

**OPÇÕES DE MITIGAÇÃO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE)
EM SETORES-CHAVE DO BRASIL**

RELATÓRIO

COBENEFÍCIOS DE PLANTAS SOLARES DE CONCENTRAÇÃO

Coordenação Geral:

Alexandre Szklo

André Lucena

Roberto Schaeffer

Coordenação Executiva:

Pedro Rochedo

Rio de Janeiro

Abril de 2017

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de Radiação Direta Normal do Brasil	7
Figura 2 – Esquema de uma Planta CSP Destacando os Componentes do Bloco de Potência e do Sistema Coletor.....	8
Figura 3 – Ilustração da Metodologia de Localização Industrial aplicada à CSP	12
Figura 4 – Cadeia de Valor Básica CSP.....	13
Figura 5 – Cadeia de Valor Proposta por ESMAP, 2011b.....	13
Figura 6 – Relação entre Matéria Bruta e Componentes.....	14
Figura 7 – Complexidade de Produção dos Componentes e Potencial de Conteúdo Local de Cada Componente no Norte da África	16
Figura 8 – Cadeia de Valor Industrial	17
Figura 9 – Capacidade Instalada e Sua Relação com Conteúdo Local no Brasil.....	19
Figura 10 – Minas para o Fornecimento de Areia com Baixo Teor de Ferro	20
Figura 11 – Empresas Brasileiras Que Podem Participar da Cadeia de Valor CSP.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Benefícios de Soria et al. (2015) Associados à Etapa de Construção para 10 Usinas CSP-biomassa de 30 MW	31
Tabela 2 – Benefícios de Soria et al. (2015) Associados à Etapa de Operação de 10 Plantas CSP-biomassa de 30 MW na Bahia.....	31
Tabela 3 – Cenários Propostos por Couto (2016) para uma Planta de Cilindro Parabólico e 6 Horas de Armazenamento	32
Tabela 4 – Resultado de Couto (2016) por Cenário para 10 Usinas de 30 MW de Cilindro Parabólico e 6 Horas de Armazenamento	32

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais Fornecedores de Componentes CSP.....	15
Quadro 2 – Panorama da Indústria de Vidro no Brasil	22
Quadro 3 – Indústrias Químicas Que Produzem Óleo Sintético no Brasil.....	24
Quadro 4 – Empresas Que Produzem Sais Fundidos no Brasil.....	24
Quadro 5 – Empresas Que Produzem Componentes do Bloco de Potência no Brasil	26

Cobenefícios associados à energia solar de concentração

Rodrigo Milani

1 Apresentação

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) firmaram, em 2012, acordo de cooperação técnica visando à implementação do Projeto de Cooperação Técnica “Opções de Mitigação de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em Setores-Chave do Brasil”, cujo objetivo é ajudar o governo brasileiro a reforçar a sua capacidade técnica de apoiar a implementação de ações de mitigação de emissões de GEE nos principais setores da economia (indústria, energia, transporte, residencial e serviços, LULUCF, gestão de resíduos e alternativas intersetoriais) no Brasil (incluindo custos), de acordo com a Política e com o Plano Nacional sobre Mudança do Clima.

Este relatório objetiva avaliar os cobenefícios relacionados ao desenvolvimento de uma indústria local que ampare a implementação de plantas heliotérmicas (em inglês, *concentrated solar power* – CSP). Para tal, será feita uma análise da indústria brasileira para identificar quais elos da cadeia de valor dessa tecnologia já estão desenvolvidos no país. Em seguida, será simulada a geração de emprego e renda associada ao desenvolvimento da indústria local, utilizando a ferramenta Jobs and Economic Development Impact (JEDI) Model.¹

¹ O modelo JEDI foi desenvolvido e é mantido pelo National Renewable Energy Laboratory (NREL). Esse modelo utiliza uma matriz insumo-produto a fim de estimar os impactos socioeconômicos da construção e operação de plantas geradoras de energia elétrica e produtoras de biocombustíveis (NREL, 2015).

2 Contextualização

A capacidade instalada de CSP no mundo, em 2016, somava 4,9 GW, com um total de 121 projetos em operação (CSPTODAY, 2016). Dessa capacidade instalada, Espanha e EUA detinham 47% e 36%, respectivamente. Para atingir número tão significativo, esses países tiveram que desenvolver uma indústria local capaz de apoiar o desenvolvimento dessa tecnologia, uma vez que a importação de componentes poderia fazer com que o custo nivelado da energia gerada dobrasse (ARVIZU; BALAYA; CABEZA, 2011). O desenvolvimento da indústria local é mais crítico quando se consideram as tecnologias de cilindro parabólico e de torre solar mais difundidas no mundo atualmente, com 91 e 18 plantas em operação, respectivamente (CSPTODAY, 2016), pois os espelhos utilizados na tecnologia de cilindro são curvos, com extensão entre 49 e 247 metros, enquanto os espelhos utilizados na tecnologia de torre, apesar de planos e quadrados, têm dimensão usual de 12 m por 12 m (NREL, 2017). Isso torna o custo de transporte dos espelhos um fator limitante para o desenvolvimento da tecnologia CSP *ex situ*. Assim, a tecnologia CSP deve ser desenvolvida junto com a indústria local. Outro fator importante, especialmente no Brasil, é o fato de o país ter os melhores locais de radiação direta normal, energia primária utilizada pela CSP, no Semiárido, local de condições menos adequadas para o desenvolvimento da agricultura e da pecuária e, conseqüentemente, com menor desenvolvimento econômico e social do Brasil. A Figura 1 apresenta a radiação direta normal (DNI) no Brasil.



Figura 1 – Mapa de Radiação Direta Normal do Brasil

Fonte: SOLARGIS, 2016

Os componentes de uma planta CSP podem ser divididos em dois grandes grupos: i) os relacionados ao sistema coletor (abastecido pelas indústrias de aço, espelhos e química), responsáveis pela conversão de energia solar em energia térmica, e os relacionados ao bloco de potência (abastecido pela indústria de componentes do bloco de potência), responsáveis pela conversão de energia térmica em energia elétrica. Os tipos de indústria que abastecem esses componentes serão analisados para o caso brasileiro na seção 4. A Figura 2 mostra, esquematicamente, uma planta CSP e explicita os dois grupos de componentes, o sistema coletor destacado em verde e o bloco de potência destacado em amarelo.

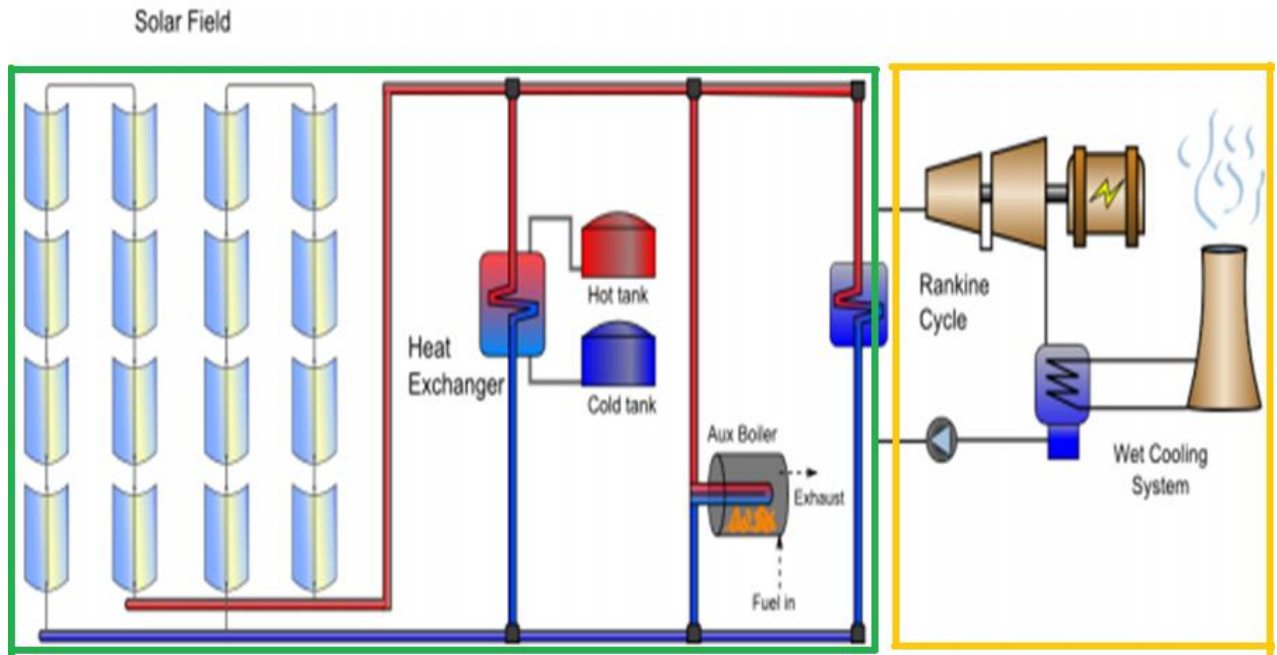


Figura 2 – Esquema de uma Planta CSP Destacando os Componentes do Bloco de Potência e do Sistema Coletor

Fonte: IEA, 2010

Uma vantagem da tecnologia CSP, quando comparada às outras renováveis no que tange ao desenvolvimento industrial, é o fato de a parte referente ao bloco de potência, por trabalhar geralmente com ciclo Rankine, utilizar os mesmos componentes de usinas convencionais de geração de energia elétrica, como as termelétricas.

Recentemente, o Banco Mundial, por meio do seu Energy Sector Management Assistance Program (Esmap), junto com algumas empresas de consultoria, como a Ernerst & Young, elaborou relatórios com o objetivo de avaliar o potencial de desenvolvimento da cadeia de suprimentos (*supply chain*) em países em desenvolvimento, como Marrocos, África do Sul e países da região de MENA.² O objetivo desses relatórios é avaliar o grau de desenvolvimento da indústria local nos diferentes elos da cadeia de valor da tecnologia CSP, inclusive analisando as indústrias que poderiam se adaptar para produzir determinado componente, além de calcular os cobenefícios associados à geração de emprego e renda em cada um desses países (ESMAP, 2011a; b, 2015a; b; IRENA, 2015; KOST et al., 2012; SASTELA, DTI e GIZ, 2013). Ocorre que tais relatórios utilizam entrevistas e *workshops* com representantes da indústria e elaboradores de políticas públicas para descrever o atual estado da indústria local e, assim, analisar quão preparada está para manufaturar os componentes de uma planta CSP.³ Esses

² MENA se refere a Middle East and North Africa.

³ O mesmo procedimento é feito na abordagem das capacitações de produção, que será detalhada na seção 3.2.

relatórios apresentam, assim, uma detalhada cadeia de valor, que é essencial para a utilização da metodologia de localização industrial, utilizada para analisar o nível de adaptação de uma tecnologia a determinada indústria local (GARRAD, 2012; HANSEN; OCKWELL, 2014; HUENTELER; NIEBUHR; SCHMIDT, 2016; PUEYO et al., 2011; SCHMIDT; HUENTELER, 2016). Para calcular os cobenefícios, os relatórios utilizam cenários de capacidade instalada por ano e associam um índice de geração de emprego e renda por potência instalada em plantas específicas,⁴ levando em consideração empregos diretos, indiretos e induzidos⁵. Sendo assim, utilizam o método do fator de empregabilidade, como será visto adiante.

Na literatura científica, diversos estudos vêm calculando os cobenefícios socioeconômicos associados ao desenvolvimento industrial de energia renováveis. Llera et al. (2013) calcularam os cobenefícios associados ao desenvolvimento da tecnologia fotovoltaica na Espanha. Thornley, Rogers e Huang (2008) calcularam a geração de emprego para o caso de plantas a biomassa. Zwaan, Cameron e Kober (2013) calcularam a geração de cobenefícios associada ao desenvolvimento das indústrias eólica e solar (FV e CSP) no Oriente Médio. Dai et al. (2016) calcularam a geração de cobenefícios associados à energia renovável na China. Por fim, para o Brasil, Soria et al. (2015) e Couto (2016) calcularam o potencial geração de emprego e renda associado a plantas CSP. Esses estudos serão detalhados na seção **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Sooriyaarachchi et al. (2015) apontam a existência de duas abordagens para contabilizar a geração de emprego e renda proveniente do desenvolvimento de indústria renovável local: a bruta e a líquida. Na geração bruta, são avaliados apenas o número de emprego e renda gerado, enquanto na geração líquida são descontados os empregos e a renda que poderiam ter sido desenvolvidos em outros setores da economia e não foram, devido ao desenvolvimento da indústria renovável. Os estudos avaliados neste relatório levaram em consideração a abordagem bruta, avaliando apenas a geração. Isso, porém, não pode ser visto como uma análise enviesada, uma vez que estudos mostram que desenvolvimento industrial ligado ao desenvolvimento de indústria renovável pode gerar entre 1,7 e 14,7 vezes mais emprego que o desenvolvimento de indústria de geração de energia por tecnologias não renováveis (HEAVNER; CHURCHILL,

⁴ Plantas específicas se referem a uma planta CSP com capacidade, tecnologia e horas de armazenamento determinadas.

⁵ Os impactos diretos se referem a atividades ligadas diretamente à construção e operação da planta em questão, como postos de trabalho, *in situ*, referentes à construção e operação da planta. Os impactos indiretos se referem aos impactos associados a qualquer elo da cadeia de suprimentos da planta. Nestes se incluem os empregos gerados na manufatura de determinado componente, por exemplo. Por fim, os impactos induzidos se referem aos impactos consequentes do aumento da renda local.

2002). Também é importante destacar que, no caso de plantas CSP, como os sítios adequados para sua instalação são regiões áridas e semiáridas, normalmente, não se encontram tantas atividades econômicas nesses sítios que se contraporiam às plantas CSP.

Independentemente da abordagem utilizada (bruta ou líquida), podem-se utilizar dois métodos para contabilizar cobenefícios. O primeiro é por meio de uma matriz insumo-produto; o segundo é por meio de um fator de empregabilidade. Tais métodos podem ser utilizados para calcular a geração não só de emprego, mas também de renda. O método da matriz insumo-produto utiliza uma matriz que caracteriza a entrada e a saída dos setores econômicos, relacionando-os. O método do fator de empregabilidade, por sua vez, utiliza esses fatores para multiplicar cada atividade da cadeia de valor (SOORIYAARACHCHI et al., 2015). Os estudos analisados neste documento utilizaram o JEDI Model, desenvolvido pelo Laboratório de Energia Renovável dos EUA (National Renewable Energy Laboratory – NREL), que emprega a matriz insumo-produto para calcular a geração de emprego e renda, como será visto na seção **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

3 Localização industrial e capacitações

Antes de apresentar a geração de cobenefícios associados ao desenvolvimento de CSP no Brasil, faz-se necessário analisar a indústria brasileira e avaliar se ela está preparada ou não para receber a demanda por componentes de plantas CSP. Para tal, será utilizada a metodologia de localização industrial, metodologia que analisa as capacitações requeridas e a estrutura industrial do país a fim de observar se está apto ou não a receber determinada indústria. Na literatura científica, essa metodologia foi aplicada para indústrias ligadas à energia renovável, sendo alvo de diversos estudos (GARRAD, 2012; HANSEN; OCKWELL, 2014; HUENTELER; NIEBUHR; SCHMIDT, 2016; PUEYO et al., 2011; SCHMIDT; HUENTELER, 2016). De acordo com Weinrebe e Balz (2015), localização industrial é “o processo de adaptação do tipo e do projeto da usina, bem como dos métodos de fabricação de sistemas e componentes às condições locais e capacitações⁶ de produção, aumentando as capacitações locais”. Essa definição deixa claro que o domínio das capacitações relacionadas aos métodos de fabricação (CMF) e das capacitações relacionadas à produção (CP) devem ser analisadas. As CMF são as capacitações relacionadas aos processos industriais necessários para produzir uma unidade do componente em questão, definidas pela cadeia de valor, que indica os processos necessários para se confeccionarem os componentes da planta. As CP estão relacionadas com a capacidade de produzir o componente no ritmo que atenda a necessidade de desenvolvimento de uma nova tecnologia, uma vez que esta precisa de um nível mínimo de produção até que seja consolidada (SCHLIPF; STENGLER; SCHNEIDER, 2014). Weinrebe e Balz (2015) ainda defendem que o método de localização industrial é um fator-chave para o desenvolvimento de CSP em países em desenvolvimento. A Figura 3 ilustra a metodologia de localização industrial aplicada à CSP.

⁶ Nesse caso, traduz-se *capability* por capacitação, que estaria associada à habilidade e à capacidade de produzir um elemento da planta CSP (não se trata apenas de capacidade instalada, mas também de *know-how* para produzir o elemento, o que diferiria o termo de *capacity*) – Corbett e Claridge (2002).

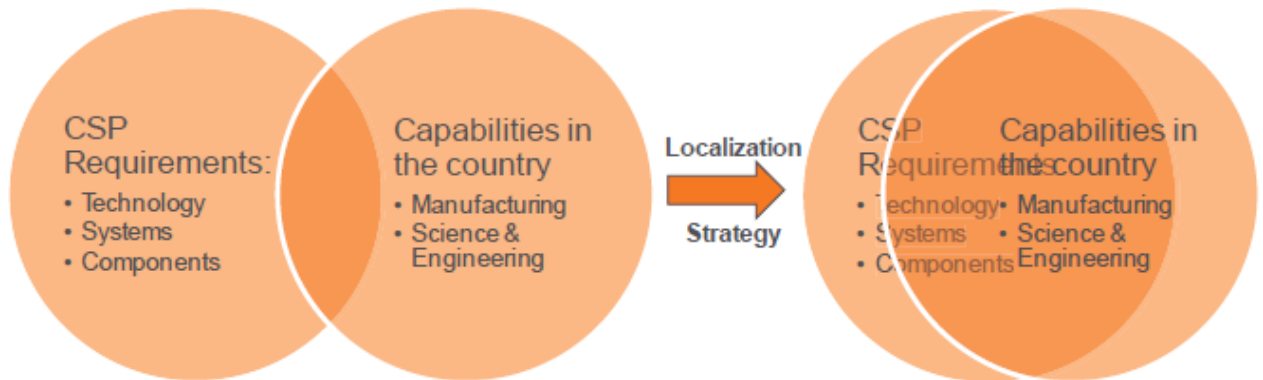


Figura 3 – Ilustração da Metodologia de Localização Industrial aplicada à CSP

Fonte: WEINREBE; BALZ, 2015

3.1 Cadeia de valor CSP e as capacitações de métodos de fabricação

A cadeia de valor indica todas as etapas necessárias para que a planta entre em operação. Sendo assim, apresenta as etapas desde o desenvolvimento do projeto até a planta entrar em operação. A cadeia de valor tem, basicamente, quatro elos. O primeiro cuida do desenvolvimento do projeto. Nessa etapa, escolhe-se o tipo de tecnologia que a planta utilizará, assim como a localização da planta, a empresa responsável por EPC (*engineering procurement and construction*), os fornecedores de componentes, dentre outros. Com a primeira etapa concluída e o projeto da planta consolidado, a próxima etapa é a fabricação e montagem dos componentes. Essa etapa pode ser subdividida em duas: aquisição de materiais e manufatura e montagem. A terceira etapa consiste na construção da planta, e a quarta se refere ao comissionamento e operação, podendo também ser subdividida em duas. É claro que cada estudo organiza ou agrupa essas etapas de acordo com seu foco. Além disso, podem-se incluir etapas transversais, como financiamento e P&D, que podem acompanhar todo o desenvolvimento da planta (ESMAP, 2011b).

Em seguida, serão apresentadas a cadeia básica (Figura 4) e algumas outras cadeias de valor para CSP. Depois, será feita a discussão sobre as CMF e, por fim, será feita uma análise das indústrias indicadas pela cadeia de valor no Brasil, assim analisando as CP. É necessário deixar claro que a melhor forma de analisar as CP é pela interação com as empresas que produziram os componentes para precisar sua capacidade de produzir determinado produto no ritmo requisitado pela indústria que está a se instalar no país. Este projeto, porém, não fará esse detalhamento da análise, a partir de questionários. Tentará, ao contrário, inferir as CP por meio de índices como produção e capacidade ociosa, quando possível, a fim de indicar se a indústria

brasileira tem capacidade de atender as CP ou não. Não obstante, fica claro que o ideal – ou mesmo o passo seguinte do estudo – seria interação direta com as empresas.

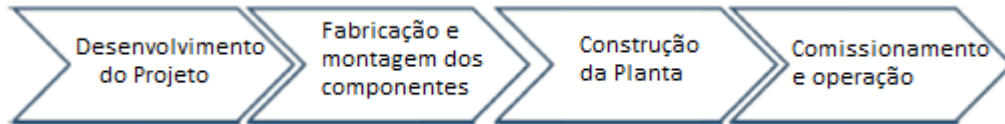


Figura 4 – Cadeia de Valor Básica CSP

Fonte: Elaboração própria

Os diferentes documentos produzidos pelo Esmap apresentam uma cadeia de valor similar: a Figura 5 apresenta a cadeia de valor do Esmap (2011b), diferente da cadeia básica apresentada na Figura 4, que detalha especificamente uma planta CSP.

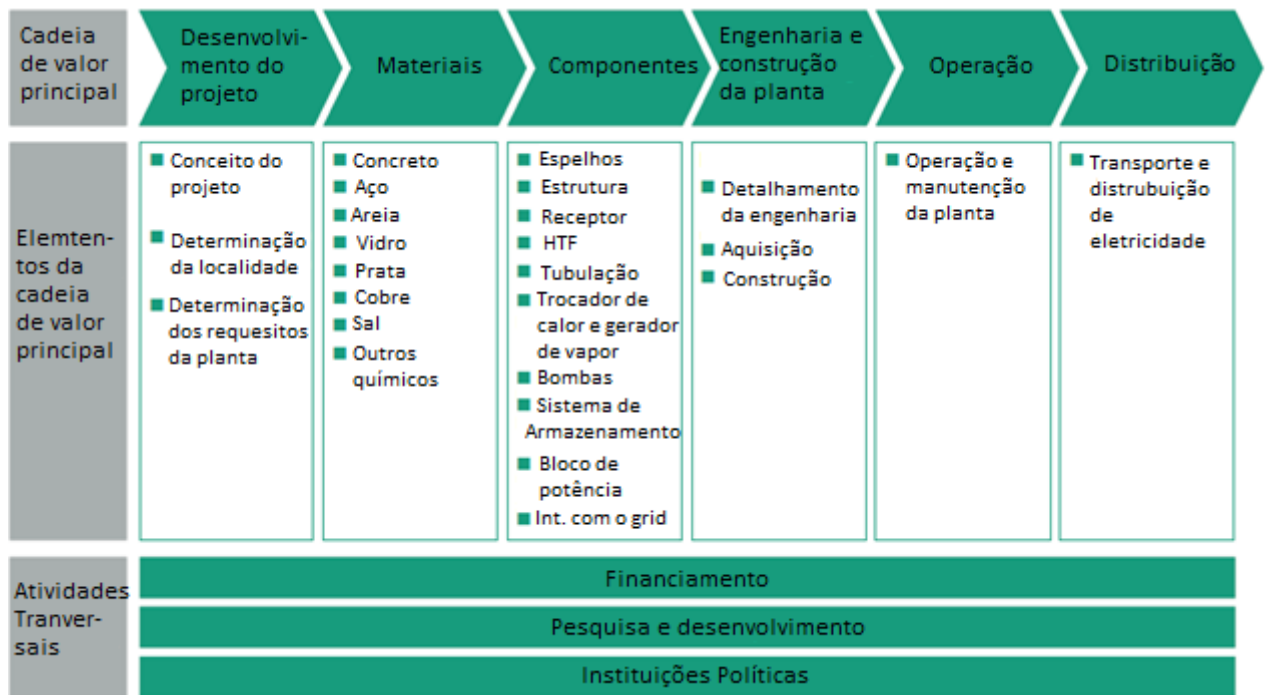


Figura 5 – Cadeia de Valor Proposta por ESMAP, 2011b

Fonte: Adaptado de ESMAP, 2011b

Analisando a Figura 5, percebe-se que o estudo em questão considera a etapa de distribuição de energia posterior à etapa de operação, além de etapas transversais de financiamento, P&D e políticas públicas. Nota-se também que este estudo apresenta as principais competências referentes a cada elo da cadeia de valor, como os materiais necessários

para confecção dos componentes. Como dito, os estudos do Esmap (2011a) apresentam cadeias similares, cada uma baseada no estudo anterior. Sendo assim, não é necessário distingui-las.

Outro estudo que teve como foco os materiais necessários para manufatura de componentes de plantas CSP foi Gereffi, Dubay e Lowe (2008). Esse estudo apresentou, em paralelo a sua cadeia de valor, a relação entre os materiais e os componentes em que são utilizados, além dos principais países fornecedores de cada material. A Figura 6 apresenta essa relação. Vale ressaltar o papel de destaque do Brasil como fornecedor de aço, o que será abordado na seção 4.2.

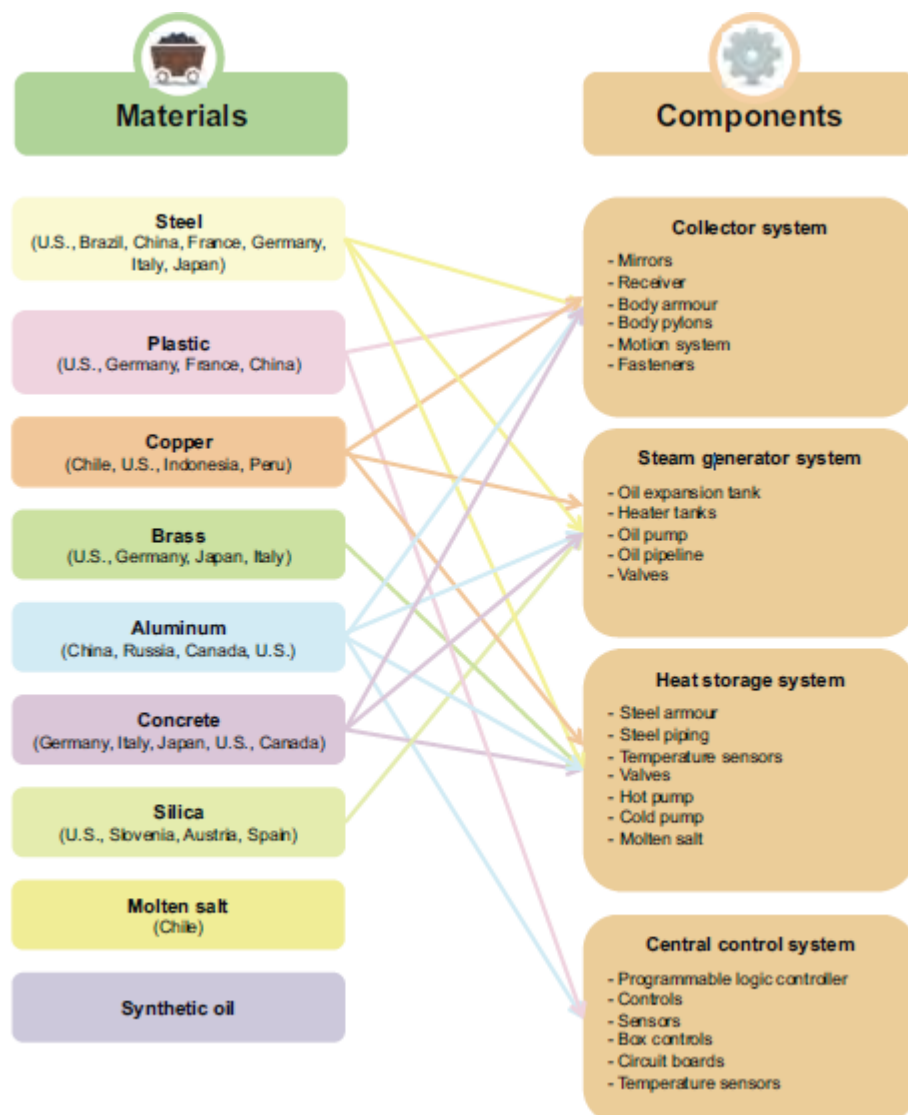


Figura 6 – Relação entre Matéria Bruta e Componentes

Fonte: GEREFFI; DUBAY; LOWE, 2008

Da Figura 6, depreendem-se os principais materiais e os componentes produzidos a partir deles. Os processos para produção desses componentes indicam as CMF necessárias para manufaturá-los.

Em sequência, é apresentado o Quadro 1, onde se observam exemplos de fornecedores de equipamentos CSP no mundo e seus países, ou seja, as companhias que fazem parte da cadeia de valor dessa tecnologia.

Quadro 1 – Principais Fornecedores de Componentes CSP

Component	Illustrative Companies	Location
Collectors	European Partners	Europe
	Industrial Solar Technology	Golden, CO
	Luz/Solel	Israel
	Solargenix Energy	Sanford, NC
	Solar Millennium AG	Germany
	Sopogy	Honolulu, HI
Mirrors/Reflectors	Alanod	Germany
	Ausra Manufacturing	Las Vegas, NV
	Boeing (formerly McDonald Douglas)	Chicago, IL
	Cristaleria Espanola SA	Spain
	Flabeg	Germany
	Glaverbel	Belgium
	3M Company	St. Paul, MN
	Naugatuck Glass	Naugatuck, CT
	Paneltec Corporation	Lafayette, CO
	Pilkington	United Kingdom
	SCHOTT North America	Elmsford, NY
Mirror/Reflector Film	Alanod	Germany
	3M Company	St. Paul, MN
	ReflecTech	Arvada, CO
Heat Collection Element	Luz/Solel	Israel
	SCHOTT North America	Elmsford, NY
Steam Generator System	Siemens	New York, NY
Heat Storage System	Radco Industries	LaFox, IL
Central Control System	Abengoa Solar USA	Lakewood, CO
Linear Receiver	Luz/Solel Solar Systems	Israel
	SCHOTT North America	Elmsford, NY
Concentrator Structure	European Partners (Euro Trough)	Europe
	Solargenix	Sanford, NC
Other Components	Other components used in power plant production but not unique to concentrating solar include a natural gas boiler, steam turbine, steam generator, condenser, and cooling tower	

Fonte: GEREFFI; DUBAY; LOWE, 2008

É claro que cada componente tem um grau de complexidade diferente de fabricação. Quanto mais complexo, mais difícil se torna desenvolver as capacitações ligadas à sua produção. A Figura 7 apresenta um gráfico com a complexidade de fabricação e a possibilidade de produção local de cada componente. Esse gráfico deriva do estudo de Kost, Engelken e Schlegl (2012), que analisou o desenvolvimento da indústria local CSP no norte da África.

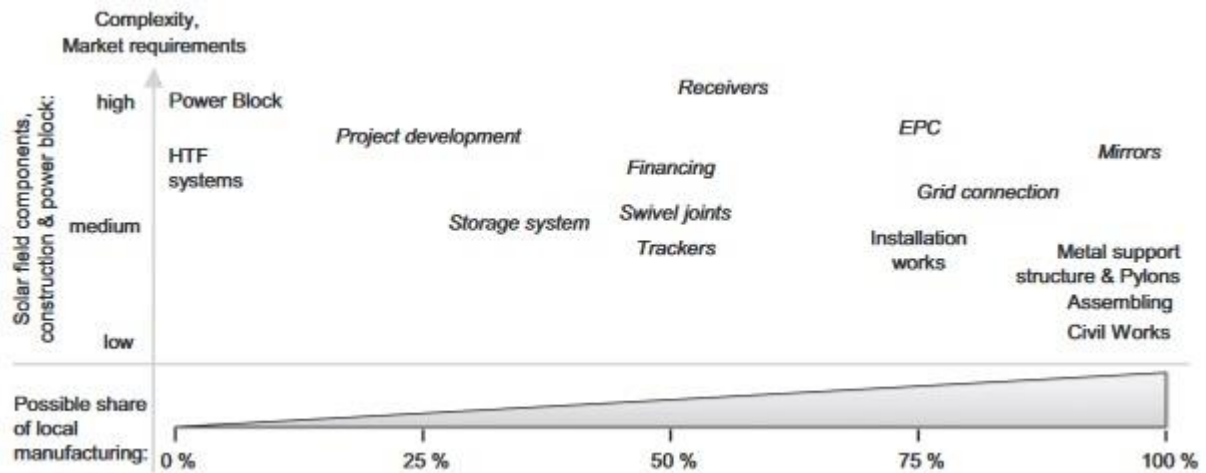


Figura 7 – Complexidade de Produção dos Componentes e Potencial de Conteúdo Local de Cada Componente no Norte da África

Fonte: KOST; ENGELKEN; SCHLEGL, 2012

É claro que o Brasil tem perfil diferente dos países da África do Norte. Por exemplo, o bloco de potência tem um potencial maior de conteúdo local no Brasil, uma vez que o país já dispõe de uma indústria local desse componente desenvolvida, como será visto na seção 4.4. Esse gráfico, porém, se mostra útil para identificar a complexidade de produção de cada componente e, conseqüentemente, as CMF mais complexas a serem desenvolvidas.

Por fim, Schlipf, Stenglein e Schneider (2014) analisaram a cadeia de valor para o caso brasileiro, apresentando uma cadeia de valor específica para a indústria, dividida em diferentes segmentos. Essa cadeia de valor é mostrada na Figura 8.

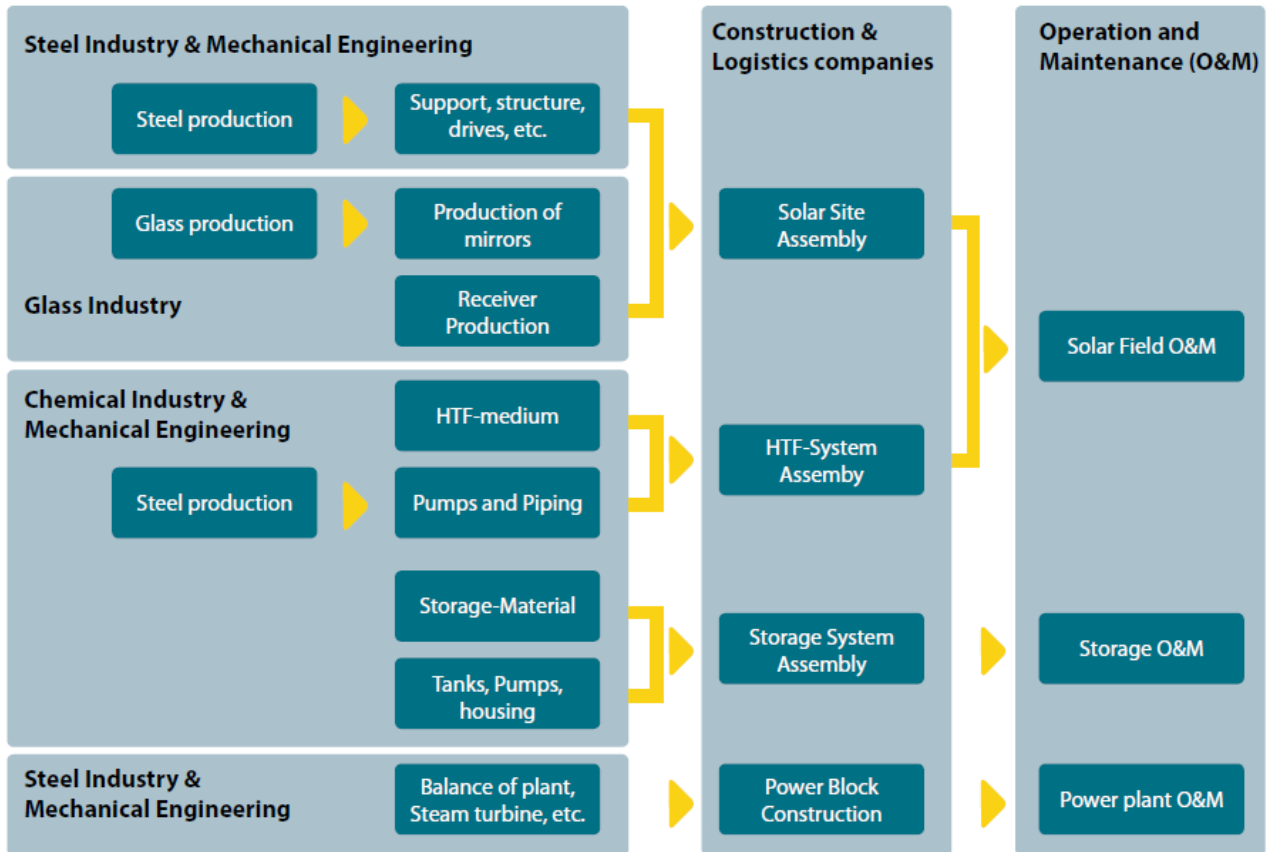


Figura 8 – Cadeia de Valor Industrial

Fonte: SCHLIPF; STENGLIN; SCHNEIDER, 2014

3.2 Capacitações de produção

As CP (em inglês *manufacturing capabilities*) têm sua origem no *resource based view* (RVB), que assume que os recursos,⁷ e como estes são distribuídos, podem dar determinadas vantagens competitivas a uma firma em questão. Sendo assim, as CP são desenvolvidas de forma a utilizar tais vantagens competitivas. Corbett e Claridge (2002) declaram que as CP são a base para a vantagem competitiva de uma firma. No caso de uma empresa que manufatura equipamentos e está disposta a receber uma nova tecnologia ou atender um novo mercado, as CP que proveem vantagem competitiva são aquelas ligadas à adaptação ao novo mercado, no ritmo produtivo que ele demanda. A fim de identificar as CP e quais delas são importantes para o desenvolvimento de uma indústria local, será feita uma revisão da literatura científica acerca do tema.

⁷ Na RVB, recurso é definido como ativos, rotinas, práticas, etc., controlados pela firma.

Größler e Grübner (2006) avaliaram as CP de uma firma a fim de analisar se as capacitações já existentes ajudavam a desenvolver outras capacitações de produção. Em seu estudo, os autores consideraram as seguintes capacitações: custo, qualidade, confiabilidade, capacidade de entrega e flexibilidade. Yang (2013) focou seu estudo em capacitações relacionadas a ETO (*engineering-to-order*). As capacitações analisadas por ele foram: adaptabilidade, eficiência no uso de materiais, flexibilidade, controle de qualidade, controle de custo e capacidade de melhoria. Morash (2001) analisou as capacitações de produção e sua influência em práticas como JIT (*just-in-time*). O autor considerou as seguintes capacitações: custo logístico, disponibilidade, flexibilidade, capacidade de inovação e produtividade.

Para avaliar as capacitações, porém, esses estudos, assim como os relatórios do Esmap, utilizaram entrevistas e *workshops*. O presente trabalho não objetiva seguir tal procedimento de coleta direta de informações. Portanto, a indústria brasileira será analisada por meio de métodos indiretos. Caso a indústria tenha produção relevante e seja considerada desenvolvida, será considerada potencialmente apta a cumprir as demandas da indústria CSP. Características como capacidade ociosa e produção de componentes necessários para a indústria CSP também serão avaliadas. O próximo capítulo se dedica a avaliar a indústria brasileira.

4 Análise da indústria brasileira

A presente análise se baseou, majoritariamente, em outros três estudos sobre a indústria brasileira no que se refere à tecnologia CSP. Foram estes: Pereira et al. (2014), Schlipf, Stenglein e Schneider (2014), Soria (2016).

Atualmente, o Brasil participa da indústria CSP provendo matéria-prima, como ferro e aço, para confecção de componentes. Sendo assim, não fabrica nenhum componente específico dessa tecnologia, como coletores, receptores e fluidos de armazenamento. Entretanto, o Brasil já conta com uma indústria relacionada ao bloco de potência, o que permite que o país produza componentes não específicos utilizados em plantas CSP, principalmente no que tange a plantas hibridizadas com biomassa. Dentre os componentes, destacam-se turbinas a vapor, caldeiras para o sistema de *backup* e válvulas, entre outros (PEREIRA et al., 2014). Segundo Schlipf, Stenglein e Schneider (2014) e Soria (2016), essa indústria já desenvolvida é essencial para o cumprimento das regras de financiamento do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que atrela suas políticas de financiamento ao conteúdo local do empreendimento (BNDES, 2013; HASHIMURA, 2012).

A Figura 9 apresenta a possibilidade de conteúdo local de plantas CSP no Brasil no curto, médio e longo prazo. Na Figura 9, o curto prazo se relaciona com a capacidade instalada por ano de até 50 MW; o médio prazo, com a capacidade instalada no ano entre 50 e 250 MW; e o longo prazo, com a capacidade instalada maior que 250 MW.

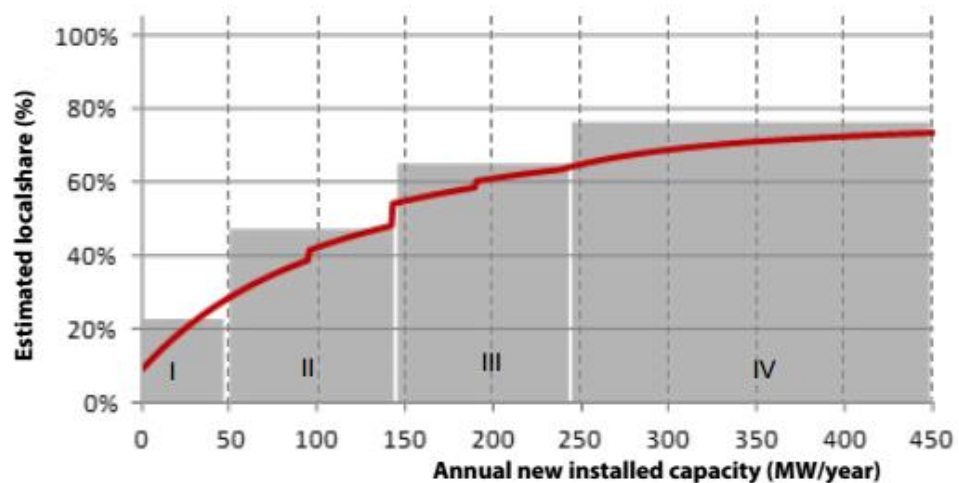


Figura 9 – Capacidade Instalada e Sua Relação com Conteúdo Local no Brasil

Fonte: SCHLIPF; STENGLEIN; SCHNEIDER, 2014

A Figura 9 mostra que o Brasil poderia chegar a um conteúdo local de mais de 75% no longo prazo. Isso elevaria o país ao nível da Espanha (SORIA, 2016), referência no desenvolvimento da tecnologia CSP, como visto na seção 2. A seguir, será analisada a atual situação de segmentos da indústria brasileira que podem produzir os componentes de uma planta CSP a fim de alcançar esse potencial de conteúdo local mostrado. Esta análise ajudará a identificar quão preparado cada um desses segmentos está para receber a indústria CSP.

4.1 Indústria de espelhos

Para uso em tecnologia CSP, de modo a formar o campo solar, o espelho requerido é de alta reflectância, aproximadamente 94% (SASTELA; DTI; GIZ, 2013). Esse espelho é produzido com vidro do tipo *white*, a partir de areia com baixo teor de ferro. Esse tipo de areia é minerado nacionalmente. A Figura 10 apresenta as minas em território brasileiro capazes de fornecer essa matéria-prima.

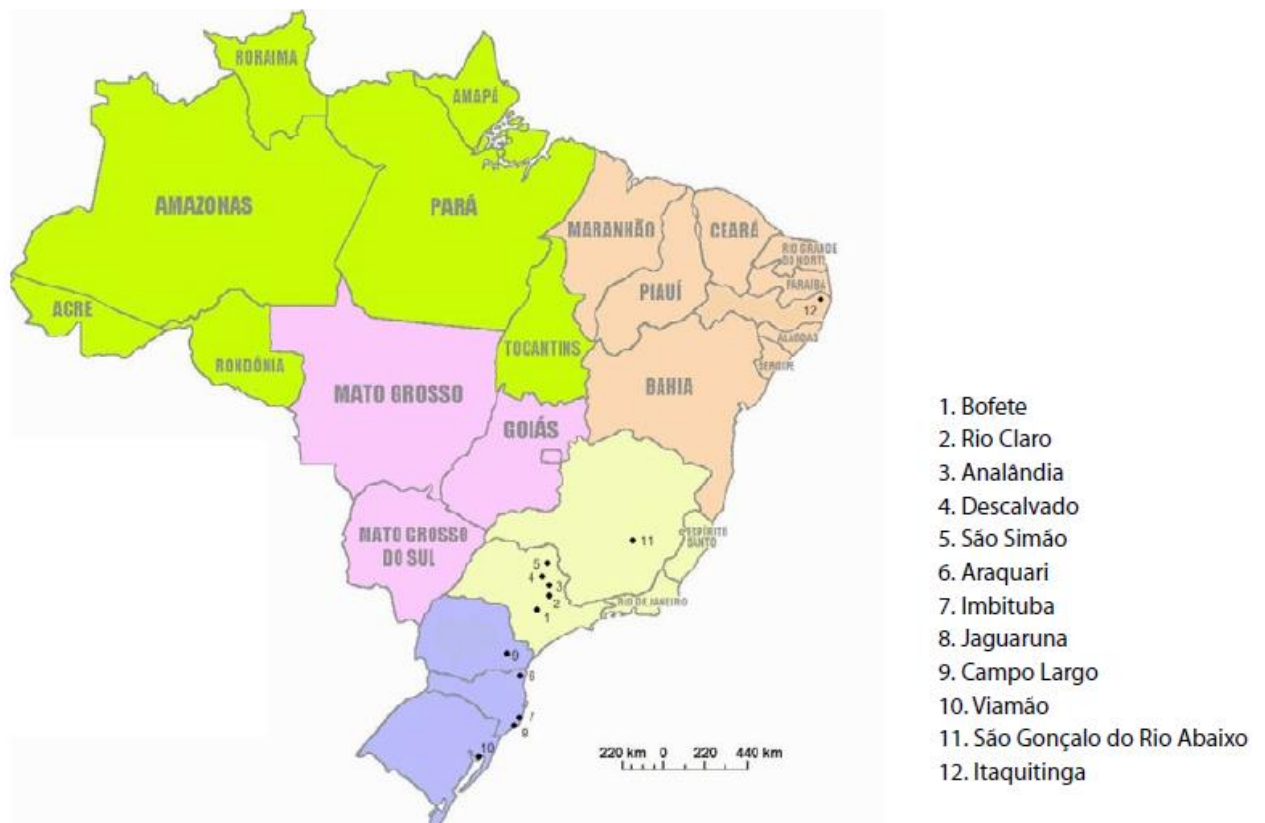


Figura 10 – Minas para o Fornecimento de Areia com Baixo Teor de Ferro

Fonte: SCHLIPF; STENGLIN; SCHNEIDER, 2014

De acordo com a Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro (Abividro), existem no Brasil sete companhias que poderiam produzir vidros do tipo *white*. Quatro delas produzem vidro do tipo *float*: AGC, Cebrac, Guardia e Vivix. Outras três poderiam produzir espelho de alta reflectância: Saint-Gobain, Glass e UBV (PEREIRA et al., 2014). Ainda de acordo com a Abividro, a produção de vidro no Brasil, em 2012, foi de 5.400 t/dia, sendo: 44,1% vidro comum, 33,6% vidro temperado, 8,2 de vidro laminado, 6,4% de vidro curvo e 0,3% de vidro insulado. De acordo com Esmap (2015a), para que uma empresa de vidro se interesse por atender a indústria CSP, é necessária uma capacidade instalada de no mínimo 300 MW/ano, ou 36.000 toneladas de vidro por ano, ou 98,6 t/dia (GAZZO; KOST; LOWE, 2011; SORIA, 2016). Sendo assim, pode-se concluir que o Brasil tem plenas condições de atender à demanda de vidro de uma indústria CSP tanto no que tange às CMF quanto às CP.

Por fim, a Abividro informou que 40% dos espelhos consumidos no Brasil, em 2012, foram importados (SORIA, 2016). O Quadro 2 apresenta as empresas que fazem parte da indústria de vidro no Brasil e seus principais produtos.

Quadro 2 – Panorama da Indústria de Vidro no Brasil

Empresa	Produção	Página web
VIVIX: Companhia Brasileira de Vidros Planos – CBVP - Grupo Cornélio Brennand	-Vidros planos incolores, coloridos, pintados, laminados e espelhos. -Linha de produção: L.E.M. TM (<i>Low Energy Melter</i>). Capacidade: 900 t/dia. -Unidade de beneficiamento de sílica, feldspato, dolomita e calcário, localizada em Pedras de Fogo, na Paraíba. Capacidade: 800 mil t/ano	www.vivixvidrosplanos.com.br
CBVA - Companhia Brasileira de Vidros Automotivos – Grupo Cornélio Brennand	- Fábrica em fase de planejamento, para produzir vidro automotivo, com uma capacidade produtiva: 25 mil t/ano. Unidade a ser instalada em Goiana, PE	
CEBRACE	Vidros de proteção solar, vidro autolimpante, vidros baixo-emissivos, vidro de segurança (laminado), vidro antirreflexo, vidro extra claro, vidro plano (float), vidros para decoração e espelhos. -Capacidade de produção de 3.600 mil t/dia, -Cinco unidades fabris: três em Jacarei (SP), uma em Caçapava (SP) e uma unidade em Barra Velha (SC). Anunciaram uma nova unidade em Camaçari (BA).	www.cebrace.com.br
Guardian Brasil	-Espelho, vidro extra claro, Anti-reflexo, etc. -Duas unidades fabris: Porto Real/RJ (600 t/dia de vidro) e Tatui/SP (830 t dia de vidros).	www.guardianbrasil.com.br
AGC Vidros do Brasil	-Vidros para fins arquitetônicos. Espelhos para concentração de energia solar, painéis fotovoltaicos e painéis termo solares. Vidro automotivo. -Capacidade: 600 t/dia de vidros flotados. -Planta em Guaratinguetá/SP Guaratinguetá (SP).	www.agcbrasil.com
Saint-Gobain Glass	-Vidro plano impresso para aplicações civis e arquitetônicas, com texturizações decorativas - Planta em São Vicente, SP. Capacidade: 100 t/dia de vidros impressos.	www.br.saint-gobain-glass.com
União Brasileira de Vidros (UBV)	- Vidros planos impresso para esquadrias, vidros para box e engenharia, vidros para móveis. -Capacidade: 240 t/ dia - Localizada em Jardim Guanabara, SP.	www.vidrosubv.com.br
Flabeg Brasil Ltda.	-Vidro plano, vidro automotivo, vidro curvo, recobrimentos especiais, vidro para coletores solares parabólicos, etc. -Uma unidade em Indaiatuba –SP, para vidro automotivo.	www.flabeg.com
Vidros Belém	Vidro plano, vidro curvo, vidro laminado, vidro refletivo, vidro blindado, etc. Localizado em RJ.	www.vidrosbelem.com.br

Fonte: SORIA, 2016

4.2 Indústria de metais e aço

Em uma planta CSP, o tipo de aço utilizado é o galvanizado. O Brasil é um dos principais produtores de aço do mundo. De acordo com a World Steel Association, o Brasil, em 2011, produziu 35,2 milhões de toneladas de aço, sendo o sétimo maior exportador e o nono maior produtor do mundo. Segundo a Associação Brasileira de Construção Metálica (ABCEN), em 2011, a produção foi de 1,2 milhão de toneladas de estruturas, embora a capacidade de produção seja de 1,5 milhão de toneladas. Por fim, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Tubos e Acessórios de Metal, a produção de tubos de aço foi de 2,13 milhões de toneladas, o que simboliza uma capacidade ociosa de 35% da produção Brasileira (PEREIRA et al., 2014).

Do parágrafo acima, fica claro que o Brasil tem plenas condições de atender a demanda CSP não só por ter as CMF necessárias já desenvolvidas, mas também por ter uma capacidade ociosa, ou seja, também dispõe das CP necessárias para atender a demanda de uma indústria CSP em desenvolvimento.

4.3 Indústria química

Para uma planta CSP, a indústria química é responsável por fornecer o fluido de trabalho, responsável por retirar calor do campo solar e fornecê-lo ao bloco de potência, e o fluido de armazenamento, responsável por armazenar energia térmica. O fluido de transferência de calor é, geralmente, um óleo sintético, enquanto o fluido de armazenamento é, geralmente, sal fundido à base de nitrato de sódio, potássio e cálcio (NREL, 2017). Segundo a Associação Brasileira da Indústria Química (Abiquim), a indústria química brasileira é a sétima maior indústria química do mundo, posição que mostra que o Brasil tem a envergadura necessária para absorver as demandas da CSP.

No que tange à produção de fluido de trabalho, no Brasil, existem 11 empresas que produzem óleos sintéticos em escala comercial, algumas delas já participantes da cadeia de valor CSP no mundo, como Dow Chemical Company. O Quadro 3 mostra essas companhias.

Quadro 3 – Indústrias Químicas Que Produzem Óleo Sintético no Brasil

Empresa	Linha de produção	Página web
Petrobras	Lubrificantes industriais, solventes, derivados de petróleo, etc. Produz Lubrax Utile OT®: fluido de transferência de calor para aquecimento indireto, 180C – 300C.	www.petrobras.com.br
Chemtura	Lubrificantes, refrigerantes, aditivos de combustível, uretanos, retardante de chamas, produtos brominados, etc.	www.chemtura.com.br
Eastman (Divisão Solutia)	Therminol®, fluidos de transferência de calor, etc.	www.eastman.com
Dow Chemical Company	Dowtherm®, fluidos de transferência de calor, etc.	www.dow.com/brasil
Pizzani Química Industrial	Paratherm®, fluidos de transferência de calor, etc.	www.fluidotermico.com.br
Durferrit do Brasil Química	Effge ASD®, fluidos de transferência de calor, etc.	www.durferrit.com.br
Basf	Lubrificantes, aditivos de refinaria, etc.	www.basf.com
3M	Lubrificantes, resinas, etc.	www.3m.com.br/
Alkallis	Óleos sintéticos, lubrificantes, óleos térmicos, etc.	www.alkallisbrasil.com.br/
Fuchs do Brasil	Fluidos de transferência de calor, óleos, etc	www.fuchsbr.com.br/
Polychem	Polytherm®, fluidos de transferência de calor, etc	http://polychem.com.br/

Fonte: SORIA, 2016

Quanto aos sais fundidos utilizados para armazenamento térmico, existem atualmente quatro empresas no Brasil que produzem os nitratos necessários para uma planta CSP. Essas empresas são listadas no Quadro 4. É importante ressaltar que a capacidade de produção dessas empresas deveria aumentar para atender a demanda de uma indústria CSP, uma vez que estes sais são atualmente produzidos em pequenas escalas para fins não energéticos (SORIA, 2016). Apesar de o Brasil não possuir mineração da matéria-prima necessária para produzir estes sais, estes poderiam ser importados do Chile (PEREIRA et al., 2014).

Quadro 4 – Empresas Que Produzem Sais Fundidos no Brasil

Empresa	Nitrato de sódio (NaNO ₃)	Nitrato de potássio (KNO ₃)	Nitrato de cálcio Ca(NO ₃) ₂	Página web
Quirios	X		X	www.quirios.com.br
Jaraguá	X	X		www.jaragua.com.br
Resimapi			X	www.resimapi.com.br
Basf	X			www.basf.com

Fonte: SORIA, 2016

4.4 Indústria de componentes do bloco de potência

O Brasil tem vasta experiência em conversão de biomassa para geração de energia elétrica por meio de caldeiras a biomassa. Atualmente, o país tem 100% de conteúdo local na produção desse tipo de equipamento (ELY, 2009). Como dito no início deste documento, a CSP utiliza os mesmos componentes de uma termelétrica convencional, já produzidos no Brasil. Portanto, o país está apto a receber essa indústria no que se refere ao bloco de potência. Isso

inclui outros itens, como trocadores de calor, sistemas de armazenamento de combustível, bombas hidráulicas, sistemas de resfriamento, componentes eletrônicos de controle, dentre outros (PEREIRA et al., 2014). O Quadro 5 apresenta as empresas que poderiam produzir os equipamentos ligados ao bloco de potência de CSP.

Quadro 5 – Empresas Que Produzem Componentes do Bloco de Potência no Brasil

Empresa	Produtos	Página web
HPB Engenharia e Equipamentos Ltda.	- Caldeiras para bagaço: sistemas de combustão em leito fluidizado borbulhante e leito fluidizado circulante de diversos tipos. - Representação da marca Babcock and Wilcox Company, para as áreas de óleo e gás, carvão e resíduos florestais.	www.hpb.com.br
Sermatec Indústria e Montagens Ltda.	- Difusores para processamento de bagaço de cana de açúcar. - Caldeiras: leito fluidizado circulante, aquatubulares, leito fluidizado borbulhante, fogotubulares. - Trocadores de calor, vasos, outros.	www.sermatec.com.br
CBC Indústrias Pesadas S/A	- Caldeiras: convencional, leito fluidizado circulante, aquatubulares, leito fluidizado borbulhante, fogotubulares, para biomassa e combustíveis convencionais. - Trocadores de calor, torre de resfriamento, vaso, etc.	www.cbcsa.com.br
Dedini Indústrias de Base	- Caldeiras de diversos tipos. - Torres de resfriamento. - Trocadores de calor, tanques, etc.	www.codistil.com.br
Delp Engenharia Mecânica Ltda. Equipalcoool Sistemas Ltda.	- Torres, trocadores de calor, tanques, etc. - Caldeiras de diversos tipos para vários tipos de biomassa e resíduos.	www.delp.com.br www.equipalcoool.com.br
José Luz Limana Mecânica Benecke Irmãos & Cia Ltda.	- Caldeiras a bagaço de cana, tanques, etc. - Caldeiras de diversos tipos, geradores elétricos a vapor com pistão.	www.limana.com.br www.benecke.com.br
Caldema Equipamentos Industriais Ltda. Texas Turbinas a Vapor Ltda.	- Caldeiras de diversos tipos. - Turbinas de vapor de um estágio e multi estágio, de ação e reação, de condensação e contrapressão, de diversos modelos.	www.caldema.com.br www.texas.com.br
TGM Turbinas Indústria e Comércio Ltda.	- Turbinas de vapor, de ação e reação, de condensação e contrapressão, de diversos modelos. - Acoplamentos, redutores de velocidade, etc.	www.grupotgm.com.br
NG Metalúrgica Ltda.	- Turbinas a vapor, de um estágio e multi estágio. - Redutores de velocidade, etc.	www.ngmetalurgica.com.br
Turbimaq Turbinas e Máquinas	- Turbinas a vapor, de um estágio e multi estágio	www.turbimaq.com.br
Engecrol Indústria e Comércio de Equipamentos Ltda.	Turbinas de vapor, de ação e reação, de condensação e contrapressão, de diversos modelos.	www.engecrol.com.br
Siemens (planta em Jundiaí -SP)	Turbinas a vapor, série SST. Internacionalmente, estas turbinas têm sido adaptadas para usinas CSP em operação.	www.energy.siemens.com/br
ABB	- Geradores elétricos, transformadores, sistemas de proteção, etc.	http://new.abb.com/br
KSM	- Bombas para usinas e válvulas de alta pressão. A filial no Brasil está localizada em São Paulo	www.ksb.com/ksb-br-pt

Fonte: SORIA, 2016

Da análise feita neste capítulo, pode-se concluir que o Brasil tem condições de atender uma indústria CSP, nas CMF e, preliminarmente, nas CP. É claro que, como mostra Schlipf et al. (2014), o grau de conteúdo local aumenta conforme a indústria se desenvolve. No longo

prazo, porém, o Brasil poderia se firmar como uma referência na indústria CSP na região (SORIA, 2016). Para finalizar a análise, o mapa da Figura 11 resume as instalações industriais brasileiras que poderiam fazer parte da cadeia de valor CSP.

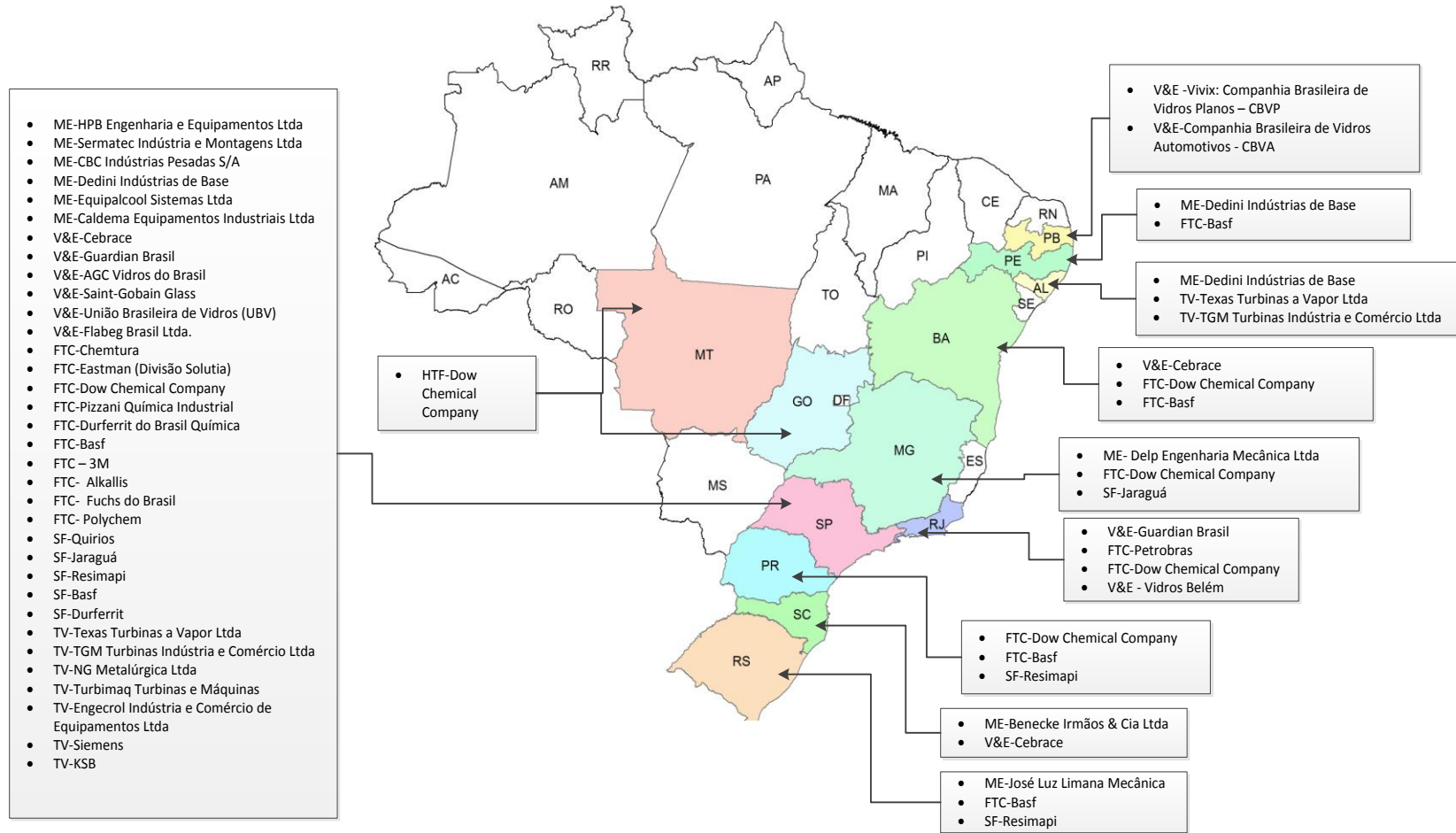


Figura 11 – Empresas Brasileiras Que Podem Participar da Cadeia de Valor CSP

Fonte: SORIA, 2016

Nota: ME: Maquinaria para o setor de energia como: caldeira a biomassa, trocadores de calor, tubulação, tanques etc.; TV: turbina a vapor, válvulas, bombas etc.; V&E: vidro e espelho; SF: sais fundidos; FTC: fluido de transferência de calor.

5 Cobenefícios associados à indústria solar de concentração

Recentemente, dois estudos avaliaram a geração de emprego e renda associados a CSP no Nordeste brasileiro: Couto (2016) e Soria et al. (2015). Esta seção objetiva apresentar a metodologia e os resultados desses estudos, assim como suas semelhanças e diferenças.

Ambos os estudos utilizaram como ferramenta o modelo JEDI, desenvolvido pelo National Renewable Laboratory (NREL), dos EUA. O modelo JEDI é uma ferramenta que calcula, por meio dos multiplicadores da matriz insumo-produto, os impactos socioeconômicos de planta específica em um estado dos EUA, desagregando-os em impactos diretos, indiretos e induzidos. Esses impactos são avaliados por multiplicadores da matriz, fornecendo os resultados de emprego, renda e produção, derivados da introdução dessa nova planta (NREL, 2015). Existem várias versões desse modelo, de acordo com a tecnologia considerada. Os estudos em questão utilizaram a versão JEDI-CSP. Esse modelo considera tanto as etapas de construção quanto a etapa de operação e manutenção da planta.

Antes de apresentar os resultados dos dois estudos, é necessário apresentar as diferenças entre eles, derivados de premissas, metodologia e objetivo de cada autor. Soria et al. (2015) tinham como principais objetivos propor, simular e avaliar os impactos de plantas CSP hibridizadas com biomassa (CSP-BIO), sem armazenamento térmico no Semiárido Brasileiro. Couto (2016), por sua vez, não propôs e simulou uma planta, mas buscou avaliar os impactos de uma planta CSP de padrão internacional (cilindro parabólico e 6 horas de armazenamento térmico). Assim, apesar de ambos os autores terem considerado a instalação de 300 MW, apenas por considerarem plantas diferentes, os resultados não poderiam ser comparados. Além de tecnologias diferentes, os autores consideraram diferentes níveis de conteúdo local, diferentes multiplicadores de emprego e renda da matriz insumo-produto.

No caso de Soria et al. (2015), para estimar a geração de emprego e renda relacionada à produção de biomassa, o estudo considerou conservadoramente que a parcela da biomassa na hibridização da planta CSP não geraria postos de trabalho adicionais (fase agrícola). Para tanto, indicaram que a madeira de jurema-preta já é atualmente “usada para produzir carvão vegetal, o que já gera empregos nas zonas rurais”. Assim, consideraram a geração de emprego associada a construção e operação de dez usinas CSP, hibridizadas com biomassa, com capacidade individual de 30 MWe, operando no estado da Bahia. “Isto somaria 300 MWe, uma capacidade similar à verificada na primeira fase de penetração da tecnologia CSP em outros lugares do mundo, por exemplo na Califórnia durante os anos 1980s”. Sendo o tempo médio de construção de uma usina CSP de cilindro parabólico de dois anos, as dez usinas poderiam ser construídas,

por exemplo, por quatro equipes de instaladores trabalhando paralelamente, ou por uma única equipe, construindo as dez unidades de forma consecutiva.

Por sua vez, como antes asseverado, Couto (2016) avaliou o impacto da implementação de um programa solar CSP de dez usinas de 30 MW (300 MW no total) de cilindro parabólico com um sistema de armazenamento de energia térmica de 6 horas. Trata-se, portanto, da mesma capacidade instalada proposta por Soria et al. (2015), mas a partir de plantas não hibridizadas, seguindo o padrão internacionalmente adotado. No que tange à metodologia, Couto (2016) regionalizou a matriz insumo-produto para o estado da Bahia e para o resto do Brasil.⁸ Essa regionalização permitiu Couto (2016) analisar não só os impactos no estado da Bahia, mas também calcular o quanto o estado importaria do resto do país. A partir da regionalização, da análise da literatura científica e de consultas a especialistas (especialmente aos autores do estudo Soria et al. (2015)), Couto (2016) propôs cenários conforme três possibilidades de produção local de componentes: no estado da Bahia, no resto do Brasil e fora do Brasil. O cenário 1 assumiu a premissa de um alto índice de conteúdo local na Bahia, justificado pela produção de fluidos de transferência de calor e sais fundidos no estado, além de maior produção estadual de materiais de construção e de garantir a produção local de coletores. O cenário 2 considerou que a produção de fluidos de transferência de calor e sais fundidos aconteceria no resto do Brasil. O cenário 3 considerou que todo o volume de fluidos de transferência de calor e sais fundidos seria importado de outros países. E o cenário 4 assumiu a importação de fluidos de transferência de calor, sais fundidos, equipamentos, trocadores de calor etc. Nesse caso, boa parte dos empregos indiretos seria gerada fora do Brasil. Como se depreende da análise realizada neste relatório, o cenário 2 seria atualmente o mais plausível segundo a capacitação da indústria brasileira, enquanto o cenário 4 representaria aquele provavelmente de mais rápida implementação para as primeiras plantas, mas de menor impacto industrial.

O estudo de Soria et al. (2015), por sua vez, não testa a regionalização, calculando o impacto para o país como um todo – i.e., para esses autores, a análise da geração de emprego se dá em nível nacional, enquanto Couto (2016) avalia cenários regionais de geração de emprego (além da geração de emprego em nível nacional).

Apesar das diferenças e de não ser possível comparar os resultados entre si, os estudos têm relevância e indicam que a CSP pode trazer grandes benefícios para o desenvolvimento econômico e social do país na região do Semiárido, como dito na seção 2. A seguir, são apresentados, em tabelas, os resultados dos dois estudos.

⁸ Couto (2016) trabalhou em cima dos dados desenvolvidos pelo Núcleo de Economia Regional e Urbana (Nereus) da Universidade de São Paulo (USP).

Tabela 1 – Benefícios de Soria et al. (2015) Associados à Etapa de Construção para 10 Usinas CSP-biomassa de 30 MW

Benefícios sócio-econômicos	Empregos durante a fase de construção (#)	Emprego anual, por 5 anos (#)	Renda gerada durante a fase de construção (milhões de USD)	Renda gerada anual, por 5 anos (milhões de USD)
• Desenvolvimento do projeto e impacto dos trabalhos no local	805	161	32,67	6,53
• Construção (benefício direto)	560	112	29,50	5,90
• Serviços (benefício indireto)	245	49	3,17	0,63
• Equipamentos e impacto sobre a cadeia de produção	437	87	13,25	2,65
• Benefícios induzidos	2.559	512	28,48	5,70
<u>Sub-total</u>	3.801	760	74,40	14,88

Fonte: SORIA et al., 2015

Tabela 2 – Benefícios de Soria et al. (2015) Associados à Etapa de Operação de 10 Plantas CSP-biomassa de 30 MW na Bahia

Benefícios sócio-econômicos	Emprego anual, 1 usina de 30 MW (#)	Emprego anual, 10 usinas de 30 MW (#)	Renda anual, 1 usina de 30 MW (milhões de USD)	Renda anual, 10 usinas de 30 MW (milhões de USD)
• Trabalho no local	27	269	1,81	18,08
• Receita local e cadeia de fornecimento	45	445	0,65	6,53
• Benefícios induzidos	145	1.454	1,71	17,13
<u>Sub-total</u>	217	2.168	4,17	41,74

Fonte: SORIA et al., 2015

A simulação de Soria et al. (2015) indicou que um programa de desenvolvimento de dez plantas híbridas CSP-biomassa, totalizando 300 MWe no Semiárido brasileiro, poderia levar a: geração de uma renda anual de aproximadamente US\$ 15 milhões e geração anual de 760 postos de trabalho (diretos e indiretos), que se repetiriam durante a etapa de construção, de cinco anos. Durante a operação, seria criada, anualmente, renda de US\$ 42 milhões e mais de 2.100 postos de trabalho novos.

Tabela 3 – Cenários Propostos por Couto (2016) para uma Planta de Cilindro Parabólico e 6 Horas de Armazenamento

	Cenário 1:		Cenário 2:		Cenário 3		Cenário 4	
	Bahia	Resto do Brasil	Bahia	Resto do Brasil	Bahia	Resto do Brasil	Bahia	Resto do Brasil
Fluidos de transferência de calor e TES	100%	0%	0%	100%	0%	0%	0%	0%
Materiais de construção	30%	70%	20%	80%	20%	80%	20%	80%
Espelhos	100%	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%
Trocadores de calor e equipamentos	0%	30%	0%	30%	0%	30%	0%	0%
Turbinas de vapor e geradores	0%	80%	0%	80%	0%	80%	0%	40%
Bombas, acionamentos e motores	0%	80%	0%	80%	0%	80%	0%	40%
Tratamento de água, estruturas de suporte de metal e tubos	0%	100%	0%	100%	0%	100%	0%	70%

Fonte: COUTO, 2016

Tabela 4 – Resultado de Couto (2016) por Cenário para 10 Usinas de 30 MW de Cilindro Parabólico e 6 Horas de Armazenamento

	Empregos (#)		Renda gerada (milhões de USD)	
	Durante o período de construção	Durante os anos de operação (anual)	Durante o período de construção	Durante os anos de operação (anual)
Cenário 1				
Bahia	9.744	261	691,27	22,74
Resto do Brasil	6.124	13	527,89	0,89
Cenário 2				
Bahia	5.598	261	374,36	22,74
Resto do Brasil	8.238	13	696,67	0,89
Cenário 3				
Bahia	5.598	261	374,36	22,74
Resto do Brasil	6.180	13	531,99	0,89
Cenário 4				
Bahia	5.598	261	374,36	22,74
Resto do Brasil	4.764	13	411,78	0,89

Fonte: COUTO, 2016

A comparação dos resultados dos dois estudos deve ser feita com muita cautela, na medida em que:

- Os tipos de usinas simulados são bem diferentes, sobretudo, pelo fato de que a planta proposta por Soria et al. (2015) não tem a termoacumulação de razoável capacidade da planta simulada em Couto (2016) – usinas com TES demandam muito maior investimento;
- Couto (2016) adotou premissas de índice de conteúdo local mais otimistas do que Soria et al. (2015), sobretudo, para a parcela de componentes que seria produzida pela indústria localizada na Bahia; de fato, a fabricação de sais fundidos e sistemas de TES gera um número significativo de postos de trabalho, o que impacta, mormente, o cenário 1 proposto por Couto (2016);
- Couto (2016) adotou uma matriz I-O mais atualizada, em que os multiplicadores aplicados são mais altos devido à menor produtividade do trabalho na região Nordeste no último período;
- Os multiplicadores regionais estimados por Couto (2016), específicos de emprego indireto e induzido para a Bahia, diferem dos multiplicadores estimados usando os dados de Guilhoto et al. (2010) para o Brasil, conforme Soria et al. (2015). Assim, dada a linearidade que sustenta as equações de uma matriz I-O, uma pequena alteração nos multiplicadores, no índice de conteúdo local, ou no valor de investimento dos projetos de geração elétrica, afetarão fortemente os resultados. De fato, a produtividade do trabalho na Bahia é menor do que a média brasileira.

Assim, guardadas as diferenças entre os estudos, considerando-se o número de empregos gerados durante a fase de construção na Bahia, nota-se que Soria et al. (2015) estimaram 3.800 empregos, enquanto Couto (2016) estimou aproximadamente entre 5.500 e 9.800 empregos, dependendo do cenário. Em termos de renda gerada durante a fase de construção, Soria et al. (2015) calcularam US\$ 14,88 milhões por ano, durante cinco anos, o que equivale a US\$ 74,4 milhões; e Couto (2016) estimou entre US\$ 375 e US\$ 691 milhões. Esta é uma diferença significativa entre os estudos, em grande parte derivada da regionalização realizada por Couto (2016), mas também da diferença entre as plantas diante da termoacumulação da planta proposta pela autora.

De fato, como este estudo estimou em relatórios anteriores para plantas de concentração solar (ver Relatório 2 do setor de energia), o custo de capital (expresso em R\$/MWe)⁹ de uma planta com armazenamento térmico de 7,5 horas é 51% maior do que de uma planta sem armazenamento térmico. Isso se deve ao fato de uma planta com armazenamento, além de requerer o custo adicional com o sistema de termoacumulação, necessitar de um campo solar maior, sendo este o elemento de mais peso no custo de capital (Capex).

Assim, como a metodologia dos estudos se baseou na matriz insumo-produto, esse aumento de Capex amplia a demanda de mão de obra (na mesma proporção do aumento do Capex, dada a linearidade dos coeficientes da matriz). Não obstante, a produtividade do emprego considerado por Couto (2016) no resto do Brasil é 1,47 vez a produtividade no estado da Bahia. Com isso, para atender o sobrecusto derivado do armazenamento, mais trabalhadores são necessários na Bahia do que se necessitaria no resto do Brasil. Como resultado combinado, Capex maior amplia a demanda por fator de trabalho em cerca de 50%, enquanto que a produtividade menor do trabalho amplia a demanda em cerca de 50%. Os fatores combinados justificam uma geração maior de emprego em Couto (2016).

É válido destacar que, mesmo que os impactos não sejam comparáveis, são relevantes, principalmente pelo fato de o local mais adequado para o desenvolvimento de uma indústria CSP ser o Semiárido. Para fins de comparação, em 2013, 9,9% da população da idade ativa do estado da Bahia encontravam-se desocupados e 39,9% apresentavam déficit na ingestão diária de calorias (COUTO, 2016 ; IPEADATA, 2015). Além disso, no ano de 2013, o estado da Bahia foi responsável apenas por 3,8% do valor adicionado nacional (COUTO, 2016; CNI, 2014). Esses índices mostram a necessidade de desenvolvimento local no estado da Bahia e na região do Semiárido. Os resultados dos estudos de Couto (2016) e Soria et al. (2015) mostram que o desenvolvimento de uma indústria CSP pode ajudar a atender a essas necessidades.

⁹ MWe se refere a megawatt elétrico.

6 Conclusões

Este documento procurou analisar os cobenefícios relacionados ao desenvolvimento de uma indústria CSP no Brasil. A primeira parte se dedicou a apresentar a metodologia de localização industrial, indicada como própria para a adaptação de uma indústria de tecnologia renovável, assim como sua aplicação por meio de uma análise da indústria brasileira. Em sequência, foram apresentados os estudos de Soria et al. (2015) e Couto (2016), que quantificaram os cobenefícios socioeconômicos ligados ao desenvolvimento dessa indústria no Brasil. Os resultados, tanto qualitativos, derivados da análise da indústria brasileira, quanto quantitativos, derivados dos estudos de Soria et al. (2015) e Couto (2016), mostraram que o desenvolvimento da indústria em questão pode trazer grandes benefícios, além da geração de energia firme, livre de GEE. O desenvolvimento dessa indústria traria emprego e renda para a região do Semiárido, e o desenvolvimento de uma indústria local CSP poderia levar essa indústria a atingir um grau de conteúdo local de 80%, tornando-se referência na região.

Referências

- ARVIZU, D.; BALAYA, P.; CABEZA, L. *Special report on renewable energy sources and climate change mitigation* (SRREN). Chapter 3. Direct Solar Energy. Cambridge e New York: IPCC, 2011. Disponível em: <<http://srren.ipcc-wg3.de/>>.
- CORBETT, L. M.; CLARIDGE, G. S. Key manufacturing capability elements and business performance. *International Journal of Production Research*, v. 40, n. 1, p. 109-131, jan. 2002.
- COUTO, L. *Mensuração de impactos socioeconômicos de projetos energéticos renováveis no Brasil: um estudo de caso para energia heliotérmica*, 2016. 132 f. Dissertação – Coppe. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- DAI, H. et al. Green growth: The economic impacts of large-scale renewable energy development in China. *Applied Energy*, v. 162, p. 435-449, 15 jan. 2016.
- ELY, R. Avaliação prospectiva das rotas de biorrefinaria no Brasil, a partir do bagaço de cana-de-açúcar como matéria-prima básica. 2009. 231 f. Dissertação – Coppe. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.
- ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM – ESMAP. *Development of local supply chain: the missing link for concentrated solar power projects in India*, 2011a.
- ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM – ESMAP. *Middle East and North Africa region assessment of the local manufacturing potential for concentrated solar power (CSP) projects*, jan. 2011b.
- ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM – ESMAP. *Middle East and North Africa Region assessment of the local manufacturing potential for concentrated solar power (CSP) projects*, jan. 2011c.
- ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM – ESMAP. *Competitiveness assessment of MENA countries to develop a local solar industry*, mar. 2015a.
- ENERGY SECTOR MANAGEMENT ASSISTANCE PROGRAM – ESMAP. *Local manufacturing potential for solar technology components in Egypt*. The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank Group, jul. 2015b.
- GARRAD, A. The lessons learned from the development of the wind energy industry that might be applied to marine industry renewables. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, v. 370, n. 1959, p. 451-471, 28 jan. 2012.
- GAZZO, A.; KOST, C.; LOWE, M. Assessment of the local manufacturing potential for CSP projects, 2011.
- GEREFFI, G.; DUBAY, K.; LOWE, M. *Manufacturing climate solutions*. Carbon-reducing technologies and U.S. Jobs. Chapter 4 – Concentrated Solar Power Center on Globalization, Governance & Competitiveness. Durham, EUA: Duke University, 2008.

- GRÖBLER, A.; GRÜBNER, A. An empirical model of the relationships between manufacturing capabilities. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 26, n. 5, p. 458-485, maio 2006.
- HANSEN, U. E.; OCKWELL, D. Learning and technological capability building in emerging economies: The case of the biomass power equipment industry in Malaysia. *Technovation*, v. 34, n. 10, p. 617-630, outubro 2014.
- HEAVNER, B.; CHURCHILL, S. *Renewables work*. Job growth from renewable energy development in California CALPIRG Charitable Trust, jun. 2002. Disponível em: <<http://research.policyarchive.org/5556.pdf>>. Acesso em: 28 mar. 2017.
- HUENTELER, J.; NIEBUHR, C.; SCHMIDT, T. S. The effect of local and global learning on the cost of renewable energy in developing countries. *Journal of Cleaner Production*, v. 128, p. 6-21, ago. 2016.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. *Concentrated solar power technology roadmap*. Paris: IEA, 2010.
- THE INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY – IRENA. *Evaluating renewable energy manufacturing potential in the mediterranean partner countries*. Irena, maio 2015.
- KOST, C.; ENGELKEN, M.; SCHLEGL, T. Value generation of future CSP projects in North Africa. *Energy Policy*, v. 46, p. 88-99, jul. 2012.
- KOST, C. et al. *Support for moroccan solar plan solar technologies in Morocco – Industry and value chain assessment*, 30 nov. 2012.
- LLERA, E. et al. Forecasting job creation from renewable energy deployment through a value-chain approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 21, p. 262-271, maio 2013.
- MORASH, E. A. Supply chain strategies, capabilities, and performance, set. 2001.
- USA. National Renewable Energy Laboratory – NREL. *JEDI Fact Sheet*. Ago. 2015. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy15osti/64129.pdf>>. Acesso em: 4 maio 2017.
- USA. National Renewable Energy Laboratory – NREL. *System Advisor Model* v. 2017.1.17, 2017.
- PEREIRA, E. et al. Mapeamento básico das condições gerais para tecnologias heliotérmicas no Brasil, jun. 2014.
- PUEYO, A. et al. The role of technology transfer for the development of a local wind component industry in Chile. *Energy Policy* (2011). doi:10.1016/j.enpol.2011.04.045.
- SASTELA; DTI; GIZ. *Assessment of localisation, industrialisation and job creation potencial of CSP infrastructure projects in South Africa – A 2030 vision for CSP*, jun. 2013.
- SCHLIPF, D.; STENGLER, M.; SCHNEIDER, G. *CSP in Brazil – Perspectives for industrial development*, jun. 2014.

SCHMIDT, T. S.; HUENTELER, J. Anticipating industry localization effects of clean technology deployment policies in developing countries. *Global Environmental Change*, v. 38, p. 8-20, maio 2016.

SOLARGIS. *Solargis data and maps*. Disponível em: <<http://solargis.com/products/maps-and-gis-data/free/overview/>>. Acesso em: 2 set. 2016.

SOORIYAARACHCHI, T. M. et al. Job creation potentials and skill requirements in, PV, CSP, wind, water-to-energy and energy efficiency value chains. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 52, p. 653-668, dezembro 2015.

SORIA, R. Proposta metodológica para formulação de política para o desenvolvimento da tecnologia heliotérmica no Brasil. 2016. 371 f. Tese – Coppe. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

SORIA, R. et al. Hybrid concentrated solar power (CSP)–biomass plants in a semiarid region: A strategy for CSP deployment in Brazil. *Energy Policy*, v. 86, p. 57-72, nov. 2015.

THORNLEY, P.; ROGERS, J.; HUANG, Y. Quantification of employment from biomass power plants. *Renewable Energy*, v. 33, n. 8, p. 1922-1927, ago. 2008.

WEINREBE, G.; BALZ, M. Localization – A major key to success of CSP. *Energy Procedia*, v. 69, p. 2090-2096, maio 2015.

YANG, L.-R. Key practices, manufacturing capability and attainment of manufacturing goals: The perspective of project/engineer-to-order manufacturing. *International Journal of Project Management*, v. 31, n. 1, p. 109-125, jan. 2013.

ZWAAN, B. VAN DER; CAMERON, L.; KOBER, T. Potential for renewable energy jobs in the Middle East. *Energy Policy*, v. 60, p. 296-304, set. 2013.