



Grupo de Estudo de Geração Térmica-GGT

MODELO DE TOMADA DE DECISÃO PARA POLÍTICA INDUSTRIAL DE NACIONALIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE GERAÇÃO HELIOTÉRMICA

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

A indústria heliotérmica no Brasil ainda não está consolidada e para tanto é necessário avaliar os principais componentes que podem ser nacionalizados. No entanto existem diversos fatores que influenciam a escolha destes componentes que precisam de uma metodologia específica para sua avaliação. Optou-se pelo Método AHP de Auxílio Multicritério a Decisão, no qual foi estabelecida uma estrutura hierárquica de critérios necessários para a definição dos componentes mais importantes que podem ser produzidos nacionalmente. A estrutura criada e os resultados potenciais que serão obtidos a partir do questionário podem ser base para o desenvolvimento de políticas de incentivo industrial.

PALAVRAS-CHAVE

Heliotérmica, Auxílio Multicritério a Decisão, Cadeia produtiva, Indústria, AHP

1.0 - INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da Energia Heliotérmica (*Concentrated Solar Power - CSP*) é composta por componentes de variadas especificidades que requerem matérias-primas e um determinado nível de industrialização que o Brasil ainda não detém. A extensa quantidade de variáveis que implicam para que um componente seja mais vantajoso em relação a outro precisa passar por uma avaliação criteriosa que possibilite identificar os componentes mais críticos para o desenvolvimento da tecnologia no país, seja ele pela importância em relação aos custos da planta, seja pela facilidade de produção pela disponibilidade de matéria-prima. Desta forma, é necessário aplicar métodos e instrumentos que possibilitem tratar problemas complexos de forma mais simples para os tomadores de decisão. A Análise Multicritério (AMD) é um método que possibilita a identificação de alternativas por meio de aplicação e quantificação de diversos critérios que possam influenciar a tomada de decisão. No processo decisório existem determinados elementos que precisam ser definidos. São elementos característicos:

- **Decisor:** É considerado como um indivíduo ou um grupo de indivíduos que utilizarão o resultado do processo de avaliação para a tomada de decisão;
- **Alternativa viável:** São as alternativas que serão julgadas dentro do processo decisório, a qual o *Decisor* está buscando;
- **Critérios:** São as propriedades ou características que as alternativas precisam desempenhar à luz do processo decisório;
- **Atributos:** É o valor do desempenho da alternativa em relação aos critérios que estão sendo avaliados.

O processo decisório pode acontecer sob três perspectivas diferentes: escolha, classificação e ordenação. A primeira opção tem como função escolher a alternativa que seja mais adequada ao que está sendo buscado dentro

do processo de decisão. A segunda tem como objetivo a segregação das alternativas em subconjuntos. Por fim, a última tem como finalidade a ordenação baseada nos critérios de julgamento de suas propriedades. O processo de definição dos componentes críticos terá como base a planta piloto que está sendo desenvolvida no âmbito deste projeto e buscará ordenar os componentes de acordo com a significância dos mesmos para planta piloto e à tecnologia de CSP.

2.0 - METODOLOGIAS DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO (AMD)

A busca por selecionar problemas com diversas alternativas e critérios que formam sistemas complexos levou a criação de modelos que pudessem auxiliar na decisão de alternativas discretas, com alternativas finitas que atendessem a diversas funções objetivo (10). Apesar de ser considerado um método reconhecido cientificamente para a tomada de decisão, a AMD ainda utiliza julgamento de valor para atingir o seu resultado final (2). Em um processo decisório em diversas alternativas o usuário pode ser levado a situações com vários fatores, muitos deles subjetivos. Por isso os métodos multicritérios tem bastante aderência onde a subjetividade é predominante. Portanto, os métodos de AMD não levam a uma solução ótima, mas uma solução que atenda às preferências dos tomadores de decisão.

De uma forma geral o que diferencia os métodos de AMD é apenas como os múltiplos critérios são operacionalizados (4), mas seguem a mesma lógica das alternativas sendo confrontadas conforme apresentado na . Segundo SAATY (9), para o processo decisório é importante a determinação de pesos, que são denominados prioridades de acordo com um determinado objetivo que se propõe, que de uma forma geral é aplicado à todos os métodos.

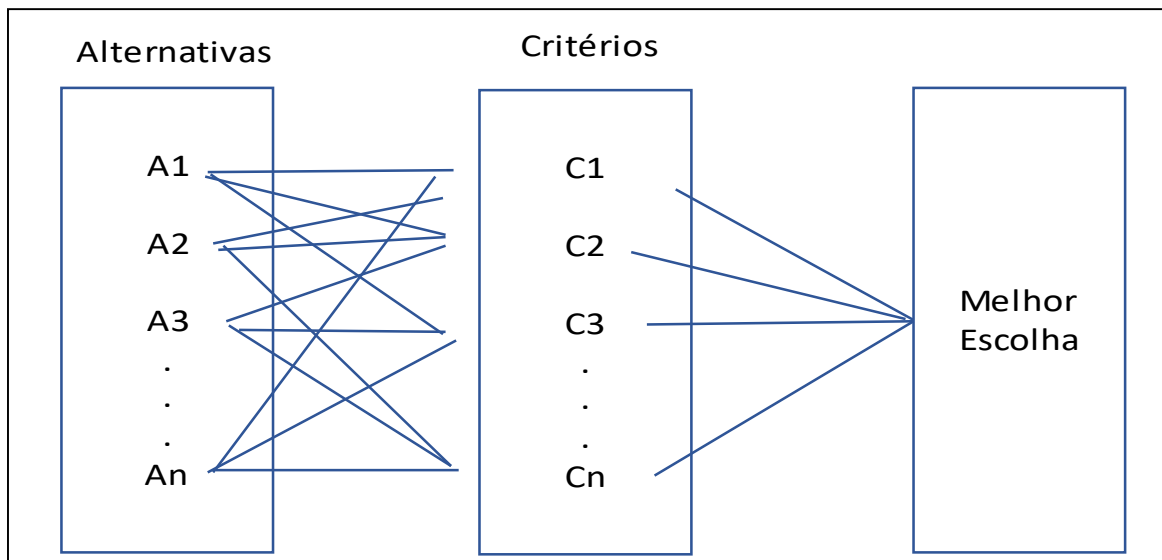


FIGURA 1 – (a) Processo de AMD - análise multicritério. Elaboração própria a partir de (2).

Apesar da existência de diversos métodos de AMD, existem duas linhas de pesquisa principais que se destacam na utilização destes métodos: a francesa e a americana. Dessas linhas destacam-se três métodos: *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Elimination and Choice Expressing Reality* (ELECTRE) e *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations* (PROMETHEE) (10).

2.1 Método Electre

O método ELECTRE (*ELimination Et Choice TRaidusaint la REalité*) é uma metodologia que possui diversas funções e se caracterizam por utilizar o conceito de superação ou dominação. Seguindo este conceito entende-se que para um conjunto de alternativas, a opção $a \in A$ domina uma alternativa genérica $b \in A$ se não houver argumentos que as façam ser piores. Neste método não são atribuídos pesos para os critérios e a escolha das soluções é baseada na maior quantidade de relações de dominância que uma alternativa tem sobre a outra. Desta forma são considerados dois conceitos principais para o método.

- **Concordância global:** Para que uma alternativa seja aceita é necessário que uma maioria de critérios esteja a favor desta afirmação.
- **Não-concordância:** Nenhuma das alternativas que sejam minorias na escolha deve se sobrepor à melhor alternativa escolhida inicialmente.

2.2 Método Promethee

As metodologias AMD iniciam seus problemas a partir de uma mesma matriz de comparação de critérios e soluções, porém diferenciam-se entre as informações adicionais que são requeridas. Dentre os métodos existentes existem aqueles voltados para ordenação ou *ranking*, e aqueles em que o objetivo é a identificação da melhor

solução por meio de eliminação ou superação. O método PROMETHEE faz parte da classe de métodos de superação e não ordenação (1). O método também dificulta a avaliação do decisor quando existem muitos critérios, limitando a quantidade em até sete (7).

2.3 Método de Análise Hierárquica (Analytic Hierarchic Process – AHP)

O Método de Análise Hierárquica (AHP) é baseado em três princípios da AMD:

- **Construção de hierarquias:** Níveis hierárquicos são necessários para que seja possível avaliar de forma mais desagregada cada alternativa;
- **Definição de prioridades:** É possível definir prioridades para que o indivíduo perceba o relacionamento entre as alternativas estudadas e os critérios considerados;
- **Consistência lógica:** O AHP possibilita avaliar o modelo de priorização.

O método AHP se baseia em três elementos característicos. O *Foco Principal* é o objetivo sob qual está sendo realizada a tomada de decisão. As *Alternativas*, que são os conjuntos de opções que serão objeto de avaliação pelos critérios. O *Conjunto de Critérios*, que são as propriedades, características ou quesitos necessários sob os quais as alternativas serão avaliadas. Para o conjunto de critérios é importante que as nomenclaturas e definições tenham uma coerência mínima, considerando três axiomas principais:

- **Axioma da exaustividade:** Alternativas em que os julgamentos dos critérios sejam sempre iguais;
- **Axioma da coesão:** O julgamento sobre as alternativas não garante que as alternativas encontradas sejam de fato as melhores;
- **Axioma da não-redundância:** Critério cuja retirada define um novo conjunto que não respeita os axiomas anteriores, isto é, evitar superposições de critérios.

2.4 Comparação dos métodos

A Pesquisa Operacional, área de estudo da Engenharia de Produção, que desenvolve e aplica metodologias de AMD, apresentou um consenso de qual metodologia é melhor para tomada de decisão (4). Em regra geral os usuários de AMD utilizam os métodos que julgam ter mais conhecimento, porém um determinado problema pode não se adequar à metodologia escolhida acarretando em resultados imprecisos (4).

Dentre os métodos escolhidos existem características que os diferenciam. Por um lado, o AHP só permite fazer comparação por pares aumentando o número de julgamentos a serem realizados. Este tipo de comparação recomenda que o método evite um número elevado de escalas. Para tanto SAATY (9) sugere a análise de no máximo nove escalas para reduzir o erro na consistência do método. O método ELECTRE e PROMETHEE por outro lado permitem a análise apenas por julgamentos diretos, por notas, com pouca restrição de escala (4). Entretanto o fato de não haver uma metodologia para definir os pesos entre os critérios pode dificultar a sua utilização por decisores inexperientes (7).

Com relação à análise preliminar de dados quantitativos o ELECTRE possui uma desvantagem uma vez que é necessário converter todos os valores cardinais em ordinais. Essa transformação dificulta a análise inicial por pesos de acordo com cada critério. Com relação aos dados de saída o método AHP permite uma ordenação dos resultados, enquanto o método ELECTRE proporciona apenas eliminação de algumas alternativas (4).

Segundo pesquisa realizada por GUGLIELMETTI ET AL. (4), o AHP foi considerada por pesquisadores da área como o método mais fácil de aplicações práticas pela facilidade de entendimento da metodologia em relação aos outros. Para tanto esta será a metodologia adotada para a criação da Matriz de Criticidade dos Componentes da Planta Piloto da Usina Heliotérmica de Jaborandi-BA.

3.0 - METODOLOGIA

O Método De Análise Hierárquica de Processos – AHP é baseado na construção de hierarquias entre os itens e na definição dos critérios a serem analisados. As prioridades entre os critérios serão definidas a partir de uma Matriz de Julgamento na qual são comparados os critérios entre si para que sejam atribuídos pesos a cada um dos critérios. A diagonal principal é considerada sempre como escala unitária pois a ordem de preferência entre os critérios é sempre um. A atribuição de pesos e julgamentos entre os critérios é feito por pares os quais são atribuídos pesos entre si.

$$\begin{array}{c}
 C_1 \quad \dots \quad C_n \\
 C_1 \begin{bmatrix} A_{11} & \dots & A_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n \begin{bmatrix} A_{n1} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix}
 \end{array}$$

FIGURA 2 – (b)

Por exemplo, na comparação de dois critérios C_1 e C_2 , que estará alocado sobre o vetor a_{12} o valor atribuído será x . Na comparação C_2 C_1 , representada pelo vetor a_{21} o valor será a inversa de x ($1/x$). Após o julgamento entre os critérios é realizada a normalização entre os vetores. Inicialmente é realizado a ponderação entre as colunas.

$$\begin{pmatrix} A_{1j} \\ \sum A_j \\ \vdots \\ A_{nj} \\ \sum A_j \end{pmatrix}$$

FIGURA 3 – (c)

Posteriormente a normalização é feita pelo número de critérios, conforme a eq. 1. Estas são consideradas as Prioridades Médias Locais (PML). As distribuições de pesos dos critérios são feitas sob a luz do Foco Principal.

$$Peso_{Normalizado} = \frac{\sum_i^n a_i}{n}$$

FIGURA 4 – (d)

O mesmo procedimento é feito com relação às alternativas, porém sob a luz dos critérios, e não do Foco Principal. Esta hierarquia pode ser construída para subcritérios, se necessário. Concluída esta etapa para cada um dos níveis hierárquicos é necessário calcular as Prioridades Médias Globais (PMG). Para tanto é necessário combinar os vetores encontrados em cada uma das alternativas, possibilitando então o ordenamento da solução conforme a preferência.

A atribuição dos pesos seja para os critérios e subcritérios serão definidos através de uma pesquisa, que terá como foco os profissionais e as empresas ligados à tecnologia CSP. A pesquisa abrangerá indivíduos ligados à área de pesquisa e à área de negócios para entender o ponto de vista de cada um em relação à preferência de cada um dos componentes e dos critérios que influenciam um processo decisório de desenvolvimento de um componente em um país.

3.1 Critérios de julgamento

É necessário estabelecer quais critérios são significativos para a seleção dos componentes que tem maior potencial de serem absorvidos pela indústria nacional. Existem características específicas que possibilitam o desenvolvimento da cadeia produtiva relativo a uma tecnologia. A Figura 5 demonstra os principais componentes da cadeia produtiva e as necessidades de investimento e o nível de complexidade da tecnologia, que pode afetar diretamente a fabricação de componentes em território nacional. Servet et al (11) identificou que as tecnologias que estão no quadro verde são difíceis de alcançar na maior parte do mundo, excluindo os países de referência. Neste grupo incluem-se bombas de fluido de transferência de energia térmica (HTF), gerador elétrico, HTF e turbinas à vapor. Os componentes associados a área laranja são aqueles que podem ser absorvidos por indústrias já existentes em alguns países. Os outros componentes podem ser desenvolvidos em função da demanda de energia heliotérmica no país.

Inclusive para atrair investimentos estrangeiros é importante avaliar fatores como: disponibilidade de recursos naturais, estabilidade econômica, facilidades para investimento e comercialização, estabilidade do governo, o que inclui baixos níveis de corrupção (8). O risco político é, inclusive, considerado com um dos problemas mais relevantes para empresas internacionais (5).

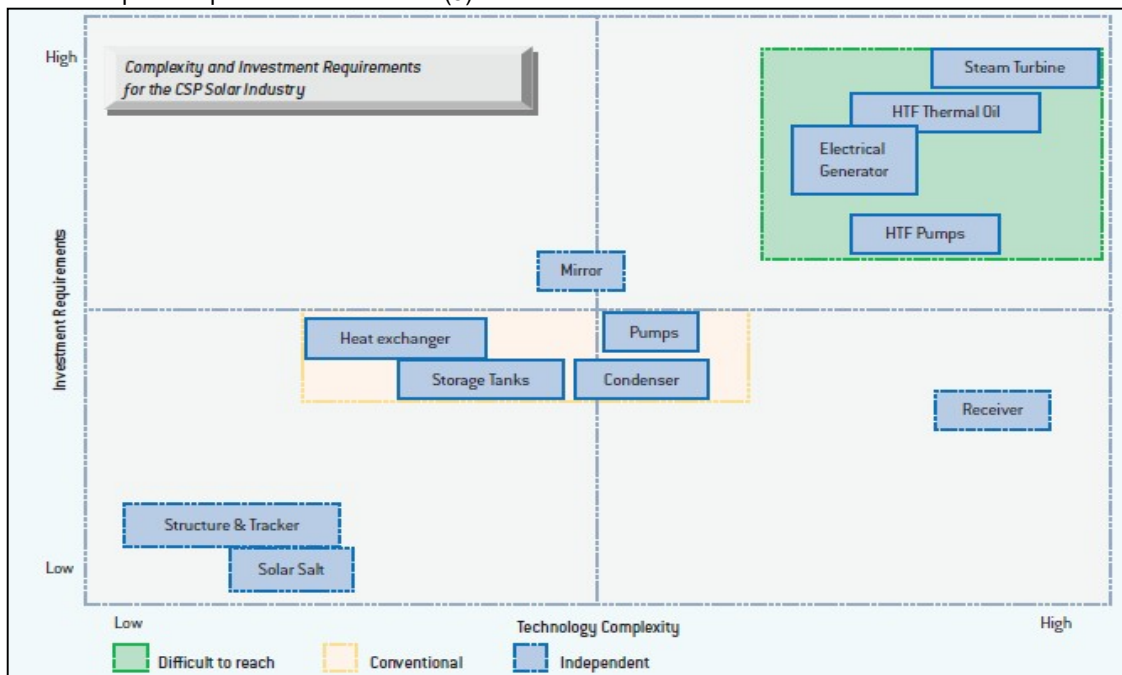


FIGURA 5 (e) - Investimento necessário x Complexidade da tecnologia, elaborado a partir de (11).

Os critérios que podem definir a preferência de componentes para a produção no Brasil foram selecionados conforme a sua influência para a tomada de decisão para investidores e formadores de políticas públicas.

3.2 Seleção dos componentes pela matriz de criticidade

A proposta da avaliação de componentes críticos pelo método de análise multicritério visa tornar os critérios citados. Para tanto foram selecionados os componentes principais de uma usina heliotérmica de cilindro parabólico, que é atualmente o modelo de usina heliotérmica mais utilizada no mundo e também objeto da planta piloto referente a esta pesquisa. Os componentes foram separados em:

- a) **Estrutura de suporte:** elementos que fazem parte dos coletores solares. Podem ser considerados componentes desta categoria: trackers, elementos poliméricos que fixam os espelhos, estrutura metálica de suporte e adesivos;
- b) **Espelho:** Elemento reflexivo em formato curvo utilizado para refletir os raios solares na direção dos receptores, podendo ser feitos de vidro com superfície de prata ou alumínio com revestimento PVD (Deposição Física à Vapor);
- c) **Receptor:** Tubo em aço, envolvido por vidro tipo borossilicato que absorve a energia dos raios solares refletidos pelo espelho. Possui também revestimento interno com tinta de superfície seletiva;
- d) **Fluido de transferência:** Utilizado como agente de transferência e transporte de calor no campo solar para o sistema de armazenamento de energia térmica e o bloco de potência;
- e) **Sistema de armazenamento de energia térmica:** Elementos de armazenamento de calor (sais fundidos, materiais cerâmicos);
- f) **Bomba de Transferência de Calor:** Equipamento com isolamento para ação mecânica de bombeamento do fluido de transferência. É um equipamento específico que permite o bombeamento de fluidos a altas temperaturas
- g) **Turbina a vapor:** Turbinas utilizadas especificamente para a tecnologia CSP.

Outros sistemas associados à tecnologia CSP não foram incluídos nesta primeira avaliação uma vez que já são tecnologias produzidas nacionalmente. É o caso da instrumentação auxiliar (Controlador Lógico Programável, inversor de frequência, medidores de pressão e temperatura), geradores de energia, tubulação, isolamento térmico e tecnologia sofisticada de construção civil de grande porte.

Para a escolha dos componentes críticos definiu-se como padrão a tecnologia de cilindro parabólico. Entretanto, mesmo restringindo o tipo de tecnologia CSP ainda foi necessário definir alguns componentes devido à variação de tecnologias aplicadas na sua concepção. O espelho pode ser produzido com o uso de alumínio PVD ou de vidro com deposição de prata. Foi definido como padrão a tecnologia de alumínio PVD por ser uma tecnologia mais simples.

TABELA 1 - Critérios de julgamento

Fatores tecnológicos	Transferência de tecnologia	A facilidade com que a tecnologia pode ser transferida é fator determinante para a sua produção nacionalizada. A presença de empresas multinacionais que já detenham o conhecimento sobre a tecnologia em outros países pode facilitar a importação da tecnologia para a produção no Brasil
	Nível de desenvolvimento do processo produtivo	O nível de desenvolvimento produtivo define a importância da maturidade de tecnologias da energia heliotérmica. Se por um lado existem algumas tecnologias que já estão maduras e permitem o pleno uso, outras requerem avanços devido às barreiras técnicas que poderão melhorar a viabilidade do uso da tecnologia
	Custo inicial de equipamentos (CAPEX)	O investimento em parques fabris que abrigarão as indústrias de componentes precisa ser avaliado. Tecnologias que requeiram maior investimento na produção de componentes apresentam riscos maiores para a sua produção.
	Matéria-prima disponível	A disponibilidade de matérias-primas possibilita a redução de custos de produção dos componentes. Matérias-primas que não são de fácil disponibilização em seus locais de produção podem dificultar a sua produção em termos de logística e financeiro. Para tanto é importante saber se existe cadeia produtiva a montante para a produção de componentes.
Fatores de operação e manutenção	Flexibilidade de operação	Existem produtos que são fabricados para mercados variados ou que fazem parte de uma linha de produção flexível que permite a fabricação de produtos diferentes para atendimento à outras cadeias produtivas.
Fatores político econômicos	Geração de emprego e mão de obra	É importante verificar se o componente é fabricado com alto nível de automação, ou requer mão-de-obra intensiva para a sua produção. Este fator influencia diretamente na quantidade potencial de emprego e renda que pode ser gerada com a fabricação dos componentes. A geração de empregos indiretos também é fator importante para a produção de um determinado componente.

3.3 Escalas

O método AHP foi construído com um número restrito de escalas a fim de garantir a consistência do método (9). Para tanto podem ser considerados cinco escalas de julgamento diferentes, no entanto é possível optar por escalas intermediárias respeitando os limites inferior e superior das escalas e desde que os números sejam discretos.

TABELA 1 - Escala de julgamento para critérios e julgamentos.

ESCALA VERBAL	ESCALA NUMÉRICA
Igual preferência	1
Preferência moderada	3
Preferência forte	5
Preferência muito forte	7
Preferência absoluta	9

Fonte: Elaboração própria.

3.4 Etapas de execução da metodologia

Para a pesquisa foi elaborado um questionário no formato de Excel, no qual a primeira aba do questionário terá uma breve descrição da metodologia e dos critérios que serão adotados. Desta forma será possível homogeneizar as premissas de avaliação que todos os respondentes utilizarão para definir suas preferências. Também será apresentado as escalas de preferência na forma verbal e a sua representação numérica proporcional.

Em seguida será apresentada a matriz de preferência entre os critérios sob à ótica do objetivo principal que é o adensamento da cadeia produtiva da energia heliotérmica no Brasil. Os números da diagonal principal serão sempre 1 (um) pois representam que os critérios têm preferência igual entre si. As células em branco serão de preenchimento manual pelo avaliador. A avaliação deverá seguir a lógica a partir de comparação por pares, conforme o seguinte exemplo:

“Sob a ótica do Foco Principal (FP) o critério de transferência de tecnologia tem *preferência forte* (5) em relação ao nível de desenvolvimento do processo produtivo”.

Considerando essa resposta o valor a ser colocado na célula seria 5. Caso a resposta fosse contrária, conforme o exemplo a seguir, o valor a ser colocado na planilha será $\frac{1}{5}$.

“Sob a ótica do Foco Principal (FP) o nível de desenvolvimento de tecnologia tem *Preferência Forte* (5) em relação à transferência de tecnologia”.

Foco Principal (FP)	Transferência de Tecnologia	Nível de Desenvolvimento do Processo Produtivo	Custo Inicial de Equipamentos (CAPEX)	Peso do Componente em Relação a Planta	Matéria-prima disponível	Logística de Distribuição	Mão de Obra	Flexibilidade da Produção	Demanda Existente	Taxas e Impostos de Equipamentos	Geração de Emprego
Transferência de Tecnologia	1,0	0,3	5,0	0,2	0,1	4,0	3,0	2,0	1,0	5,0	0,3
Nível de Desenvolvimento do Processo Produtivo	3,0	1,0	1,0	1,0	2,0	3,0	0,1	0,3	3,0	9,0	0,1
Custo Inicial de Equipamentos (CAPEX)	0,2	1,0	1,0	0,1	7,0	8,0	4,0	9,0	5,0	6,0	0,2
Peso do Componente em Relação a Planta	5,0	1,0	7,0	1,0	1,0	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	1,0
Matéria-prima disponível	9,0	0,5	0,1	1,0	1,0	3,0	8,0	6,0	9,0	5,0	9,0
Logística de Distribuição	0,3	0,3	0,1	7,0	0,3	1,0	1,0	5,0	3,0	3,0	5,0
Mão de Obra	0,3	9,0	0,3	9,0	0,1	1,0	1,0	3,0	1,0	4,0	3,0
Flexibilidade da Produção	0,5	3,0	0,1	3,0	0,2	0,2	0,3	1,0	5,0	6,0	4,0
Demanda Existente	1,0	0,3	0,2	7,0	0,1	0,3	1,0	0,2	1,0	3,0	6,0
Taxas e Impostos de Equipamentos	0,2	0,1	0,2	9,0	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	1,0	5,0
Geração de Emprego	3,0	9,0	5,0	1,0	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	1,0
Total	23,5	25,6	20,0	39,3	12,2	21,2	19,1	27,3	28,6	42,3	34,6

FIGURA 6 - (f) Escala de julgamento para critérios e julgamentos.

4.0 CONCLUSÕES

Apesar dos métodos de AMD não apresentarem soluções ótimas, e sim, aquelas que mais atendem as preferências dos decisores pode requerer experiência daqueles que estão respondendo sobre a tecnologia CSP. Como os critérios definidos requerem que os respondentes tenham conhecimento sobre toda a cadeia produtiva da indústria heliotérmica bem como sobre a indústria brasileira, o número de respondentes pode ser limitado, ou ainda, podem ocorrer inconsistências significativas entre aqueles que respondem devido ao nível de conhecimento de cada um sobre o universo tecnológico bem como sobre a realidade do mercado de energia CSP.

Esta limitação está no fato da tecnologia heliotérmica ainda ser nova no Brasil, reduzindo o número de especialistas da área. Uma das alternativas para expandir o número de respondentes é a preparação de um material que identifique as características e a sua representatividade perante uma usina CSP, podendo assim qualificar novos respondentes ao método. O resultado da pesquisa poderá ser um direcionador para o

desenvolvimento de uma política industrial voltada para os componentes mais importantes identificados nesta pesquisa.

5.0 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) BRANS, J. P., & DE SMET, Y. (2016). PROMETHEE methods. *International Series in Operations Research and Management Science*, 233, 187–219. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_6
- (2) COSTA, H. G. (2006). *Auxílio Multicritério a Decisão: Método AHP*. Rio de Janeiro: ABEPRO.
- (3) COSTA, H. G., Motta, S. S., & Gutierrez, R. H. (2014). Avaliação da produção docente: abordagem multicritério pelo método electre ii. *XXVI ENEGEP*, (October).
- (4) GUGIELMETTI, F. V., MARINS, F. a. S., SALOMON, V. a. P.(2003). Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios. *Pesquisa Operacional*, (1977), 1–6.
- (5) KOST, C., ENGELKEN, M., & SCHLEGL, T. (2012). Value generation of future CSP projects in North Africa. *Energy Policy*, 46, 88–99. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.034>
- (6) KUTSCHER, C., MEHOS, M., TURCHII, C., GREG, G., & MOSS, T. (2010). *Line-Focus Solar Power Plant Cost Reduction Plan* (No. NREL/TP-5500-48175). Golden, Colorado: National Renewable Energy Laboratory NREL.
- (7) MACHARIS, C., SPRINGAEL, J., BRUCKER, K. De, & VERDEKE, A. (2020). PROMETHEE and AHP : The design of operational synergies in multicriteria analysis . Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP, 153(2004), 307–317. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00153-X](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00153-X)
- (8) MAHIA, R., DE ARCE, R., & MEDINA, E. (2014). Assessing the future of a CSP industry in Morocco. *Energy Policy*, 69, 586–597. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.02.024>
- (9) SAATY, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- (10) SANTOS LEITE, I. M., & FREITAS, F. F. T. (2012). Análise Comparativa dos Métodos de Apoio Multicritério a Decisão : AHP , Electre E Promethee. *Xxxii Encontro Nacional De Engenharia De Producao*, 11.
- (11) SERVERT, J., COMA, R., GOVINDARAJALU, C., & ALOSO, J. R. (2012). Competitiveness Assessment of MENA countries to develop a Local Solar Industry. *SolarPaces Conference*, 1–10.

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.



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 relacionado 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 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