



Grupo de Estudo de Geração Eólica, Solar e Armazenamento-GES

Estudo de viabilidade técnica e econômica da aplicação de chapas de alumínio anodizado no campo solar de plantas heliotérmicas

VANDERLEI AFFONSO MARTINS(1); PAULO CESAR FERNANDES DA CUNHA(2); MARIANA WEISS DE ABREU(3); FELIPE DA SILVA FERNANDES GONÇALVES(4); RAFAEL ANDRES SORIA PENAFIEL(5); RICARDO BICUDO(6); CAIO PORCIUNCULA(7); FGV(1);FGV(2);FGV(3);FGV(4);FGV(5);FGV(6);FGV(7);

RESUMO

O trabalho analisa a viabilidade técnica econômica da aplicação de chapas de alumínio anodizado, no lugar de espelhos de vidro, no campo solar de plantas heliotérmicas de cilindro parabólico. Avalia-se a adaptação desta tecnologia para o caso brasileiro. A partir da análise qualitativa das especificações técnicas dos dois tipos de refletores, e das simulações realizadas no SAM, é possível concluir que os sistemas com refletores de vidro têm melhores propriedades do que os espelhos de alumínio, porém, desde o ponto de vista Econômico, os espelhos de alumínio permitiriam atingir viabilidade econômica a projetos que operam em faixas de temperatura média.

PALAVRAS-CHAVE

Heliotérmica, concentração solar, cilindro parabólico, refletor de alumínio anodizado, refletor de espelho de vidro.

1.0 - INTRODUÇÃO

A tecnologia heliotérmica é capaz de gerar energia na forma de calor e de eletricidade através da transformação da irradiação solar direta (DNI). Apresentando vantagens sobre outras fontes de energia renovável, como a eólica e a solar fotovoltaica, a geração heliotérmica se mostra flexível e passível de ser despachada (13).

Devido à sua capacidade de armazenar energia na forma de calor, de gerar eletricidade e calor de processo, inclusive para cogeração, e de ser hibridizada com diversas outras fontes energéticas, as plantas heliotérmicas normalmente apresentam um fator de capacidade superior ao das outras renováveis, podendo tanto operar na base com energia firme, como atender as cargas no pico e à demanda por serviços ancilares em qualquer período do dia (1); (4); (12).

Como foi ressaltado no Plano de Expansão do Setor Elétrico do Brasil (8), vem sendo buscadas alternativas para o atendimento ao pico e às oscilações de demanda que garantam a segurança e a estabilidade do sistema, mas que também contribuam para a modicidade tarifária e para redução de emissões de gases de efeito estufa. Tais características, somadas ao fato de o Brasil apresentar um grande potencial para geração heliotérmica devido à grande incidência de DNI, vem tornando a tecnologia heliotérmica muito atrativa para o setor elétrico brasileiro.

Contudo, ainda há alguns desafios com relação a esta fonte, principalmente no que tange à sua viabilidade econômica. Segundo o estudo Renewable Cost Database (6) os projetos de CSP vêm apresentando trajetória decrescente de custos nivelado de energia. Porém, esta tecnologia ainda se mostra significativamente mais cara do que as demais fontes renováveis, como a solar fotovoltaica e a eólica onshore, e longe de ser considerada comercial. Com esse objetivo, diversos países vêm buscando novos conceitos de geração heliotérmica que possibilitem o barateamento do processo produtivo de seus componentes e aumentar a sua produtividade.

(*) Praia de Botafogo, 210 - Edifício Âncora - Cobertura – CEP 22.250-040, Botafogo, Rio de Janeiro/RJ – Brasil
Tel: (+55 21) 3799-6100 – Cel: (+55 21) 99777-6080 – Email: vanderlei.affonso@yahoo.com.br

Neste âmbito, em 2015, a ANEEL realizou a Chamada de Projeto de P&D Estratégico nº 019/2015 "Desenvolvimento de Tecnologia Nacional de Geração Heliotérmica de Energia Elétrica" com o objetivo de estudar a possibilidade de produzir componentes de plantas heliotérmicas no Brasil e estimular o desenvolvimento científico e tecnológico desta fonte energética no Brasil, no qual os autores do artigo participam.

Conforme dados da NREL (10), o campo solar era o componente com maior participação (31%) no custo de investimento numa planta CSP de cilindro parabólico com armazenamento de calor. Uma alternativa para o barateamento do custo do campo solar é a substituição dos espelhos de vidro borossilicato por placas de alumínio anodizado. Apesar de resultar em uma ligeira queda de eficiência e uma menor durabilidade devido às intemperes atmosféricas, a utilização de refletores de alumínio em plantas heliotérmicas se mostra significativamente mais barata, menos complexa de ser produzida e mais fácil de ser transportada.

Além disso, a produção de campos solares para a geração heliotérmica no Brasil poderia ser uma forma de promover a abertura de um novo mercado para a indústria nacional de alumínio, que vêm sofrendo com o alto preço da energia elétrica e com a concorrência com produtos chineses.

Desta forma, este trabalho tem por objetivo fazer uma análise qualitativa de parâmetros que pode impactar na viabilidade técnica econômica da aplicação de chapas de alumínio anodizado, no lugar de espelhos de vidro borossilicato, no campo solar de plantas heliotérmicas e avaliar a adaptação desta tecnologia para o caso brasileiro, principalmente para as instalações de menor porte que se adequam também às aplicações de cogeração em processos industriais.

-

2.0 - MATERIAIS DE REFLETORES E CONFIGURAÇÕES

Os coletores para concentração solar requerem o uso de superfícies seletivas com alta refletância especular do espectro solar. Metais reflexivos tipicamente usados em refletores solares são prata e alumínio, devido às boas propriedades reflexivas na faixa espectral da luz solar incidente na Terra. A refletância da prata é consideravelmente maior do que a do alumínio para a maior parte das longitudes de onda (>500 nm). A reflexão hemisférica solar de superfícies prateadas pode atingir no vácuo um máximo de 98%, enquanto que para o alumínio o máximo é 92% (3).

As configurações de um refletor solar são usualmente baseadas em metais altamente brilhantes ou revestimentos metálicos colocados sobre substratos como vidro, polímeros ou metais. Quando o substrato é opaco, a capa reflexiva sempre deve ser a superfície de frente, por exemplo, com alumínio polido. Neste caso, o refletor é conhecido como "superfície de frente" ou "primeira superfície". Estes refletores, para melhorar a durabilidade, podem ter um revestimento frontal muito fino e transparente (<5 µm de espessura). Por outro lado, se um substrato transparente (vidro, metacrilato, policarbonato) é usado, o revestimento reflexivo deve estar na superfície de trás do substrato, sendo conhecido como refletor de "segunda superfície". Os dois metais requerem revestimentos protetores de alta qualidade para se proteger contra a corrosão. Espelhos de primeira superfície requerem revestimentos transparentes na parte superior. Refletores de segunda superfície sempre contam também com revestimentos protetores por trás (verniz), ou são colados a substratos adicionais.

A caracterização feita na sequência é uma síntese do Capítulo 3 do livro de Heller (3), sobre materiais e configurações de refletores para concentração solar.

2.1 - Refletores de segunda superfície

2.1.1. Espelhos prateados de vidro grosso: está composto por uma camada de prata reflexiva revestida pela superfície frontal por uma camada grossa (3-4 mm) de vidro monolítico. Dado que o vidro pode ter um baixo conteúdo (0,02%) de Fe₂O₃, que absorve uma parte da irradiação solar, o tipo de vidro usado para a indústria solar é chamado "branco claro" ou vidro de baixo conteúdo de ferro. A camada de prata (com uma densidade média de 0,8 -1,2 g/m²) é extremamente vulnerável aos contaminantes ambiente, humidade ou atmosfera salgada. Por tanto, além da proteção frontal, a proteção por trás também é importante. Esta proteção é conseguida com uma camada de cobre, e dois ou três camadas de tinta de revestimento protetor que contém algo de chumbo (0,5% a 2,5% por peso).

No processo de manufatura do espelho com vidro grosso curvo, o vidro plano é aquecido em fornos sobre um molde parabólico; depois, o vidro é prateado na superfície de trás. Finalmente, a superfície prateada de trás é recoberta com os revestimentos.

Uma refletância elevada é conseguida devido às propriedades intrínsecas da prata, e pode ter pouco de espalhamento devido a que o vidro é um substrato muito liso.

2.1.2. Espelhos prateados de vidro fino: A configuração é muito similar ao espelho de vidro grosso, a principal diferença é a espessura da camada de vidro, de menos de 1 mm. Para obter a forma do coletor e dar robustez ao coletor, os refletores são colados nas estruturas de metal, polímero ou material composto. A refletância é inclusive maior ao refletor de vidro grosso porque a camada de vidro superior é mais fina, e como consequência, a trajetória ótica dos raios solares é menor. Estes refletores são mais leves e mais baratos que os de vidro grosso, mas o custo da estrutura posterior deve ser adicionado.

2.1.3. Espelhos prateados de vidro laminado: Estes refletores usam prata como camada refletiva, protegida por uma camada de vidro pelos dois lados, frontal e posterior, similar aos para-brisas dos autos. A refletância é similar ao refletor de vidro fino, porque a camada frontal de vidro tipicamente tem entre 1 a 2 mm de espessura. A espessura total do refletor é similar ao do refletor de vidro grosso. A forma é dada durante o processo térmico de manufatura. A resistência e durabilidade deste espelho são maiores aos dos anteriores, porém o custo de produção é maior.

2.2 - Refletores de primeira superfície

2.2.1. Espelho de alumínio anodizado: Dependendo do revestimento superior, vários refletores de alumínio estão disponíveis. O mais conhecido é construído com deposição de alumínio puro sobre um substrato de alumínio polido com uma camada de óxido de alumínio entre as duas (anodizado) e alguns revestimentos transparentes na parte superior. Por exemplo, com uma camada de alumina (SiO_2), que é útil para proteger contra a abrasão e corrosão. Outros refletores usam como camada superior revestimentos orgânicos ou alumínio anodizado.

Refletores de alumínio são cada vez mais usados para aplicações de concentração solar devido ao baixo peso, alta ductilidade (eles suportam as cargas de vento sem sofrer danos), e pela flexibilidade no design, construção e montagem. Também o processo de manufatura permite produção massiva: processo de bobinado. Em consequência, estes refletores apresentam um potencial para a redução de custos em comparação aos espelhos de vidro.

Por outro lado, além da baixa refletância do alumínio, a marca do processo de bobinado gera uma superfície mais rugosa que a dos espelhos de vidro, o que conduz a maior espalhamento da irradiação solar. A menor refletância do alumínio em comparação à prata faz com que os refletores de alumínio sejam mais apropriados para aplicações de geração de calor para processos industriais (SHIP), e não tão apropriados para geração elétrica (CSP). Adicionalmente, o tempo de duração destes refletores em ambientes urbanos, industriais e poluídos é menor aos de prata. Para incrementar a duração, coberturas de vidro plano podem ser adicionadas no plano de abertura em cilindros parabólicos de pequeno porte.

2.2.2. Espelhos de filme de polímero prateado: Estes espelhos usam uma capa reflexiva de prata protegida na parte frontal por várias camadas de polímeros, e depositada sobre um substrato (geralmente também é um polímero). O substrato de polímero limita a temperatura (60-80°C) durante a deposição da prata. Este material é de peso leve e flexível, por tanto é fácil adaptá-lo ao coletor parabólico. O processo de colado do filme prateado ao substrato (vidro, metacrilato, policarbonato) deve ser feito com grande cuidado para evitar que bolhas fiquem presas, o que pode desviar os raios refletidos.

3.0 - METODOLOGIA

A comparação entre os dois tipos de campo solar (espelho de vidro e espelho de alumínio) será feita, num primeiro momento, através da análise qualitativa das especificações técnicas de dois tipos de coletores de cilindro parabólico comerciais. Foram escolhidos dois tipos de coletores de cilindro parabólico (Ver tabela 1 e



XXV SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

3992
GES/20

figura 1):

a) coletores de grande porte com superfície refletiva de espelho de vidro, marca Solargenix, e receptor Schott PTR-70;

b) coletores de pequeno porte, de superfície de alumínio anodizado, e receptor, os dois de marca mexicana Inventive Power.

Num segundo momento, o software System Advisor Model (SAM) foi usado para simular a operação de projetos de concentração solar no Brasil, em Bom Jesús de Lapa –NE, usando os dois tipos de sistemas antes descritos (usando as propriedades apresentadas na tabela 1).

Para a segunda parte, da simulação de projetos usando os dois tipos de coletores, foi usado o software System Advisor Model (SAM). O SAM é um software de uso livre, desenvolvido pelo National Renewable Energy Laboratory (NREL). O SAM foi escolhido devido à versatilidade que ele apresenta através do seu módulo para avaliar projetos de geração de calor de processo com concentradores solares. Destaca-se que para atender aos objetivos do trabalho, de analisar a viabilidade técnica e econômica de projetos com espelho de vidro ou de alumínio, simulou-se unicamente a geração de calor no campo solar. Não foi simulada a geração elétrica, que seria possível ao aproveitar o calor gerado no campo solar num bloco de potência, após a troca de calor entre o fluido térmico circulando pelo campo solar e o fluido de trabalho. Vários autores já usaram o modelo SAM, para diversos trabalhos de pesquisa na área de CSP no Brasil, por exemplo: na avaliação de plantas CSP hibridizadas com biomassa no Nordeste brasileiro (14).

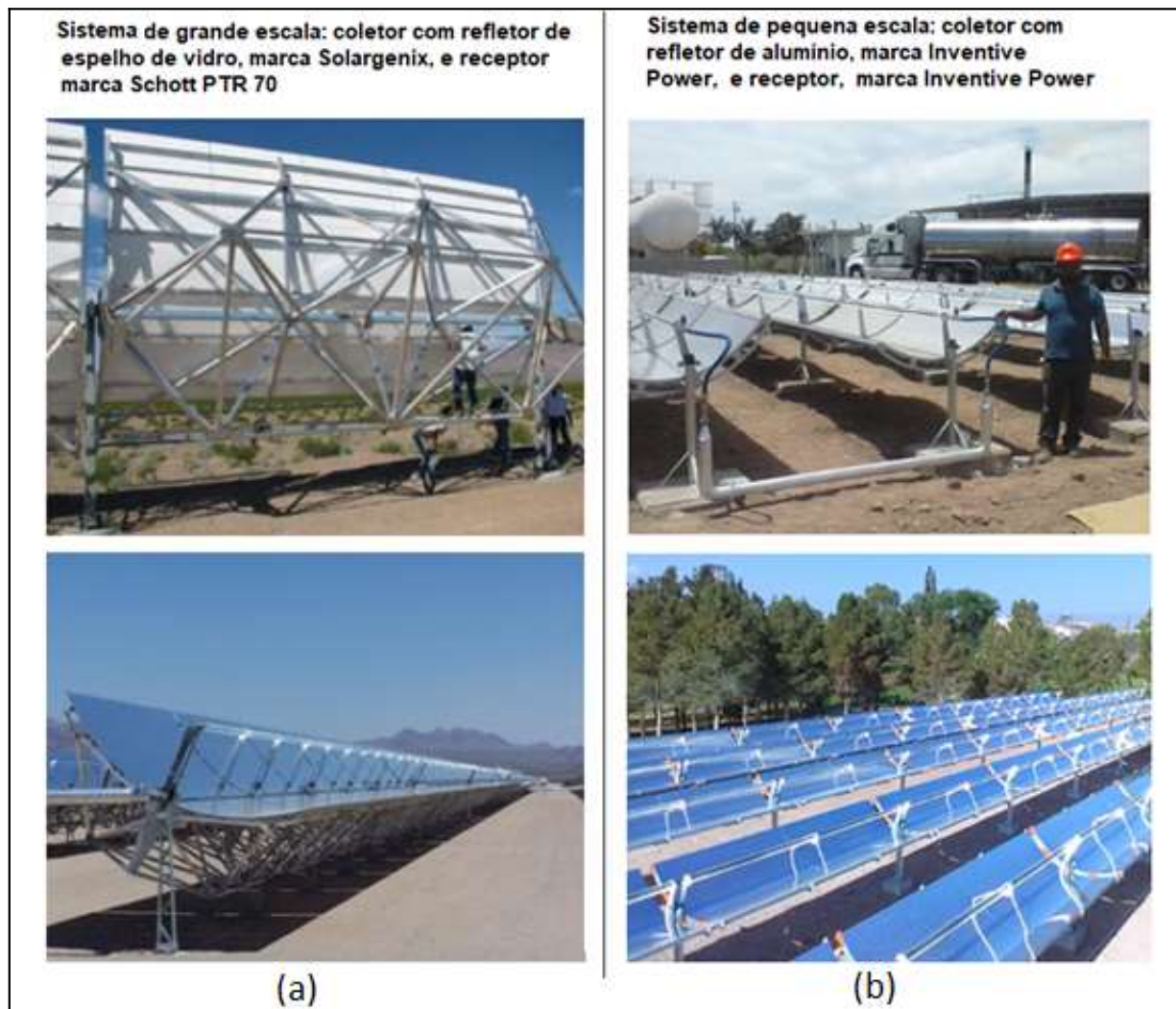


FIGURA 1 - Coletores de cilindro parabólico comerciais. (a) coletores de grande porte com superfície refletiva de espelho de vidro Solargenix e receptor Schott PTR-70. (b) coletores de superfície de alumínio anodizado e receptor, marca Inventive Power.

O modelo SAM é capaz de integrar o financiamento, os incentivos, os custos e o desempenho de uma planta de concentração solar dentro de um modelo único, possibilitando uma análise consistente para uma boa tomada de decisão, olhando tanto questões tecnológicas quanto financeiras (15); (9).

Adicionalmente, o SAM tem a capacidade de usar uma variedade de dados climatológicos em diversos formatos (TMY3 , TMY2, EPW), que reúnem as informações necessárias (DNI, velocidade do vento e temperatura ambiente) para o desenho do campo solar e para o cálculo da energia gerada ao longo de um ano típico em intervalos de uma hora (11).

Os dados apresentados na Tabela 1 foram usados para configurar os dois sistemas de concentração solar simulados: a) de grande escala, com coletores que tem refletores de espelho de vidro, e, b) de pequena escala, com coletores que tem refletores de alumínio. Também foram considerados os custos de capital, de O&M fixo e variável, apresentados na Tabela 2.

Soria et al. (14) comunicaram-se diretamente com a empresa canadense Naanovo Company, que manifestou interesse em participar do mercado brasileiro para desenvolver projetos CSP. A companhia indicou que usando coletores de alumínio anodizado SolarMaax e receptores Schott, de menor porte, e instalando uma planta de montagem na região do Nordeste, seria possível atingir um custo de capital de 10% a 20% menor do que em projetos típicos baseados em refletores de espelho de vidro. Esta hipótese é justificada pelo aprendizado tecnológico no nível mundial no período 2020 – 2025 (2); (5); (7), mas também à redução de custos de importação e de transporte até os lugares de projeto.

TABELA 1 - Comparação das especificações técnicas de coletores de cilindro parabólico com espelho de vidro e com espelho de alumínio.

Características Gerais e Especificações Técnicas de Coletores Cilindro Parabólicos			Unidade	Projetos escala, espelho.
Caraterísticas gerais		Faixa de temperatura -calor solar para processos industriais	°C	9
		Tempo de vida	anos	
Coletor	Geometria do coletor	Coletor		Solarg
		Superfície reflexiva		Espell
		Área de abertura da superfície reflexiva	m ²	4
		Largura total da superfície reflexiva com estrutura	m	
		Comprimento de um coletor	m	
		Distância média entre a superfície reflexiva e o foco	m	
		Distância média de tubulação entre montagens	m	
	Parâmetros ópticos	Erro de rastreamento		0
		Efeitos da geometria		
		Refletância da superfície reflexiva		0
		Sujeira da superfície reflexiva		
		Erro óptico geral		
	Cálculos ópticos do coletor	IAM no solstício de verão		1,7
		Perda final no solstício de verão		0,9
		Eficiência óptica no design		0,8
Receptor	Geometria do receptor	Receptor		Scho
		Diâmetro interior do tubo absorvedor	m	0
		Diâmetro exterior do tubo absorvedor	m	0
		Diâmetro interior do envelope de vidro	m	0
		Diâmetro exterior do envelope de vidro	m	0
		Tipo de material do envelope de vidro		Bord
		Diâmetro do bujão de fluxo do absorvedor	m	
		Rugosidade da superfície interna		4,5
	Receptor- parâmetros e variações	Tipo de material absorvedor		Al
		Absortividade do absorvedor, com revestimento seletivo		
		Emitância do absorvedor, com revestimento seletivo		0
		Emitância do envelope de vidro		
	Receptor - Perdas ponderadas totais	Transmitância do envelope de vidro		
		Revestimento do vidro		Ant
		Redução óptica		0,8
		Perda de calor no ponto de design	W/m	

Fonte: Especificações técnicas da empresa Inventive Power, e especificações fornecidas pelo software *System Advisor Model (SAM)*. Tabela construída pelos autores.

TABELA 2 - Custos de capital, custo de O&M fixo e variável, para os sistemas simulados.

	Custo de capital (USD/kW-t)	O&M fixo (USD/kW)	O&M variável (USD/kWh-t)
Com espelho de vidro	560	8	0,001
Com espelho de alumínio	500-400	7	0,001

anodizado			
-----------	--	--	--

Fonte: Soria et al. (2015) e dados fornecidos por SAM.

TABELA 3 - Resultados para comparação entre espelho de vidro e de alumínio.

	Eficiência média (%)	Relação superfície - potência instalada (W-t/m ²)	Redução no LCOH	Conteúdo local no projeto (%)
Com espelho de vidro	61	150	Referência	Médio
Com espelho de alumínio anodizado	48	90	7% a 12%	Alto

Fonte: Soria et al. (2015) e dados fornecidos por SAM.

4.0 - CONCLUSÕES

A partir da análise qualitativa das especificações técnicas dos dois tipos de refletores, e das simulações realizadas no SAM, é evidente que os sistemas com refletores de vidro têm melhores propriedades do que os espelhos de alumínio. Porém, do ponto de vista econômico, os espelhos de alumínio permitiriam atingir viabilidade econômica em alguns projetos, como mostra a Tabela 3.

O espelho de vidro devido a melhor refletância, menor erro óptico, melhor eficiência óptica, maior tamanho de cada unidade coletora e maior tempo de vida, é apropriado para projetos de grande escala de geração elétrica ou de calor de processo industrial de alta temperatura (90 – 260°C). Por outro lado, os coletores com espelho de vidro apresentam um maior custo de capital, o que dificulta o acesso ao financiamento, assim como a despesa com o pagamento de juros será maior, e finalmente, conduz a uma energia final mais cara. Assim, recomenda-se usar esta tecnologia para grandes projetos que demandam maiores temperaturas de trabalho, e onde o valor do terreno é alto e faz sentido instalar sistemas de alta eficiência, dado que estes requerem uma área instalada menor para gerar a mesma quantidade de energia.

Os coletores com espelho de vidro apresentam também uma maior vida útil. Muitas pesquisas, no entanto, vêm focando em técnicas para melhorar o design e as características técnicas de refletores de alumínio. Por exemplo, o desenvolvimento de revestimentos mais sofisticados para o alumínio permitiria estender a vida útil do sistema.

Dado que têm menor superfície de captação solar e consequentemente maior modularidade, os projetos que consideram espelhos de alumínio são apropriados para projetos menores que operam numa faixa de temperatura média (45 – 130°C), sendo ideais para geração de calor para processos industriais, por exemplo.

Por outro lado, os sistemas com espelhos de alumínio precisam de maior área de captação por unidade de capacidade instalada para compensar a sua menor eficiência óptica e de conversão de energia. Entretanto, apesar de sua menor eficiência, devido ao baixo custo de capital, o custo nivelado do calor em projetos baseados em refletores de alumínio tende a ser de 7 a 12% menor em comparação a projetos que usam espelho de vidro (tabela 3).

Vale, no entanto, lembrar que esta diferença de custo nivelado pode ser alterada caso seja considerado financiamento para o projeto. Devido ao menor custo de capital de plantas heliotérmicas com espelhos de alumínio, estas apresentam um acesso facilitado a linhas de financiamento. As plantas com espelho de alumínio devido ao seu porte podem se adequar a linhas de financiamento estratégicas com taxas mais atrativas.

No caso simulado, a menor eficiência do coletor com superfície refletiva de alumínio também deve ser explicada pelas propriedades térmicas do receptor: menor absortividade do tubo receptor, menor transmitância do envelope de vidro, menor eficiência óptica, etc.

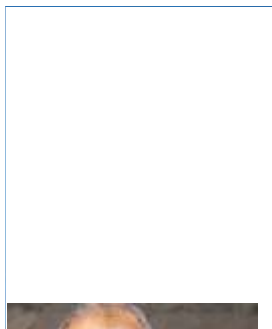
5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) ARCE, P.; MEDRANO, M.; GIL, A.; ORÓ, E.; CABEZA, L. F. Overview of thermal energy storage (TES) potential energy savings and climate change mitigation in Spain and Europe. *Applied Energy*, v. 88, n. 8, p. 2764–2774, 2011.
- (2) ARVIZU, D.; BALAYA, P.; CABEZA, L.; et al. Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation SRREN. Special Report of IPCC, Cambridge e New York: IPCC, 2011.
- (3) HELLER, P. The Performance of Concentrated Solar Power (CSP) Systems: Analysis, Measurement and Assessment. Woodhead Publishing, 2017.
- (4) IEA. Energy Technology Perspectives: Scenarios and Strategies to 2050. Paris: International Energy Agency, 2008.
- (5) IEA. Technology Roadmap - Solar Thermal Electricity. Paris: IEA, 2014.
- (6) IRENA. Renewable Power Generation Costs in 2017. Abu Dhabi: IRENA, 2018.
- (7) KEARNEY, A. T. Solar Thermal Electricity 2025--Clean Electricity On Demand: Attractive STE Cost Stabilize Energy Production. Consultance for ESTELA, Duesseldorf, Germany: A.T. Kearney GmbH, 2010.
- (8) MME/EPE. Plano Decenal de Expansão de Energia 2026. , 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/PDE2026.pdf/474c63d5-a6ae-451c-8155-ce2938bf896>>. Acesso em: 29/4/2019.
- (9) NREL. Solar Advisor Model Reference Manual for CSP Trough Systems. Colorado: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2009.
- (10) NREL. Templates para análises de custos da versão SAM 2011., 2010. NREL. Disponível em: <www.nrel.gov/analysis/sam/templates.html>. Acesso em: 22/3/2014.
- (11) NREL. Help do SAM 2011.6.30. , 2011. Acesso em: 20/10/2011.
- (12) SKUMANICH, A. CSP at a crossroads: The first solar electric power plants are still proving their worth after three decades, so why aren't we seeing more CSP reach the development stage? *Renewable Energy Focus*, v. 12, n. 1, p. 52–55, 2011.
- (13) SORIA, R.; LUCENA, A. F. P.; TOMASCHEK, J.; et al. Modelling concentrated solar power (CSP) in the Brazilian energy system: A soft-linked model coupling approach. *Energy*, v. 116, Part 1, p. 265–280, 2016.
- (14) SORIA, R.; PORTUGAL-PEREIRA, J.; SZKLO, A.; MILANI, R.; SCHAEFFER, R. 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, 2015.
- (15) WAGNER, M.; GILMAN, P. System Advisor Model Documentarion. Colorado: National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2011.

6.0 -- DADOS BIOGRÁFICOS

Vanderlei Martins: doutorando do Programa de Planejamento Energético (PPE/COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre em Planejamento Energético também pela COPPE/UFRJ e economista pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Tem experiência na gestão dos programas de P&D do setor elétrico, regulação da geração distribuída, fontes de energia renováveis e programas de eficiência energética. Possui experiência também com análises de viabilidade econômica de projetos fotovoltaicos, modelos de avaliação de políticas públicas e avaliação de projetos governamentais, construção de cenários de demanda de energia através de modelos bottom-up e estudos relacionados aos temas: P&D do setor elétrico, smart grids, pobreza energética, economia da energia, regulação do setor elétrico, impactos econômicos das fontes renováveis no Brasil e mudanças climáticas.

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG



Mariana Weiss: doutoranda do Programa de Planejamento Energético (PPE/COPPE) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestre em Planejamento Energético também pela COPPE/UFRJ e graduada em Economia pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Atua na área de geração distribuída, fontes de energia renováveis, eficiência energética e projetos de P&D. Possui experiência também com análises utilizando matrizes insumo-produto, construção de cenários de demanda de energia através de modelos bottom up e estudos relacionados aos temas padrões de consumo de energia, demand response, smart grids e mudanças climáticas.



Paulo Cunha: mestre em Regulação da Indústria da Energia pela Universidade Salvador. Engenheiro Eletricista e Bacharel em Direito pela Universidade Federal da Bahia. Consultor Sênior da FGV Energia. Membro do corpo de árbitros da Câmara FGV de Conciliação e Arbitragem. Foi Diretor Presidente da NC Energia. Ocupou gerências técnicas e comerciais na Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia – COELBA. Professor visitante da PUC-Rio, Fundação Getúlio Vargas – FGV, UNIFACS-BA e POLI-PE. Foi Vice-Presidente e Diretor Técnico da Associação Brasileira de Comercializadores de Energia – ABRACEEL. Foi conselheiro da Câmara Americana de Comércio AmCham em Pernambuco.



Felipe Gonçalves: doutorando em Sistemas Computacionais da Engenharia Civil e Mestre em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ. Engenheiro de Produção com mais de 15 anos de experiência na gestão de operações, otimização de sistemas produtivos e planejamento estratégico organizacional. Após atuação no setor de varejo – onde participou do projeto desenvolvimento do Arranjo Produtivo Sul Fluminense em convênio com o Governo do Estado do RJ – atuou como Engenheiro de Processos do Operador Nacional do Sistema Elétrico ONS, gerenciando projetos de Business Intelligence e de automação do acompanhamento da integração de usinas e linhas de transmissão ao SIN. Em 2010 se tornou Superintendente da Rede de Conveniadas da FGV, sendo responsável pela gestão da rede cursos de educação executiva e MBA com

mais de 1.000 turmas simultâneas e um total de 40.000 alunos. Desde 2014 participa da criação e implantação do Think Tank FGV Energia, Centro de Estudos em Energia da FGV.



Rafael Soria: engenheiro Mecânico, na Escuela Politécnica Nacional (Quito-Ecuador), mestre e doutor em Planejamento Energético, no Programa de Planejamento Energético - PPE/COPPE da Universidade Federal de Rio de Janeiro (UFRJ), tenho desenvolvido vários projetos em parceria com o Prof. Roberto Schaeffer e o Prof. Alexandre Szklo. As áreas de concentração nas quais trabalho são: Economia da Energia e Tecnologia da Energia. As linhas de pesquisa desenvolvidas são sobre: modelos integrados e setoriais de planejamento energético, cenários de sustentabilidade, estudos de tecnologias como biodigestores, pirólise, resíduos sólidos urbanos, energia solar de concentração (CSP) e fotovoltaica, e energia eólica, etc. Meu interesse é crescente para desenvolver pesquisa em temas relacionados a modelagem da

integração energética regional e da modelagem de expansão e operação ótima de sistemas elétricos com alta participação de energia renovável variável.



Caio Porciúncula: engenheiro ambiental pela Universidade Federal Fluminense, possui experiência no desenvolvimento de estudos técnicos na área de eficiência energética



XXV SNPTTE
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

3992
GES/20

10 a 13 de novembro de 2019
Belo Horizonte - MG

industrial na área térmica e elétrica, acompanhados de estudos de viabilidade econômica para a implantação das soluções junto às empresas. Possui experiência também na área de Mudanças Climáticas elaborando Inventários de Emissões de Gases de Efeito Estufa e desenvolvendo estratégias para a redução das emissões junto às empresas por meio de Planos de Mitigação, incluindo a criação de Curvas Marginais de Abatimento das soluções. Atualmente também elabora Inventários de Emissões de GEE para atendimento à legislação como a Resolução INEA 64/2012. Possui experiência também na área de Produção mais Limpa e Uso Eficiente de Recursos, tendo executado trabalhos em diversos segmentos industriais como: Metalúrgica, Siderúrgica, Gráfica, Construção Civil, Petróleo, Rochas Ornamentais.

Ricardo Bicudo: engenheiro de Elétrica Eletrônica pela Universidade do Vale do Paraíba (2011), Mestre em Ciências pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (2015). Possui experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrônica Industrial, Sistemas e Controles Eletrônicos, fontes de potência atuando principalmente nos seguintes temas: e na pesquisa sobre destruição de resíduos com geração de energia. Atualmente exerce a função de consultor em eficiência energética pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI / FIRJAN