row_data);
        I3=app.source.MAR(app.row_data);
        I4=app.source.APR(app.row_data);
        I5=app.source.MAY(app.row_data);
        I6=app.source.JUN(app.row_data);
        I7=app.source.JUL(app.row_data);
        I8=app.source.AUG(app.row_data);
        I9=app.source.SEP(app.row_data);
        I10=app.source.OCT(app.row_data);
        I11=app.source.NOV(app.row_data);
        I12=app.source.DEC(app.row_data);
        I13=mean(app.Y_Data);
        I = table(I1,I2,I3,I4,I5,I6,I7,I8,I9,I10,I11,I12,I13);
        format bank
        app.Label_Localizacao2.Text = strcat(app.source.NAME(app.row_data),' (',app.source.STATE(app.row_data),')');
        app.Label_Latitude.Text = strcat(num2str(round(app.source.LAT(app.row_data),2)),'^o');
        app.Label_Longitude.Text = strcat(num2str(round(app.source.LON(app.row_data),2)),'^o');
        app.Label_IrradiacaoSolar2.Text = strcat(num2str(round(I13/1000,2)), ' kWh/m^2.dia');
        L = table2array(app.Table_DadosUC.Data(1,2));
        app.Label_TipodeLigacao2.Text = char(L);
        app.Y_Data = app.Y_Data/1000;
        app.Table_Irradiacao.Data = I;
        X_Data = categorical({'JAN','FEV','MAR','ABR','MAI','JUN','JUL','AGO','SET','OUT','NOV','DEZ'});
        X_Data = reordercats(X_Data,{'JAN','FEV','MAR','ABR','MAI','JUN','JUL','AGO','SET','OUT','NOV','DEZ'});
        app.Grafico_Irradiacao.YTickMode = 'auto';
        app.Grafico_Irradiacao.YTickLabelMode = 'auto';
        app.Grafico_Irradiacao.TickDir = 'out';
        B = bar(app.Grafico_Irradiacao,X_Data,app.Y_Data,0.5);
        alpha(B,.5)
        B.FaceColor = [0.8500 0.3250 0.0980];
        B.EdgeColor = [0.8500 0.3250 0.0980];
    end
end

```



```

end
end
function erro(app)
    f = app.PVGRIDV2;
    message = sprintf('\nERRO! \n\n Verifique se você não esqueceu de: \n\n\t - Selecionar a UF e o município do local de
instalação;\n\t- Habilitar ao menos 1 unidade consumidora;\n\t- Concordar com os termos da REN 482/2012 - ANEEL.');
```

uiaalert(f,message,'Erro','Icon','warning');

```

end

function CALC_1(app)
    ligacao(app.s) = table2array(app.Table_DadosUC.Data(app.s,2));
    app.consumo_matrix = table2array(app.Table_DadosUC.Data(app.s,3:14));
    if ligacao(app.s)=="Monofásico"
        app.custo_disponibilidade(1,1) = 30;
    elseif ligacao(app.s)=="Bifásico"
        app.custo_disponibilidade(1,1) = 50;
    elseif ligacao(app.s)=="Trifásico"
        app.custo_disponibilidade(1,1) = 100;
    end
    for m=1:12
        if app.consumo_matrix(1,m)>=app.custo_disponibilidade(1,1)
            consumo_minusCD(1,m)=app.consumo_matrix(1,m)-app.custo_disponibilidade(1,1);
        else
            consumo_minusCD(1,m) = 0;
        end
    end
    a=sum(consumo_minusCD);
    app.consumo_calculo = sum(a);
    app.excedente(1,1)=1;
end

function CALC_1_MULT(app)
    ligacao(app.s) = table2array(app.Table_DadosUC.Data(app.s,2));
    app.consumo_matrix = table2array(app.Table_DadosUC.Data(app.s,3:14));
    for i=1:length(app.s)
        if ligacao(i)=="Monofásico"
            app.custo_disponibilidade(i,1) = 30;
        elseif ligacao(i)=="Bifásico"
            app.custo_disponibilidade(i,1) = 50;
        elseif ligacao(i)=="Trifásico"
            app.custo_disponibilidade(i,1) = 100;
        end
        for m=1:12
            if app.consumo_matrix(i,m)>=app.custo_disponibilidade(i,1)
                consumo_minusCD(i,m)=app.consumo_matrix(i,m)-app.custo_disponibilidade(i,1);
            else
                consumo_minusCD(i,m) = 0;
            end
        end
        a=sum(consumo_minusCD,2);
        app.consumo_calculo = sum(a);
        consumo = a;
        consumo_total = sum(a);
        consumo_prosumidora = a(1,1);
        app.excedente=[];
        app.excedente(1,1)=0;
        for i=2:length(app.s)
            app.excedente(i,1) = consumo(i,1)/(consumo_total-consumo_prosumidora);
        end
    end

function calcula_potencia(app)
    if app.RadioButton_Padrao.Value
        app.potencia_nominal = app.consumo_calculo/(app.Yr_anual*app.Spinner_PR.Value);
    elseif app.RadioButton_Usuario.Value
        app.potencia_nominal = app.EditField_EntradaPotenciaFV.Value;
    end

function CALC_2(app)
    Yr_mensal(1,1:12)=0;
    geracao_mensal(1,1:12)=0;

```

```

app.consumido=0;
app.consumido(1,1:12)=0;
saldo=0;
saldo(1,1:12)=0;
creditos_acumulados=0;
creditos_acumulados(1,1:12)=0;
app.Yr_anual = app.source.ANNUAL(app.row_data)*365/1000;
calcula_potencia(app);
Delta = [31;28;31;30;31;30;31;31;30;31;30;31];
for m = 1:12
    Yr_mensal(1,m) = app.Y_Data(1,m)*Delta(m);
    geracao_mensal(1,m) = app.potencia_nominal*Yr_mensal(1,m)*app.Spinner_PR.Value;
end
for m = 1:12
    app.consumido(1,m) = app.consumo_matrix(1,m);
    app.gerado(1,m) = geracao_mensal(1,m);
    saldo(1,m) = app.consumido(1,m)-app.gerado(1,m);
    if m == 1
        creditos_acumulados(1,m) = 0;
    else
        creditos_acumulados(1,m) = app.acumulado(1,m-1);
    end
    if saldo(1,m) < 0
        app.creditos_gerados(1,m) = -saldo(1,m);
        app.utilizavel(1,m)=0;
        app.faturado(1,m) = app.custo_disponibilidade(1,1);
        app.acumulado(1,m) = creditos_acumulados(1,m)+app.creditos_gerados(1,m);
    elseif saldo(1,m)>=0 && saldo(1,m)<=app.custo_disponibilidade(1,1)
        app.creditos_gerados(1,m)=0;
        app.utilizavel(1,m)=0;
        app.faturado(1,m)=app.custo_disponibilidade(1,1);
        app.acumulado(1,m) = creditos_acumulados(1,m);
    else
        app.creditos_gerados(1,m) = 0;
        app.utilizavel(1,m)=saldo(1,m)-app.custo_disponibilidade(1,1);
        if creditos_acumulados(1,m)>=app.utilizavel(1,m)
            app.faturado(1,m)=app.custo_disponibilidade(1,1);
            app.acumulado(1,m)=creditos_acumulados(1,m)-app.utilizavel(1,m);
        else
            app.faturado(1,m)=saldo(1,m)-creditos_acumulados(1,m);
            app.acumulado(1,m)=0;
        end
    end
end
end
app.ajuste_total=sum(app.utilizavel(1,:))-app.acumulado(1,12)
app.Label_Potencia.Text = strcat(num2str(round(app.potencia_nominal,2)), ' kW');
app.Label_Produtividade.Text = strcat(num2str(round(sum(app.gerado(1,:))/app.potencia_nominal,2)), ' kWh/kW');
app.Label_AreaNecessaria2.Text = strcat(num2str(round((app.potencia_nominal/0.33)^2,2)), ' m²');
end
function CALC_2_MULT(app)
    Yr_mensal(1,1:12)=0;
    geracao_mensal(1,1:12)=0;
    app.consumido=0;
    app.consumido(app.s,1:12)=0;
    saldo=0;
    saldo(app.s,1:12)=0;
    creditos_acumulados=0;
    creditos_acumulados(app.s,1:12)=0;
    app.Yr_anual = app.source.ANNUAL(app.row_data)*365/1000;
    calcula_potencia(app);
    app.excedente(1,1) = 0;
    Delta = [31;28;31;30;31;30;31;31;30;31;30;31];
    for m = 1:12
        Yr_mensal(1,m) = app.Y_Data(1,m)*Delta(m);
        geracao_mensal(1,m) = app.potencia_nominal*Yr_mensal(1,m)*app.Spinner_PR.Value;
    end
    for i=1:length(app.s)
        for m = 1:12
            app.consumido(i,m) = app.consumo_matrix(i,m);
            app.gerado(1,m) = geracao_mensal(1,m);
            if i==1
                saldo(1,m) = app.consumido(1,m)-app.gerado(1,m);
                if m == 1

```

```

    creditos_acumulados(i,m) = 0;
else
    creditos_acumulados(i,m) = app.acumulado(1,m-1);
end
if saldo(1,m) < 0
    app.creditos_gerados(1,m) = -saldo(1,m);
    app.utilizavel(1,m) = 0;
    app.faturado(1,m) = app.custo_disponibilidade(1,1);
    app.acumulado(1,m) = 0;
elseif saldo(1,m) >= 0 && saldo(1,m) <= app.custo_disponibilidade(1,1)
    app.creditos_gerados(1,m) = 0;
    app.utilizavel(1,m) = 0;
    app.faturado(1,m) = app.custo_disponibilidade(1,1);
    app.acumulado(1,m) = 0;
else
    app.creditos_gerados(1,m) = 0;
    app.utilizavel(1,m) = saldo(1,m) - app.custo_disponibilidade(1,1);
    if creditos_acumulados(1,m) >= app.utilizavel(1,m)
        app.faturado(1,m) = app.custo_disponibilidade(1,1);
        app.acumulado(1,m) = 0;
    else
        app.faturado(1,m) = saldo(1,m) - creditos_acumulados(1,m);
        app.acumulado(1,m) = 0;
    end
end
end
else
    app.gerado(i,m) = 0;
    app.creditos_gerados(i,m) = app.creditos_gerados(1,m) * app.excedente(i,1);
    if m == 1
        creditos_acumulados(i,m) = 0;
    else
        creditos_acumulados(i,m) = app.acumulado(i,m-1);
    end

    saldo(i,m) = app.consumido(i,m) - app.creditos_gerados(i,m);
    if saldo(i,m) < 0
        utilizado(i,m) = app.consumido(i,m);
        app.utilizavel(i,m) = 0;
        app.faturado(i,m) = app.custo_disponibilidade(i,1);
        app.acumulado(i,m) = -saldo(i,m) + creditos_acumulados(i,m);
    elseif saldo(i,m) >= 0 && saldo(i,m) <= app.custo_disponibilidade(i,1)
        utilizado(i,m) = app.creditos_gerados(i,m);
        app.utilizavel(i,m) = 0;
        app.faturado(i,m) = app.custo_disponibilidade(i,1);
        app.acumulado(i,m) = creditos_acumulados(i,m);
    else
        utilizado(i,m) = app.creditos_gerados(i,m);
        app.utilizavel(i,m) = saldo(i,m) - app.custo_disponibilidade(i,1);
        if creditos_acumulados(i,m) >= app.utilizavel(i,m)
            app.faturado(i,m) = app.custo_disponibilidade(i,1);
            app.acumulado(i,m) = creditos_acumulados(i,m) - app.utilizavel(i,m);
        else
            app.faturado(i,m) = saldo(i,m) - creditos_acumulados(i,m);
            app.acumulado(i,m) = 0;
        end
    end
end
end
end
end
app.ajuste_total = sum(sum(app.utilizavel,1)) - sum(app.acumulado(:,12))
app.Label_Potencia.Text = strcat(num2str(round(app.potencia_nominal,2)), ' kW');
app.Label_Produtividade.Text = strcat(num2str(round(sum(app.gerado(1,:))/app.potencia_nominal,2)), ' kWh/kW');
app.Label_AreaNecessaria2.Text = strcat(num2str(round((app.potencia_nominal/0.33)*2,2)), ' m²');
end

function exportar_relatorio(app)
    makeDOMCompilable();
    import mlreportgen.dom.*;
    t = datestr(now,'ddmmyyyy');
    report_name = strcat("PV GRID V2.0 - Relatório ",t);
    if app.DropDown_FormatoRelatorio.Value == "PDF"
        r = Document(report_name,'pdf');
    elseif app.DropDown_FormatoRelatorio.Value == "HTML"

```

```

    r = Document(report_name, 'html-file');
end
path = uigetdir('C:\');
r.OutputPath = strcat(path, '\', report_name);

image = Image(which('logo_report.png'));
image.Style = {HAlign('center'), ScaleToFit};
append(r, image);

author = Paragraph("PV GRID - Versão 2.0: Relatório de Simulação");
author.Style = {Bold, HAlign('left'), FontFamily('Arial'), FontSize('14pt'), Color('black'), HAlign('center')};
append(r, author);

autores = Paragraph('Breno Pereira Dela Bruna, Prof. Dr. Giuliano Arns Rampinelli');
autores.Style = {Italic, HAlign('left'), FontFamily('Arial'), FontSize('10pt'), Color('black'), HAlign('center'), OuterMargin("0pt", "0pt", "20pt")};
append(r, autores);

localizacao = Paragraph(strcat("Localização: ", app.Label_Localizacao2.Text));
localizacao.Style = {FontFamily('Arial'), FontSize('10pt'), OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r, localizacao);

latitude = Paragraph(strcat("Latitude: ", app.Label_Latitude.Text));
latitude.Style = {FontFamily('Arial'), FontSize('10pt'), OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r, latitude);

longitude = Paragraph(strcat("Longitude: ", app.Label_Longitude.Text));
longitude.Style = {FontFamily('Arial'), FontSize('10pt'), OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r, longitude);

irradiacao_media = Paragraph(strcat("Irradiação Solar Média Diária Anual: ", app.Label_IrradiacaoSolar2.Text));
irradiacao_media.Style = {FontFamily('Arial'), FontSize('10pt'), OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r, irradiacao_media);

potencia_nominal1 = Paragraph(strcat("Potência Nominal: ", app.Label_Potencia.Text));
potencia_nominal1.Style = {FontFamily('Arial'), FontSize('10pt'), OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r, potencia_nominal1);

produtividade = Paragraph(strcat("Produtividade do Sistema Fotovoltaico: ", app.Label_Produtividade.Text));
produtividade.Style = {FontFamily('Arial'), FontSize('10pt'), OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r, produtividade);

area = Paragraph(strcat("Área necessária: ", app.Label_AreaNecessaria2.Text));
area.Style = {FontFamily('Arial'), FontSize('10pt'), OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r, area);

tabletitle = Paragraph(strcat("Recurso Solar em ", app.Label_Localizacao2.Text));
tabletitle.Style = {Bold, FontFamily('Arial'), FontSize('10pt'), HAlign('center'), OuterMargin("0pt", "0pt", "30pt", "10pt")};
append(r, tabletitle);

table = Table({'Mês' 'Irradiação Solar Média Diária Mensal - Plano Inclinado [Wh/m².dia]'; ...
    'Janeiro' app.source.JAN(app.row_data); ...
    'Fevereiro' app.source.FEB(app.row_data); ...
    'Março' app.source.MAR(app.row_data); ...
    'Abril' app.source.APR(app.row_data); ...
    'Maio' app.source.MAY(app.row_data); ...
    'Junho' app.source.JUN(app.row_data); ...
    'Julho' app.source.JUL(app.row_data); ...
    'Agosto' app.source.AUG(app.row_data); ...
    'Setembro' app.source.SEP(app.row_data); ...
    'Outubro' app.source.OCT(app.row_data); ...
    'Novembro' app.source.NOV(app.row_data); ...
    'Dezembro' app.source.DEC(app.row_data); ...
    'MÉDIA' app.source.ANNUAL(app.row_data)});
table.Style = {FontFamily('Arial'), FontSize('10pt'), OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "30pt"), Border('single'), RowSep('single'), ColSep('single'), HAlign('center'), Width('100%')};
table.TableEntriesHAlign = 'center';
append(r, table);

pbr = PageBreak();
append(r, pbr);

UC1 = Paragraph('UNIDADE PROSSUMIDORA');

```

```

UC1.Style = {Bold,FontFamily('Arial'),FontSize('12pt'),OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r,UC1);

ligacao_UC = Paragraph(strcat("Ligação: ",app.Label_TipodeLigacao2.Text));
ligacao_UC.Style = {FontFamily('Arial'),FontSize('10pt'),OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r,ligacao_UC);

if length(app.s)>1
    perc_excedente = Paragraph(strcat("Percentual de créditos excedentes alocados: ", "0%"));
    perc_excedente.Style = {FontFamily('Arial'),FontSize('10pt'),OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
    append(r,perc_excedente);
else
    perc_excedente = Paragraph(strcat("Percentual de créditos excedentes alocados: ", "100%"));
    perc_excedente.Style = {FontFamily('Arial'),FontSize('10pt'),OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
    append(r,perc_excedente);
end

tabletitle = Paragraph("Energia na Unidade Prossumidora [kWh/mês]");
tabletitle.Style = {Bold,FontFamily('Arial'),FontSize('10pt'),HAlign('center'),OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r,tabletitle);

table = Table({'Consumida' 'Gerada' 'Créditos' 'Faturada' 'Acumulada';...
    'Janeiro' num2str(app.consumido(1,1),'%.2f') num2str(app.gerado(1,1),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,1),'%.2f') num2str(app.faturado(1,1),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,1),'%.2f');...
    'Fevereiro' num2str(app.consumido(1,2),'%.2f') num2str(app.gerado(1,2),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,2),'%.2f') num2str(app.faturado(1,2),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,2),'%.2f');...
    'Março' num2str(app.consumido(1,3),'%.2f') num2str(app.gerado(1,3),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,3),'%.2f') num2str(app.faturado(1,3),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,3),'%.2f');...
    'Abril' num2str(app.consumido(1,4),'%.2f') num2str(app.gerado(1,4),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,4),'%.2f') num2str(app.faturado(1,4),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,4),'%.2f');...
    'Maio' num2str(app.consumido(1,5),'%.2f') num2str(app.gerado(1,5),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,5),'%.2f') num2str(app.faturado(1,5),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,5),'%.2f');...
    'Junho' num2str(app.consumido(1,6),'%.2f') num2str(app.gerado(1,6),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,6),'%.2f') num2str(app.faturado(1,6),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,6),'%.2f');...
    'Julho' num2str(app.consumido(1,7),'%.2f') num2str(app.gerado(1,7),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,7),'%.2f') num2str(app.faturado(1,7),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,7),'%.2f');...
    'Agosto' num2str(app.consumido(1,8),'%.2f') num2str(app.gerado(1,8),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,8),'%.2f') num2str(app.faturado(1,8),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,8),'%.2f');...
    'Setembro' num2str(app.consumido(1,9),'%.2f') num2str(app.gerado(1,9),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,9),'%.2f') num2str(app.faturado(1,9),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,9),'%.2f');...
    'Outubro' num2str(app.consumido(1,10),'%.2f') num2str(app.gerado(1,10),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,10),'%.2f') num2str(app.faturado(1,10),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,10),'%.2f');...
    'Novembro' num2str(app.consumido(1,11),'%.2f') num2str(app.gerado(1,11),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,11),'%.2f') num2str(app.faturado(1,11),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,11),'%.2f');...
    'Dezembro' num2str(app.consumido(1,12),'%.2f') num2str(app.gerado(1,12),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(1,12),'%.2f') num2str(app.faturado(1,12),'%.2f') num2str(app.acumulado(1,12),'%.2f');...
    'TOTAL' num2str(sum(app.consumido(1,1:12)),'%.2f') num2str(sum(app.gerado(1,1:12)),'%.2f')
num2str(sum(app.creditos_gerados(1,1:12)),'%.2f') num2str(sum(app.faturado(1,1:12)),'%.2f')
num2str(app.acumulado(1,12),'%.2f')});
    table.Style = {FontFamily('Arial'),FontSize('10pt'),OuterMargin("0pt",
"0pt", "30pt"),Border('single'),RowSep('single'),ColSep('single'),HAlign('center'),Width('100%'),FlowDirection('ltr')};
    table.TableEntriesHAlign = 'center';
    append(r,table);

if length(app.s)>1
    for i=2:length(app.s)
        pbr = PageBreak();
        append(r,pbr);

        UCs = Paragraph(strcat("UNIDADE CONSUMIDORA ",num2str(i,'%.0f')));
        UCs.Style = {Bold,FontFamily('Arial'),FontSize('12pt'),OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
        append(r,UCs);

        ligacao_UC = Paragraph(strcat("Ligação: ",char(table2array(app.Table_DadosUC.Data(i,2)))));
        ligacao_UC.Style = {FontFamily('Arial'),FontSize('10pt'),OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
        append(r,ligacao_UC);

        perc_excedente = Paragraph(strcat("Percentual de créditos excedentes alocados:
",num2str(app.excedente(i,1)*100,'%.2f'), '%'));
        perc_excedente.Style = {FontFamily('Arial'),FontSize('10pt'),OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
        append(r,perc_excedente);

        tabletitle = Paragraph(strcat("Energia na Unidade Consumidora ", num2str(i,'%.0f'),' [kWh/mês]'));

```

```

tabletitle.Style = {Bold,FontFamily('Arial'),FontSize('10pt'),HAlign('center'),OuterMargin("0pt", "0pt", "0pt", "10pt")};
append(r,tabletitle);

table = Table({' 'Consumida' 'Gerada' 'Créditos' 'Faturada' 'Acumulada';...
'Janeiro' num2str(app.consumido(i,1),'%.2f') num2str(app.gerado(i,1),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,1),'%.2f') num2str(app.faturado(i,1),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,1),'%.2f');...
'Fevereiro' num2str(app.consumido(i,2),'%.2f') num2str(app.gerado(i,2),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,2),'%.2f') num2str(app.faturado(i,2),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,2),'%.2f');...
'Março' num2str(app.consumido(i,3),'%.2f') num2str(app.gerado(i,3),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,3),'%.2f') num2str(app.faturado(i,3),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,3),'%.2f');...
'Abril' num2str(app.consumido(i,4),'%.2f') num2str(app.gerado(i,4),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,4),'%.2f') num2str(app.faturado(i,4),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,4),'%.2f');...
'Maio' num2str(app.consumido(i,5),'%.2f') num2str(app.gerado(i,5),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,5),'%.2f') num2str(app.faturado(i,5),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,5),'%.2f');...
'Junho' num2str(app.consumido(i,6),'%.2f') num2str(app.gerado(i,6),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,6),'%.2f') num2str(app.faturado(i,6),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,6),'%.2f');...
'Julho' num2str(app.consumido(i,7),'%.2f') num2str(app.gerado(i,7),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,7),'%.2f') num2str(app.faturado(i,7),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,7),'%.2f');...
'Agosto' num2str(app.consumido(i,8),'%.2f') num2str(app.gerado(i,8),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,8),'%.2f') num2str(app.faturado(i,8),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,8),'%.2f');...
'Setembro' num2str(app.consumido(i,9),'%.2f') num2str(app.gerado(i,9),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,9),'%.2f') num2str(app.faturado(i,9),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,9),'%.2f');...
'Outubro' num2str(app.consumido(i,10),'%.2f') num2str(app.gerado(i,10),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,10),'%.2f') num2str(app.faturado(i,10),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,10),'%.2f');...
'Novembro' num2str(app.consumido(i,11),'%.2f') num2str(app.gerado(i,11),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,11),'%.2f') num2str(app.faturado(i,11),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,11),'%.2f');...
'Dezembro' num2str(app.consumido(i,12),'%.2f') num2str(app.gerado(i,12),'%.2f')
num2str(app.creditos_gerados(i,12),'%.2f') num2str(app.faturado(i,12),'%.2f') num2str(app.acumulado(i,12),'%.2f');...
'TOTAL' num2str(sum(app.consumido(i,1:12)),'%.2f') num2str(sum(app.gerado(i,1:12)),'%.2f')
num2str(sum(app.creditos_gerados(i,1:12)),'%.2f') num2str(sum(app.faturado(i,1:12)),'%.2f')
num2str(app.acumulado(i,12),'%.2f')});
table.Style = {FontFamily('Arial'),FontSize('10pt'),OuterMargin("0pt",
"0pt", "0pt", "30pt"),Border('single'),RowSep('single'),ColSep('single'),HAlign('center'),Width('100%'),FlowDirection('ltr')};
table.TableEntriesHAlign = 'center';
append(r,table);
end
end
close(r);
f = app.PVGRIDV2;
message = sprintf('Relatório exportado com sucesso!');
uiaalert(f,message,'Aviso','Icon','success');
% rptview(r);
end

end
methods (Access = private)
% Code that executes after component creation
function startupFcn(app)
load_sourcedata(app)
load_UCTable(app)
load_dropdown(app)
reset_UIAxes(app)
end
% Value changed function: Spinner_NumeroUC
function Spinner_NumeroUCValueChanged(app, event)
load_UCTable(app)
end
% Button pushed function: Button_Similar
function Button_SimilarPushed(app, event)
app.custo_disponibilidade(1:length(app.s),1) = 0;
app.numero_iteracoes = app.Spinner_NumeroIteracoes.Value;
if or(or(table2array(app.Table_DadosUC.Data(:,1)) == false,app.CheckBox_REN482.Value ==
0),strcmp(app.DropDown_Municipio.Value,"Selecione um estado primeiro")==1)
erro(app)
else
UF_change(app)
MUN_change(app)
app.Window.SelectedTab = app.Tab_Resultados;
app.s = find(table2array(app.Table_DadosUC.Data(:,1)) == true);
if length(app.s) == 1
app.Spinner_ID.Enable = 'off';
app.Spinner_ID.Value = 1;
CALC_1(app)
end
end
end

```

```

    CALC_2(app)
    for i=1:app.numero_iteracoes
        if sum(app.faturado(1,:))>12*app.custo_disponibilidade(1,1)
            if app.ajuste_total <0
                break
            else
                app.consumo_calculo = app.consumo_calculo+app.ajuste_total;
                CALC_2(app)
            end
        end
    end
elseif length(app.s)~=1
    app.Spinner_ID.Enable = 'on';
    app.Spinner_ID.Limits = [1 length(app.s)];
    CALC_1_MULT(app)
    CALC_2_MULT(app)
    for i=1:app.numero_iteracoes
        if app.ajuste_total > 0
            app.consumo_calculo = app.consumo_calculo+app.ajuste_total;
            CALC_2_MULT(app)
        else
            break
        end
    end
end
end
end
Spinner_IDValueChanged(app, event)
end
% Value changed function: DropDown_UF
function DropDown_UFValueChanged(app, event)
    UF_change(app)
end
% Value changed function: Spinner_ID
function Spinner_IDValueChanged(app, event)
    if length(app.s)==1
        app.Label_Excedente.Text = "100%";
    else
        app.Label_Excedente.Text = strcat(num2str(round(app.excedente(app.Spinner_ID.Value,1)*100,2)), ' %');
    end
    app.Table_SaidaDadosUC.Data(1,1:12)=app.consumido(app.Spinner_ID.Value,1:12);
    app.Table_SaidaDadosUC.Data(1,13)=sum(app.consumido(app.Spinner_ID.Value,1:12));
    app.Table_SaidaDadosUC.Data(2,1:12)=app.gerado(app.Spinner_ID.Value,1:12);
    app.Table_SaidaDadosUC.Data(2,13)=sum(app.gerado(app.Spinner_ID.Value,1:12));
    app.Table_SaidaDadosUC.Data(3,1:12)=app.creditos_gerados(app.Spinner_ID.Value,1:12);
    app.Table_SaidaDadosUC.Data(3,13)=sum(app.creditos_gerados(app.Spinner_ID.Value,1:12));
    app.Table_SaidaDadosUC.Data(4,1:12)=app.faturado(app.Spinner_ID.Value,1:12);
    app.Table_SaidaDadosUC.Data(4,13)=sum(app.faturado(app.Spinner_ID.Value,1:12));
    app.Table_SaidaDadosUC.Data(5,1:12)=app.acumulado(app.Spinner_ID.Value,1:12);
    app.Table_SaidaDadosUC.Data(5,13)=app.acumulado(app.Spinner_ID.Value,12);
    % app.Table_SaidaDadosUC.Data(6,1:12)=app.utilizavel(app.Spinner_ID.Value,1:12);
    % app.Table_SaidaDadosUC.Data(6,13)=sum(app.utilizavel(app.Spinner_ID.Value,1:12));
    ylabel(app.Grafico_GeracaoConsumo,"Energia [kWh]");
    Total_Y = [];
    Total_Y = [sum(app.consumido(:,1)),sum(app.gerado(:,1));...
        sum(app.consumido(:,2)),sum(app.gerado(:,2));...
        sum(app.consumido(:,3)),sum(app.gerado(:,3));...
        sum(app.consumido(:,4)),sum(app.gerado(:,4));...
        sum(app.consumido(:,5)),sum(app.gerado(:,5));...
        sum(app.consumido(:,6)),sum(app.gerado(:,6));...
        sum(app.consumido(:,7)),sum(app.gerado(:,7));...
        sum(app.consumido(:,8)),sum(app.gerado(:,8));...
        sum(app.consumido(:,9)),sum(app.gerado(:,9));...
        sum(app.consumido(:,10)),sum(app.gerado(:,10));...
        sum(app.consumido(:,11)),sum(app.gerado(:,11));...
        sum(app.consumido(:,12)),sum(app.gerado(:,12))];
    X_Data = categorical({'JAN','FEV','MAR','ABR','MAI','JUN','JUL','AGO','SET','OUT','NOV','DEZ'});
    X_Data = reordercats(X_Data,{'JAN','FEV','MAR','ABR','MAI','JUN','JUL','AGO','SET','OUT','NOV','DEZ'});
    app.Grafico_GeracaoConsumo.YTickMode = 'auto';
    app.Grafico_GeracaoConsumo.YTickLabelMode = 'auto';
    app.Grafico_GeracaoConsumo.TickDir = 'out';
    Total_bar = bar(app.Grafico_GeracaoConsumo,X_Data,Total_Y,0.7);
    alpha(Total_bar,5)
    Total_bar(1).FaceColor = [0.6350 0.0780 0.1840];

```

```

Total_bar(1).EdgeColor = [0.6350 0.0780 0.1840];
Total_bar(2).FaceColor = [0.4660 0.6740 0.1880];
Total_bar(2).EdgeColor = [0.4660 0.6740 0.1880];
legend(app.Grafico_GeracaoConsumo,["Consumo";"Geração","Location','southoutside','Orientation','horizontal'];
title(app.Grafico_ConsumoID, strcat("Consumo: UC ", num2str(app.Spinner_ID.Value));
ylabel(app.Grafico_ConsumoID, "Energia [kWh]");
ID_Y=[];
ID_Y = [app.consumido(app.Spinner_ID.Value,1);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,2);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,3);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,4);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,5);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,6);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,7);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,8);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,9);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,10);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,11);...
        app.consumido(app.Spinner_ID.Value,12)];
app.Grafico_ConsumoID
app.Grafico_ConsumoID.YTickMode = 'auto';
app.Grafico_ConsumoID.YTickLabelMode = 'auto';
app.Grafico_ConsumoID.TickDir = 'out';
ID_bar = bar(app.Grafico_ConsumoID.X_Data, ID_Y, 0.7);
alpha(ID_bar, 5)
ID_bar(1).FaceColor = [0.6350 0.0780 0.1840];
ID_bar(1).EdgeColor = [0.6350 0.0780 0.1840];

Excedente_Y=[];
if length(app.s)==1
    label = 'UC 1';
    Excedente_Y = 1;
else
    label=[];
    Excedente_Y = app.excedente;
    for i=2:length(app.s)
        label=[label; strcat("UC ", num2str(i))];
    end
end
pie(app.Grafico_ExcedenteAlocado, Excedente_Y);
leg = legend(app.Grafico_ExcedenteAlocado, label);
leg.Location = 'southeastoutside';
end
% Selection changed function: Box_PotenciaNominalFV
function Box_PotenciaNominalFVSelectionChanged(app, event)
    selectedButton = app.Box_PotenciaNominalFV.SelectedObject.Text;
    if selectedButton == "Baseado no consumo das UC's;"
        app.EditField_EntradaPotenciaFV.Enable = 'off';
    else
        app.EditField_EntradaPotenciaFV.Enable = 'on';
    end
end
% Button pushed function: Button_Iniciar
function Button_IniciarButtonPushed(app, event)
    app.Window.SelectedTab = app.Tab_EntradadeDados;
end
% Button pushed function: Button_ExportarRelatorio
function Button_ExportarRelatorioPushed(app, event)
    exportar_relatorio(app);
end
% Button pushed function: Button_UFSCCTS
function Button_UFSCCTSPushed(app, event)
    dos('explorer http://cts.ararangua.ufsc.br');
end
% Button pushed function: Button_NTEEL
function Button_NTEELPushed(app, event)
    dos('explorer https://ees.ufsc.br/nteel/');
end
end
% App initialization and construction
methods (Access = private)
% Create UIFigure and components
function createComponents(app)

```



```

% Create PVGRIDV2
app.PVGRIDV2 = uifigure;
app.PVGRIDV2.AutoResizeChildren = 'off';
app.PVGRIDV2.Color = [0.9294 0.6902 0.1294];
app.PVGRIDV2.Position = [100 100 1159 596];
app.PVGRIDV2.Name = 'PV GRID V2.0';
app.PVGRIDV2.Resize = 'off';
% Create Window
app.Window = uitabgroup(app.PVGRIDV2);
app.Window.AutoResizeChildren = 'off';
app.Window.Position = [1 -2 1159 596];
% Create Tab_Apresentacao
app.Tab_Apresentacao = uitab(app.Window);
app.Tab_Apresentacao.AutoResizeChildren = 'off';
app.Tab_Apresentacao.Title = 'APRESENTAÇÃO';
app.Tab_Apresentacao.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
% Create Button_Iniciar
app.Button_Iniciar = uibutton(app.Tab_Apresentacao, 'push');
app.Button_Iniciar.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_IniciarButtonPushed, true);
app.Button_Iniciar.BackgroundColor = [0.149 0.149 0.149];
app.Button_Iniciar.FontSize = 20;
app.Button_Iniciar.FontWeight = 'bold';
app.Button_Iniciar.FontColor = [0.9294 0.6902 0.1294];
app.Button_Iniciar.Position = [300 59 793 49];
app.Button_Iniciar.Text = 'INICIAR';
% Create Label_Instrucoes2
app.Label_Instrucoes2 = uilabel(app.Tab_Apresentacao);
app.Label_Instrucoes2.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
app.Label_Instrucoes2.VerticalAlignment = 'top';
app.Label_Instrucoes2.FontName = 'Arial';
app.Label_Instrucoes2.Position = [392 142 516 126];
app.Label_Instrucoes2.Text = {'1. Definir a forma de cálculo da potência nominal do sistema fotovoltaico;'; '2. Selecionar
o local de instalação (UF e Município);'; '3. Definir o número total de unidades consumidoras (UC"s) participantes;'; '4. Habilitar
as unidades consumidoras na tabela (Coluna O/I);'; '5. Definir o tipo de ligação da unidade consumidora (encontrada na fatura
de energia elétrica);'; '6. Informe o consumo mensal de eletricidade, em kWh.;'; '7. Confirme os termos propostos (REN
Nº482/2012);'; '8. Pressione o botão "ESTIMAR".;'};
% Create Label_PVGRID
app.Label_PVGRID = uilabel(app.Tab_Apresentacao);
app.Label_PVGRID.FontName = 'Arial';
app.Label_PVGRID.FontSize = 24;
app.Label_PVGRID.FontWeight = 'bold';
app.Label_PVGRID.FontColor = [0.149 0.149 0.149];
app.Label_PVGRID.Position = [300 482 270 30];
app.Label_PVGRID.Text = 'PV GRID - VERSÃO 2.0';
% Create Label_Descricao
app.Label_Descricao = uilabel(app.Tab_Apresentacao);
app.Label_Descricao.FontName = 'Arial';
app.Label_Descricao.Position = [300 358 847 22];
app.Label_Descricao.Text = 'Software desenvolvido no Curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal de
Santa Catarina para obtenção do título de Engenheiro de Energia.';
% Create Label_Universidade
app.Label_Universidade = uilabel(app.Tab_Apresentacao);
app.Label_Universidade.FontName = 'Arial';
app.Label_Universidade.Position = [300 414 341 42];
app.Label_Universidade.Text = {'UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC;'; 'CENTRO DE
CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE - CTS;'; 'NÚCLEO TECNOLÓGICO DE ENERGIA ELÉTRICA - NTEEL;'};
% Create Label_Instrucoes
app.Label_Instrucoes = uilabel(app.Tab_Apresentacao);
app.Label_Instrucoes.VerticalAlignment = 'top';
app.Label_Instrucoes.FontName = 'Arial';
app.Label_Instrucoes.FontWeight = 'bold';
app.Label_Instrucoes.Position = [300 246 88 22];
app.Label_Instrucoes.Text = 'INSTRUÇÕES:;';
% Create Label_Autor
app.Label_Autor = uilabel(app.Tab_Apresentacao);
app.Label_Autor.HorizontalAlignment = 'right';
app.Label_Autor.FontName = 'Arial';
app.Label_Autor.FontWeight = 'bold';
app.Label_Autor.Position = [806 414 93 42];
app.Label_Autor.Text = {'ORIENTADOR: '; '; 'AUTOR: '; ';'};
% Create Label_Autor2
app.Label_Autor2 = uilabel(app.Tab_Apresentacao);
app.Label_Autor2.HorizontalAlignment = 'right';

```

```

app.Label_Autor2.FontName = 'Arial';
app.Label_Autor2.Position = [909 414 184 42];
app.Label_Autor2.Text = {'Prof. Dr. Giuliano Arns Rampinelli'; "; 'Breno Pereira Dela Bruna'};
% Create Label_Objetivo
app.Label_Objetivo = uilabel(app.Tab_Apresentacao);
app.Label_Objetivo.FontName = 'Arial';
app.Label_Objetivo.FontWeight = 'bold';
app.Label_Objetivo.Position = [300 302 70 22];
app.Label_Objetivo.Text = 'OBJETIVO: ';
% Create Label_Objetivo2
app.Label_Objetivo2 = uilabel(app.Tab_Apresentacao);
app.Label_Objetivo2.FontName = 'Arial';
app.Label_Objetivo2.Position = [378 302 754 22];
app.Label_Objetivo2.Text = 'Dimensionar a potência nominal de sistemas fotovoltaicos classificados na modalidade de
geração autoconsumo remoto a nível nacional.';
% Create Button_NTEEL
app.Button_NTEEL = uibutton(app.Tab_Apresentacao, 'push');
app.Button_NTEEL.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_NTEELPushed, true);
app.Button_NTEEL.Icon = 'logo_NTEEL.png';
app.Button_NTEEL.BackgroundColor = [1 1 1];
app.Button_NTEEL.FontColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
app.Button_NTEEL.Position = [32 59 220 211];
app.Button_NTEEL.Text = ";
% Create Button_UFSCCTS
app.Button_UFSCCTS = uibutton(app.Tab_Apresentacao, 'push');
app.Button_UFSCCTS.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_UFSCCTSPushed, true);
app.Button_UFSCCTS.Icon = 'logo_UFSC_CTS.png';
app.Button_UFSCCTS.BackgroundColor = [1 1 1];
app.Button_UFSCCTS.Position = [32 301 220 211];
app.Button_UFSCCTS.Text = ";
% Create Tab_EntradadeDados
app.Tab_EntradadeDados = uitab(app.Window);
app.Tab_EntradadeDados.AutoResizeChildren = 'off';
app.Tab_EntradadeDados.Title = 'ENTRADA DE DADOS';
app.Tab_EntradadeDados.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
app.Tab_EntradadeDados.HandleVisibility = 'callback';
% Create CheckBox_REN482
app.CheckBox_REN482 = uicheckbox(app.Tab_EntradadeDados);
app.CheckBox_REN482.Text = ' Afirmando que todas as UC's acima estão sob mesma titularidade e dentro da mesma
área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada. (conforme REN N°482/2012)';
app.CheckBox_REN482.Position = [35 80 1079 22];
% Create Table_DadosUC
app.Table_DadosUC = uitable(app.Tab_EntradadeDados);
app.Table_DadosUC.ColumnName = {'O/I'; 'Ligação'; 'Janeiro'; 'Fevereiro'; 'Março'; 'Abril'; 'Maio'; 'Junho'; 'Julho';
'Agosto'; 'Setembro'; 'Outubro'; 'Novembro'; 'Dezembro'};
app.Table_DadosUC.ColumnWidth = {40, 100, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70};
app.Table_DadosUC.RowName = {};
app.Table_DadosUC.ColumnEditable = true;
app.Table_DadosUC.ForegroundColor = [0.651 0.651 0.651];
app.Table_DadosUC.Position = [62 106 1039 250];
% Create Label_NumeroUC
app.Label_NumeroUC = uilabel(app.Tab_EntradadeDados);
app.Label_NumeroUC.Position = [66 387 173 22];
app.Label_NumeroUC.Text = 'N° de Unidades Consumidoras: ';
% Create Spinner_NumeroUC
app.Spinner_NumeroUC = uispinner(app.Tab_EntradadeDados);
app.Spinner_NumeroUC.Limits = [1 100];
app.Spinner_NumeroUC.RoundFractionalValues = 'on';
app.Spinner_NumeroUC.ValueDisplayFormat = '%.0f';
app.Spinner_NumeroUC.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app, @Spinner_NumeroUCValueChanged, true);
app.Spinner_NumeroUC.HorizontalAlignment = 'center';
app.Spinner_NumeroUC.Position = [266 387 71 22];
app.Spinner_NumeroUC.Value = 1;
% Create Button_Similar
app.Button_Similar = uibutton(app.Tab_EntradadeDados, 'push');
app.Button_Similar.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_SimilarPushed, true);
app.Button_Similar.BackgroundColor = [0.149 0.149 0.149];
app.Button_Similar.FontSize = 20;
app.Button_Similar.FontWeight = 'bold';
app.Button_Similar.FontColor = [0.9294 0.6902 0.1294];
app.Button_Similar.Position = [62 22 1039 44];
app.Button_Similar.Text = 'SIMILAR';
% Create Box_PotenciaNominalFV

```

```

app.Box_PotenciaNominalFV = uibuttongroup(app.Tab_EntradadeDados);
app.Box_PotenciaNominalFV.AutoResizeChildren = 'off';
app.Box_PotenciaNominalFV.SelectionChangedFcn = createCallbackFcn(app,
@Box_PotenciaNominalFVSelectionChanged, true);
app.Box_PotenciaNominalFV.ForegroundColor = [0.149 0.149 0.149];
app.Box_PotenciaNominalFV.BorderType = 'none';
app.Box_PotenciaNominalFV.Title = 'Potência Nominal do Sistema Fotovoltaico:';
app.Box_PotenciaNominalFV.FontWeight = 'bold';
app.Box_PotenciaNominalFV.Position = [62 423 287 114];
% Create RadioButton_Padiao
app.RadioButton_Padiao = uiradiobutton(app.Box_PotenciaNominalFV);
app.RadioButton_Padiao.Text = 'Baseado no consumo das UC"s';
app.RadioButton_Padiao.Position = [11 60 194 22];
app.RadioButton_Padiao.Value = true;
% Create RadioButton_Usuario
app.RadioButton_Usuario = uiradiobutton(app.Box_PotenciaNominalFV);
app.RadioButton_Usuario.Text = 'Definido pelo usuário [kW]';
app.RadioButton_Usuario.Position = [11 32 165 22];
% Create EditField_EntradaPotenciaFV
app.EditField_EntradaPotenciaFV = uieditfield(app.Box_PotenciaNominalFV, 'numeric');
app.EditField_EntradaPotenciaFV.UpperLimitInclusive = 'off';
app.EditField_EntradaPotenciaFV.Limits = [0.01 Inf];
app.EditField_EntradaPotenciaFV.ValueDisplayFormat = '%.2f';
app.EditField_EntradaPotenciaFV.HorizontalAlignment = 'center';
app.EditField_EntradaPotenciaFV.Enable = 'off';
app.EditField_EntradaPotenciaFV.Position = [176 32 100 22];
app.EditField_EntradaPotenciaFV.Value = 1;
% Create Box_Localizacao
app.Box_Localizacao = uipanel(app.Tab_EntradadeDados);
app.Box_Localizacao.AutoResizeChildren = 'off';
app.Box_Localizacao.ForegroundColor = [0.149 0.149 0.149];
app.Box_Localizacao.BorderType = 'none';
app.Box_Localizacao.Title = 'Localização:';
app.Box_Localizacao.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
app.Box_Localizacao.FontWeight = 'bold';
app.Box_Localizacao.Position = [424 423 301 114];
% Create Label_UF
app.Label_UF = uilabel(app.Box_Localizacao);
app.Label_UF.Position = [13 60 46 22];
app.Label_UF.Text = 'Estado:';
% Create DropDown_UF
app.DropDown_UF = uidropdown(app.Box_Localizacao);
app.DropDown_UF.Items = {};
app.DropDown_UF.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app, @DropDown_UFValueChanged, true);
app.DropDown_UF.Position = [95 60 193 22];
app.DropDown_UF.Value = {};
% Create Label_Municipio
app.Label_Municipio = uilabel(app.Box_Localizacao);
app.Label_Municipio.Position = [13 32 62 22];
app.Label_Municipio.Text = 'Município:';
% Create DropDown_Municipio
app.DropDown_Municipio = uidropdown(app.Box_Localizacao);
app.DropDown_Municipio.Items = {};
app.DropDown_Municipio.Position = [95 32 193 22];
app.DropDown_Municipio.Value = {};
% Create Box_Configuracoes
app.Box_Configuracoes = uipanel(app.Tab_EntradadeDados);
app.Box_Configuracoes.AutoResizeChildren = 'off';
app.Box_Configuracoes.ForegroundColor = [0.149 0.149 0.149];
app.Box_Configuracoes.BorderType = 'none';
app.Box_Configuracoes.Title = 'Configurações avançadas:';
app.Box_Configuracoes.FontWeight = 'bold';
app.Box_Configuracoes.Position = [841 421 260 116];
% Create Label_Numerolteracoes
app.Label_Numerolteracoes = uilabel(app.Box_Configuracoes);
app.Label_Numerolteracoes.HorizontalAlignment = 'right';
app.Label_Numerolteracoes.Position = [8 62 114 22];
app.Label_Numerolteracoes.Text = 'Limite de iterações*.';
% Create Spinner_Numerolteracoes
app.Spinner_Numerolteracoes = uispinner(app.Box_Configuracoes);
app.Spinner_Numerolteracoes.Limits = [1 1000];
app.Spinner_Numerolteracoes.ValueDisplayFormat = '%.0f';
app.Spinner_Numerolteracoes.Position = [175 62 72 22];

```

```

app.Spinner_Numerolteracoes.Value = 100;
% Create Label_VelocidadeProcessamento
app.Label_VelocidadeProcessamento = uilabel(app.Box_Configuracoes);
app.Label_VelocidadeProcessamento.VerticalAlignment = 'top';
app.Label_VelocidadeProcessamento.FontSize = 10;
app.Label_VelocidadeProcessamento.Position = [8 3 200 22];
app.Label_VelocidadeProcessamento.Text = '*Influencia a velocidade de processamento.*';
% Create Label_PR
app.Label_PR = uilabel(app.Box_Configuracoes);
app.Label_PR.HorizontalAlignment = 'right';
app.Label_PR.Position = [8 34 154 22];
app.Label_PR.Text = 'Razão de performance (Pr)';
% Create Spinner_PR
app.Spinner_PR = uispinner(app.Box_Configuracoes);
app.Spinner_PR.Step = 0.01;
app.Spinner_PR.Limits = [0.5 1];
app.Spinner_PR.ValueDisplayFormat = '%.2f';
app.Spinner_PR.Position = [175 34 72 22];
app.Spinner_PR.Value = 0.8;
% Create Tab_Resultados
app.Tab_Resultados = uitab(app.Window);
app.Tab_Resultados.AutoResizeChildren = 'off';
app.Tab_Resultados.Title = 'RESULTADOS';
app.Tab_Resultados.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
% Create Label_Localizacao
app.Label_Localizacao = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Localizacao.Position = [15 502 72 22];
app.Label_Localizacao.Text = 'Localização';
% Create Label_Localizacao2
app.Label_Localizacao2 = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Localizacao2.FontWeight = 'bold';
app.Label_Localizacao2.Position = [236 502 358 22];
app.Label_Localizacao2.Text = '<Localização>';
% Create Label_TipodeLigacao
app.Label_TipodeLigacao = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_TipodeLigacao.Position = [15 419 90 22];
app.Label_TipodeLigacao.Text = 'Tipo de ligação';
% Create Label_PotenciaNominal
app.Label_PotenciaNominal = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_PotenciaNominal.Position = [15 398 103 22];
app.Label_PotenciaNominal.Text = 'Potência Nominal';
% Create Label_ProdutividadeFV
app.Label_ProdutividadeFV = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_ProdutividadeFV.Position = [15 377 215 22];
app.Label_ProdutividadeFV.Text = 'Produtividade do Sistema Fotovoltaico';
% Create Label_AreaNecessaria
app.Label_AreaNecessaria = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_AreaNecessaria.Position = [15 356 100 22];
app.Label_AreaNecessaria.Text = 'Área necessária';
% Create Label_TipodeLigacao2
app.Label_TipodeLigacao2 = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_TipodeLigacao2.FontWeight = 'bold';
app.Label_TipodeLigacao2.Position = [236 419 210 22];
app.Label_TipodeLigacao2.Text = '<Ligação>';
% Create Label_Potencia
app.Label_Potencia = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Potencia.FontWeight = 'bold';
app.Label_Potencia.Position = [236 398 210 22];
app.Label_Potencia.Text = '<Potência>';
% Create Label_Produtividade
app.Label_Produtividade = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Produtividade.FontWeight = 'bold';
app.Label_Produtividade.Position = [236 377 210 22];
app.Label_Produtividade.Text = '<Produtividade>';
% Create Label_AreaNecessaria2
app.Label_AreaNecessaria2 = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_AreaNecessaria2.FontWeight = 'bold';
app.Label_AreaNecessaria2.Position = [236 356 210 22];
app.Label_AreaNecessaria2.Text = '<Área>';
% Create Label_Informacao
app.Label_Informacao = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Informacao.FontSize = 10;
app.Label_Informacao.FontAngle = 'italic';

```

```

app.Label_Informacao.Position = [15 22 299 22];
app.Label_Informacao.Text = " Estimativas baseadas em um módulo fotovoltaico de referência.";
% Create Label_IrradiacaoSolar
app.Label_IrradiacaoSolar = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_IrradiacaoSolar.Position = [15 440 199 22];
app.Label_IrradiacaoSolar.Text = 'Irradiação Solar Média Diária Anual.';
% Create Label_Latitude2
app.Label_Latitude2 = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Latitude2.Position = [15 482 52 22];
app.Label_Latitude2.Text = 'Latitude:.';
% Create Label_Longitude2
app.Label_Longitude2 = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Longitude2.Position = [15 461 62 22];
app.Label_Longitude2.Text = 'Longitude:.';
% Create Label_IrradiacaoSolar2
app.Label_IrradiacaoSolar2 = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_IrradiacaoSolar2.FontWeight = 'bold';
app.Label_IrradiacaoSolar2.Position = [236 440 210 22];
app.Label_IrradiacaoSolar2.Text = '<Irradiação>';
% Create Label_Longitude
app.Label_Longitude = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Longitude.FontWeight = 'bold';
app.Label_Longitude.Position = [236 461 210 22];
app.Label_Longitude.Text = '<Longitude>';
% Create Label_Latitude
app.Label_Latitude = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Latitude.FontWeight = 'bold';
app.Label_Latitude.Position = [236 482 210 22];
app.Label_Latitude.Text = '<Latitude>';
% Create Table_Irradiacao
app.Table_Irradiacao = uitable(app.Tab_Resultados);
app.Table_Irradiacao.ColumnName = {'Janeiro'; 'Fevereiro'; 'Março'; 'Abril'; 'Maio'; 'Junho'; 'Julho'; 'Agosto'; 'Setembro';
'Outubro'; 'Novembro'; 'Dezembro'; 'ANUAL'};
app.Table_Irradiacao.ColumnWidth = {70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 90};
app.Table_Irradiacao.RowName = {};
app.Table_Irradiacao.FontName = 'Arial';
app.Table_Irradiacao.Position = [142 275 953 46];
% Create Label_Irradiacao
app.Label_Irradiacao = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Irradiacao.FontColor = [0.502 0.502 0.502];
app.Label_Irradiacao.Position = [15 275 128 22];
app.Label_Irradiacao.Text = 'Irradiação* [Wh/m².dia]';
% Create Box_ResultadosUC
app.Box_ResultadosUC = uipanel(app.Tab_Resultados);
app.Box_ResultadosUC.AutoResizeChildren = 'off';
app.Box_ResultadosUC.ForegroundColor = [0.149 0.149 0.149];
app.Box_ResultadosUC.Title = 'RESULTADOS POR UNIDADE CONSUMIDORA';
app.Box_ResultadosUC.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
app.Box_ResultadosUC.FontWeight = 'bold';
app.Box_ResultadosUC.Position = [15 52 1131 200];
% Create Table_SaidaDadosUC
app.Table_SaidaDadosUC = uitable(app.Box_ResultadosUC);
app.Table_SaidaDadosUC.ColumnName = {'Janeiro'; 'Fevereiro'; 'Março'; 'Abril'; 'Maio'; 'Junho'; 'Julho'; 'Agosto';
'Setembro'; 'Outubro'; 'Novembro'; 'Dezembro'; 'ANUAL'};
app.Table_SaidaDadosUC.ColumnWidth = {70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 70, 90};
app.Table_SaidaDadosUC.RowName = {};
app.Table_SaidaDadosUC.FontName = 'Arial';
app.Table_SaidaDadosUC.Position = [116 18 953 122];
% Create Label_Consumo
app.Label_Consumo = uilabel(app.Box_ResultadosUC);
app.Label_Consumo.HorizontalAlignment = 'right';
app.Label_Consumo.FontColor = [0.502 0.502 0.502];
app.Label_Consumo.Position = [9 102 101 22];
app.Label_Consumo.Text = 'Consumo [kWh]';
% Create Label_Gerado
app.Label_Gerado = uilabel(app.Box_ResultadosUC);
app.Label_Gerado.HorizontalAlignment = 'right';
app.Label_Gerado.FontColor = [0.502 0.502 0.502];
app.Label_Gerado.Position = [9 84 101 22];
app.Label_Gerado.Text = 'Geração [kWh]';
% Create Label_Credito
app.Label_Credito = uilabel(app.Box_ResultadosUC);
app.Label_Credito.HorizontalAlignment = 'right';

```

```

app.Label_Credito.FontColor = [0.502 0.502 0.502];
app.Label_Credito.Position = [9 66 101 22];
app.Label_Credito.Text = 'Crédito [kWh]';
% Create Label_Faturado
app.Label_Faturado = uilabel(app.Box_ResultadosUC);
app.Label_Faturado.HorizontalAlignment = 'right';
app.Label_Faturado.FontColor = [0.502 0.502 0.502];
app.Label_Faturado.Position = [9 48 101 22];
app.Label_Faturado.Text = 'Faturado [kWh]';
% Create Label_Acumulado
app.Label_Acumulado = uilabel(app.Box_ResultadosUC);
app.Label_Acumulado.HorizontalAlignment = 'right';
app.Label_Acumulado.FontColor = [0.502 0.502 0.502];
app.Label_Acumulado.Position = [9 30 101 22];
app.Label_Acumulado.Text = 'Acumulado [kWh]';
% Create Label_PercentualExcedente
app.Label_PercentualExcedente = uilabel(app.Box_ResultadosUC);
app.Label_PercentualExcedente.HorizontalAlignment = 'right';
app.Label_PercentualExcedente.Position = [297 150 187 22];
app.Label_PercentualExcedente.Text = 'Percentual de excedente alocado:.';
% Create Label_Excedente
app.Label_Excedente = uilabel(app.Box_ResultadosUC);
app.Label_Excedente.BackgroundColor = [0.9412 0.9412 0.9412];
app.Label_Excedente.FontWeight = 'bold';
app.Label_Excedente.Position = [493 150 219 22];
app.Label_Excedente.Text = '<Percentual>';
% Create Label_ID
app.Label_ID = uilabel(app.Box_ResultadosUC);
app.Label_ID.Position = [113 150 25 22];
app.Label_ID.Text = 'ID:.';
% Create Spinner_ID
app.Spinner_ID = uispinner(app.Box_ResultadosUC);
app.Spinner_ID.Limits = [1 Inf];
app.Spinner_ID.RoundFractionalValues = 'on';
app.Spinner_ID.ValueDisplayFormat = '%.0f';
app.Spinner_ID.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app, @Spinner_IDValueChanged, true);
app.Spinner_ID.Editable = 'off';
app.Spinner_ID.HorizontalAlignment = 'center';
app.Spinner_ID.Position = [137 150 80 22];
app.Spinner_ID.Value = 1;
% Create Window_Graficos
app.Window_Graficos = uitabgroup(app.Tab_Resultados);
app.Window_Graficos.AutoResizeChildren = 'off';
app.Window_Graficos.TabLocation = 'right';
app.Window_Graficos.Position = [612 330 531 231];
% Create Tab_RecursoSolar
app.Tab_RecursoSolar = uitab(app.Window_Graficos);
app.Tab_RecursoSolar.AutoResizeChildren = 'off';
app.Tab_RecursoSolar.Title = 'Recurso Solar';
% Create Grafico_Irradiacao
app.Grafico_Irradiacao = uiaxes(app.Tab_RecursoSolar);
title(app.Grafico_Irradiacao, 'Irradiação Solar Média Diária Mensal* [kWh/m².dia]')
app.Grafico_Irradiacao.PlotBoxAspectRatio = [1 0.463667820069204 0.463667820069204];
app.Grafico_Irradiacao.FontName = 'Arial';
app.Grafico_Irradiacao.FontSize = 11;
app.Grafico_Irradiacao.YGrid = 'on';
app.Grafico_Irradiacao.Position = [17 12 395 211];
% Create Tab_GeracaoConsumo
app.Tab_GeracaoConsumo = uitab(app.Window_Graficos);
app.Tab_GeracaoConsumo.AutoResizeChildren = 'off';
app.Tab_GeracaoConsumo.Title = 'Geração Total';
% Create Grafico_GeracaoConsumo
app.Grafico_GeracaoConsumo = uiaxes(app.Tab_GeracaoConsumo);
title(app.Grafico_GeracaoConsumo, 'Consumo e Geração Total')
app.Grafico_GeracaoConsumo.FontSize = 11;
app.Grafico_GeracaoConsumo.YGrid = 'on';
app.Grafico_GeracaoConsumo.Position = [17 12 395 211];
% Create Tab_ConsumoID
app.Tab_ConsumoID = uitab(app.Window_Graficos);
app.Tab_ConsumoID.AutoResizeChildren = 'off';
app.Tab_ConsumoID.Title = 'Consumo ID';
% Create Grafico_ConsumoID
app.Grafico_ConsumoID = uiaxes(app.Tab_ConsumoID);

```

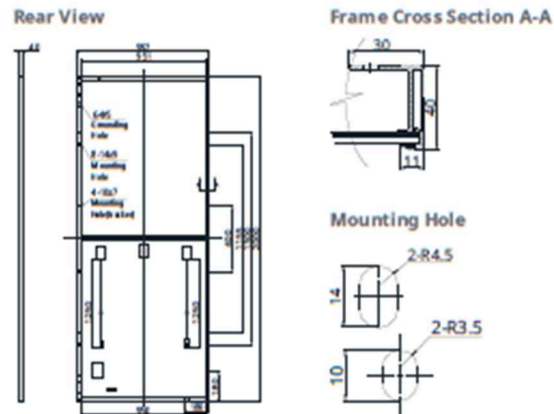
```

title(app.Grafico_ConsumoID, 'Consumo X Geração: UC ')
app.Grafico_ConsumoID.FontSize = 11;
app.Grafico_ConsumoID.YGrid = 'on';
app.Grafico_ConsumoID.Position = [17 12 395 211];
% Create Tab_ExcedenteAlocado
app.Tab_ExcedenteAlocado = uitab(app.Window_Graficos);
app.Tab_ExcedenteAlocado.AutoResizeChildren = 'off';
app.Tab_ExcedenteAlocado.Title = 'Excedente Total';
% Create Grafico_ExcedenteAlocado
app.Grafico_ExcedenteAlocado = uiaxes(app.Tab_ExcedenteAlocado);
title(app.Grafico_ExcedenteAlocado, 'Excedente alocado para cada UC [%]')
app.Grafico_ExcedenteAlocado.FontSize = 11;
app.Grafico_ExcedenteAlocado.YGrid = 'on';
app.Grafico_ExcedenteAlocado.Position = [17 12 395 211];
% Create Label_Anotacao
app.Label_Anotacao = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_Anotacao.FontSize = 10;
app.Label_Anotacao.FontAngle = 'italic';
app.Label_Anotacao.Position = [15 4 173 22];
app.Label_Anotacao.Text = '* Irradiação solar no plano inclinado.';
% Create Label_LocaldeInstalacao
app.Label_LocaldeInstalacao = uilabel(app.Tab_Resultados);
app.Label_LocaldeInstalacao.FontWeight = 'bold';
app.Label_LocaldeInstalacao.FontColor = [0.149 0.149 0.149];
app.Label_LocaldeInstalacao.Position = [15 531 152 22];
app.Label_LocaldeInstalacao.Text = 'LOCAL DE INSTALAÇÃO:;
% Create Button_ExportarRelatorio
app.Button_ExportarRelatorio = uibutton(app.Tab_Resultados, 'push');
app.Button_ExportarRelatorio.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Button_ExportarRelatorioPushed, true);
app.Button_ExportarRelatorio.Position = [881 13 190 22];
app.Button_ExportarRelatorio.Text = 'EXPORTAR RELATÓRIO';
% Create DropDown_FormatoRelatorio
app.DropDown_FormatoRelatorio = uidropdown(app.Tab_Resultados);
app.DropDown_FormatoRelatorio.Items = {'PDF', 'HTML'};
app.DropDown_FormatoRelatorio.Position = [1082 13 61 22];
app.DropDown_FormatoRelatorio.Value = 'PDF';
end
end
methods (Access = public)
% Construct app
function app = PVGrid_V2_02112019
% Create and configure components
createComponents(app)
% Register the app with App Designer
registerApp(app, app.PVGRIDV2)
% Execute the startup function
runStartupFcn(app, @startupFcn)
if nargin == 0
clear app
end
end
% Code that executes before app deletion
function delete(app)
% Delete UIFigure when app is deleted
delete(app.PVGRIDV2)
end
end
end
end

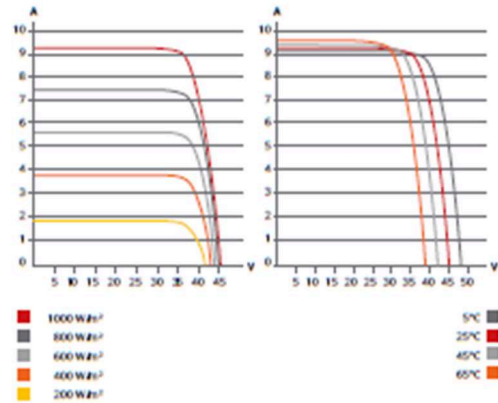
```

APÊNDICE B – Especificações técnicas de um módulo fotovoltaico

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3U-325P / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS3U	330P	335P	340P	345P
Nominal Max. Power (Pmax)	330 W	335 W	340 W	345 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.0 V	38.2 V	38.4 V	38.6 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.69 A	8.77 A	8.86 A	8.94 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.5 V	45.7 V	45.9 V	46.1 V
Short Circuit Current (Isc)	9.20 A	9.28 A	9.36 A	9.44 A
Module Efficiency	16.63%	16.89%	17.14%	17.39%
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	30 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.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 156.75 × 78.38 mm
Cell Arrangement	144 [2 × (12 × 6)]
Dimensions	2000 × 992 × 40 mm (78.7 × 39.1 × 1.57 in)
Weight	22.6 kg (49.8 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 diodes
Cable	4.0 mm ² & 12 AWG
Cable Length	1670 mm (65.7 in)
Connector	T4 (IEC / UL)
Per Pallet	27 pieces
Per Container (40' HQ)	594 pieces

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS3U	330P	335P	340P	345P
Nominal Max. Power (Pmax)	243 W	247 W	250 W	254 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	34.6 V	34.8 V	35.0 V	35.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.03 A	7.10 A	7.15 A	7.22 A
Open Circuit Voltage (Voc)	42.3 V	42.5 V	42.7 V	42.9 V
Short Circuit Current (Isc)	7.42 A	7.49 A	7.55 A	7.62 A

*Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.39 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.31 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	43±2 °C

PARTNER SECTION



The aforesaid datasheet only provides the general information on Canadian Solar products and, due to the on-going innovation and improvement, please always contact your local Canadian Solar sales representative for the updated information on specifications, key features and certification requirements of Canadian Solar products in your region.

Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read this safety and installation instructions before using our PV modules.

CANADIAN SOLAR (USA) INC. August 2017 | All rights reserved | PV Module Product Datasheet V5.552_E1_NA
3000 Oak Road, Suite 400, Walnut Creek, CA 94597, USA | www.canadiansolar.com/na | sales.us@canadiansolar.com