

The background of the slide features a close-up, slightly blurred view of a desk. In the foreground, a black calculator is visible, showing its keypad with various function keys like 'MU', 'M+', 'M-', 'MR', 'AC', and numeric keys. Behind the calculator, a black pen with a silver clip lies on a light-colored notebook. The overall scene is dimly lit, creating a professional and academic atmosphere.

Aula 4: Dimensionamento (parte 2)

Passo 3 – Arranjo fotovoltaico

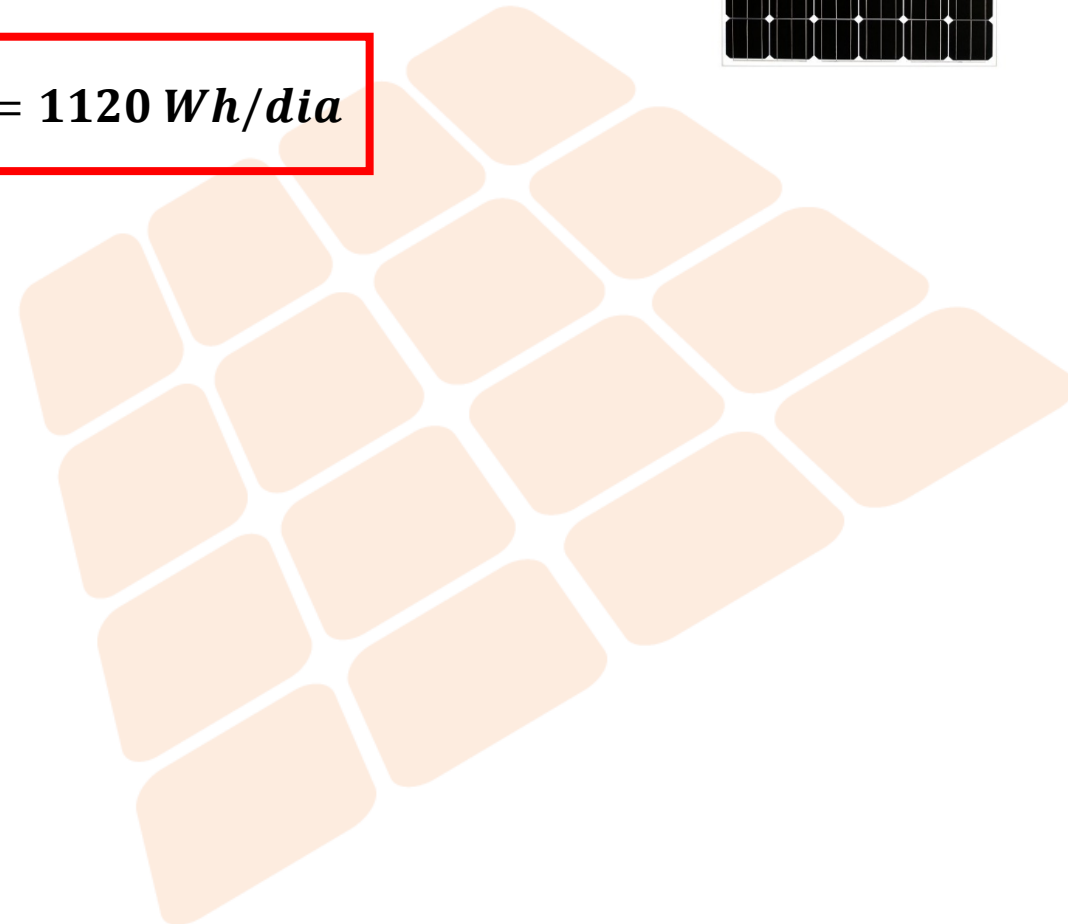
Primeiramente, deve-se saber que tipo de controlador de carga será utilizado:

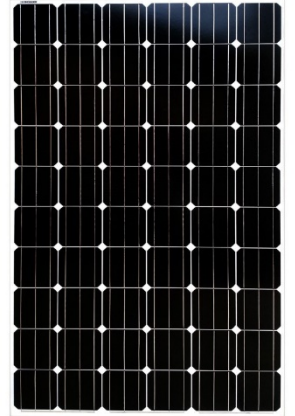
$$E_p = ER \Rightarrow \text{Controlador de carga COM MPPT} \Rightarrow E_p = 1008 \text{ Wh/dia}$$

$$E_p = \frac{ER}{0,9} \Rightarrow \text{Controlador de carga SEM MPPT} \Rightarrow E_p = 1120 \text{ Wh/dia}$$

Qual a quantidade de corrente que o arranjo deverá fornecer?

$$I_p = \frac{E_p}{V_i} = \frac{1120}{24} \cong 47 \text{ Ah/dia}$$





Passo 3 – Arranjo fotovoltaico

Irradiação solar

São Paulo => Latitude = 23,55° Sul e Longitude = 46,64° Oeste

Ângulo ideal:

$$\beta = lat + \frac{lat}{4} = 23,55 + \frac{23,55}{4} = 29,39^\circ$$

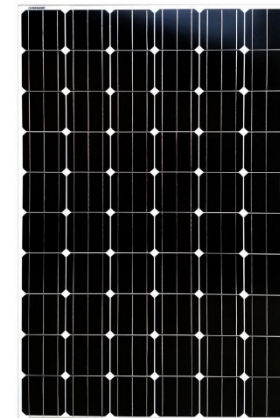
30	0,88	0,95	1,05	1,15	1,22	1,22	1,18	1,12	1,04	0,95	0,88	0,86
----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,22	5,48	4,70	4,14	3,42	3,17	3,24	4,20	4,24	4,76	5,14	5,69	4,45	2,52
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	24° N	4,72	5,22	4,83	4,70	4,24	4,13	4,12	4,99	4,50	4,64	4,70	5,05	4,65	1,09
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	21° N	4,81	5,28	4,85	4,66	4,16	4,04	4,04	4,93	4,50	4,69	4,79	5,16	4,66	1,24
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	34° N	4,37	4,93	4,71	4,75	4,41	4,37	4,33	5,13	4,45	4,43	4,38	4,63	4,57	,80

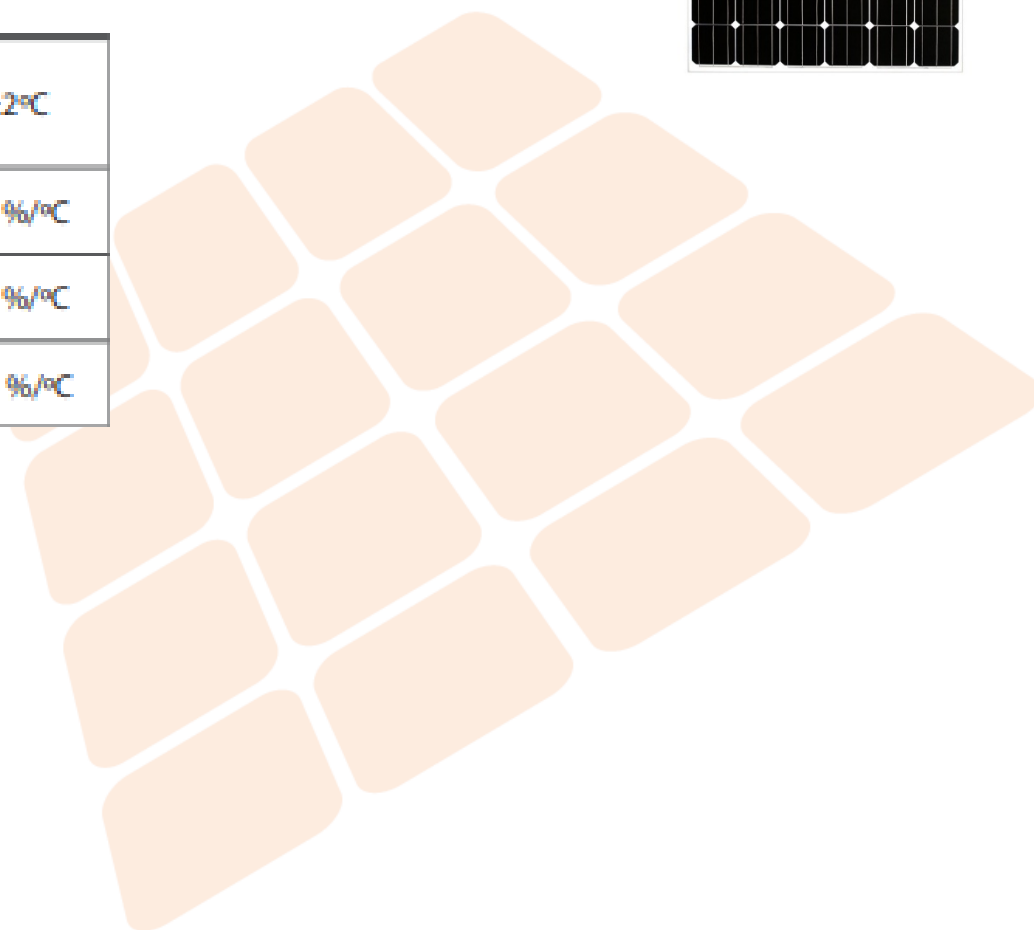
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Irradiação 0°		5,22	5,48	4,70	4,14	3,42	3,17	3,24	4,20	4,24	4,76	5,14	5,69	4,45
Fator correção 30°	x	0,88	0,95	1,05	1,15	1,22	1,22	1,18	1,12	1,04	0,95	0,88	0,86	-
Irradiação corrigida	=	4,59	5,20	4,93	4,76	4,17	3,86	4,82	4,70	4,41	4,52	4,52	4,89	-

Passo 3 – Arranjo fotovoltaico

Modelo escolhido:



SPECIFICATION CATEGORIES		Md Poly	Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C
		STP050D -12/MEA	Temp. coefficient of Pmax	-0.47 %/°C
TRICAL CHARACTERISTICS	Open-Circuit Voltage (Voc)	21.8V	Temp. coefficient of Voc	-0.34 %/°C
	Optimum Operating Voltage (Vmp)	17.4V	Temp. coefficient of Isc	0.045 %/°C
	Short-Circuit Current (Isc)	3.13 A		
	Optimum Operating Current (Imp)	2.93 A		
	Maximum Power at STC (Pmax)	50 Wp		
	Operating Temperature	-40°C to +85°C		



Passo 3 – Arranjo fotovoltaico

Calculando Wp' , Vmp' , Isc' e Voc' :

$$T_{calc, Wp'} = T_{amb} + (\Delta t^\circ - T_{ref})$$

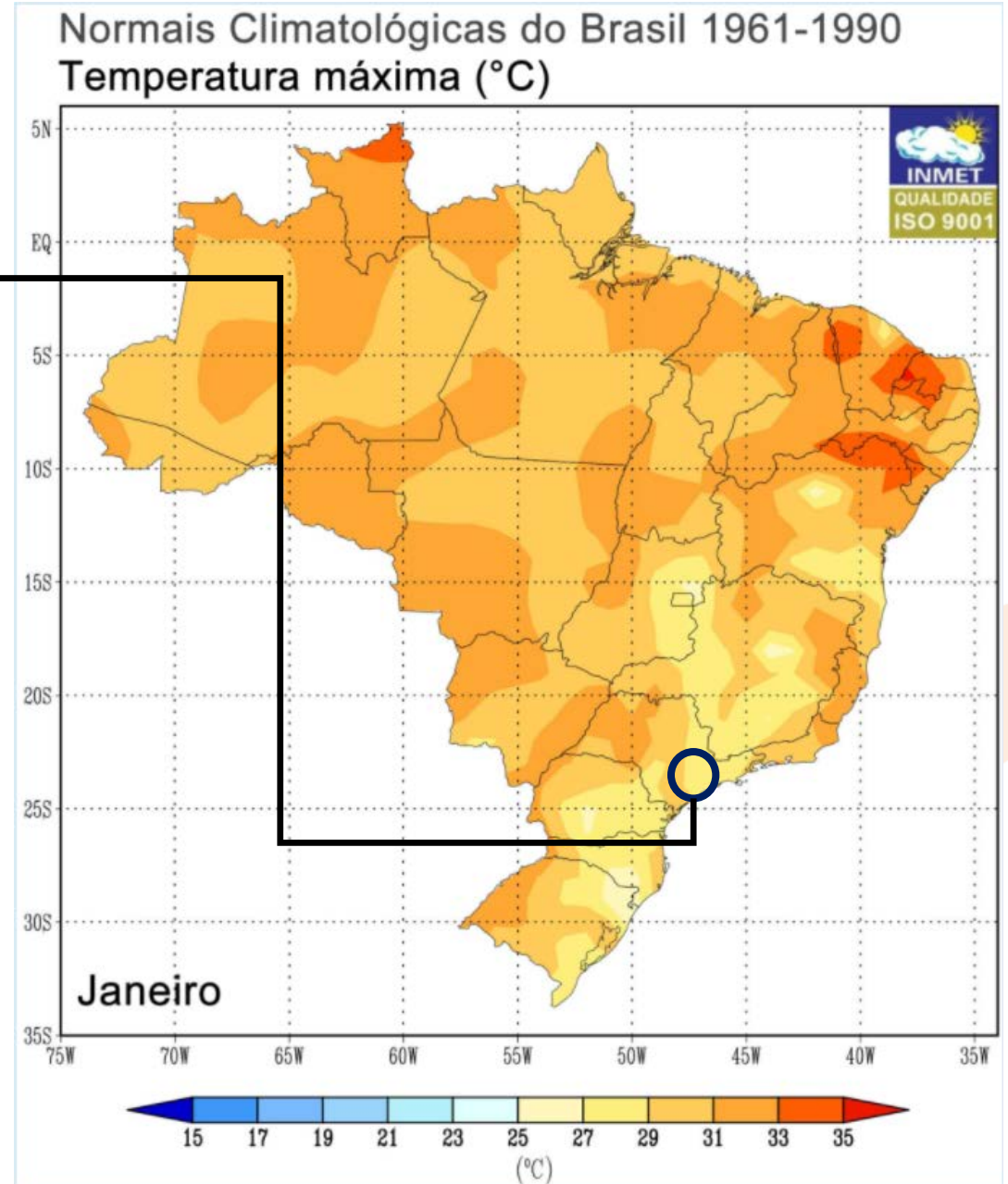
$$T_{calc, Wp'} = 28 + (22 - 25) = 25^\circ\text{C}$$

$$T_{calc, Isc, max} = 60^\circ\text{C}$$

$$T_{calc, Voc, max} = T_{amb} + \Delta t^\circ - T_{ref}$$

$$T_{calc, Voc, max} = 0 + 0 - 25 = -25^\circ\text{C}$$

28 °C ←



INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Temperatura de cálculo para tensão máxima de curto circuito

ELECTRICAL DATA | STC*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	315 W	320 W	325 W	330 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.61 A	8.69 A	8.78 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.1 V	45.3 V	45.5 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.18 A	9.26 A	9.34 A	9.45 A
Module Efficiency	16.20%	16.46%	16.72%	16.97%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			

Para o cálculo do *Voc,max* e utiliza-se um valor de T_{amb} internacionalmente aceito de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esse valor provém de estudos que determinaram a temperatura média da célula fotovoltaica durante a incidência dos primeiros raios solares durante a manhã. Como durante esse período as células estão iniciando seu trabalho, não há diferença de temperatura entre o meio ambiente e as células, logo utiliza-se um $\Delta t^{\circ} = 0$

$$T_{calc, Voc, max} = T_{amb} + \Delta t^{\circ} - T_{ref}$$

$$T_{calc, Voc, max} = -10 + 0 - 25 = -35^{\circ}\text{C}$$

Valor convencional



INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Temperatura de cálculo para tensão mínima de operação e corrente máxima de curto circuito

ELECTRICAL DATA | STC*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Nominal Max. Power (Pmax)	315 W	320 W	325 W	330 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	36.6 V	36.8 V	37.0 V	37.2 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.61 A	8.69 A	8.78 A	8.88 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.1 V	45.3 V	45.5 V	45.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.18 A	9.26 A	9.34 A	9.45 A
Module Efficiency	16.20%	16.46%	16.72%	16.97%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C			

Para o cálculo do $V_{mp,min}$ e $I_{sc,max}$ utiliza-se a máxima temperatura de operação do módulo fotovoltaico (normalmente 85 °C). Essa temperatura corresponde à **temperatura real de operação das células fotovoltaicas** ($T_{real} = T_{amb} + \Delta t$ °)

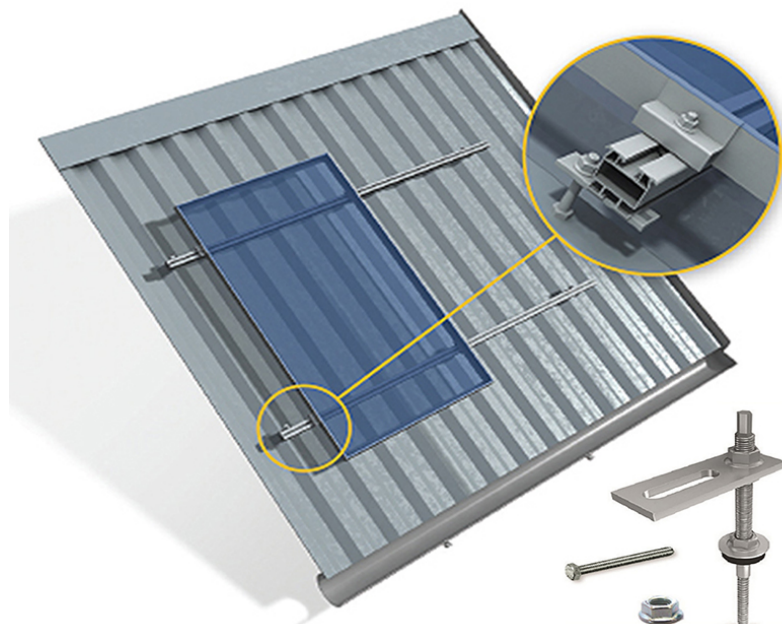
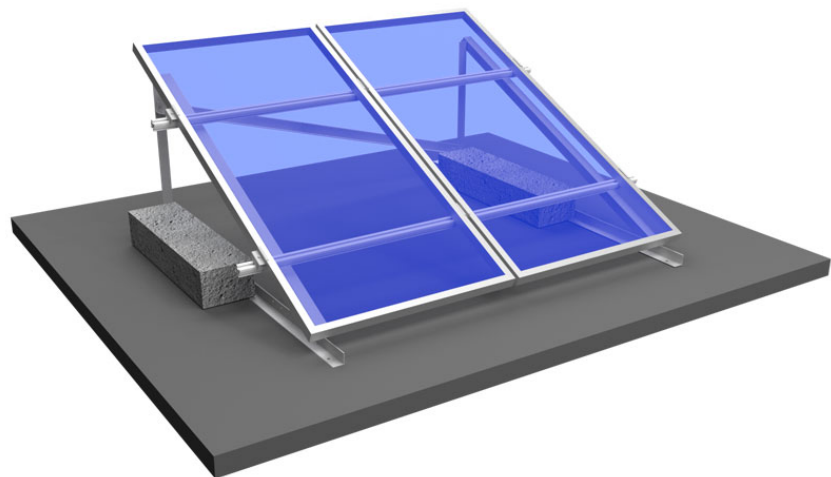
$$T_{calc, V_{mp, min}} = T_{amb} + \Delta t - T_{ref}$$

$$T_{calc, V_{mp, min}} = 85 - 25 = 60^{\circ}\text{C}$$

$$T_{calc, I_{sc, max}} = 85 - 25 = 60^{\circ}\text{C}$$

Valores convencionados ←

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS



Influência dos tipos de fixação na temperatura de operação dos módulos

Tipo de Fixação	Δt médio
Estrutura totalmente elevada (solo)	+22°C
Laje ou telhado (com espaço/inclinação)	+28°C
Sobre o telhado (com ventilação)	+29°C
Sobre o telhado (sem ventilação)	+32°C

Passo 3 – Arranjo fotovoltaico

Calculando Wp' , Vmp' , Isc' e Voc' :

$$Wp' = \frac{100 + (L^{\circ}C_{wp} * T_{calc}, Wp')}{100} * Wp$$

$$Wp' = \frac{100 + (-0,47 * 25)}{100} * 50 = 44,125W$$

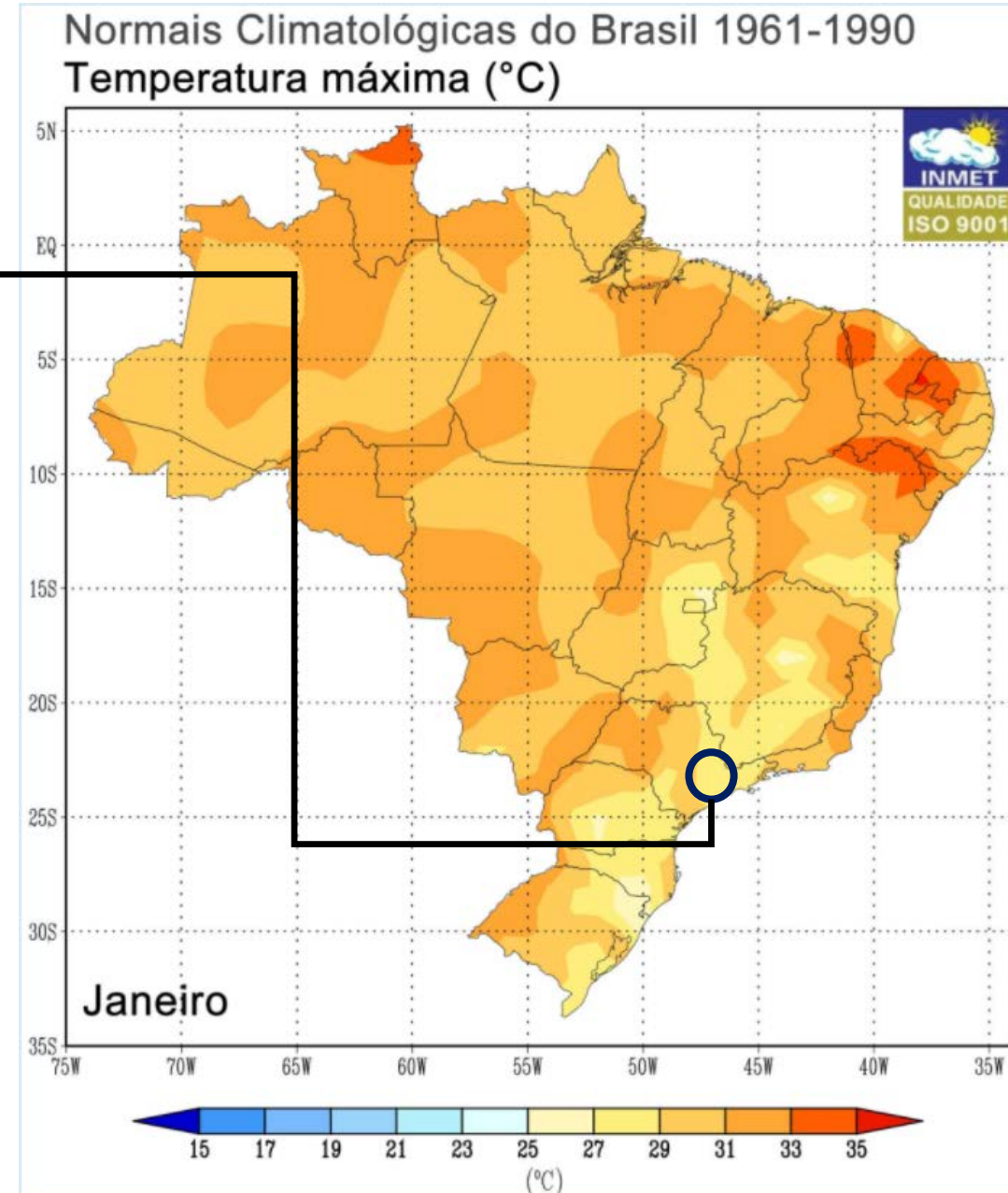
$$Isc' = \frac{100 + (L^{\circ}C_{isc} * T_{calc}, Isc, max)}{100} * Isc$$

$$Isc' = \frac{100 + (0,045 * 60)}{100} * 3,13 = 3,21A$$

$$Voc' = \frac{100 + (L^{\circ}C_{voc} * T_{calc}, Voc, max)}{100} * Voc$$

$$Voc' = \frac{100 + (-0,34 * -25)}{100} * 21,8 = 23,65V$$

28 °C ←



Passo 3 – Arranjo fotovoltaico

Calculando a quantidade de módulos:

A quantidade de módulos em série (m_s) depende da tensão nominal V_{mp} . A tensão fornecida pelo painel deve ser **50% maior do que a tensão do banco de baterias (V_i)**, portanto:

$$m_s = \frac{1,5 * V_i}{V_{mp}} = \frac{1,5 * 24}{17,4} \cong 2$$

A quantidade de módulos em paralelo (m_p) depende da quantidade de corrente que o arranjo fotovoltaico deve fornecer (I_p) em Ah dividido pela quantidade de corrente que cada painel conseguirá fornecer (I_{mp}') em Ah **no pior mês ($I_{md,min}$)**:

$$I_{mp}' = I_{mp} * I_{md,min} = 2,93 * 3,86 = 11,31 \text{ Ah/dia}$$

$$m_p = \frac{I_p}{I_{mp}'} = \frac{47}{11,31} = 4,15 \Rightarrow 5$$

$$N_m = m_s * m_p = 10 \text{ módulos}$$

Total = 10 módulos (5 fileiras de 2 módulos)

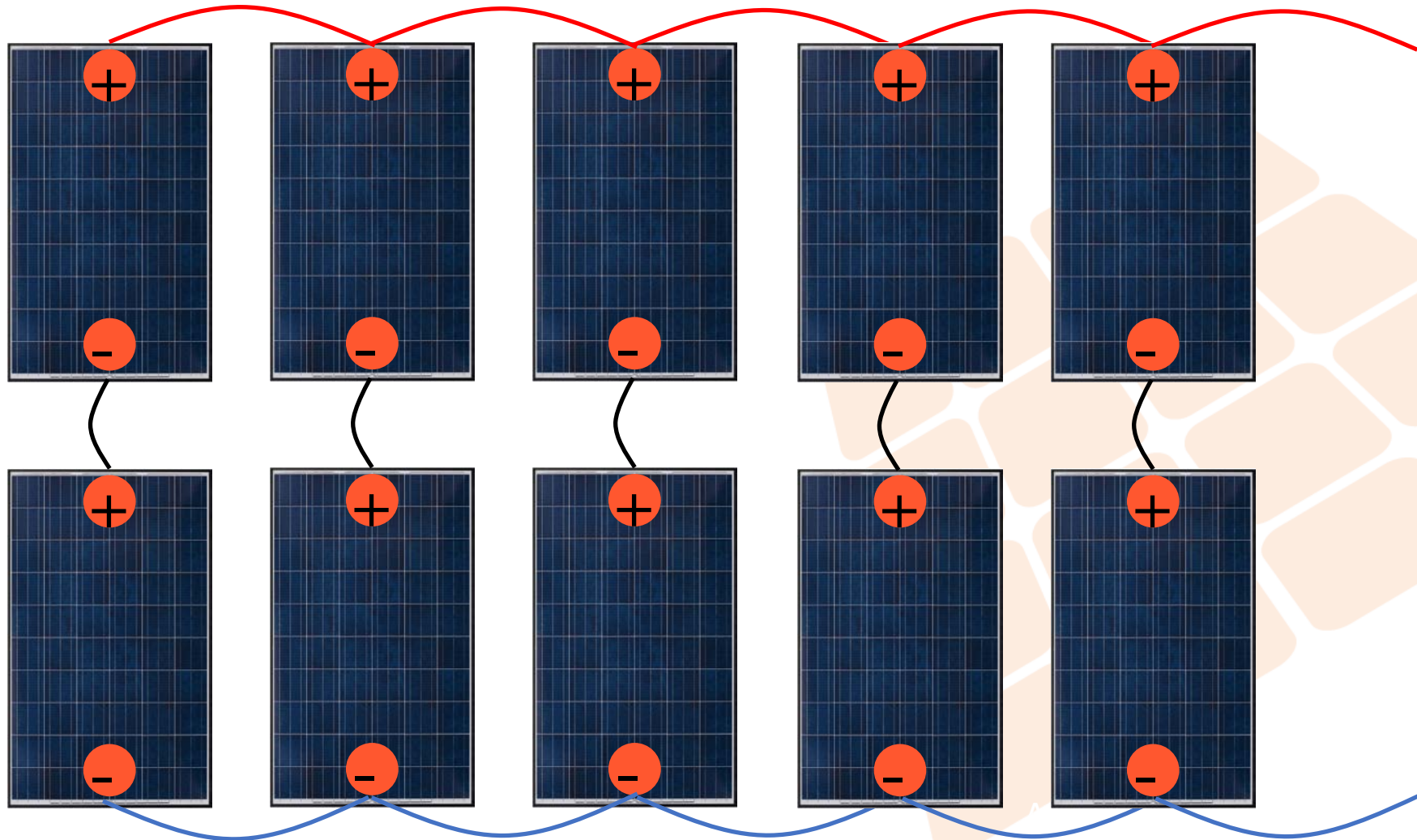


ZC ENERGIA SISTEMAS OFF-GRID: DIMENSIONAMENTO

SOLUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Passo 3 – Arranjo fotovoltaico

A configuração dos arranjos fotovoltaicos fica da seguinte maneira:



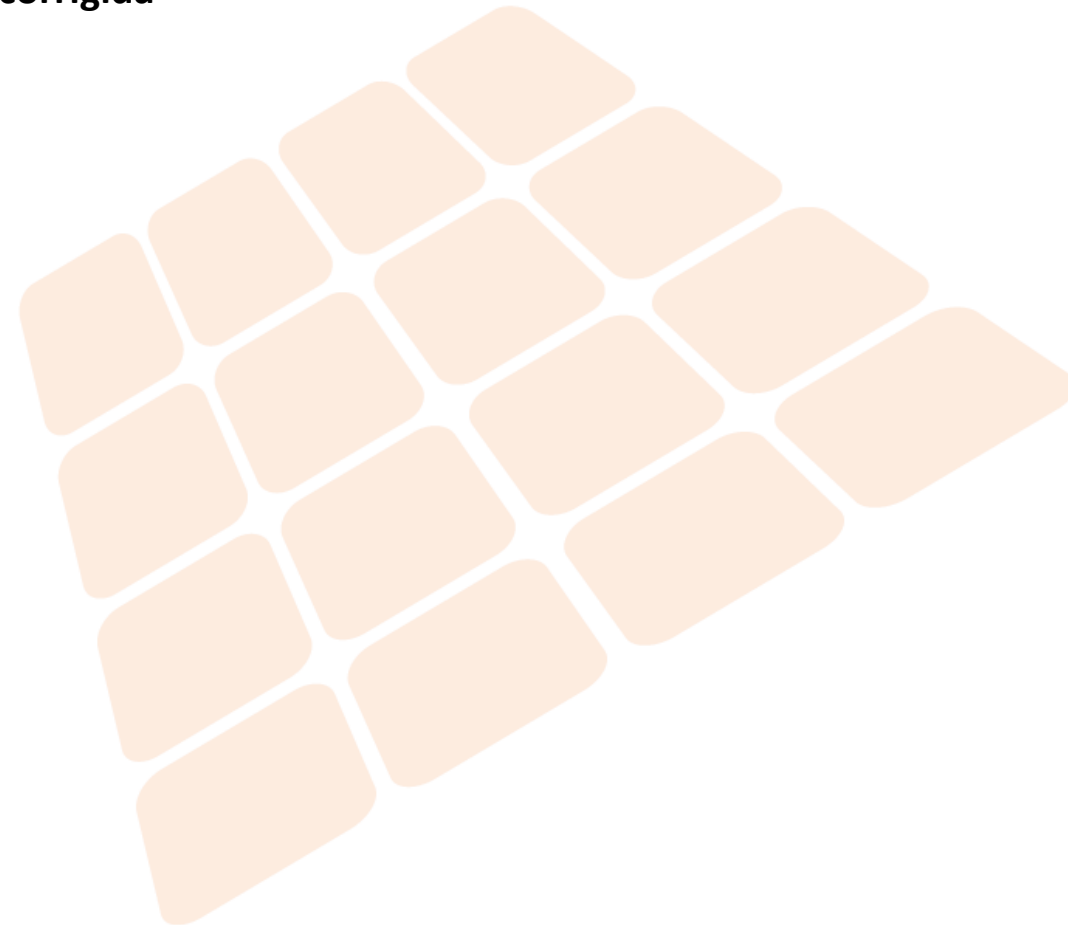
Passo 4 – Dispositivos de Controle

Para a escolha do controlador de carga, deve-se considerar:

O controlador de carga deve suportar a corrente de entrada do arranjo fotovoltaico com **pelo menos 25% de folga**, ou seja, a corrente de entrada do controlador de carga deve ser **25% maior do que a corrente de curto-circuito total e corrigida ($I_{sc}'_{total}$)** do arranjo fotovoltaico:

$$I_{sc}'_{total} = 5 * I_{sc}' \cong 16A$$

$$I_e = 1,25 * I_{sc}'_{total} \cong 20A$$



Passo 4 – Dispositivos de Controle

Para a escolha do controlador de carga, deve-se considerar:

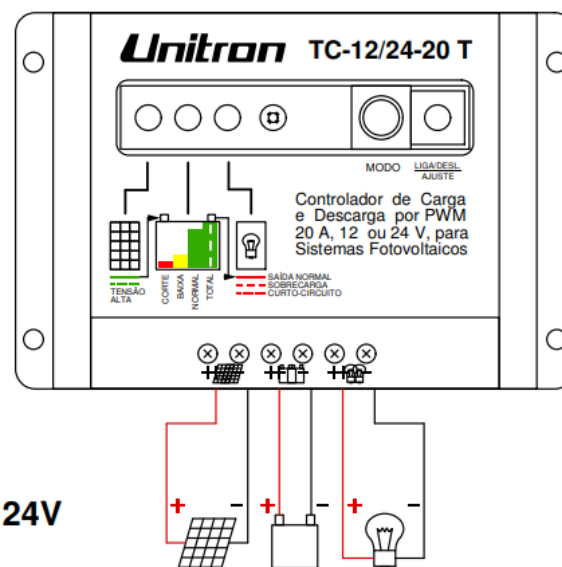
A tensão nominal do controlador de carga deve ser igual a tensão do banco de baterias, ou seja, **24V**. Assim, escolhe-se o modelo (SEM MPPT):

Características:

1. A seleção de tensão do sistema é automática
2. A capacidade do controlador não deve ser excedida:
 - Máxima corrente do painel solar = 20A
 - Máxima corrente na saída = 20A
3. A saída pode ser utilizada enquanto a bateria está sendo carregada (utilização simultânea como controlador de carga e controlador de descarga)

Especificações Técnicas:

	12V	24V
Corrente máxima do painel solar	20A	20A
Corrente máxima na saída	20A	20A
Sobrecarga de 25%	1 min.	1 min.
Desconexão por tensão baixa (LVD)	11,1V	22,2V
Reconexão (LVR)	12,6V	25,2V
Tensão de equalização (30 minutos)	14,6V	29,2V
Carga intensa ("Bulk") (30 minutos)	14,4V	28,8V
Tensão de flutuação	13,6V	27,2V
Compensação por temperatura	-30mV/°C	-60mV/°C
Temperatura ambiente	-35 a +55°C	-35 a +55°C



Passo 4 – Dispositivos de Controle

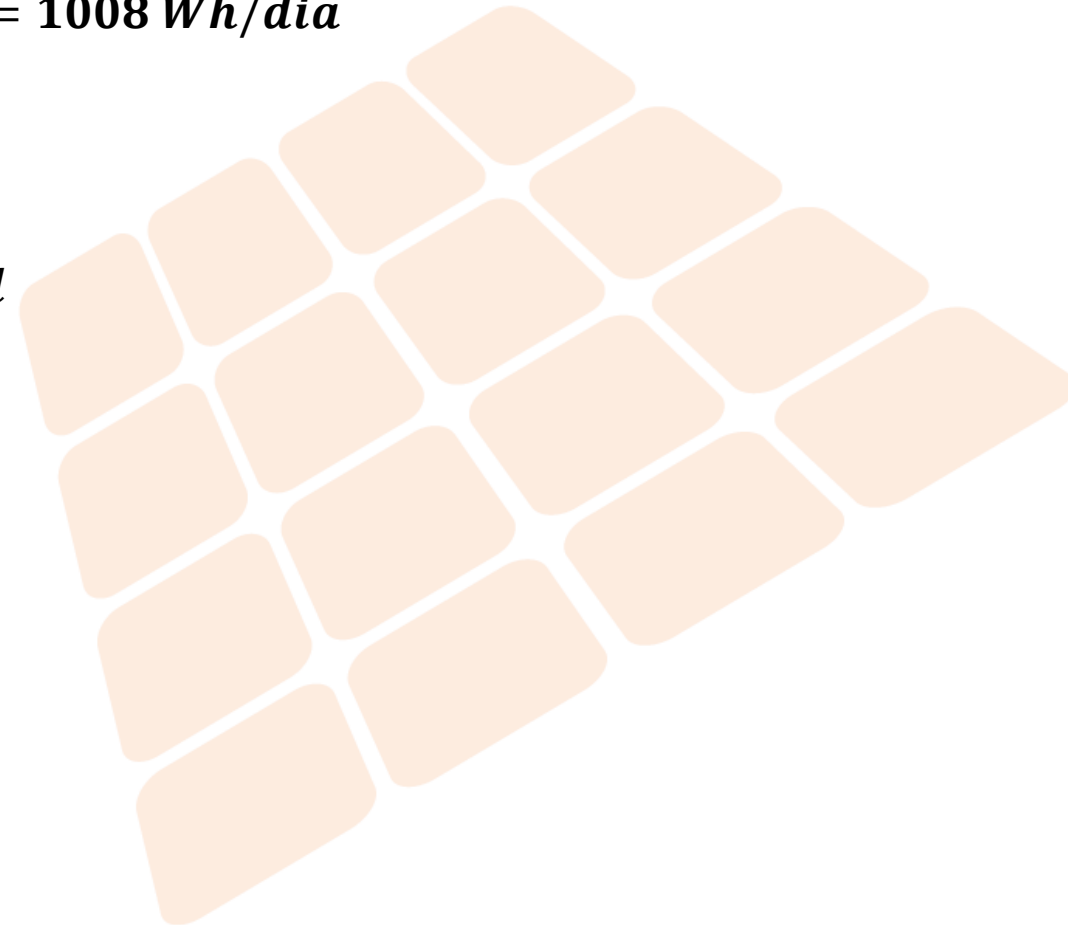
E para controladores de carga com MPPT?

Primeiramente, deve-se recalcular a quantidade de módulos fotovoltaicos para um controlador de carga com MPPT:

$$E_p = ER \Rightarrow \text{Controlador de carga COM MPPT} \Rightarrow E_p = 1008 \text{ Wh/dia}$$

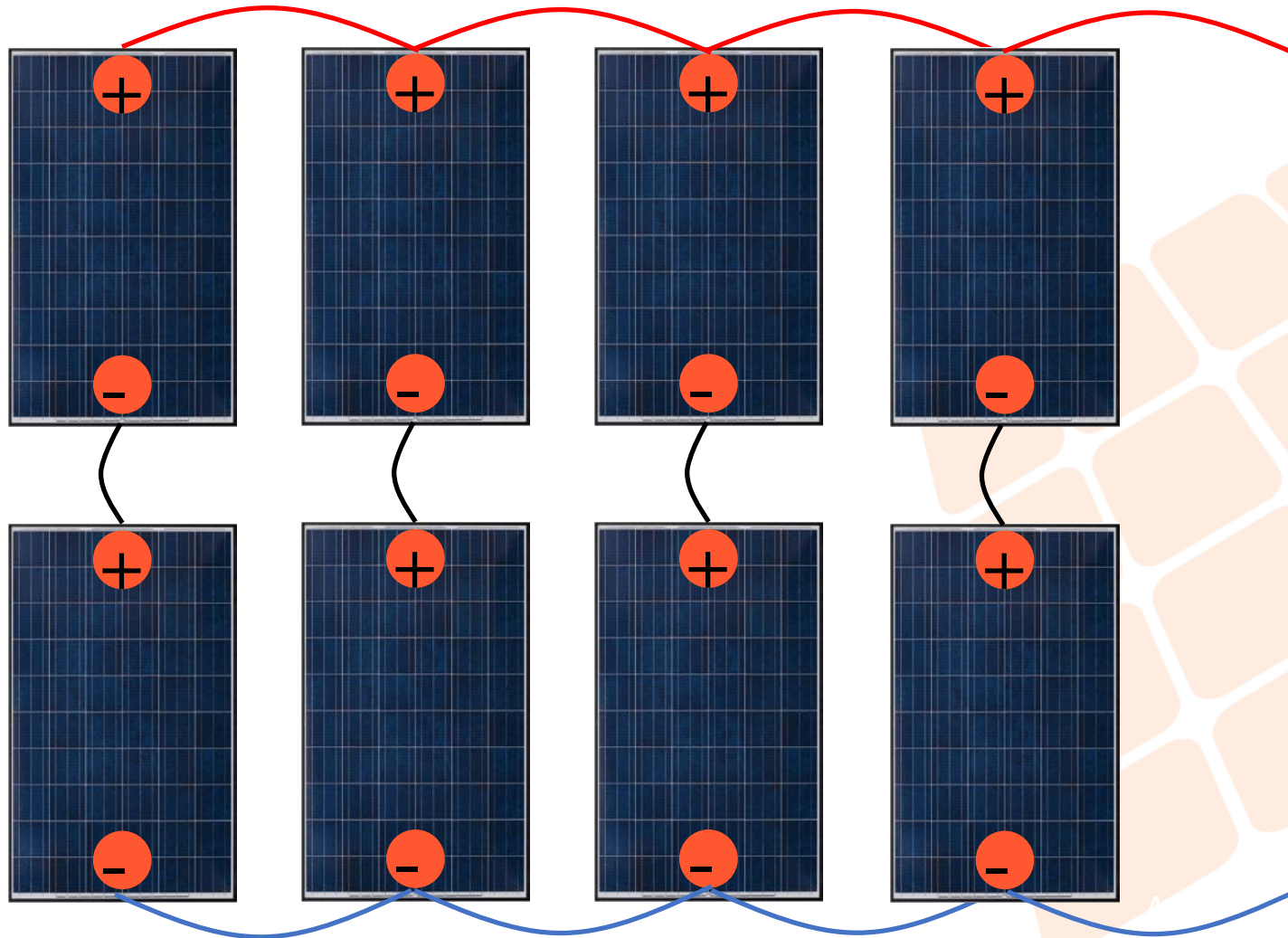
$$I_p = \frac{E_p}{V_i} = \frac{1008}{24} \cong 42 \text{ Ah/dia}$$

$$m_p = \frac{I_p}{I_{mp'}} = \frac{42}{11,31} = 3,71 \cong 4 \Rightarrow 8 \text{ modulos no total}$$



Passo 4 – Dispositivos de Controle

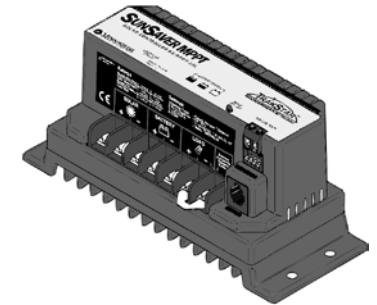
E para controladores de carga com MPPT?



Passo 4 – Dispositivos de Controle

E para controladores de carga com MPPT?

Para controladores de carga com MPPT deve-se levar em consideração as seguintes especificações técnicas



7.0 Technical Specifications

Electrical

Nominal system voltage	12 or 24 Vdc
Max. battery current	15A
Battery Voltage range	7 – 36V
Max. solar input voltage	60V
Nominal maximum input power*	
12 Volt	200 Watts
24 Volt	400 Watts
Self-consumption	35 mA
Accuracy	
Voltage	1.0 %
Current	2.0 %
Meter Connection	6-pin RJ-11
Transient Surge Protection	4 x 1500 W

Tensão nominal (igual a do banco de baterias)

Corrente máxima de carga (corrente de saída)

Tensão máxima do arranjo fotovoltaico

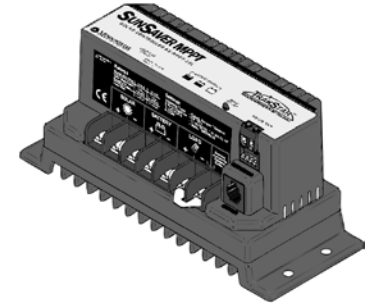
Potência máxima do arranjo fotovoltaico

* These power levels refer to the maximum wattage the SS-MPPT-15L can process at a certain system voltage. Higher power arrays can be used without damaging the controller, but array cost-benefit will be reduced at power levels much beyond the nominal ratings.

Passo 4 – Dispositivos de Controle

Este modelo satisfaz as condições?

Para controladores de carga com MPPT deve-se levar em consideração as seguintes especificações técnicas



7.0 Technical Specifications

Electrical

Nominal system voltage	12 or 24 Vdc
Max. battery current	15A
Battery Voltage range	7 – 36V
Max. solar input voltage	60V
Nominal maximum input power*	
12 Volt	200 Watts
24 Volt	400 Watts
Self-consumption	35 mA
Accuracy	
Voltage	1.0 %
Current	2.0 %
Meter Connection	6-pin RJ-11
Transient Surge Protection	4 x 1500 W

→ $V_{oc'}_{total} = 2 * 23,65 = 47,30V \leq 60V$ ✓

→ $W_{p, total} = 8 * 50 = 400W \leq 400W$ ✓

* These power levels refer to the maximum wattage the SS-MPPT-15L can process at a certain system voltage. Higher power arrays can be used without damaging the controller, but array cost-benefit will be reduced at power levels much beyond the nominal ratings.