

A mão de obra na

CADEIA PRODUTIVA DO SETOR SOLAR BRASILEIRO

Março 2023



PUBLICADO POR:

Profissionais do Futuro

Sistemas de Energia do Futuro

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Ministério da Educação (MEC)

Ministro » Camilo Santana

Secretário de Educação Profissional e Tecnológica » Getúlio Marques

Ministério de Minas e Energia (MME)

Ministro » Alexandre Silveira

Secretaria de Planejamento e Transição Energética » Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Diretor Nacional » Michael Rosenauer

Diretor de Energias Renováveis e Eficiência Energética » Johannes Kissel

Diretora do Projeto Profissionais do Futuro » Julia Giebeler

Diretor do Projeto Sistemas de Energia do Futuro » Daniel Almarza

Coordenação e revisão técnica da publicação » Caroline Luciane Broering Dutra (GIZ)
e Roberta Hessmann Knopki (GIZ)

Revisão Textual » Andrea Mesquita (GIZ) e Lucas Tolentino (GIZ)

Diagramação » Raphael de Medeiros (Trato Design)

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 » Cognito Consultoria

Cayan Atreio Portela Barcena Saavedra » Cognito Consultoria

Jorge Luís Ferreira Boeira » Cognito Consultoria

Março 2023 | Revisão da edição original de março/2021

Apresentação

A energia solar fotovoltaica (FV) é a tecnologia de matriz renovável que mais adiciona capacidade instalada no mundo desde 2016. Somente em 2019, 115 GW de potência somaram-se aos 512 GW até então instalados (REN21, 2020). No Brasil, o setor também cresce em ritmo acelerado e tomou a dianteira na geração de empregos relacionados a fontes de energia renovável. Em 2019, aproximadamente 3,8 milhões de postos de trabalho estavam direta ou indiretamente associados à cadeia produtiva da energia solar fotovoltaica, o que posicionou o Brasil em 8º lugar no *ranking* dos países que mais empregaram pessoas nesse segmento (IRENA, 2020a).

Ante essa tendência de expansão dos serviços relacionados à energia solar FV, é importante compreender as demandas por mão de obra especializada e investir na capacitação de profissionais orientados para criar um mundo mais sustentável. O estudo apresentado nas páginas seguintes vai ao encontro dessa necessidade. A partir de dados coletados junto à Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) – uma das principais fontes de informação sobre o mercado de trabalho formal brasileiro – foi possível caracterizar a mão de obra do setor segundo os perfis remuneratório, ocupacional, educacional, de distribuição regional e por gênero.

Informações não disponíveis na RAIS – como as funções exercidas pelas pessoas contratadas – foram levantadas por meio de

um questionário aplicado às empresas que atuam no setor de energia solar FV. Esses dados primários permitiram mapear as especialidades que mais demandaram mão de obra em 2019, bem como a potência instalada por cada empresa naquele ano.

O índice de empregos diretos foi calculado para cada uma das principais atividades da cadeia produtiva consideradas no estudo: fabricação, projetos, instalação, operação e manutenção (O&M). E os resultados mostraram que a instalação é o processo que mais gera empregos no setor – 8,88 para cada megawatt instalado, seguido pela área de projetos, com 4,11 empregos/MW. O índice total calculado em 2019 no Brasil foi de 28,3 empregos/MW. O estudo também considerou os empregos indiretos, como aqueles associados à produção de aço, alumínio, cobre e concreto – insumos essenciais para a fabricação e suprimento de equipamentos, materiais e serviços.

Ao aferir os índices de empregos diretos e indiretos para o setor, a pesquisa traz, ainda, uma projeção para marcos futuros. Numa estimativa conservadora, o número de empregos acumulados alcançaria 554 mil em 2030; 966 mil em 2034; e 1,4 milhão em 2038. As análises apresentadas a seguir caracterizam a cadeia produtiva de energia solar FV de forma inédita no Brasil e abrem possibilidades para o planejamento de investimentos e políticas públicas com foco em um mercado em franca ascensão.

ÍNDICE

APRESENTAÇÃO	3
Lista de figuras.....	5
Lista de tabelas	6
Lista de abreviações	6
1 A CADEIA PRODUTIVA DO SETOR DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL E NO MUNDO	7
1.1 Energia Solar: contexto	7
1.2 A cadeia produtiva do setor solar	9
1.3 Metodologia para definição dos índices de empregos diretos e indiretos... ..	12
2 MAPEAMENTO DA CADEIA PRODUTIVA SOLAR BRASILEIRA	15
2.1 Mapeamento de empregos diretos.....	15
2.1.1 Caracterização das empresas do setor – dados secundários	18
2.1.2 Identificação dos índices de emprego – dados primários.....	20
2.2 Mapeamento de empregos indiretos.....	21
2.2.1 Ciclo de vida e matriz insumo-produto.....	22
2.2.2 Aplicação dos multiplicadores do setor.....	23
2.2.3 Identificação dos índices de emprego	24
3 MATRIZ DE GERAÇÃO	25
3.1 Matriz de previsão de crescimento do setor	25
3.2 Curva de aprendizagem	26
3.3 Projeção de crescimento da geração de mão de obra.....	27
CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cadeia produtiva do setor solar.	8
Figura 2. Porcentagem de empregos na cadeia produtiva do setor solar na Europa para o ano de 2016.	9
Figura 3: Método analítico para estimativa de criação de empregos	10
Figura 4: Especialidade da mão de obra e respectivo elemento da cadeia produtiva	13
Figura 5: Distribuição regional das empresas da amostra para o ano de 2019.	17
Figura 6: Distribuição Estadual das empresas da amostra para o ano de 2019.	18
Figura 7: Perfil de escolaridade da pessoas empregadas pelas empresas da amostra no ano de 2019	19
Figura 8: Participação segregada por gênero das pessoas empregadas nas empresas da amostra para os anos de 2012-2019.	19
Figura 9: Perfil da mão de obra: 100 maiores empresas vs. demais empresas em 2019	19
Figura 10: Perfil da mão de obra: menos de 10 pessoas empregadas vs. Demais empresas em 2019	20
Figura 11: Perfil das áreas de atuação das pessoas contratadas em 2019 pelas empresas respondentes.	20
Figura 12: Índices de emprego direto calculados para instalação, projetos, O&M e fabricação no ano de 2019	20
Figura 13: Índice de empregos diretos para o ano de 2019 calculados via aplicação de questionário.	21
Figura 14: Quantidades de insumos por potência	22
Figura 15: Índices de empregos diretos e indiretos para geração distribuída e centralizada	24
Figura 16: Matrizes de geração adotadas	26
Figura 17: Curva de aprendizagem sobre índices de empregos no setor solar na Europa de 2008 a 2013.	26
Figura 18: Curva de aprendizagem calculada a partir de 2019-2038	27
Figura 19: Estimativa de geração de empregos acumulados para as matrizes de geração: 2030, 2034, 2038	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Evolução da potência instalada de geração distribuída e centralizada	8
Tabela 2: Porcentagem de empregos na cadeia produtiva do setor solar para os anos de 2008, 2016 e 2021	11
Tabela 3: Índices de empregos na cadeia produtiva solar encontrados na literatura.....	14
Tabela 4: Matriz insumo-produto do setor para os materiais considerados	22
Tabela 5: Materiais necessários para a construção de um parque solar de 25 mw – geração centralizada e distribuída	23

LISTA DE ABREVIACÕES

ABSOLAR: Associação Brasileira de Energia Solar
ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica
BoS: Balanço do Sistema
CNPJ: Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
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 (GIZ) GmbH</i>
GW: Gigawatt
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 de energia renovável que mais adiciona capacidade instalada no mundo desde 2016 (REN21, 2020). Somente no ano de 2019, um total de 115¹ GW de potência foi instalado (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), com aproximadamente 3,8 milhões de postos de trabalho 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 decorre de dois principais fatores: a regulação da geração distribuída no país por meio da Resolução Normativa (REN) 482/2012 e a 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 pra um", ou seja,

1. Máxima capacidade de usinas e outras instalações utilizando tecnologia FV.

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.

Além disso, outro fator que corroborou para 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, na sigla em inglês) para a energia solar FV caiu 82%, de cerca de

360 para 68,40 USD por megawatt-hora (MWh) (IRENA, 2020b).

A consequência foi o exponencial 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) e Geração Distribuída (GD). Projetos de energia solar fotovoltaica acima de 5 MW, como usinas de grande porte, fazem parte da geração centralizada (GC), enquanto na geração distribuída (GD) os sistemas são de menor porte e, geralmente, estão junto ou próximos ao local de consumo (**FIGURA 1**).

Figura 1 - Esquema de geração centralizada e geração distribuída

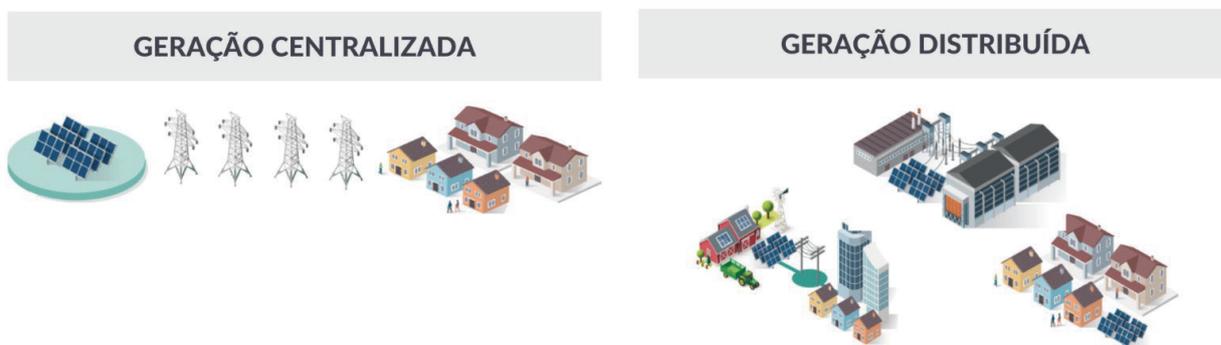


Tabela 1 - Evolução da potência instalada de geração distribuída e centralizada

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

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

2. LCOE é a relação entre todos os custos associados à geração de energia do sistema FV e à quantidade de energia que se estima que esse sistema vá 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. Os números são similares aos observados no ano de 2019, quando 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 quase três vezes superiores aos anos anteriores. Em 2020, observou-se um crescimento de 2,2 GWp na modalidade de GD. Já em 2019 houve um acréscimo 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.

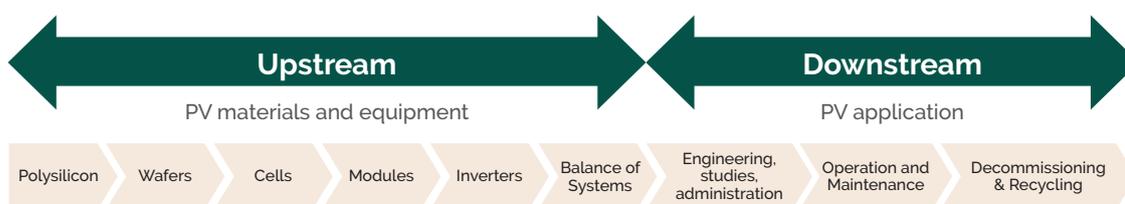
As instalações de usinas de GC estão localizadas principalmente no Nordeste do país, dado o maior potencial de irradiação solar naquela região. Quanto à GD, Minas Gerais lidera o *ranking* dos estados com mais potência solar FV instalada, seguido de Rio Grande do Sul, São Paulo, Mato Grosso e Paraná (ANEEL, 2021).

Em consonância com as tendências do cenário mundial, o setor de energia solar FV no Brasil tem desempenhado um importante papel na geração de empregos. Nesse sentido, faz-se necessário compreender as demandas por mão de obra especializada para atender a uma expectativa de aumento substancial por serviços relacionados à 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), conforme apresentado na **FIGURA 2**.

Figura 2 - 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.

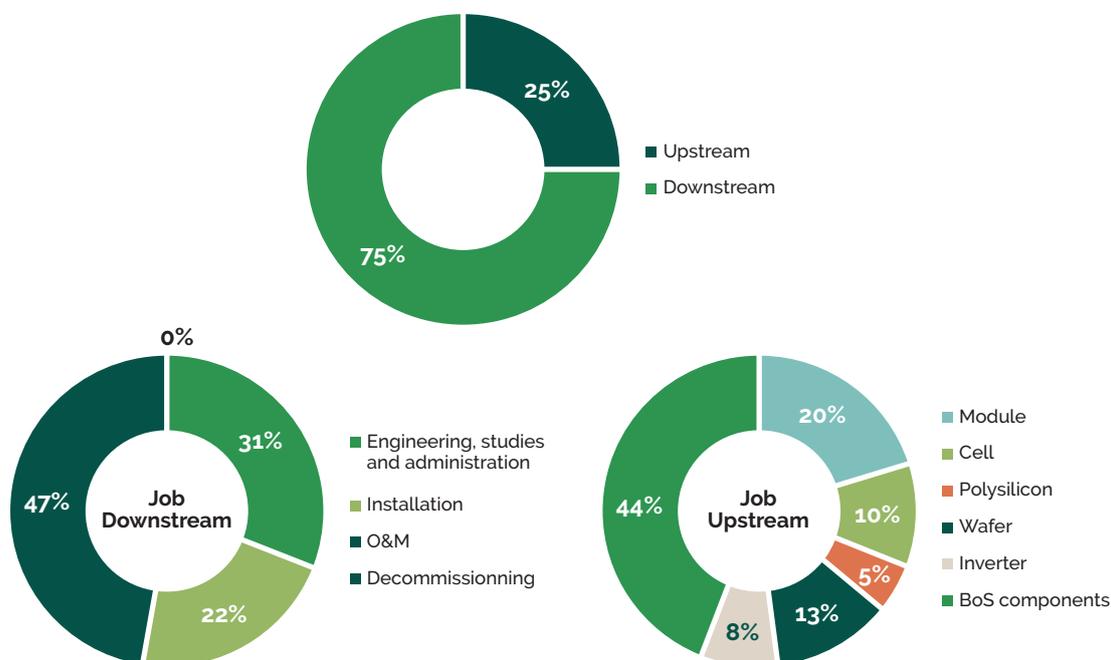
As atividades de aplicação (*downstream*) se referem a: serviços prestados dentro a indústria FV, como engenharia, administração, instalação, operação e manutenção (O&M), vendas, descomissionamento e reciclagem.

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 3, 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% são referentes à O&M, 22%, à instalação e, 31%, a 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 3 - 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%

Fonte: Solar Power Europe (2017)

Nota-se que a maior porcentagem de empregos gerados em 2021 na previsão realizada seria na área de engenharia e administração, representando 31% de todos os empregos na cadeia produtiva. Em seguida, estão os 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 no mundo, seriam provenientes da cadeia produtiva solar (GD e GC). Com relação às diferentes áreas da cadeia produtiva, os autores observaram que empregos gerados em O&M passarão a representar a maior parcela a partir de 2025, 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.

Nas atividades de fabricação (*upstream*) realizadas no Brasil, 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 importados em 2020 (Greener, 2021). A grande maioria do mercado de módulos FV no Brasil é composta de produtos importados, ou seja, os empregos criados pelo elo de fabricação de módulos FV no Brasil são poucos, quando comparados a empregos criados em outras áreas.

Em 2020, foram importados 4,9 MW de inversores FV (Greener, 2021). Das 10

maiores empresas atuantes no mercado brasileiro de inversores até 9,9 kW, três são nacionais. Entre as 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 dos integradores, em 2020, são de origem nacional (Greener, 2021). Os integradores são empresas que fazem a ponte entre os fornecedores de equipamentos e o cliente, responsáveis pela venda, projeto, execução e, às vezes, operação e manutenção dos sistemas. Em termos de visibilidade, o mercado de produção de estruturas, ou seja, a cadeia do alumínio e do aço galvanizado, é o 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 Soriyarachchi 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 indiretos³: 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 pode ser dividida nas seguintes categorias:

Modelos Entrada-Saída e Equilíbrio Geral

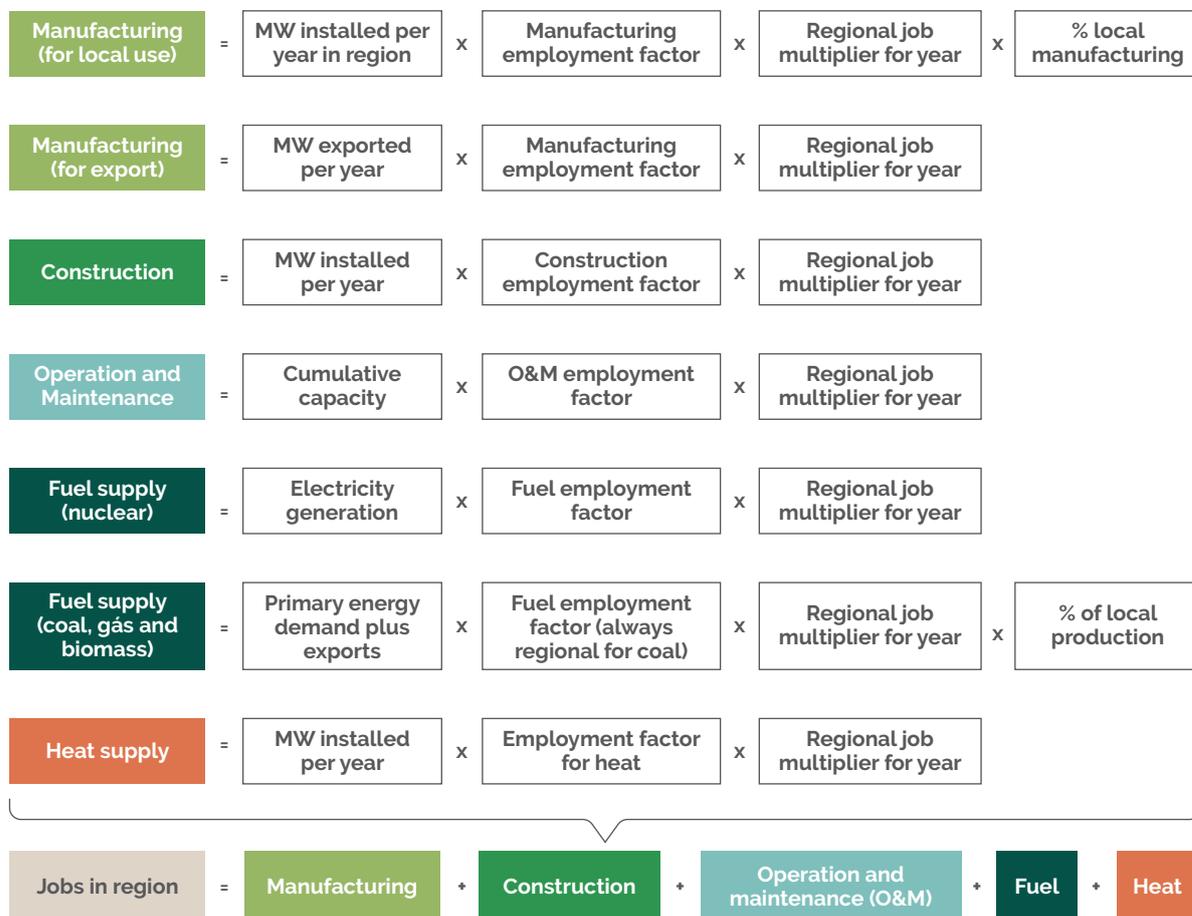
Computável: estes métodos permitem a modelação de geração de empregos, incluindo a correlação do setor de energia renovável com outros setores da economia. É necessária uma quantidade extensa de dados e tempo no desenvolvimento de certos modelos.

Modelos analíticos: estes métodos são considerados mais transparentes em relação aos anteriores. Baseiam-se em questionários e entrevistas no setor estudado e na observação da cadeia produtiva em projetos previamente implementados. Como resultados, 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 4**.

3. O presente estudo não contempla em seu escopo a criação de empregos induzidos.

Figura 4 - Método analítico para estimativa de criação de empregos



Fonte: IST (2015).

Para cada setor da cadeia produtiva, o IST define que a quantidade de empregos gerados é calculada a partir da variação da capacidade instalada multiplicada por um índice que representa a geração de empregos do setor e por um fator 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
Solar Power Europe, 2017	Distribuída	Europa	2015	-	6,7	26		1,4	1,21	-	35,31
IST et al., 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, 2021	-	-	2011	-	5,76 e 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 Eğrican, 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.

Índices de empregos diretos (**2.1 mapeamento de empregos diretos**) e indiretos (**2.2 mapeamento de empregos indiretos**), gerados pelo setor nos anos recentes, foram identificados 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 a 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 IDEAL⁴ (3077 empresas), da relação de CNPJs dos associados da Associação Brasileira de

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

Energia Solar (ABSOLAR) (550 empresas), e de outras 38 empresas identificadas como líderes no segmento de energia solar.

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

Portanto, foram encontrados, 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 país – a 2019, último ano disponível na base de dados até a data de 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. Essa 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

comumente fornecem 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.

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, foi possível compreender e mapear que funções mais têm demandado mão de obra especializada no setor.

Para identificar melhor 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 5**. Os índices de emprego foram então calculados para cada um desses elementos da cadeia produtiva do setor.

Figura 5 - Especialidade da mão de obra e respectivo elemento da cadeia produtiva

CADEIA PRODUTIVA	ESPECIALIDADE DA MÃO DE OBRA
 FABRICAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de equipamentos que compõem o sistema fotovoltaico
 PROJETOS	<ul style="list-style-type: none"> • Prospecção e avaliação de potencial da fonte • Avaliação econômica do empreendimento • Avaliação de riscos • Projeto de engenharia • Consultoria
 INSTALAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação/construção de sistemas fotovoltaicos
 O&M	<ul style="list-style-type: none"> • Comissionamento • Manutenção de sistemas FV • Operação de sistemas FV • Descomissionamento

Para o cálculo do índice de empregos diretos, foi aplicada a metodologia apresentada por Simas e Pacca (2014), em que 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 em 11 de janeiro de 2021, via plataforma *Survey Monkey*, tanto para empresas com âmbito em GD como em GC, e ficou disponível até 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, além de parceiros como ABSOLAR e Portal Solar.

Foram consideradas no questionário apenas as contratações realizadas em 2019, com o objetivo de deixá-lo mais conciso e com menor tempo de resposta, sendo 2019 o ano-teto escolhido para validar os resultados obtidos a partir da base de dados da RAIS⁵.

Apesar de o estudo 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 das informações. Logo, o estudo carece de atualizações anuais, de modo a mapear e caracterizar de maneira contínua o setor FV.

5. 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.

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 2019⁶, 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 mais se destaca, sendo representado por 232 empresas, seguido de

Minas Gerais, com 123 empresas, e Paraná e Rio Grande do Sul, ambos com 80 empresas cada (FIGURA 6).

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

Figura 5 - Distribuição regional das empresas da amostra para o ano de 2019

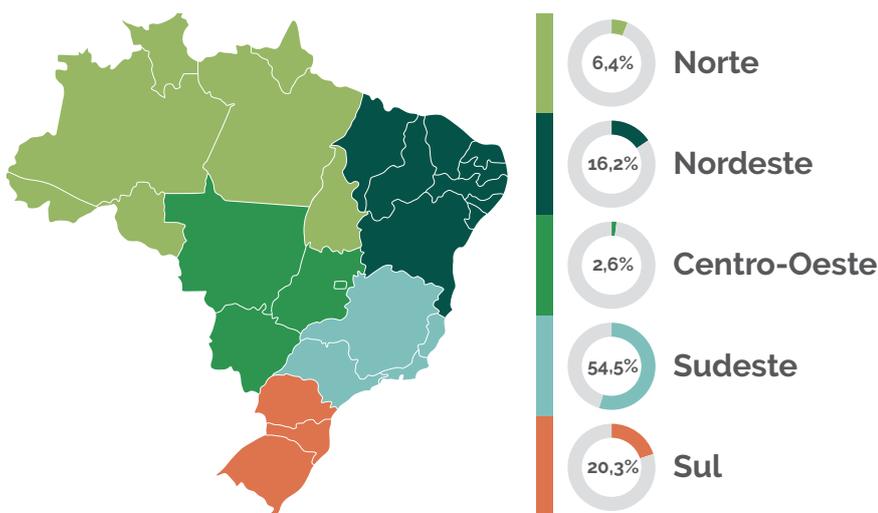
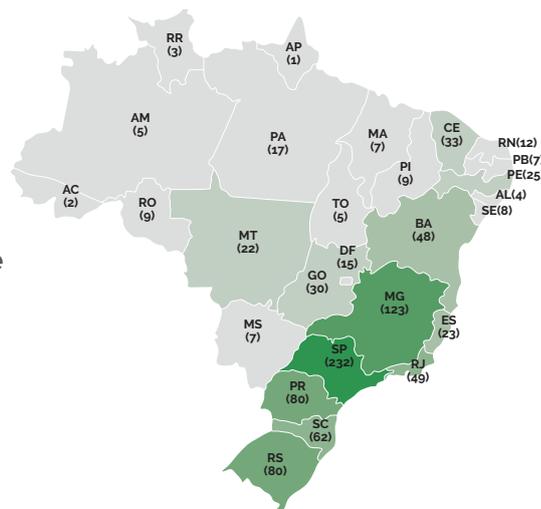


Figura 6 - Distribuição Estadual das empresas da amostra para o ano de 2019



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 técnica-profissionalizante. Já entre as pessoas com nível superior, destacam-se as formações técnico-científicas⁷.

As empresas empregam majoritariamente homens: 68%, na média do período, o que reflete a realidade do contexto internacional (IRENA, 2019). Há, inclusive, uma queda na participação feminina no final do período (FIGURA 8). O impulso nas contratações entre 2018-2019, portanto, teve viés masculino, pois reduziu a participação feminina no setor solar FV.

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

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

Figura 7 - Perfil de escolaridade da pessoas empregadas pelas empresas da amostra no ano de 2019

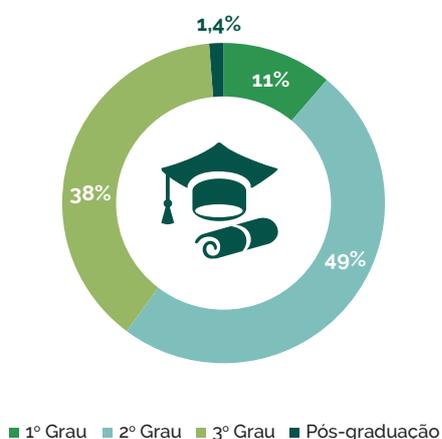
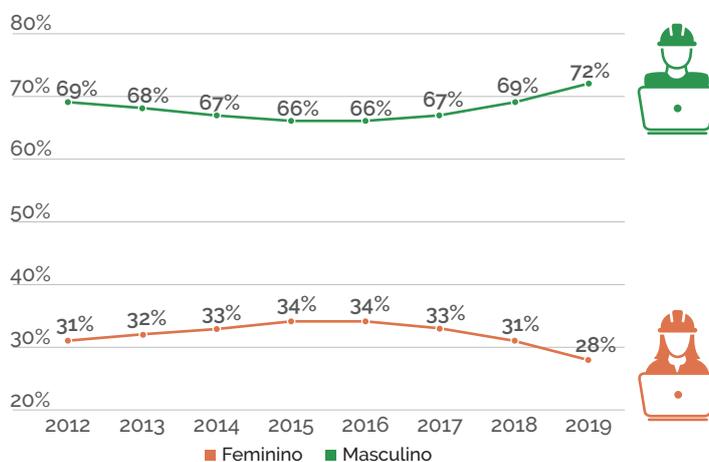


Figura 8 - Participação segregada por gênero das pessoas empregadas nas empresas da amostra para os anos de 2012-2019



Em 2019, os dados coletados e segregados para as 100 maiores empresas da amostra e as demais empresas revelaram que, nas maiores empresas, as pessoas empregadas tendem a apresentar mais tempo de casa (praticamente o dobro, em média); há uma parcela maior de pessoas com ensino superior completo; e os funcionários/as recebem maiores salários (mais do que o dobro, o que talvez se relacione ao maior tempo de casa e grau de escolaridade). O percentual de pessoal em ocupações técnico-científicas também é ligeiramente superior ao do restante das empresas. Ou seja, tais empresas apresentam um perfil tecnológico mais sofisticado, pagam melhores salários, e contam 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. Como mencionado,

supõe-se que as empresas com menos de 10 pessoas empregadas (62% do total) sejam as pequenas instaladoras que atuam no aquecido mercado GD. Um olhar atento a esses 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 obra: 100 maiores empresas vs. demais empresas 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	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	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

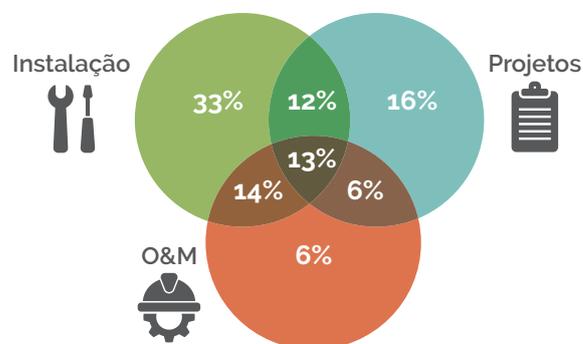
2.1.2 Identificação dos índices de emprego – dados primários

No período em que o questionário esteve disponível, foram recebidas 155 respostas válidas. A partir dessas respostas, foi levantado o perfil das atividades realizadas por 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 os últimos três analisados de forma conjunta. Tal procedimento deve-se à percepção de uma tendência: a de que as pessoas contratadas para atuar com projetos, instalação e O&M costumam atuar simultaneamente em mais de uma dessas áreas dentro da empresa.

A **FIGURA 11** apresenta o perfil das áreas de atuação em projetos, instalação e O&M – considerando as pessoas contratadas em 2019 pelas empresas respondentes da pesquisa. Nota-se que a maior parte foi contratada para atuar exclusivamente na área de instalação, representando 33% das

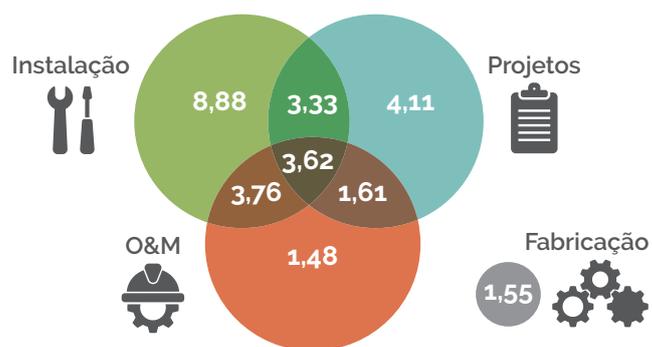
contratações. A área com menor contratação exclusiva foi a de O&M, com apenas 6% das contratações. Além disso, 72% de todas as pessoas contratadas naquele ano para essas três áreas realizaram atividades relacionadas a instalação, em caráter exclusivo ou não; 14% foram contratadas para atuar com instalação 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. Dessa forma, foi 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, seguidas 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 os elementos da cadeia produtiva referentes a 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. O índice total de empregos diretos gerados no ano de 2019 no Brasil, portanto, foi de 28,3 empregos/MW. A utilização do método analítico para determinação de empregos diretos não permitiu 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 está no mesmo patamar do índice de empregos observado 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 a quantidade de empregos gerada 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 valores de insumos por MW instalado, indicados na FIGURA 14.

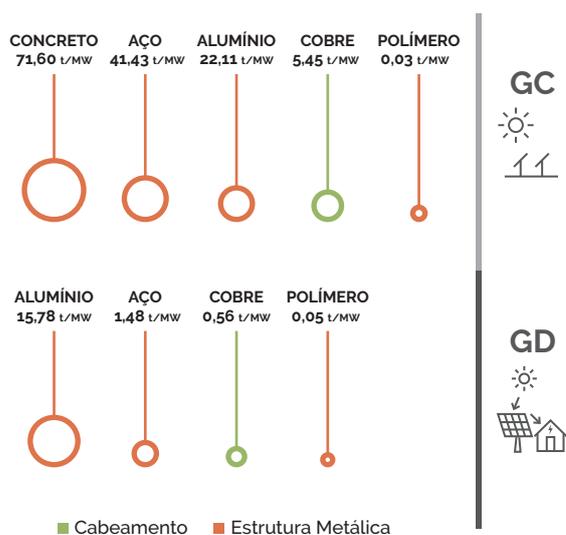
A partir das quantidades identificadas e das pesquisas de preços desses insumos, é possível estimar o choque de demanda no setor correspondente na matriz insumo-produto.

Por meio desse sistema, é possível avaliar o quanto o crescimento/decrescimento de um setor afeta o crescimento/decrescimento de outros e qual é 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 (emprego/milhão R\$)
	GD	CG		
Aço liga / não liga	1,48	41,43	2491 Produção de ferro gusa/ ferroligas, siderurgia e todos 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

2.2.2 Aplicação dos multiplicadores do setor

Para efeito deste trabalho, os resultados mais relevantes no mapeamento dos empregos indiretos estão associados ao choque de demanda que, por sua vez, é dado pelo consumo de materiais 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 Distribuída⁸

Material	Preço/Tonelada	Multiplicador do Setor (emprego/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
Total de empregos gerados			3,41	1,03

8. 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 norte-americana.

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

Polímeros: preço obtido pela divisão da receita do setor pela tonelage em 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.

2.2.3 Identificação dos índices de emprego

Após a realização da análise dos empregos diretos, para cada etapa da cadeia produ-

tiva analisada e dos empregos indiretos, essas informações são compiladas para identificação dos índices de empregos totais da GD e GC no Brasil. A **FIGURA 15** apresenta os resultados encontrados.

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

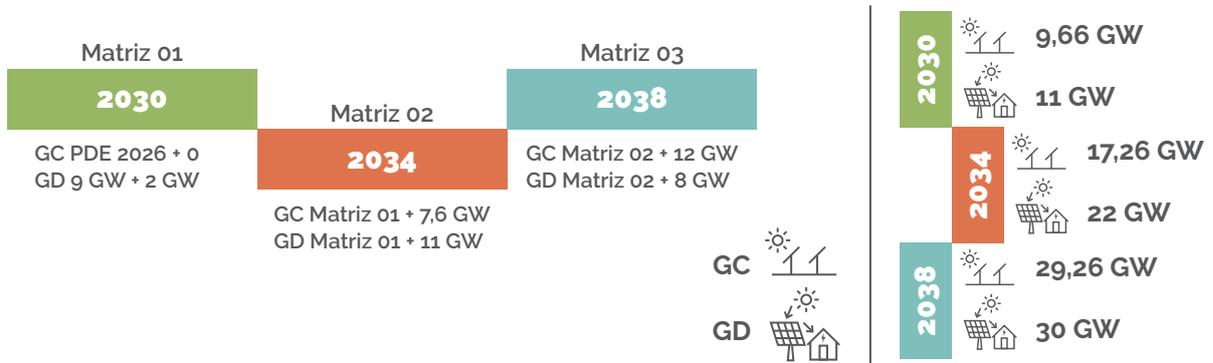
Um vez encontrados os índices de empregos para o setor, foi avaliada a geração de empregos perante três matrizes, projetadas para os anos de 2030 (Matriz 1), 2034 (Matriz 2) e 2038 (Matriz 3).

Para o ano de 2030 (Matriz 1), foi considerada a capacidade instalada de 9 GW para a GD. Já para a GC, foi considerada a matriz de previsão de crescimento do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) de 2026, que estima o valor de 9,66 GW instalados. Os planos decenais surgiram para ordenar os investimentos das empresas estatais, e foram adaptados à medida que o setor elétrico se abria à participação do setor privado. Hoje os PDEs constituem um dos principais instrumentos para a garantia do suprimento energético à sociedade brasileira, orientando ações e decisões, tanto governamentais quanto privadas. Os planos são elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética

(EPE) sob diretrizes e supervisão da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia (MME). E são as contribuições da sociedade nos processos de consulta pública que permitem o aprimoramento dos Planos Decenais (EPE, 2017).

O PDE é baseado nas estimativas do setor de geração solar elaboradas em 2016, e analisa as perspectivas de expansão do setor de energia sob a ótica do governo até 2026. Na dimensão estratégica, os estudos do PDE destacam o melhor aproveitamento dos recursos energéticos nacionais, dentro de uma visão de médio e longo prazo, e encorajando a integração regional. Observando-se as curvas de crescimento atuais, esse valor provavelmente será ultrapassado. Contudo mantiveram-se as projeções, a fim de padronizar os 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**.

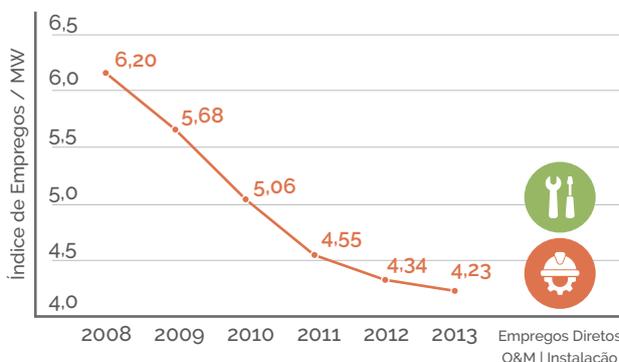
Figura 16 - Matrizes de geração adotadas



3.2 Curva de aprendizagem

Estudos de análise da cadeia produtiva também levam em consideração a curva de aprendizagem da tecnologia considerada, aplicada 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, entre 2008 e 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;

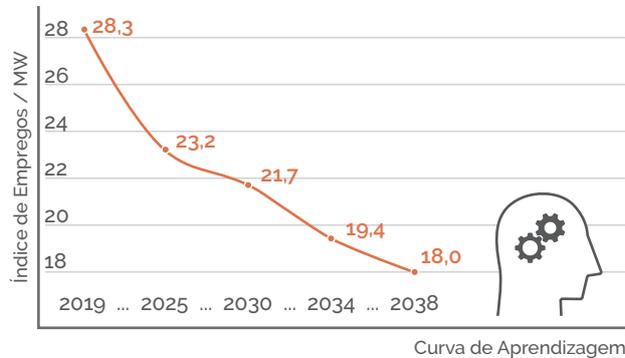
EF_{base} = Índice de emprego no caso referência, obtido via este estudo, expresso em empregos/MW;

α = coeficiente de aprendizagem = 0,177⁹.

A FIGURA 18 apresenta o resultado da curva de aprendizagem sobre índices de empregos diretos encontrados no cenário brasileiro para os anos de 2025, 2030 (Matriz 1), 2034 (Matriz 2) e 2038 (Matriz 3).

9. 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).

Figura 18 - Curva de aprendizagem calculada a partir de 2019-2038



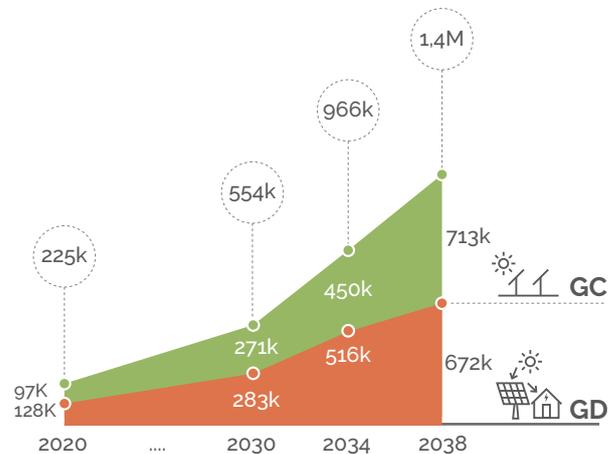
Após um período de duas décadas, o índice de empregos diretos sofre redução de aproximadamente dez empregos por MW.

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. A previsão considera a soma dos empregos gerados de um ano para o outro até 2038.

Analisando a necessidade de mão de obra para o cenário de 2030 (Matriz 1), os resultados mostram que, para esse ano, o índice de empregos diretos seria de 21,7 empregos/MW. Admitindo um total de 225 mil empregos em GD e GC acumulados até 2019, 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, a fim de demonstrar que um empregado/a não está sendo contabilizado/a mais de uma vez no período em análise. Levando-se em consideração que o setor FV no Brasil teve significativo aumento a partir de 2016, sendo o tempo médio dos empregados/as de 4 anos para grandes empresas, e de 3 anos para empresas menores (**FIGURA 19**), não se espera elevada rotatividade para o perfil de mercado observado.

A análise demonstrou que a necessidade de mão de obra para 2034 (Matriz 2/índice de 19,4 empregos/MW), a partir do cenário proposto, seria de 412 mil trabalhadores/as para atender os novos empregos gerados desde 2030 (Matriz 1), totalizando 966 mil empregos acumulados em GD e GC.

Conclusões

A energia solar FV é a fonte que mais gera empregos entre as energias renováveis desde 2016, empregando aproximadamente 3,8 milhões de pessoas no mundo em 2019 (IRENA, 2020a). O Brasil ocupa o 8º lugar no *ranking* dos países que mais empregaram no setor naquele ano, com a marca de mais de 43 mil empregos gerados no setor em 2019.

Dado o expressivo crescimento e desenvolvimento da geração de energia solar FV no Brasil, buscou-se neste estudo levantar informações qualificadas (índices de empregos diretos e indiretos), assim como caracterizar a mão de obra necessária ao atendimento das demandas crescentes do setor.

Essas análises, obtidas através da RAIS, mostram que, do ponto de vista regional, em 2019, mais de 90% das empresas se distribuíam 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%). As empresas empregam majoritariamente homens - em torno de 68% na média do período.

A maior parte das empresas (62% do total) possui menos de 10 pessoas contratadas. A média é de 3,6 empregados/as, com menos tempo de emprego, menor salário e mais baixa escolarização.

No levantamento realizado a partir 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 em 2019 no Brasil foi de 28,3 empregos/MW. A maioria das pessoas - 72% - foram contratadas para realizar atividades na área de instalação, em caráter exclusivo ou não.

Os empregos indiretos, principalmente associados às cadeias de aço, alumínio, cobre e 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 3,41 empregos-ano/MW para GC, e 1,03 empregos-ano/MW para GD.

Uma vez encontrados os índices de empregos para o setor, foi avaliada a geração de empregos perante três matrizes projetadas para 2030 (Matriz 1 - 20,66 GW),

2034 (Matriz 2 – 39,26 GW) e 3038 (Matriz 3 – 59,26 GW).

As matrizes baseiam-se nas estimativas do PDE-2026 do setor de geração solar. Contudo, observando-se as curvas de crescimento atuais, esse panorama de crescimento do setor apresenta-se moderado e, provavelmente, será ultrapassado. As projeções mostram que, admitindo-se um número total de empregos acumulados até 2019 de 225 mil, as expectativas de empregos

acumulados para as matrizes seriam de 554 mil para 2030 (Matriz 1), 966 mil para 2034 (Matriz 2) e 1,4 milhão para 2038 (Matriz 3).

Apesar de mostrarem, de maneira inédita, uma caracterização do setor a partir de dados coletados junto à RAIS, considerada uma das principais fontes de informações sobre o mercado de trabalho formal brasileiro, os resultados apresentados neste estudo não são exaustivos e carecem de atualizações anuais.

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> 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 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 over20 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-semestre-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/Rutovitzetal2015Calculatingglobalenergysectorjobsmethodology.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 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 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.

A mão de obra na

CADEIA PRODUTIVA DO SETOR SOLAR BRASILEIRO



Por meio da



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

