



# A MÃO DE OBRA NA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR SOLAR BRASILEIRO

Março, 2021



Por meio da:



**Publicado por**

Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

**Endereço:**

GIZ Agência Brasília  
70711-902 - Brasília/DF

**E** [giz-brasilien@giz.de](mailto:giz-brasilien@giz.de)

**W** <https://www.giz.de/>

**Elaboração**

Alexandre Montenegro	Fotovoltaica-UFSC
Anelise Medeiros Pires	IESS & Fotovoltaica-UFSC
Gustavo Xavier de Andrade Pinto	Fotovoltaica-UFSC
Kathlen Schneider	IDEAL
Lucas Rafael do Nascimento	IESS & Fotovoltaica-UFSC

**Consultoria externa**

Bruno César Pino de Oliveira Araújo	Cognitio Consultoria
Cayan Atreio Portela Barcena Saavedra	Cognitio Consultoria
Jorge Luís Ferreira Boeira	Cognitio Consultoria

**Revisão técnica**

Ricardo Rütther	Fotovoltaica-UFSC & IDEAL
-----------------	---------------------------

**Supervisão**

Roberto Castro	GIZ
----------------	-----

**Coordenação técnica**

Lucas Rafael do Nascimento	IESS
----------------------------	------

**Coordenação geral**

Ricardo Rütther	Fotovoltaica-UFSC & IDEAL
-----------------	---------------------------

Copyright © 2021. Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra desde que citada como fonte a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH*. Para outros usos comerciais, duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento por escrito das instituições citadas acima.

Brasil, 2021.



## APRESENTAÇÃO

No âmbito da cooperação técnica entre o Brasil e Alemanha na área das fontes renováveis de energia e eficiência energética, a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH coopera em projetos que utilizam fontes de energias renováveis e eficiência energética no sentido do fomento destas tecnologias e práticas. Neste contexto, verifica-se a necessidade de estudos de temas inovadores afetos à integração das fontes renováveis de energia no nível das políticas públicas, regulação, planejamento e operação do sistema elétrico do Brasil. Este estudo visa fornecer informações detalhadas e qualificadas sobre a necessidade de mão de obra especializada, direta e indireta, aos serviços associados a cadeia produtiva para geração de energia por meio da fonte solar fotovoltaica no Brasil.

# ÍNDICE

APRESENTAÇÃO .....	4
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE TABELAS.....	7
LISTA DE ABREVIações .....	8
1 A CADEIA PRODUTIVA DO SETOR DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL E NO MUNDO.....	9
1.1 Energia Solar: Contexto	9
1.2 A cadeia produtiva do setor solar	11
1.3 Metodologia para definição dos índices de empregos Diretos e Indiretos	15
2 MAPEAMENTO DA CADEIA PRODUTIVA SOLAR BRASILEIRA .....	18
2.1 Mapeamento de empregos diretos	18
2.1.1 Caracterização das empresas do setor – Dados Secundários.....	21
2.1.2 Identificação dos índices de emprego – Dados Primários.....	26
2.2 Mapeamento de empregos Indiretos	28
2.2.1 Ciclo de vida e matriz insumo-produto	28
2.2.1 Aplicação dos multiplicadores do setor .....	30
2.2.3 Identificação dos Índices de Emprego.....	31
3 MATRIZ DE GERAÇÃO .....	33
3.1 Matriz de previsão de crescimento do setor	33
3.1 Curva de Aprendizagem	34
3.3 Projeção de crescimento da geração de mão de obra	36
CONCLUSÕES .....	38
REFERÊNCIAS .....	40

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: CADEIA PRODUTIVA DO SETOR SOLAR.....	12
FIGURA 2. PORCENTAGEM DE EMPREGOS NA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR SOLAR NA EUROPA PARA O ANO DE 2016.....	13
FIGURA 3: MÉTODO ANALÍTICO PARA ESTIMATIVA DE CRIAÇÃO DE EMPREGOS .....	16
FIGURA 4: ESPECIALIDADE DA MÃO DE OBRA E RESPECTIVO ELEMENTO DA CADEIA PRODUTIVA .....	20
FIGURA 5: DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DAS EMPRESAS DA AMOSTRA PARA O ANO DE 2019.....	22
FIGURA 6: DISTRIBUIÇÃO ESTADUAL DAS EMPRESAS DA AMOSTRA PARA O ANO DE 2019 .....	22
FIGURA 8: PERFIL DE ESCOLARIDADE DA PESSOAS EMPREGADAS PELAS EMPRESAS DA AMOSTRA NO ANO DE 2019.23	
FIGURA 9: PARTICIPAÇÃO SEGREGADA POR GÊNERO DAS PESSOAS EMPREGADAS NAS EMPRESAS DA AMOSTRA PARA OS ANOS DE 2012-2019 .....	24
FIGURA 10: PERFIL DA MÃO DE OBRAS: 100 MAIORES EMPRESAS VS. DEMAIS EM 2019.....	25
FIGURA 11: PERFIL DA MÃO DE OBRA: MENOS DE 10 PESSOAS EMPREGADAS VS. DEMAIS EMPRESAS EM 2019.....	25
FIGURA 12: PERFIL DAS ÁREAS DE ATUAÇÃO DAS PESSOAS CONTRATADAS EM 2019 PELAS EMPRESAS RESPONDENTES .....	26
FIGURA 13: ÍNDICES DE EMPREGO DIRETO CALCULADOS PARA INSTALAÇÃO, PROJETOS, O&M E FABRICAÇÃO NO ANO DE 2019 .....	27
FIGURA 14: ÍNDICE DE EMPREGOS DIRETOS PARA O ANO DE 2019 CALCULADOS VIA APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO 28	
FIGURA 15: QUANTIDADES DE INSUMOS POR POTÊNCIA .....	29
FIGURA 16: ÍNDICES DE EMPREGOS DIRETOS E INDIRETOS PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E CENTRALIZADA .....	32
FIGURA 17: MATRIZES DE GERAÇÃO ADOTADAS .....	33
FIGURA 18: CURVA DE APRENDIZAGEM SOBRE ÍNDICES DE EMPREGOS NO SETOR SOLAR NA EUROPA DE 2008 A 2013 .....	34
FIGURA 19: CURVA DE APRENDIZAGEM CALCULADA A PARTIR DE 2019-2038 .....	35
FIGURA 20: ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE EMPREGOS ACUMULADOS PARA AS MATRIZES DE GERAÇÃO: 2030, 2034, 2038 .....	36

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1. EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E CENTRALIZADA .....	10
TABELA 2. PORCENTAGEM DE EMPREGOS NA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR SOLAR PARA OS ANOS DE 2008, 2016 E 2021 .....	13
TABELA 3. ÍNDICES DE EMPREGOS NA CADEIA PRODUTIVA SOLAR ENCONTRADOS NA LITERATURA. ....	17
TABELA 4: MATRIZ INSUMO-PRODUTO DO SETOR PARA OS MATERIAIS CONSIDERADOS .....	30
TABELA 5: MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE SOLAR DE 25 MW – GERAÇÃO CENTRALIZADA E DISTRIBUÍDA .....	31

## LISTA DE ABREVIações

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
BoS	Balço do Sistema
CNPJ	Cadastros Nacionais de Pessoas Jurídicas
Fotovoltaica-UFSC	Centro de Pesquisa e Capacitação em Energia Solar da Universidade Federal de Santa Catarina
GC	Geração Centralizada
GD	Geração Distribuída
GIZ	<i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
GW	<i>Gigawatt</i>
IDEAL	Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina
IRENA	<i>Internacional Renewable Energy Agency</i>
kW	Kilowatt
MW	Megawatt
O&M	Operação e Manutenção
Rais	Relação Anual de Informações Sociais
REN	Resolução Normativa

# 1 A CADEIA PRODUTIVA DO SETOR DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL E NO MUNDO

## 1.1 Energia Solar: Contexto

Das tecnologias para geração de energia através de fontes renováveis, a solar fotovoltaica (FV) é a que mais tem se destacado mundialmente nos últimos anos, sendo essa a tecnologia que utiliza fonte de energia renovável que mais adiciona capacidade instalada por ano no mundo desde 2016 (REN21, 2020). Somente no ano de 2019, um total de 115<sup>1</sup> GW de potência foram instalados (REN21, 2020).

Em 2019, a energia solar FV somou 627 GW de capacidade instalada no mundo todo. A China lidera o ranking de países que mais têm capacidade instalada acumulada, somando 205 GW em 2019. Na sequência estão os Estados Unidos (75 GW), o Japão (62 GW), a Alemanha (49 GW) e a Índia (42 GW) (REN21, 2020).

Em consequência, o setor da energia solar FV é o que mais emprega pessoas desde 2016, segundo a IRENA (2020a), empregando aproximadamente 3,8 milhões de pessoas em 2019. Ainda segundo a IRENA (2020a), em 2019 o Brasil ocupava o 8º lugar no ranking dos países que mais empregaram pessoas no setor de energia solar FV. Contudo, um estudo dedicado a investigar a geração de empregos desse setor ainda não havia sido realizado dentro do contexto nacional.

De fato, a tendência mundial de crescimento do setor de energia solar FV se repete no Brasil, e o setor cresceu exponencialmente nos últimos anos. Esse crescimento se deve a dois principais fatores: a regulação da geração distribuída no país por meio da Resolução Normativa (REN) 482/2012 e pela queda nos preços dos equipamentos que compõem o sistema FV.

A REN 482/2012 da ANEEL permite aos indivíduos e a quaisquer entidades jurídicas gerar a sua própria eletricidade, por meio do sistema de compensação de energia conhecido como *net-metering*. Ou seja, a energia gerada pela unidade consumidora e injetada na rede gera créditos de energia que são compensados nas faturas de energia daquela unidade consumidora (ou de outras associadas àquele sistema). Atualmente, o sistema de compensação funciona no esquema de um-para-um, ou seja, a cada um kWh exportado para a rede gera um crédito de um kWh (ANEEL, 2012). Foi a partir da consolidação dessa resolução que o uso da energia solar FV passou a ser mais disseminado e popularizado no país.

---

<sup>1</sup> Máxima capacidade de usinas e outras instalações utilizando tecnologia FV

Além disso, outro fator que corroborou com a popularização da tecnologia foi a queda nos preços dos equipamentos (Greener, 2021). Essa queda foi consequência das melhorias tecnológicas, da produção em massa, do desenvolvimento de cadeias de abastecimento locais, das políticas públicas e da maturidade crescente do setor. Entre 2010 e 2019, o custo médio global nivelado da eletricidade (LCOE<sup>2</sup>, na sigla em inglês) para a energia solar FV caiu 82%, para 68,40 USD por megawatt-hora (MWh) (IRENA, 2020b).

A consequência foi o exponente crescimento da potência FV instalada no país. A **TABELA 1** apresenta esses números a partir de 2012, bem como a projeção de crescimento esperada para o ano de 2021 no Brasil (ABSOLAR, 2021), considerando os valores de potência instalada em Geração Centralizada (GC), Geração Distribuída (GD).

**TABELA 1. EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E CENTRALIZADA**

Ano	Potência Instalada (MW)	
	GD	GC
2012	0,47	2,53
2013	1,47	4,53
2014	2,52	13,48
2015	9,68	17,32
2016	49,39	34,61
2017	191	968
2018	589	1.824
2019	2.106	2.475
2020	4.377	3.093
2021 projeção	8.320	4.242

Fonte: Aneel (2021), ABSOLAR (2021), IRENA (2020).

<sup>2</sup> LCOE é a relação entre todos os custos associados à geração de energia do sistema FV e a quantidade de energia que se estima que esse sistema vai gerar ao longo de sua vida útil (geralmente entre 25-30 anos).

É possível observar que, após um crescimento vertiginoso em 2017 ocasionado pela instalação de 31 novas usinas FV (Greener, 2021), a modalidade de GC segue um perfil de crescimento uniforme. Para o ano de 2020, observou-se um aumento de 618 MWp na matriz energética brasileira em função da conexão de 15 novas usinas FV. Números similares aos observados para o ano de 2019, onde ocorreu a conexão de 14 novas usinas, totalizando uma potência adicional de 656 MWp na matriz energética do país.

Diferentemente da modalidade de GC, a potência FV empregada na modalidade de GD apresenta um aumento exponencial ao longo dos últimos anos, resultando em valores anuais que são praticamente três vezes superiores aos anos anteriores. Para o ano de 2020, observou-se um crescimento de 2,2 GWp na modalidade de GD. Em comparação com o ano de 2019, onde houve um crescimento de 1,5 GWp associado à conexão de mais de 140 mil instalações FV (Greener, 2021).

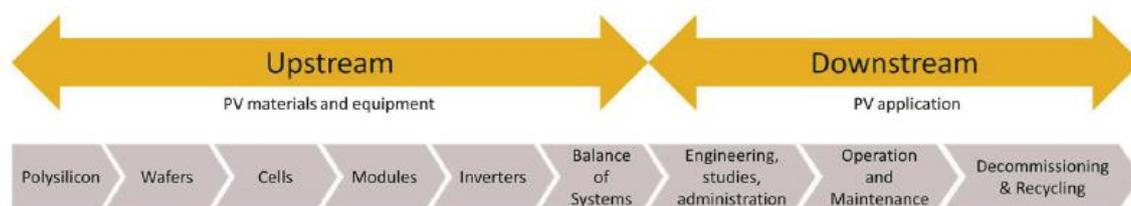
Do ponto de vista socioeconômico, é importante avaliar localmente como o desenvolvimento do setor pode impactar o crescimento nas diversas regiões do Brasil. As instalações de usinas de GC estão localizadas principalmente na região nordeste do país dado o maior potencial de irradiação solar naquela região. Quanto à GD, Minas Gerais é o estado que lidera o ranking dos estados com mais potência solar FV instalada, seguido do Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso e Paraná (ANEEL, 2021).

Assim como tem se observado no cenário mundial, no cenário nacional o setor de energia solar FV tem desempenhado um importante papel na geração de empregos no país. Neste sentido, faz-se necessário compreender as demandas por mão de obra especializada para atender a uma expectativa de aumento substancial por serviços relacionados a cadeia produtiva do setor de energia solar FV.

## **1.2 A cadeia produtiva do setor solar**

Internacionalmente a cadeia produtiva no setor FV pode ser dividida em atividade de Fabricação (Upstream) e atividades de Aplicação (Downstream), de acordo com a Solar Power Europe (2017), como apresentado na **FIGURA 1**.

**FIGURA 1: CADEIA PRODUTIVA DO SETOR SOLAR**



Fonte: Solar Power Europe (2017)

As atividades de Fabricação (*Upstream*) se referem a: processamento de matérias primas, fabricação de módulos, inversores, controladores de carga, sistemas e componentes elétricos diversos.

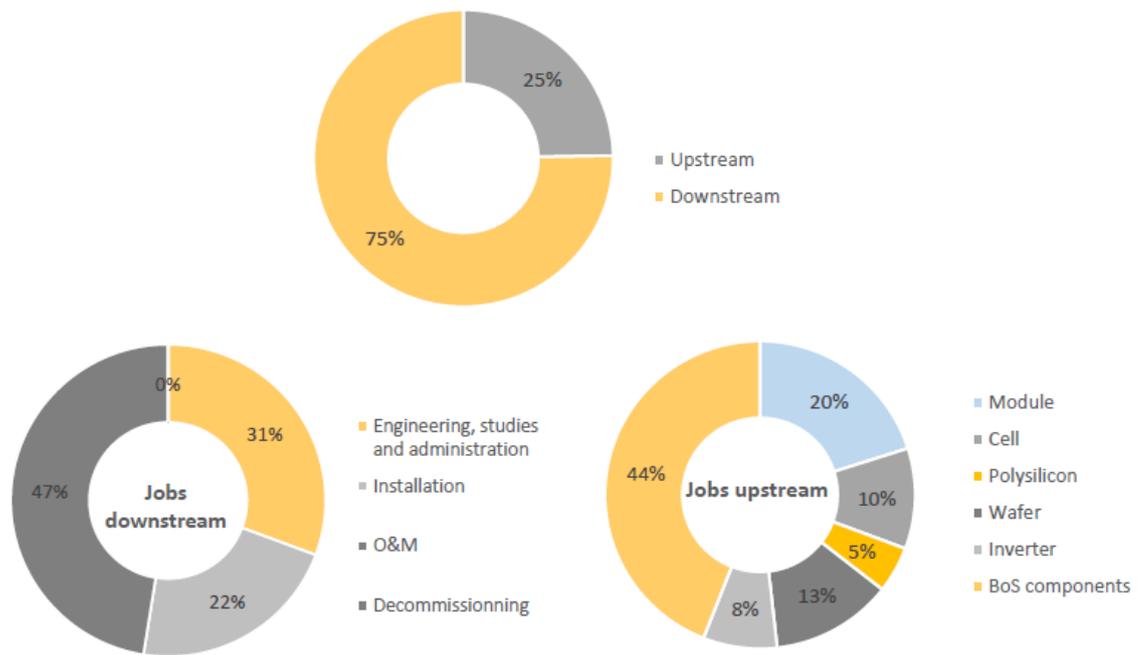
As atividades de Aplicação (*Downstream*) se referem a: serviços prestados dentro a indústria FV, como engenharia, administração, instalação, operação e manutenção (O&M), vendas, descomissionamento e reciclagem.

O balanço do sistema (BoS) é um termo abrangente que representa todos os componentes necessários para a instalação do sistema FV, com exceção do inversor e dos módulos FV.

A **FIGURA 2**, do mesmo estudo, apresenta a porcentagem de empregos nos dois setores de atividades da cadeia produtiva e a porcentagem de empregos por classe de cada setor, ambos para a Europa no ano de 2016. Nota-se que a cadeia produtiva na Europa apresenta 75% dos empregos gerados no setor de Fabricação (*Upstream*).

Considerando os empregos por classe do setor de Aplicação (*Downstream*) da cadeia produtiva, 47% dos empregos gerados são referentes à O&M, 22% de instalação e 31% em serviços de engenharia e administração. A **TABELA 2** apresenta a porcentagem de empregos totais da cadeia produtiva solar na Europa para os anos de 2008, 2016 e a previsão para 2021.

**FIGURA 2. PORCENTAGEM DE EMPREGOS NA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR SOLAR NA EUROPA PARA O ANO DE 2016.**



Fonte: Solar Power Europe (2017).

**TABELA 2. PORCENTAGEM DE EMPREGOS NA CADEIA PRODUTIVA DO SETOR SOLAR PARA OS ANOS DE 2008, 2016 E 2021**

		Jobs supported (% total FTE)		
		2008	2016	2021
Upstream	Polysilicon	3%	1%	1%
	Wafer	1%	3%	2%
	Cells	1%	3%	2%
	Modules	1%	5%	3%
	Inverters	4%	2%	2%
	BoS components	6%	11%	15%
Downstream	Engineering, studies, admin.	53%	23%	31%
	Installation	28%	16%	22%
	O&M	1%	36%	22%

Solar Power Europe (2017)

Nota-se que a maior percentagem de empregos gerados em 2021 na previsão realizada seria na área de engenharia e administração, representando 31% de todos os

empregos na cadeia produtiva. Seguidos por empregos em instalação e O&M, ambos representando 22%.

Ram et al. (2020) observaram que a partir de 2025, mais da metade dos empregos gerados, tanto na América do Sul quanto para o Mundo, seriam provenientes da cadeia produtiva solar (GD e GC). Com relação às diferentes áreas da cadeia produtiva, os autores observaram que a partir de 2025, empregos gerados em O&M passarão a representar a maior parcela, ultrapassando construção e instalação.

No Brasil as atividades de Aplicação (*Downstream*) da cadeia produtiva são inteiramente realizadas por mão de obra nacional e representam a maior parte dos empregos gerados atualmente.

Analisando as atividades de Fabricação (*Upstream*), no cenário brasileiro, apenas 3,8% dos módulos utilizados em novas instalações são provenientes do mercado nacional (Greener, 2021). Os dez maiores fornecedores de módulos FV no Brasil são internacionais, liderados pela Canadian Solar, representando 926 MWp do total de 4.760 MWp importado em 2020 (Greener, 2021). A grande maioria do mercado de módulos FV no Brasil é composto de produtos importados, ou seja, os empregos criados pelo elo de fabricação de módulos FV no Brasil é pequeno quando comparado a empregos criados em outras áreas.

Em 2020, foi importado 4,9 MW de inversores FV (Greener, 2021). Das dez maiores empresas no mercado brasileiro de inversores até 9,9 kW, três são nacionais. Das maiores empresas na faixa de 10 a 49,9 kW e acima de 50 kW, apenas duas, em ambos os casos, são de origem nacional (Greener, 2021). Quando comparado ao mercado de módulos, o mercado brasileiro de inversores apresenta uma participação maior de empresas nacionais.

Com relação ao mercado de estruturas, 80% das empresas mais lembradas na visão do integrador em 2020 são de origem nacional (Greener, 2021). Em termos de visibilidade, o mercado de produção de estruturas, ou seja, a cadeia do alumínio e do aço galvanizado é a mais relevante e importante para geração de empregos nacionais.

### 1.3 Metodologia para definição dos índices de empregos Diretos e Indiretos

A definição de empregos diretos e indiretos pode ser apresentada, conforme Sooriyaarachchi et al. (2015) e a *International Labour Organization* (2013):

Empregos diretos: Referentes a empregos na parte de design, desenvolvimento de projetos, construção, instalação, manutenção.

Empregos Indiretos<sup>3</sup>: Referentes a empregos gerados indiretamente na área de fabricação, suprimento de equipamentos, materiais e serviços.

A metodologia para definição dos índices de empregos diretos e indiretos podem ser divididos nas seguintes categorias:

Modelos Entrada-Saída e Equilíbrio Geral Computável: Estes métodos permitem a modelação de geração de empregos incluindo a correlação do setor de energia renovável com outros setores da economia. É necessária uma quantidade extensa de dados e tempo no desenvolvimento de certos modelos.

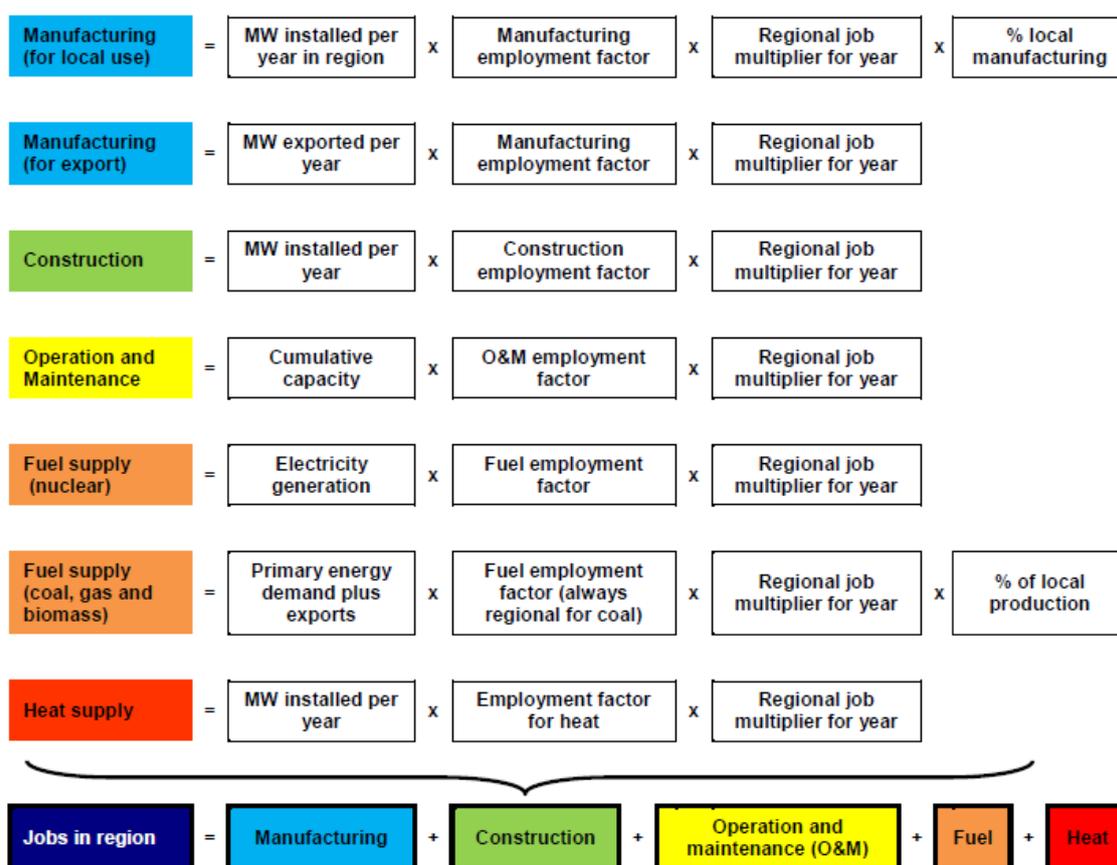
Modelos analíticos: Estes métodos são considerados mais transparentes com relação aos anteriores. Se baseiam em questionários e entrevistas no setor estudado e na observação da cadeia produtiva em projetos previamente implementados. Como resultado são obtidos índices de empregos (empregos/MW), que podem ser transferidos para outras regiões.

O IST (*Institute for Sustainable Futures*) define a metodologia para o modelo analítico conforme a **FIGURA 3**.

---

<sup>3</sup> O presente estudo não contempla em seu escopo a criação de empregos induzidos.

**FIGURA 3: MÉTODO ANALÍTICO PARA ESTIMATIVA DE CRIAÇÃO DE EMPREGOS**



Fonte: IST (2015).

O IST define como a quantidade de empregos gerados em um setor da cadeia produtiva como uma variação de capacidade instalada multiplicada por um índice de emprego e um fator de multiplicação regional. Por fim, somam-se os empregos gerados em todos os setores da cadeia produtiva.

Geralmente, os métodos analíticos para determinação dos índices de emprego são usados para aplicações em que o método de entrada-saída não pode ser facilmente aplicado, como estudos regionais (Ortega et al., 2015).

Os Índices de emprego utilizados em diferentes estudos podem variar drasticamente com base no país/região de origem, no tamanho dos projetos e na decomposição dos diferentes setores da cadeia produtiva. A **TABELA 3** apresenta os índices de empregos gerados pela cadeia produtiva solar encontrados na literatura.

**TABELA 3. ÍNDICES DE EMPREGOS NA CADEIA PRODUTIVA SOLAR ENCONTRADOS NA LITERATURA.**

Referência	Tipo de geração	País/Região	Ano	Tipo de emprego	Índice de empregos/MW por setor da cadeia produtiva							
					Fabricação	Construção	Instalação	Operação	Manutenção	Descomissionamento	Projeto/Engenharia	Total *para o que foi considerado
Solar Power Europe, 2017	Distribuída	Europa	2015	-	6,7	26		1,4		1,21	-	35,31
IST, 2015	Centralizada	Europa	2015	-	6,7	13		0,7		0,8	-	21,2
Ortega et al., 2015	-	Europa	2008	Direto	3,11 (cabos) 5,5 (módulos) 1,65 (inversores)	-	6,6	0,2		-	-	17,06
Ortega et al., 2015	-	Europa	2008	Indireto	2,34 (cabos) 17,6 (módulos) 3,85 (inversores)	-	2,75	0,15		-	-	26,69
ILO, 2011	-	-	2011	-	5,76 a 6,21			1,2 a 4,8			-	6,69 a 11,01
Sooriyaarachchi et al., 2015	-	Europa	2012	Direto	3 a 7 (módulos)	-	-	-	-	-	-	3 a 7
Sooriyaarachchi et al., 2015	-	Europa	2012	Indireto	12 a 20 (módulos)	-	-	-	-	-	-	12 a 20
Çetin e Eğriçan, 2011	-	Turquia	2011	Direto	10 (módulos)	-	-	2,7		-	-	12,7
Tourkolias e Mirasgedis, 2011	-	Grécia	2011	Direto	-	-	-	4,1	-	-	-	4,1
Tourkolias e Mirasgedis, 2011	-	Grécia	2011	Indireto	-	-	-	1,6	-	-	-	1,6
NREL, 2012	-	EUA	2012	Ambos	33 a 39							33 a 39

## 2 MAPEAMENTO DA CADEIA PRODUTIVA SOLAR BRASILEIRA

Dado o expressivo crescimento e desenvolvimento da geração de energia solar FV no Brasil, identifica-se a necessidade de conhecer as demandas por mão de obra especializada para atender à expectativa de aumento substancial por serviços relacionados a esse setor. É nesse contexto que este estudo se situa, com o objetivo de levantar informações sobre a necessidade de mão de obra especializada para atender as demandas crescentes do setor solar FV.

Neste estudo foram identificados índices de empregos diretos (**2.1 MAPEAMENTO DE EMPREGOS DIRETOS**) e indiretos (**2.2 MAPEAMENTO DE EMPREGOS INDIRETOS**) gerados pelo setor nos anos recentes a fim de traçar uma projeção de geração de empregos para os anos de 2030, 2034 e 2038 (**3.3 PROJEÇÃO DE CRESCIMENTO DA GERAÇÃO DE MÃO DE OBRA**).

### 2.1 Mapeamento de empregos diretos

Para esta etapa de mapeamento dos empregos diretos, foi realizada uma caracterização do setor solar FV por meio do levantamento de dados secundários (**2.1.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS DO SETOR – DADOS SECUNDÁRIOS**). Os índices de emprego foram identificados a partir da aplicação do modelo analítico de dados primários levantados por meio de um questionário online aplicado às empresas do setor solar FV atuantes no país (**2.1.2 IDENTIFICAÇÃO DOS ÍNDICES DE EMPREGO – DADOS PRIMÁRIOS**).

#### COMO FOI REALIZADA A CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS DO SETOR VIA DADOS SECUNDÁRIOS

Para a caracterização das empresas do setor FV, foram coletados dados junto à Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), considerada uma das principais fontes de informações sobre o mercado de trabalho formal brasileiro. Portanto, o cruzamento com a RAIS permitiu, de forma inédita, caracterizar a mão-de-obra no que tange ao perfil remuneratório, ocupacional, educacional, distribuição por gênero, dentre outras informações.

Para este estudo, a definição e a categorização das empresas do setor solar FV se apoiou em uma amostra de Cadastros Nacionais de Pessoas Jurídicas (CNPJs) coletados a

partir da base de dados do Mapa de Empresas do Setor FV do Instituto IDEAL<sup>4</sup> (3077 empresas), da relação de CNPJs dos associados da Associação Brasileira de Energia Solar (ABSOLAR) (550 empresas) e de outras 38 empresas identificadas como líderes no segmento de energia solar.

No entanto, cabe notar que apesar do preenchimento da RAIS ser obrigatório, nem todas as empresas listadas foram encontradas na base de dados da RAIS. Isto porque pode haver erros de preenchimento nos CNPJs das listas, ou porque os CNPJs são apenas inativados pela Receita Federal após 5 anos sem declaração da RAIS.

Portanto, encontrou-se na amostra fornecida CNPJs de 1.268 empresas para o período de 2012, ano de publicação da REN 482/2012 que estabeleceu a Geração Distribuída no Brasil e marcou o desenvolvimento do setor FV no Brasil, a 2019, último ano disponível na base de dados até a data e realização da pesquisa.

O conceito de empresa utilizado é o de CNPJ a 8 dígitos, ou seja, passa a englobar todas as filiais da empresa. Isso permitiu avançar o estudo no tempo até 2019. O conceito de empregado é o empregado-ano. Um emprego/ano é uma medida de emprego equivalente a um posto de trabalho em um ano-civil cheio. Esta medida é conveniente porque há muitos empregos temporários no segmento. Por exemplo, uma atividade que gera um emprego durante 3 meses na verdade gera 0,25 emprego/ano.

Um problema que emerge do cruzamento do cadastro dos fornecedores com a RAIS é que boa parte das empresas não fornece somente para um segmento, notadamente as empresas com atuação multissetorial; é comum que elas forneçam partes e componentes para outros setores industriais.

Desse modo, considerar que todos seus empregados seriam dedicados ao setor solar FV resultaria em uma superestimação dos empregos diretos, com exceção daquelas empresas típicas do setor. Assim, optou-se por aplicar um fator de ponderação para algumas das variáveis, de forma a refletir mais fielmente o número de empregados dedicados ao segmento solar FV.

---

<sup>4</sup> AMÉRICA DO SOL: <http://www.americadosol.org/fornecedores/>

## COMO FORAM IDENTIFICADOS OS ÍNDICES DE EMPREGO VIA DADOS PRIMÁRIOS

Com o intuito de identificar os índices de empregos diretos, foi elaborado um questionário online voltado para as empresas que atuam com energia solar FV no Brasil. Esse questionário teve como objetivo mapear as funções das pessoas contratadas em 2019 pelas empresas do setor, assim como a potência instalada por cada empresa naquele ano, uma vez que essas informações não estão disponíveis na base de dados da RAIS. Dessa forma, tornou-se possível compreender e mapear quais as funções mais têm demandado mão de obra especializada no setor.

Para identificar melhor quais são essas funções mais demandadas, foram listadas as principais especialidades de mão de obra identificadas no setor dentro do contexto nacional e categorizadas em quatro principais elementos que representam a cadeia produtiva nacional: Fabricação, Projetos, Instalação e O&M, conforme apresentado na **FIGURA 4**. Os índices de emprego foram então calculados para cada um desses elementos da cadeia produtiva do setor.

**FIGURA 4: ESPECIALIDADE DA MÃO DE OBRA E RESPECTIVO ELEMENTO DA CADEIA PRODUTIVA**



Para o cálculo do índice de empregos diretos, foi aplicada a metodologia apresentada por Simas e Pacca (2014), onde cada empresa representa uma amostra e é aplicada a média geométrica das amostras para encontrar os índices de empregos. Essa metodologia se

justifica, pois é a que mais se aproxima da tendência central (mediana) e menos pune os valores extremos das amostras.

O questionário foi divulgado no dia 11 de janeiro de 2021, via plataforma *Survey Monkey*, tanto para empresas com âmbito em GD, como em GC e ficou disponível até dia 24 de janeiro de 2021, contabilizando duas semanas de captação de respostas. A divulgação foi feita por meio de redes sociais (como Facebook, Instagram, WhatsApp e Mailing) do Instituto IDEAL e do Fotovoltaica-UFSC, e de parceiros como ABSOLAR e Portal Solar.

Foram consideradas no questionário apenas as contratações realizadas no ano de 2019 com o objetivo de deixá-lo mais conciso e com menor tempo de resposta, sendo 2019 o ano teto escolhido para que se tornasse possível validar com os resultados obtidos a partir da base de dados da RAIS<sup>5</sup>.

Apesar de mostrar de maneira inédita uma caracterização da cadeia produtiva, algumas das particularidades do setor não puderam ser quantificadas por meio dos dados e questionários realizados, seja pelo ano base utilizado ou por declarações de confidencialidade e sigilosidade das informações questionadas. Logo, o estudo carece de atualizações anuais de modo a mapear e caracterizar de maneira contínua o setor FV.

### **2.1.1 Caracterização das empresas do setor – Dados Secundários**

As estatísticas da RAIS mostram que do ponto de vista regional, para o ano de 2019<sup>6</sup>, as empresas da amostra se distribuem majoritariamente entre as regiões Sudeste (54,5%) e Sul (20,3%), seguidas pela região Nordeste (16,2%), Norte (6,4%) e por fim Centro-Oeste (2,6%) (**FIGURA 5**). São Paulo é o estado que se destaca, sendo representado por 232 empresas, seguido de Minas Gerais com 123 empresas, e Paraná e Rio Grande do Sul, ambos estados com 80 empresas cada (**FIGURA 6**).

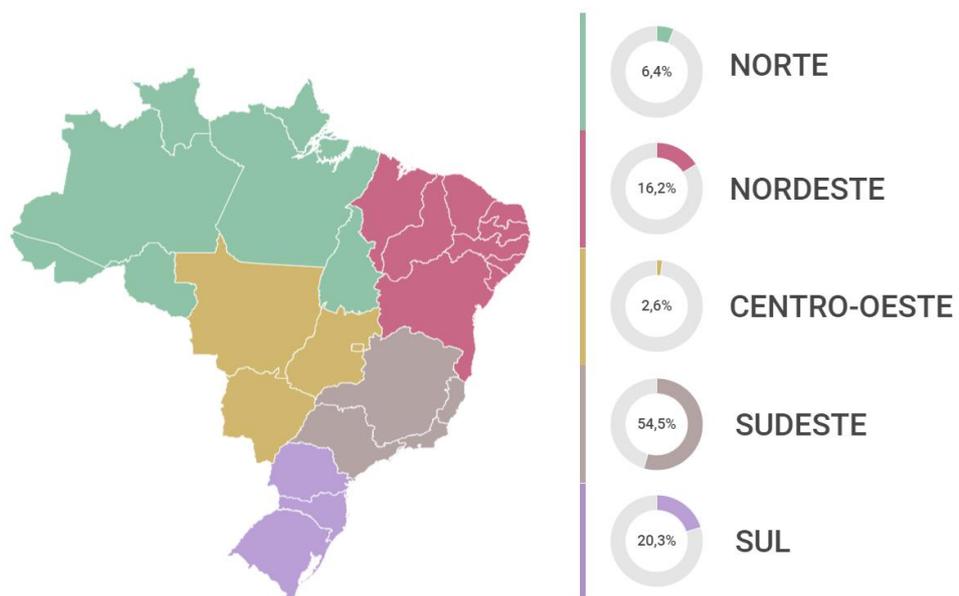
Esses números podem ser um reflexo da distribuição regional de instalações FV realizadas até o ano de 2019 no âmbito da GD. Em 2019, a região Sudeste foi a região brasileira que mais havia instalado sistemas FV na modalidade GD na rede elétrica (36% do todo), seguida da Região Sul (29%) e Nordeste (16%) – tendência que permanece até a data de publicação deste estudo (ANEEL,2021).

---

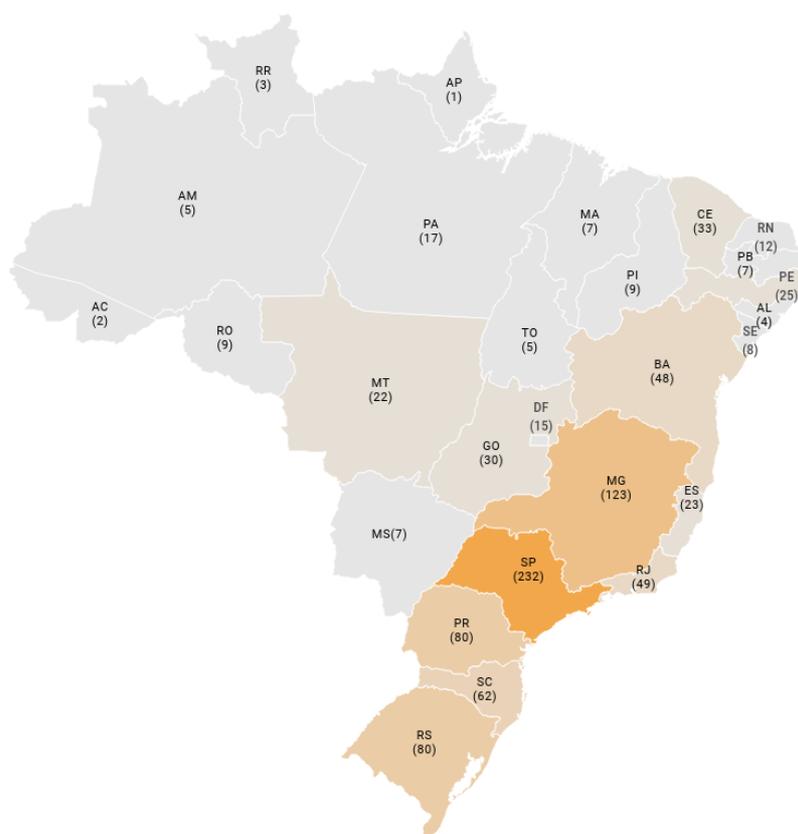
<sup>5</sup> A base de dados da RAIS foi analisada até o ano de 2019 pois esse foi o último ano em que os dados estavam disponíveis no momento em que foi realizada a pesquisa.

<sup>6</sup> O número total de empresas presentes na amostra para o ano de 2019 é de 918 empresas.

**FIGURA 5: DISTRIBUIÇÃO REGIONAL DAS EMPRESAS DA AMOSTRA PARA O ANO DE 2019**



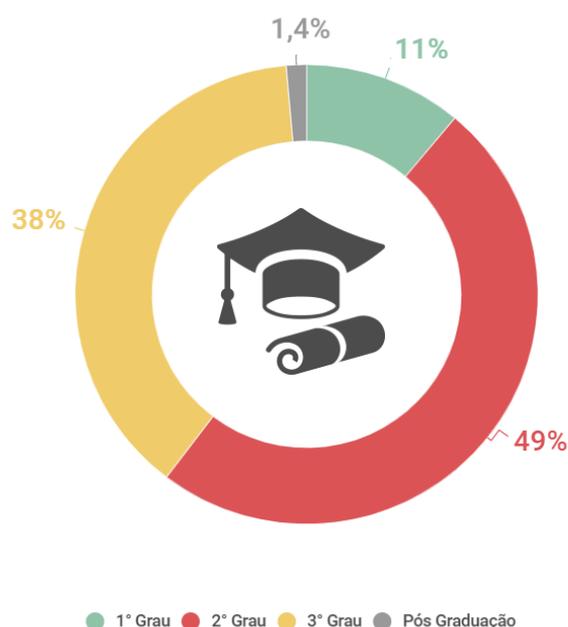
**FIGURA 6: DISTRIBUIÇÃO ESTADUAL DAS EMPRESAS DA AMOSTRA PARA O ANO DE 2019**



No que tange à escolaridade da força de trabalho, a maior parte das pessoas empregadas possui nível médio (49%), seguido pelo nível superior (38%) (FIGURA 7). O nível médio se destaca devido à importância da educação técnico-profissionalizante. Já entre as pessoas de nível superior, destacam-se as pessoas com formação técnico-científicas<sup>7</sup>.

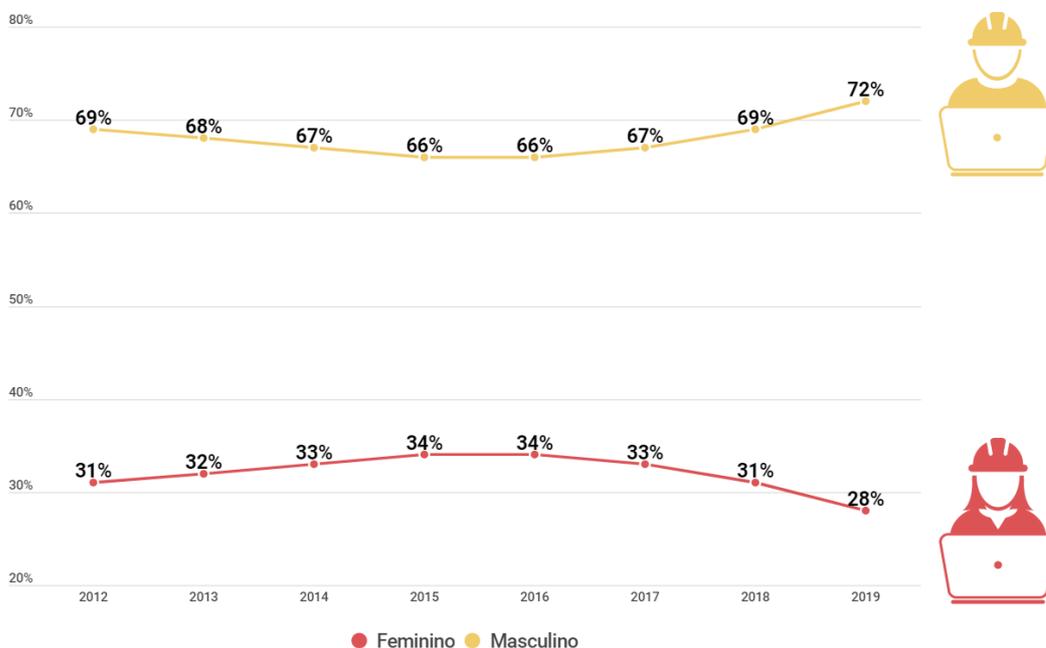
Com relação ao perfil das empresas, tem-se que elas empregam majoritariamente homens - em torno de 68% na média do período, o que inclusive está alinhado ao contexto internacional (IRENA, 2019) – mas há uma queda na participação feminina no final do período, como mostrado na FIGURA 8. Isto significa que o impulso nas contratações entre 2018-2019 teve viés masculino, pois reduziu a participação feminina no segmento solar FV.

**FIGURA 7: PERFIL DE ESCOLARIDADE DA PESSOAS EMPREGADAS PELAS EMPRESAS DA AMOSTRA NO ANO DE 2019**



<sup>7</sup> Formações técnico-científicas englobam engenheiros/as, cientistas e pesquisadores/as, mas na prática são na sua grande maioria engenheiros/as.

**FIGURA 8: PARTICIPAÇÃO SEGREGADA POR GÊNERO DAS PESSOAS EMPREGADAS NAS EMPRESAS DA AMOSTRA PARA OS ANOS DE 2012-2019**



Para o ano de 2019, ao analisar os dados coletados e segregados para as 100 maiores empresas da amostra e as demais empresas, observou-se que nas maiores empresas as pessoas empregadas tendem a apresentar mais tempo de casa (praticamente o dobro, na média), possuem uma parcela maior de pessoas com 3º grau completo, pagam maiores salários (mais do que o dobro, o que talvez se relacione ao maior tempo de casa e grau de escolaridade superior) e possuem uma porcentagem de pessoal em ocupações técnico-científicas ligeiramente superior do que o restante das empresas. Ou seja, são empresas que apresentam um perfil tecnológico mais sofisticado, que pagam melhores salários, e com mão-de-obra mais fidelizada. Esses dados estão resumidos na **FIGURA 9**.

Inversamente, a **FIGURA 10** compara as empresas com menos de 10 pessoas empregadas com as demais empresas. Como mencionado, supõe-se que as empresas com menos de 10 pessoas empregadas (62% do total) sejam os pequenos instaladores que atuam no aquecido mercado GD. Um olhar atento a estes agentes revela que essas empresas têm em média somente 3,6 empregados, os quais têm menos tempo de emprego, ganham menos e são menos escolarizados.

**FIGURA 9: PERFIL DA MÃO DE OBRAS: 100 MAIORES EMPRESAS VS. DEMAIS EM 2019**

	 100 maiores	 Demais
Número médio de empregados/as 	394,7	11,7
3º grau completo 	159,2 (40,3%)	3,7 (31,6%)
Ocupações técnico-científicas <sup>1</sup> 	37,1 (9,4%)	0,9 (7,7%)
Tempo na empresa (em meses) 	68,4	34,5
Média Salarial 	R\$ 6.145,89	R\$ 2.459,10

**FIGURA 10: PERFIL DA MÃO DE OBRA: MENOS DE 10 PESSOAS EMPREGADAS VS. DEMAIS EMPRESAS EM 2019**

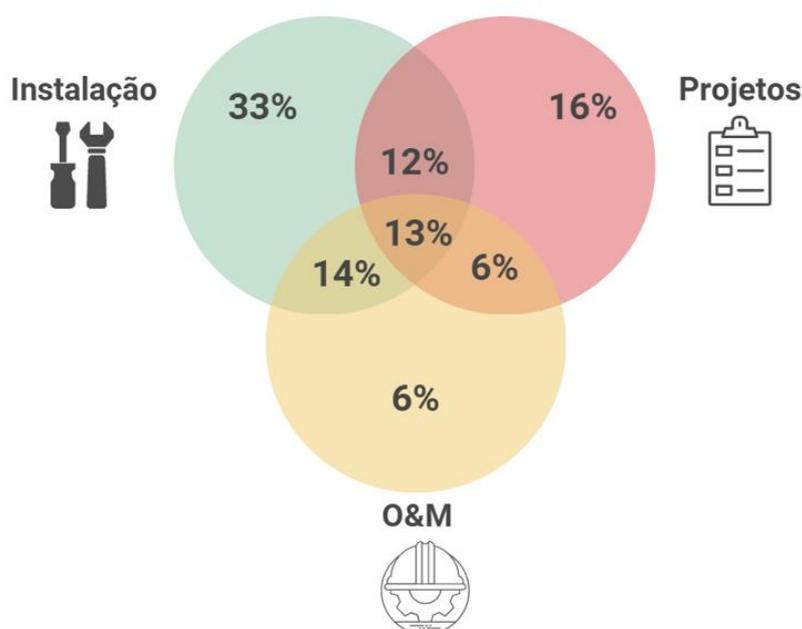
	 Menos de 10 pessoas empregadas	 Demais
Número médio de empregados/as 	3,6	130,7
3º grau completo 	1,1 (30,5%)	50,9 (38,9%)
Ocupações técnico-científicas <sup>1</sup> 	0,2 (5,5%)	11,9 (9,1%)
Tempo na empresa (em meses) 	32,9	46,3
Média Salarial 	R\$ 2.093,14	R\$ 4.047,40

## 2.1.2 Identificação dos índices de emprego – Dados Primários

No período em que o questionário esteve disponível, foram recebidas 155 respostas válidas. A partir dessas respostas foi levantado o perfil das atividades realizadas pelas pessoas contratadas em 2019 pelas empresas respondentes. Esse perfil foi traçado dentro dos elementos da cadeia produtiva para Fabricação, Projetos, Instalação e O&M, sendo que os três últimos foram analisados de forma conjunta uma vez que se percebeu a tendência de que as pessoas contratadas para atuar com Projetos, Instalação e O&M tendem a atuar simultaneamente em mais de uma dessas áreas dentro da empresa.

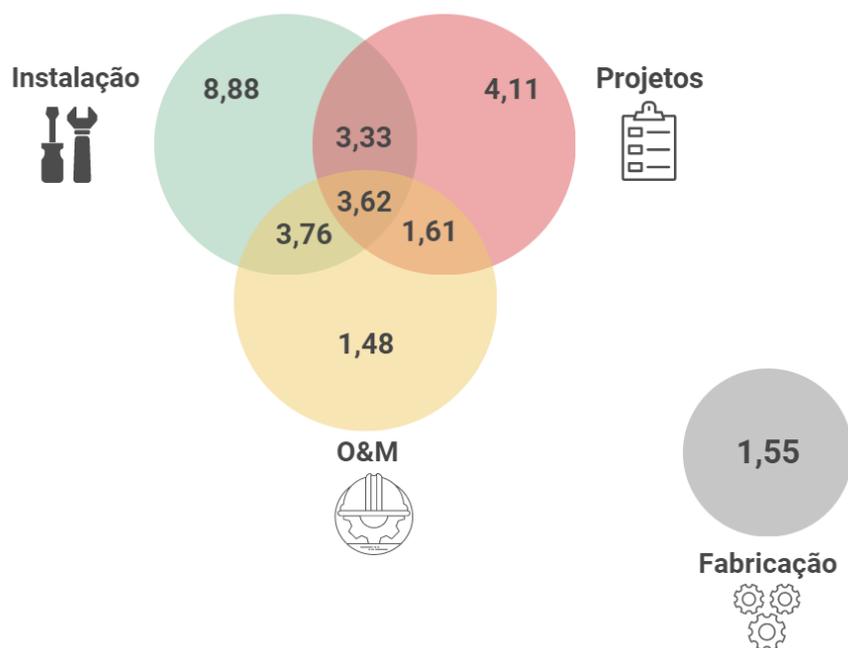
A **FIGURA 11** apresenta o perfil das áreas de atuação para Projetos, Instalação e O&M das pessoas contratadas em 2019 pelas empresas respondentes da pesquisa. Nota-se que a maior parte dessas pessoas foram contratadas para atuar exclusivamente na área de Instalação, representando 33% das contratações. A área com menor contratação exclusiva foi a de O&M, com apenas 6% das contratações. Além disso, 72% de todas as pessoas que foram contratadas naquele ano para essas três áreas, foram contratadas para realizar atividades relacionadas a Instalação, em caráter exclusivo ou não, sendo que 14% foram contratadas para atuar com Instalação e O&M e 12% foram contratadas para Instalação e Projetos.

**FIGURA 11: PERFIL DAS ÁREAS DE ATUAÇÃO DAS PESSOAS CONTRATADAS EM 2019 PELAS EMPRESAS RESPONDENTES**



Além do número de pessoas contratadas em 2019, as empresas respondentes também informaram qual foi a potência instalada por elas naquele ano, sendo assim, possível calcular o índice de empregos gerados por MW para cada uma das áreas da cadeia produtiva consideradas neste estudo. A **FIGURA 12** apresenta esses índices de empregos diretos calculados.

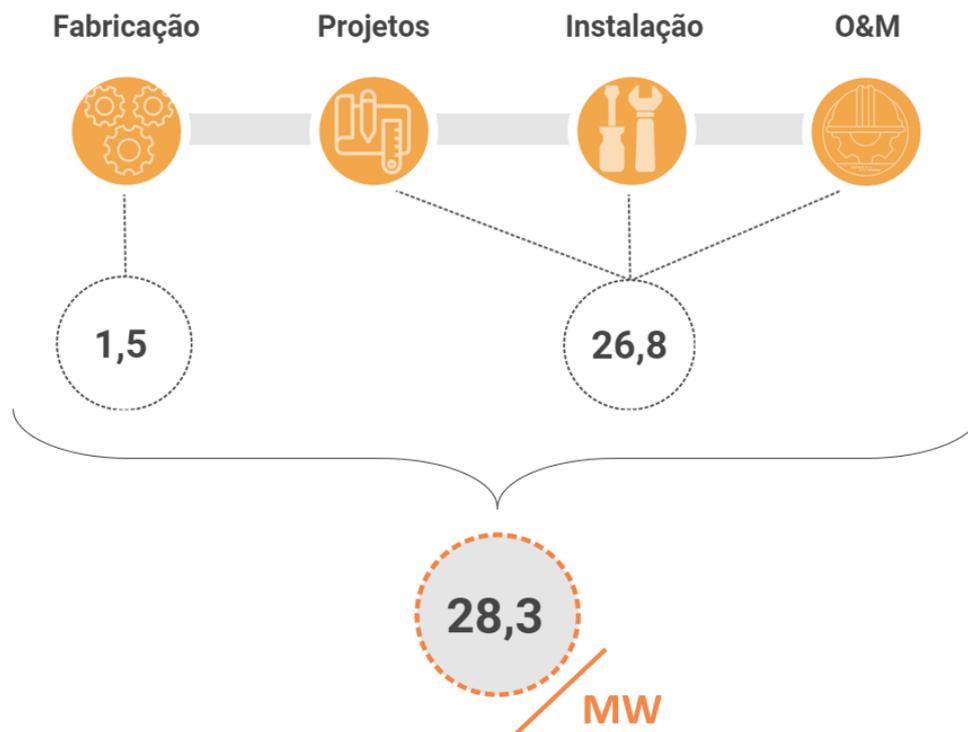
**FIGURA 12: ÍNDICES DE EMPREGO DIRETO CALCULADOS PARA INSTALAÇÃO, PROJETOS, O&M E FABRICAÇÃO NO ANO DE 2019**



Os resultados mostram que a maior componente geradora de empregos na cadeia produtiva são as atividades relacionadas à Instalação, representando 8,88 empregos/MW, seguido das atividades referentes à área de Projetos, com 4,11 empregos/MW.

A **FIGURA 13** resume os índices de empregos diretos calculados. Para as atividades relacionadas à Fabricação, o índice encontrado foi de 1,5 emprego/MW. Já para os elementos da cadeia produtiva referentes à Projetos, Instalação e O&M representam 26,8 empregos gerados por MW instalado, sendo as áreas de atuação do setor que mais demandam mão de obra especializada, com destaque para área de Instalação como vimos anteriormente. Como um todo, o índice total de empregos diretos gerados no ano de 2019 no Brasil foi de 28,3 empregos/MW. Para a metodologia adotada utilizando método analítico para determinação de empregos diretos não foi possível avaliar de maneira independente os índices de emprego para GD e GC, sendo os valores encontrados representativos para o setor como um todo. O valor obtido, também encontrasse no mesmo patamar do índice de empregos observados na Europa para as caracterizações mais recentes do setor FV realizados pela Solar Power Europe (2017).

FIGURA 13: ÍNDICE DE EMPREGOS DIRETOS PARA O ANO DE 2019 CALCULADOS VIA APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO



## 2.2 Mapeamento de empregos Indiretos

O processo de cálculo dos empregos indiretos é uma combinação da avaliação do ciclo de vida com técnicas de matriz insumo-produto. As quantidades de materiais permitem calcular o tamanho do choque de demanda setorial, enquanto as técnicas de matriz insumo-produto fornecem quantos empregos são gerados por milhão de demanda naquele setor.

### 2.2.1 Ciclo de vida e matriz insumo-produto

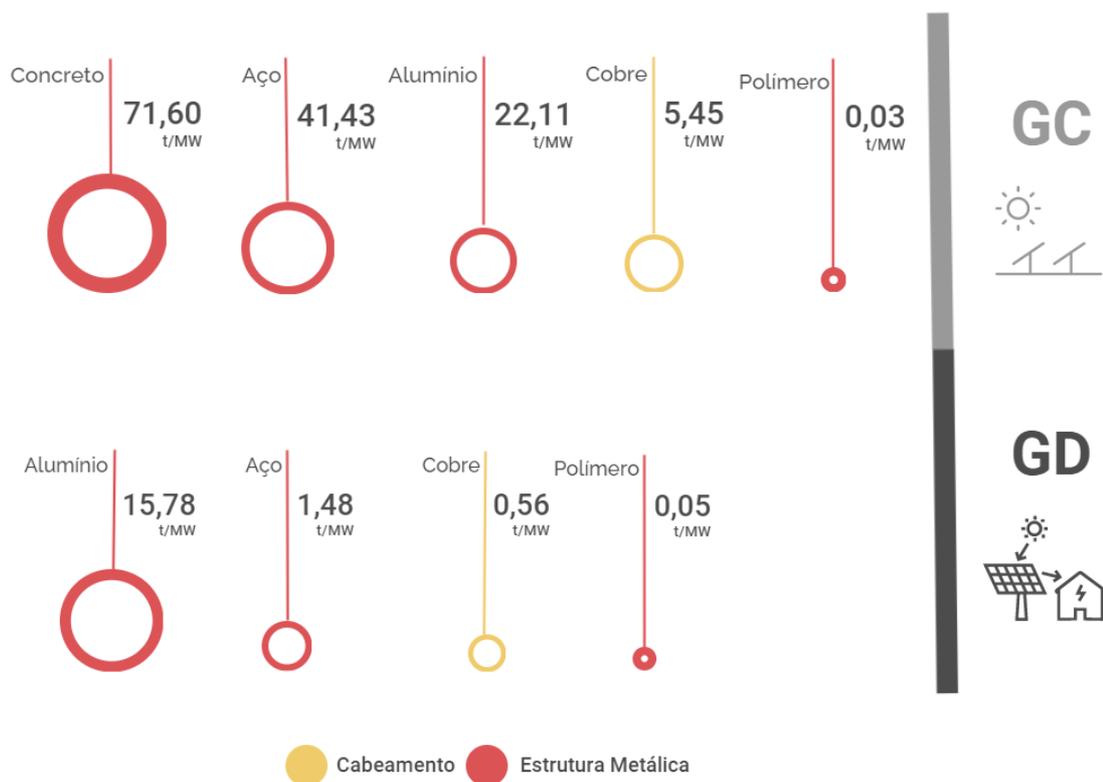
Para incluir informações sobre o potencial de geração de empregos indiretos na cadeia produtiva do setor solar no Brasil foram utilizados os seguintes valores de insumos por MW instalado, conforme FIGURA 14.

Por sua vez, a partir das quantidades identificadas e de pesquisas de preços desses insumos, é possível estimar o choque de demanda no setor correspondente na matriz insumo-produto.

Por meio desse sistema é possível avaliar o quanto o crescimento/decrescimento de um setor afeta o crescimento/decrescimento dos outros setores, e qual o impacto do crescimento da demanda sobre a produção setorial.

Os resultados da matriz insumo-produto para os materiais considerados nesta análise são apresentados na **TABELA 4**. Desse modo, os multiplicadores indiretos da matriz insumo-produto mostram quantos empregos são gerados nos outros setores, por milhão de demanda gasto.

**FIGURA 14: QUANTIDADES DE INSUMOS POR POTÊNCIA**



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de IEA (2020), IRENA (2017), Fizaine e Court (2015)

**TABELA 4: MATRIZ INSUMO-PRODUTO DO SETOR PARA OS MATERIAIS CONSIDERADOS**

Material	Tonelada/MW		Setor MIP Correspondente	Multiplicador do Setor (empregos/milhão R\$)
	GD	GC		
Aço liga / não-liga	1,48	41,43	2491 Produção de ferro gusa/ferroligas, siderurgia e tubos de aço sem costura	5,43
Alumínio	15,78	22,11	792 Extração de minerais metálicos não ferrosos, inclusive beneficiamentos	5,77
Cobre	0,56	5,45	-	5,77
Materiais polímeros	0,05	0,03	2200 Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	8,22
Concreto	N/A	71,6	2300 Fabricação de produtos de minerais não metálicos	9,50



### **2.2.1 Aplicação dos multiplicadores do setor**

Para efeito deste trabalho, os resultados mais relevantes no mapeamento dos empregos indiretos estão associados pelo choque de demanda, dado pelo consumo de materiais consumidos na construção dos sistemas FV.

A seguir, estão as planilhas (**TABELA 5**) utilizadas para o cálculo dos empregos indiretos, com os setores correspondentes da matriz insumo-produto, as respectivas fontes de preço e os multiplicadores. Ao final, o multiplicador indireto encontrado foi de 3,41 empregos-ano/MW para a GC e 1,03 empregos-ano/MW para a GD.

**TABELA 5: MATERIAIS NECESSÁRIOS PARA A CONSTRUÇÃO DE UM PARQUE SOLAR DE 25 MW – GERAÇÃO CENTRALIZADA E DISTRIBUÍDA<sup>8</sup>**

Material	Preço/Tonelada	Multiplicador do Setor (empregos/milhão R\$)	Índice de Emprego - 1MW Geração Centralizada	Índice de Emprego - 1MW Geração Distribuída
Aço liga / não-liga	R\$ 2.937,60	5,43	0,66	0,02
Alumínio	R\$ 9.767,52	5,77	1,25	0,89
Cobre	R\$ 36.992,82	5,77	1,16	0,12
Materiais polímeros	R\$ 10.657,93	8,22	0	0
Concreto	R\$ 498,41	9,50	0,34	0
<b>Total Empregos Gerados</b>			<b>3,41</b>	<b>1,03</b>

### 2.2.3 Identificação dos Índices de Emprego

Após a realização da análise dos empregos diretos, para cada etapa da cadeia produtiva analisada, e dos empregos indiretos, estas informações são compiladas para identificação dos índices de empregos totais da GD e GC no Brasil. A **FIGURA 15** apresenta os resultados encontrados.

<sup>8</sup> Taxas de câmbio apuradas em 21/09/2020: BRL/USD 5,44; BRL/CNY 0,80.

**Aço:** preço em 21/09/2020: <https://pt.tradingeconomics.com/commodities>; Preço cotado em moeda chinesa.

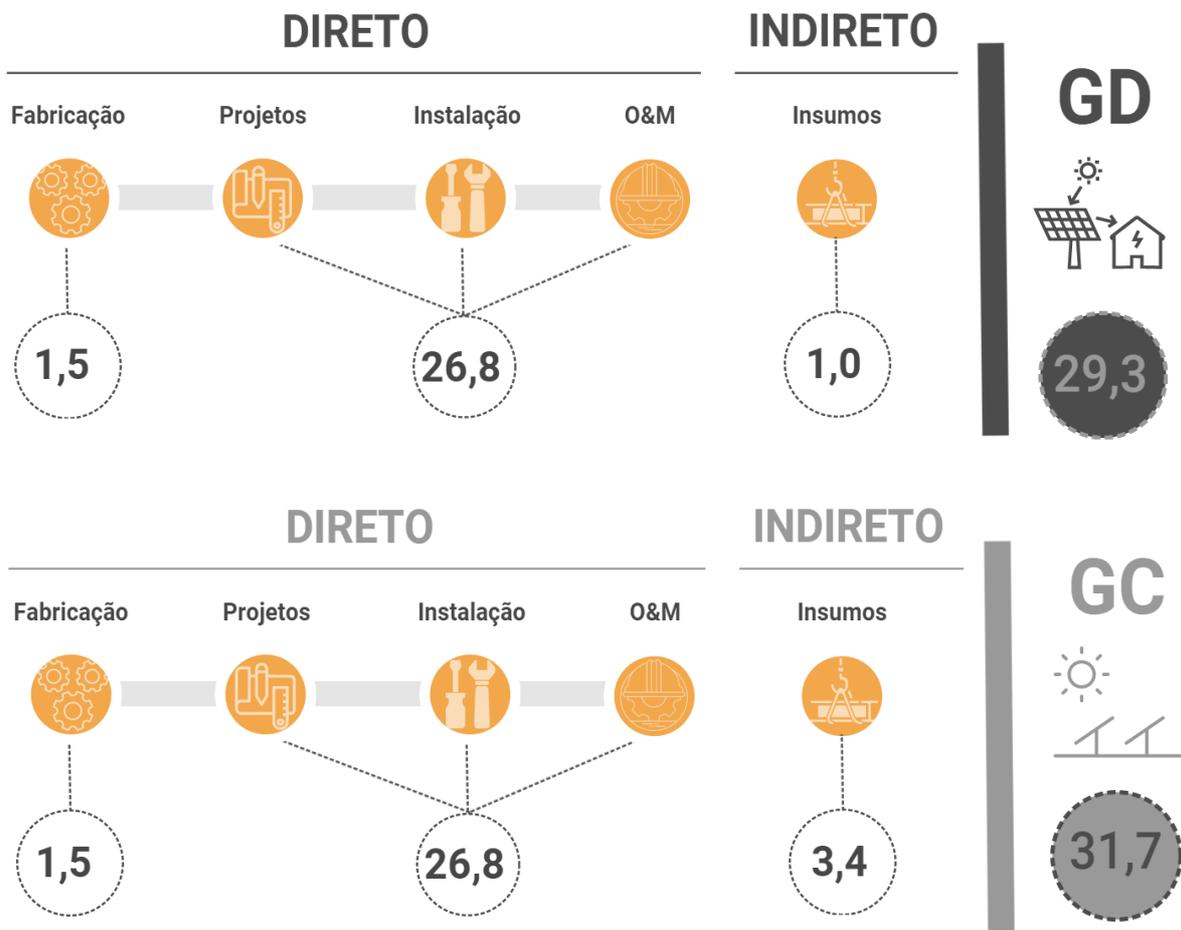
**Alumínio:** preço em 21/09/2020: <https://pt.tradingeconomics.com/commodities>; Preço cotado em moeda americana.

**Cobre:** preço em 21/09/2020: <https://pt.tradingeconomics.com/commodities>; Preço cotado em moeda americana, mas em USD/libra com fator de conversão: 2204,62 libras/tonelada.

**Polímeros:** preço obtido pela divisão da receita do setor pela tonelagem em [http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2020/06/Preview\\_abiplast\\_2019.pdf](http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2020/06/Preview_abiplast_2019.pdf)

**Concreto:** preço obtido considerado fator de conversão de 2,5 toneladas por m3 de concreto e valores de mercado [http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra\\_nova/Estruturas/Concreto\\_armado/Vigas/Viga\\_de\\_concreto\\_armado.html#gsc.tab=0](http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/Estruturas/Concreto_armado/Vigas/Viga_de_concreto_armado.html#gsc.tab=0)

**FIGURA 15: ÍNDICES DE EMPREGOS DIRETOS E INDIRETOS PARA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E CENTRALIZADA**



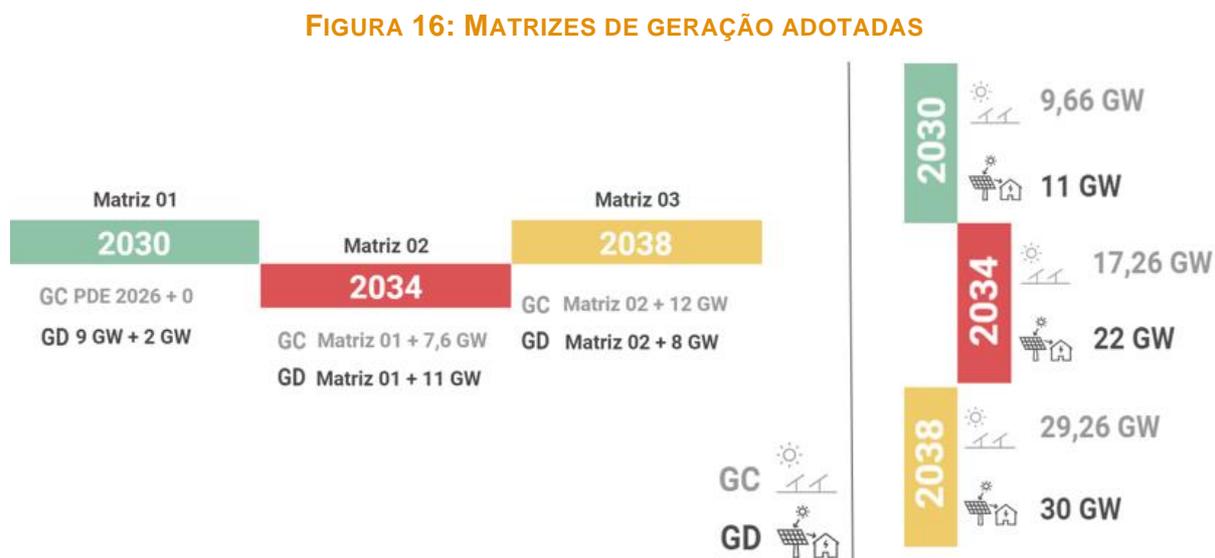
### 3 MATRIZ DE GERAÇÃO

#### 3.1 Matriz de previsão de crescimento do setor

Um vez encontrados os índices de empregos para o setor, foi avaliado a geração de empregos perante três matrizes de geração projetadas para os anos de 2030 (Matriz 1), 2034 (Matriz 2) e 3038 (Matriz 3).

Para o ano de 2030 (Matriz 1) foi considerada a capacidade instalada de 9 GW para a GD. Já para a GC foi considerado a matriz de previsão de crescimento do PDE 2026, que estima o valor de 9,66 GW instalados (EPE, 2017).

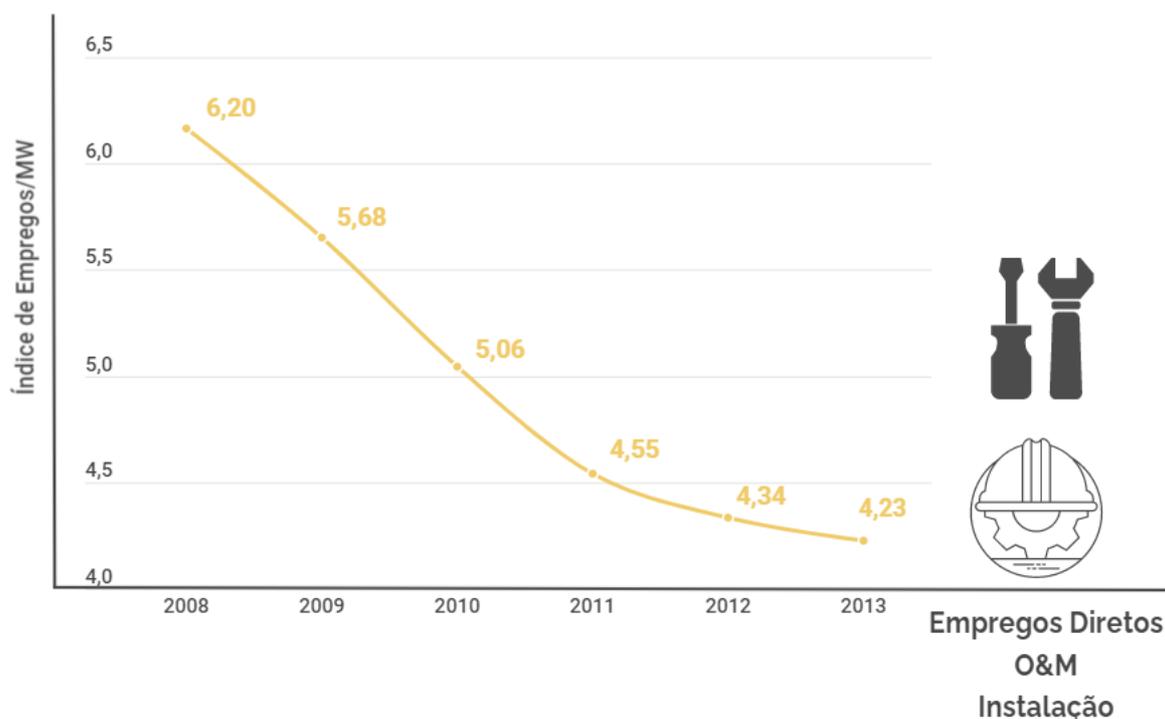
O PDE é baseado nas estimativas do setor de geração solar elaboradas em 2016 analisando as perspectivas de expansão do setor de energia sob a ótica do Governo no horizonte até 2026. Observando-se as curvas de crescimento atuais, esse valor provavelmente será ultrapassado. Contudo, se manteve as projeções estimadas a fim de padronização dos valores do PDE como estimativas de crescimento. Sendo assim, as matrizes de geração resultantes para os anos de 2030 (Matriz 1), 2034 (Matriz 2) e 2038 (Matriz 3), são apresentadas na **FIGURA 16**.



### 3.1 Curva de Aprendizagem

Estudos de análise da cadeia produtiva também levam em consideração a curva de aprendizagem da tecnologia considerada, aplicado aos índices de empregos. Os efeitos de aprendizagem levam a reduções na quantidade de tempo necessária para realização de tarefas e, portanto, resultam em menores índices de empregos ao longo do tempo. A **FIGURA 17** apresenta o resultado da curva de aprendizagem sobre índices de empregos diretos para O&M e instalação de sistemas FV na Europa de 2008 a 2013 (Ortega et al., 2015).

**FIGURA 17: CURVA DE APRENDIZAGEM SOBRE ÍNDICES DE EMPREGOS DIRETOS PARA INSTALAÇÃO E O&M NO SETOR SOLAR NA EUROPA DE 2008 A 2013**



Fonte: Adaptado de Ortega et al. (2015)

Espera-se que a intensidade do índice de empregos por MW seja dependente do tempo de desenvolvimento da tecnologia no país. Segundo Llera et al. (2013), a curva de aprendizagem é representada pela seguinte equação:

$$EF_t = EF_{base} \left( \frac{MW \text{ acumulado}_t}{MW \text{ acumulado}_{base}} \right)^{-\alpha}$$

Onde:

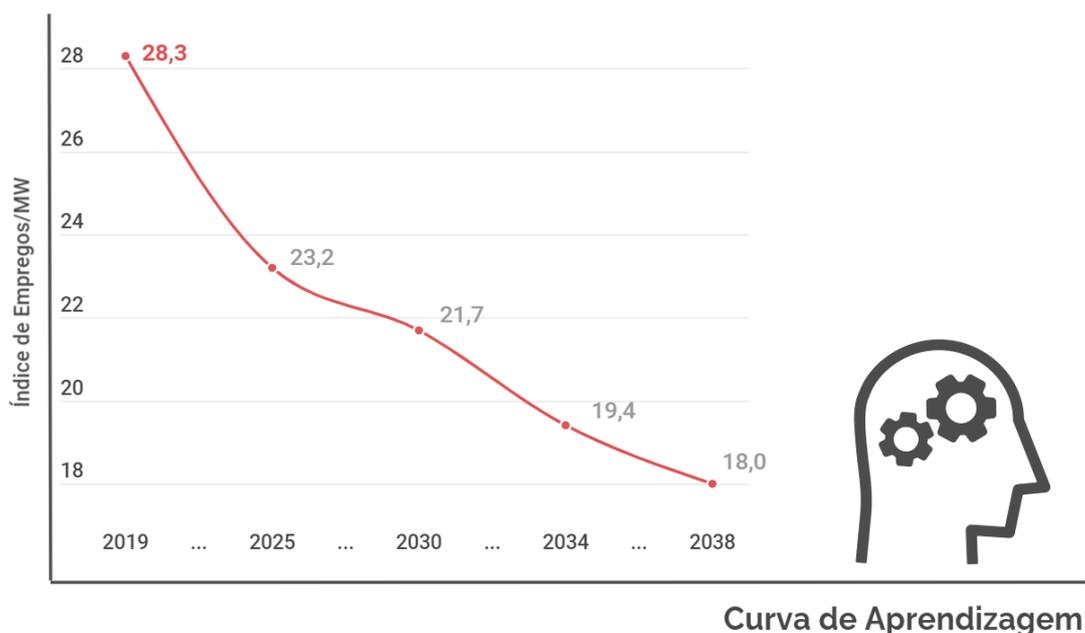
$EF_t$  = Índice de empregos no ano t, expresso em empregos/MW;

$EF_{base}$  = Índice de emprego no caso referência, obtido via este estudo, expresso em empregos/MW;

$\alpha$  = coeficiente de aprendizagem = 0,177<sup>9</sup>.

A **FIGURA 18** apresenta o resultado da curva de aprendizagem sobre índices de empregos diretos encontrados para o cenário brasileiro para os anos de 2025, 2030 (Matriz 1), 2034 (Matriz 2) e 2038 (Matriz 3).

**FIGURA 18: CURVA DE APRENDIZAGEM CALCULADA A PARTIR DE 2019-2038**



Após um período de duas décadas, o índice de empregos diretos sofre redução de aproximadamente dez empregos por MW.

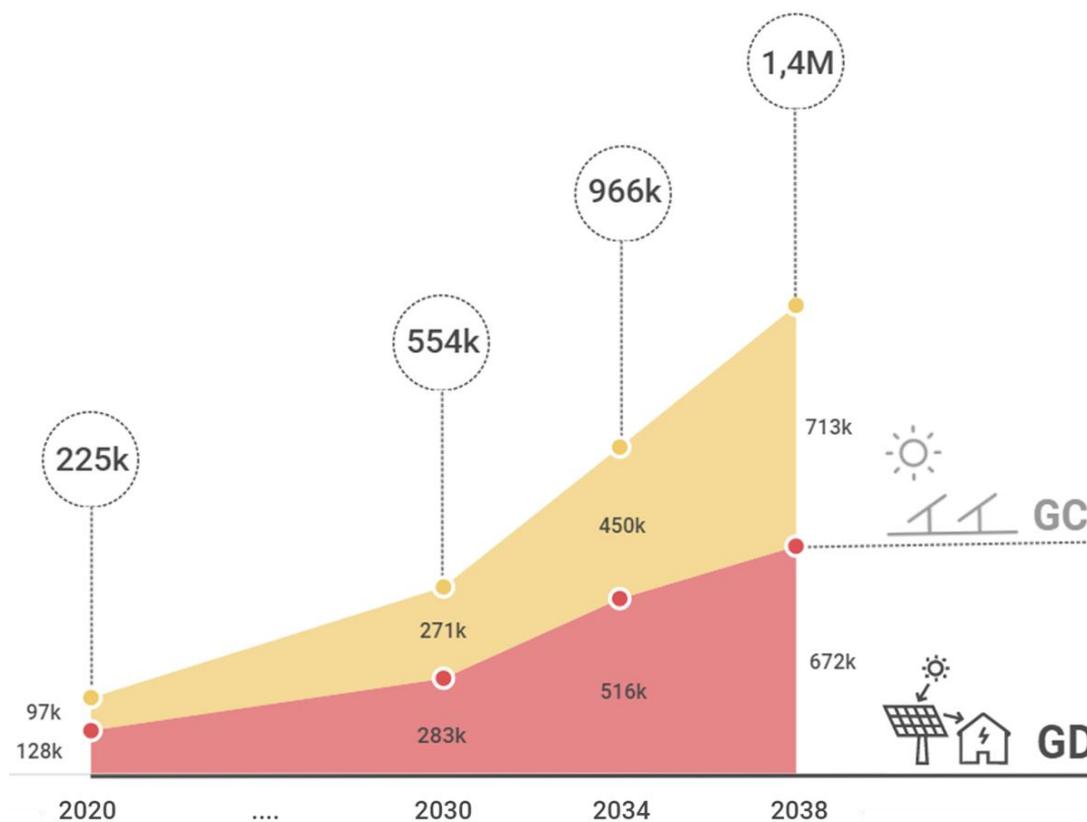
<sup>9</sup> O coeficiente considerado neste estudo foi utilizado para todos os setores da cadeia produtiva e é derivado das curvas de aprendizado para redução de custos apresentado por Elshurafa et al. (2018).

### 3.3 Projeção de crescimento da geração de mão de obra

A partir do índice de empregos encontrado, da curva de aprendizagem e das matrizes de geração propostas, a **FIGURA 19** apresenta a projeção de empregos acumulados para as matrizes de geração analisadas neste estudo, ou seja, a projeção de empregos gerados somados de um ano para o outro para até o ano de 2038.

Analisando a necessidade de mão de obra para o cenário de 2030 (Matriz 1), os resultados mostram que para este ano, o índice de empregos diretos seria de 21,7 empregos/MW. Admitindo um número total de empregos acumulados até 2019 de 225 mil empregos em GD e GC a partir do cenário proposto seriam gerados 329 mil novos empregos, totalizando 554 mil empregos em GD e GC.

**FIGURA 19: ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE EMPREGOS ACUMULADOS PARA AS MATRIZES DE GERAÇÃO: 2030, 2034, 2038**



Os resultados da **FIGURA 19** são apresentados de maneira acumulada de modo a demonstrar que um empregado não está sendo contabilizado mais de uma vez no período considerado. Levando-se em consideração que o setor FV no Brasil teve significativo aumento a partir de 2016, sendo o tempo médio dos empregados nas empresas de 4 anos para grandes empresas e 3 anos para empresas menores (Figura 9), para o perfil de mercado observado não se espera elevada rotatividade dos empregados.

Analisando a necessidade de mão de obra para o cenário de 2034 (Matriz 2 / índice de empregos seria de 19,4 empregos/MW), a partir do cenário proposto seriam gerados 412 mil novos empregos desde 2030 (Matriz 1), totalizando 966 mil empregos acumulados em GD e GC.

Analisando a necessidade de mão de obra para o cenário de 2038 (Matriz 3 /índice de empregos seria de 18 empregos/MW), a partir do cenário proposto seriam gerados 434 mil novos empregos desde 2034 (Matriz 2), totalizando 1,4 milhão de empregos acumulados em GD e GC.

## CONCLUSÕES

A energia solar FV é a fonte que mais emprega pessoas entre as energias renováveis desde 2016, empregando em 2019 aproximadamente 3,8 milhões de pessoas, sendo o Brasil o 8º lugar no ranking dos países que mais empregaram pessoas no setor naquele ano.

Dado o expressivo crescimento e desenvolvimento da geração de energia solar FV no Brasil se buscou neste estudo levantar informações qualificadas (índices de empregos diretos e indiretos), assim como uma caracterização de mão de obra para atender as demandas crescentes do setor solar FV.

As análises de caracterização do setor, obtidas através das análises do RAIS mostram que do ponto de vista regional, para o ano de 2019, mais de 90% das empresas se distribuem majoritariamente entre as regiões Sudeste (54,5%), Sul (20,3%) e Nordeste (16,2%).

No que tange à escolaridade da força de trabalho, a maior parte das pessoas empregadas possui nível médio (49%), seguido pelo nível superior (38%). Com relação ao perfil das empresas, tem-se que elas empregam majoritariamente homens - em torno de 68% na média do período.

A maior parte das empresas (62% do total) possuem menos de 10 pessoas contratadas. Sendo a média de 3,6 empregados, os quais têm menos tempo de emprego, ganham menos e são menos escolarizados.

No levantamento realizado a partir da aplicação de modelo analítico, levantado por meio de questionário online, aplicado às empresas do setor solar FV atuantes no país, o índice total de empregos diretos gerados no ano de 2019 no Brasil foi de 28,3 empregos/MW. Nota-se que a maior parte desses empregos foram relacionados a área de Instalação, representando 72% de todas as pessoas que foram contratadas para realizar atividades relacionadas a essa área, em caráter exclusivo ou não.

Os empregos indiretos, principalmente associados a cadeia do aço, alumínio, cobre e do concreto, calculados a partir da avaliação do ciclo de vida dos materiais utilizados nas instalações, combinado com técnicas de matriz insumo-produto, resultam em uma estimativa de empregos indiretos de 3,41 empregos-ano/MW para GC e 1,03 empregos-ano/MW para GD.

Um vez encontrados os índices de empregos para o setor, foi avaliado a geração de empregos perante três matrizes de geração projetadas para os anos de 2030 (Matriz 1 – 20,66 GW), 2034 (Matriz 2 – 39,26 GW) e 3038 (Matriz 3 – 59,26 GW).

As matrizes foram baseadas nas estimativas do PDE - 2026 do setor de geração solar. Contudo, observando-se as curvas de crescimento atuais, este panorama de crescimento do setor apresenta-se moderado e provavelmente será ultrapassado. As projeções mostram que admitindo um número total de empregos acumulados até 2019 de 225 mil empregos, as expectativas de empregos acumulados para as matrizes seriam de 2030 (Matriz 1 – 554 mil empregos), 2034 (Matriz 2 – 966 mil empregos) e 2038 (Matriz 3 – 1,4 milhão de empregos).

Apesar de mostrar de maneira inédita, uma caracterização do setor utilizando dados coletados junto à (RAIS), considerada uma das principais fontes de informações sobre o mercado de trabalho formal brasileiro, os resultados apresentados neste estudo são não exaustivos e carecem de atualizações anuais de modo a caracterizar de maneira contínua o setor FV.

## REFERÊNCIAS

ANEEL (2021). AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Unidades Consumidoras com Geração Distribuída por Estado. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Estadual.asp](http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp)> Acesso em: 15/02/2021

Araújo, B. C.; Cavalcante, L. R.; ALVES, P. Variáveis proxy para os gastos empresariais em inovação com base no pessoal ocupado técnico-científico disponível. Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior, Brasília, Dez 2009. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/radar/091221\\_radar05\\_cap3.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/radar/091221_radar05_cap3.pdf) . Acessado em: 20/12/2020

Çetin, M., Eğrican, N. 2011. Employment impacts of solar energy in Turkey. Energy Policy, vol. 39, pp. 7184–90.

Elshurafa, A.M., Albardi, S.R., Bigerna, S., Bollino, C.B. 2018. Estimating the learning curve of solar PV balance -of-system for over 20 countries: Implications and policy recommendations. Journal of Cleaner Production, vol. 196, pp. 122-134.

EPE, 2017. Plano Decenal de Energia 2026. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/PDE2026.pdf>>

Fizaine, F., Court, V. 2015. Renewable electricity producing technologies and metal depletion: A sensitivity analysis using the EROI. Ecological Economics, vol. 110, pp. 106-118.

Greener, 2021. Estudo Estratégico de Geração Distribuída: Mercado Fotovoltaico 2º Semestre 2020. Disponível em <<https://www.greener.com.br/estudo/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-2-semester-de-2020/>>

International Energy Agency, IEA, 2020. Life cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems. Report IEA-PVPS T12-19:2020.

Institute for Sustainable Futures, 2015. Calculating Global Energy Sector Jobs – 2015 Methodology Update. Disponível em : <https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/43718/1/Rutovitzetal2015Calculatingqglobalenergysectorjobsmethodology.pdf> Acessado 24/06/2020.

International Labour Organization, 2013. Methodologies for assessing green jobs – Policy brief. Fevereiro de 2013. Disponível em: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_emp/---emp\\_ent/documents/publication/wcms\\_176462.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/documents/publication/wcms_176462.pdf) Acessado 24/06/2020.

International Labour Office - EU, 2011. Skills and occupational needs in renewable energy. Disponível em: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_emp/---ifp\\_skills/documents/publication/wcms\\_166823.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---ifp_skills/documents/publication/wcms_166823.pdf) Acessado 24/06/2020.

International Renewable Energy Agency, IRENA.2017. Renewable energy benefits: Leveraging local capacity for solar PV, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi

International Renewable Energy Agency, IRENA, 2020a. Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2020, Abu Dhabi: s.n. Disponível em <https://www.irena.org/publications/2020/Sep/Renewable-Energy-and-Jobs-Annual-Review-2020>>

International Renewable Energy Agency, IRENA, 2020b. Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050, Abu Dhabi: s.n. Disponível em <<https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>>

Llera, E., Scarpellini, S., Aranda, A., Zabalza, I. 2013. Forecasting job creation from renewable energy deployment through a value-chain approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 21, pp. 262-271.

National Renewable Energy Agency - NREL, 2012. Preliminary Analysis of the Jobs and Economic Impacts of Renewable Energy Projects Supported by the \$1603 Treasury Grant Program.

Ortega, M., del Río, P., Ruiz, P., Thiel, C. 2015. Employment effects of renewable electricity deployment. A novel methodology. Energy, vol. 91, pp. 940-951.

Ram, M., Aghahosseini, A., Breyer, C. 2020. Job creation during the global energy transition towards 100% renewable power system by 2050. Technological Forecasting & Social Change, vol. 151

REN21, 2020. Renewables 2020 - Global Status Report. Disponível em: <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>

Simas, M., Pacca, S. 2014. Assessing employment in renewable energy technologies: A case study for wind power in Brazil. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 31, pp. 83-90.

Solar Power Europe, 2017. Solar PV Jobs & Value Added in Europe. Disponível em: <https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2018/08/Solar-PV-Jobs-Value-Added-in-Europe-November-2017.pdf> Acessado 24/06/2020.

Sooriyaarachchi, T.M., Tsung Tsai, I., El Khatib, S., Farid, A.M., Mezher, T. 2015. Job creation potentials and skill requirements in, PV, CSP, Wind, water-to-energy and energy efficiency value chains. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 52, pp. 653-668.

Tourkolias, C., Mirasgedis, S., 2011. Quantification and monetization of employment benefits associated with renewable energy technologies in Greece. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 15, pp. 2876–86.



## Publicação



Por meio da:



## Elaboração

