

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Washington Luiz Faria Paravidino

IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE EM ÓRGÃOS
PÚBLICOS: UM ESTUDO DE CASO NO IFFLUMINENSE

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.
Dezembro de 2016

UNIVERSIDADE CANDIDO MENDES - UCAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Washington Luiz Faria Paravidino

IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE EM ÓRGÃOS
PÚBLICOS: UM ESTUDO DE CASO NO IFFLUMINENSE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, da Universidade Candido Mendes –
Campos / RJ, para a obtenção do GRAU DE MESTRE EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Orientador: Prof. Milton Erthal Junior, D.Sc

Coorientador: Prof. Claudio Luiz Melo de Souza, D.Sc

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
Dezembro de 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

P224i Paravidino, Washington Luiz Faria.

Implementação de Ações de sustentabilidade em órgãos públicos: um estudo de caso no IFFluminense. /. Washington Luiz Faria Paravidino – 2017.

100 f. il.

Orientador: Milton Erthal Junior

Dissertação apresentado ao Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da Universidade Candido Mendes - Campos dos Goytacazes, RJ, 2016.

Bibliografia: f. 40-46, f78-85; f.88-100

1: Analytic Hierarchy Process (AHP). 2. Método de análise hierárquica. 3. Compras públicas sustentáveis. 4. Energia fotovoltaica I. Universidade Candido Mendes – Campos. II. Título.

CDU – 65.012.123: 620.91+504.06

WASHINGTON LUIZ FARIA PARAVIDINO

**IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE EM ÓRGÃOS
PÚBLICOS: UM ESTUDO DE CASO NO IFFLUMINENSE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Candido Mendes – Campos / RJ, para a obtenção do GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Aprovado em: 14 de dezembro 2016

BANCA EXAMINADORA

Milton Erthal Junior, DSc. - Orientador
Universidade Candido Mendes

Claudio Luiz Melo de Souza, DSc. - Coorientador
Universidade Candido Mendes

Henrique Rego Monteiro da Hora
Instituto Federal Fluminense

CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ
2016

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus por todas as bênçãos concedidas em minha vida, a minha esposa Patrícia e as minhas filhas Tayná e Gabriely pelo carinho e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me abençoar e conceder sabedoria para seguir firme na caminhada da vida.

Aos meus orientadores, Professores Milton Erthal Júnior e Claudio Luiz Melo de Souza, pela paciência, compreensão, sabedoria e dedicação durante esta caminhada.

A minha esposa Patrícia pela paciência e incentivo constante.

As minhas filhas Tayná e Gabriely que são a minha maior riqueza.

Aos meus pais Eva e Hamilton por acreditarem nas minhas conquistas.

Aos professores do mestrado pelo constante incentivo à pesquisa.

A Universidade Candido Mendes - UCAM pelo profissionalismo institucional.

Ao Instituto Federal Fluminense - IFF pelo apoio acadêmico profissional.

Aos colegas de trabalho do IFF pela colaboração com a pesquisa.

Aos amigos do mestrado, principalmente a colega Geisa, que na intensa pesquisa e estudo fizeram da persistência e união as armas ideais nesta luta.

Aos funcionários da UCAM, principalmente, Cida e Weila pela presteza e dedicação.

Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”.

Marthin Luther King

RESUMO

IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES DE SUSTENTABILIDADE EM ÓRGÃOS PÚBLICOS: UM ESTUDO DE CASO NO IFFLUMINENSE

Neste trabalho usou-se a análise multicriterial para as tomadas de decisões, por meio do método AHP, com a finalidade de implementar ações de sustentabilidade em órgãos públicos, especificamente no Instituto Federal Fluminense (IFF). Esse trabalho dividiu-se em dois estudos de caso: No primeiro estudo, os critérios de sustentabilidade (desempenho e práticas sustentáveis) foram modelados de forma diferenciada em um projeto para aquisição de veículos. A estrutura hierárquica sugerida propôs cinco alternativas de veículos que foram avaliadas com base nos critérios: custo de aquisição, frequência de manutenção corretiva, custo de manutenção serviços, custo de manutenção peças, disponibilidade de manutenção serviços, disponibilidade de manutenção peças, segurança, desempenho e práticas sustentáveis. O AHP foi usado em três modelagens. Na primeira modelagem não foram incluídos os critérios de sustentabilidade e o resultado final apontou como melhor solução a alternativa 1; Na segunda modelagem foram inseridos os critérios de sustentabilidade o que resultou, novamente, na seleção da alternativa 1; Na terceira modelagem, aumentou-se os pesos dos critérios de sustentabilidade e esta alteração indicou a alternativa 3. Conclui-se que os critérios de sustentabilidade usados nas modelagens interferiram na decisão final do problema quando a estrutura de pesos desses critérios foi alterada. No segundo artigo buscou avaliar qual a tecnologia de painel fotovoltaico deveria ser implementada no IFF, considerando-se o clima local, eficiência e demanda de energia elétrica. Adicionalmente, foi feita a análise de viabilidade técnica. Aplicaram-se as tecnologias de painel Monocristalino, Policristalino e Silício Amorfo como alternativa de ação. A matriz de critérios foi definida considerando-se os aspectos financeiro (critério custo de aquisição), técnicos (critérios potência, corrente e eficiência) e climáticos (critérios coeficiente de temperatura e degradação). Foram feitas três simulações conforme os pesos dos critérios atribuídos pelos especialistas, a tecnologia de painel fotovoltaica A2 foi a vencedora nas três modelagens propostas com 44%, 37% e 40%, respectivamente. De acordo com a análise da viabilidade técnica, considerando o clima local e a tecnologia de painel fotovoltaica escolhida, o IFF poderia produzir toda energia elétrica que necessita por meio da geração de energia solar fotovoltaica utilizando 60% da área total de telhado.

PALAVRAS-CHAVE: Multicritério. Método de Análise Hierárquica. Compras Públicas Sustentáveis. Analytic Hierarchy Process (AHP). Energia fotovoltaica.

ABSTRACT

SUSTAINABILITY OF SHARES IN IMPLEMENTING AGENCIES: A CASE STUDY IN FEDERAL INSTITUTE FLUMINENSE

In this work, the multicriteria analysis used for the decision-making, through the AHP method, with the purpose of implement sustainability actions in public agencies, specifically in the Federal Fluminense Institute (IFF). This work divided into two case studies. In the first study, the sustainability criteria (performance and sustainable practices) modeled differently in a Project for acquisition of vehicles. The suggested hierarchical structure proposed five alternatives of vehicles that were evaluated based on the criteria: acquisition cost, corrective maintenance frequency, cost of services maintenance, cost of parts maintenance, availability of maintenance services, availability of parts maintenance, safety, performance and Sustainable practices. The AHP used in three modeling. In the first modeling, were not included the sustainability criteria and the final result pointed to out as the best alternative solution 1. In the second modeling, were inserted the sustainability criteria, which resulted again in the selection of alternative 1. In the third modeling, The weights of the sustainability criteria were increased and this alteration indicated the alternative 3. It is concluded that the sustainability criteria used in the modeling interfered in the final decision of the problem when the weight structure of these criteria was changed. In the second article, sought to evaluate which photovoltaic panel technology should be implemented in the IFF, considering the local climate, efficiency and demand of electric energy. Additionally was made the technical viability analysis. Were applied the Technologies of Monocrystalline panel, Polycrystalline and Amorphous silicon as alternative action. The criteria matrix was defined considering the financial aspects (criteria acquisition cost), technical (power, current and efficiency criteria) and climate (criteria coeficiente of and degradation. Three simulations were made out according to the weights of the criteria attributed by the specialists, the photovoltaic panel technology A2 was the winner in the three proposed modeling with 44%, 37% and 40%, respectively. According to the technical feasibility analysis, considering the local climate and photovoltaic panel technology chosen, the IFF could produce all the electrical energy it needs by generating photovoltaic solar energy using 60% of the total roof area.

KEYWORDS: Multicriteria. Hierarchical Analysis Method. Sustainable Public Procurement. Analytic Hierarchy Process (AHP). Photovoltaics Energy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Exemplo de estruturação hierárquica em dois níveis: critérios e alternativas	27
Figura 2.	Estrutura hierárquica do problema proposto. Dentro da linha pontilhada estão os critérios de sustentabilidade usados no problema. A1, A2, A3, A4 e A5 indicam as alternativas de ação	32
Figura 3.	Potencial de energia solar da região sudeste	57
Figura 4.	Tecnologias empregada nos painéis fotovoltaicos	61
Figura 5.	Estrutura hierárquica do problema proposto. A1 Monocristalina, A2 Policristalina e A3 Amorfo indicam as alternativas de ação.	67
Figura 6.	Vista superior do Campus Campos Centro.	74

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1.	Características da manutenção dos veículos analisados segundo a visão de especialistas. Gráfico I – Disponibilidade de manutenção de serviços e peças. Gráfico II – Custos de manutenção de serviços e peças. Gráfico III – Frequência de manutenção corretiva	33
Gráfico 2.	Resultado da prioridade global pelo método AHP	37
Gráfico 3.	Resultados da prioridade global pelo método AHP.	72

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1.	Cálculo da Energia que as Placas Fotovoltaicas produzirão em Relação à Área destinada a Instalação.	69
Equação 2.	Cálculo da Área necessária onde serão instalados os Painéis Fotovoltaicos	69
Equação 3.	Cálculo da Energia Produzida por dia das Placas Fotovoltaicas em relação à Área de Telhado destinado a Instalação (1).	73
Equação 4.	Cálculo da Energia Produzida por dia das Placas Fotovoltaicas em relação à Área de Telhado destinado a Instalação (2).	73
Equação 5.	Cálculo da Área necessária de Telhado onde serão instalados os Painéis Fotovoltaicos que atenderão a Demanda do IFFluminense (1)	74
Equação 6.	Cálculo da Área necessária de Telhado onde serão instalados os Painéis Fotovoltaicos que atenderão a Demanda do IFFluminense (2)	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.	Matrizes da Avaliação das Alternativas Estudadas a Luz dos nove Critérios Referentes aos Cinco Modelos de Veículos	33
Quadro 2.	Matrizes dos Pesos dos Critérios nas três propostas. As razões de consistência atendem o axioma da comparação recíproca, pois estão abaixo de 0,1	35
Quadro 3.	Resumo do Método AHP	60
Quadro 4.	Matriz dos Pesos dos critérios nas três modelagens propostas. As razões de consistência atendem o axioma da comparação recíproca, pois estão abaixo de 0,1	70
Quadro 5.	Matrizes da Avaliação das Alternativas estudadas à luz dos Seis Critérios referentes aos três modelos de Tecnologia de Painel Fotovoltaico	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Escala fundamental de Saaty.	28
Tabela 2.	Avaliações de pagamento dos critérios. Entre parênteses as unidades de cada parâmetro	34
Tabela 3.	Pesos dos critérios	35
Tabela 4.	Matriz das Prioridades Locais. Os valores destacados em cinza representam os melhores desempenhos das alternativas à luz dos critérios.	36
Tabela 5.	Descrição, origem, unidade e direção do vetor de preferência dos 6 critérios usados no problema	66
Tabela 6.	Radiação solar diária média em kWh/m ² .dia do município de Campos dos Goytacazes/RJ.	68
Tabela 7.	Pesos dos critérios de acordo com especialistas	69
Tabela 8.	Valores dos critérios avaliados. Entre parênteses o desvio padrão	70
Tabela 9.	Matriz das Prioridades Locais. Os valores destacados em cinza representam os melhores desempenhos das alternativas à luz dos critérios	71
Tabela 10.	Potencial de energia em relação à área de telhado do IFF	73
Tabela 11.	Cálculo da área necessária para atender a demanda de energia elétrica do IFF	75

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.	18
1.1.	OBJETIVOS.	20
1.1.1.	Objetivo Geral.	20
1.1.2.	Objetivos Específicos.	20
2.	A INSERÇÃO DE CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE NA MATRIZ DE DECISÃO ALTERA ALTERNATIVA DE AQUISIÇÃO DE BENS EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA?	21
2.1.	RESUMO.	21
2.2.	ABSTRACT.	22
2.3.	INTRODUÇÃO.	23
2.4.	OBJETIVOS.	24
2.4.1.	Objetivo Geral.	24
2.4.2.	Objetivos Específicos	24
2.5.	REVISÃO DE LITERATURA.	24
2.5.1.	Métodos de Apoio Multicritério à Decisão.	24
2.5.2.	Método AHP.	26
2.5.3.	Engenharia da Sustentabilidade.	28
2.6.	METODOLOGIA.	29
2.7.	RESULTADOS.	31
2.8.	DISCUSSÃO.	37
2.9.	CONCLUSÃO.	40
2.10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	40
3.	AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE PAINÉIS	47

FOTOVOLTAICOS: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE APLICADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO

3.1.	RESUMO.	47
3.2.	ABSTRACT.	48
3.3.	INTRODUÇÃO.	49
3.4.	OBJETIVOS.	50
3.4.1.	Objetivo Geral.	50
3.4.2.	Objetivos Específicos	51
3.5.	REVISÃO DE LITERATURA.	51
3.5.1.	Energia Elétrica no Brasil.	51
3.5.2.	Sustentabilidade aplicada ao Setor Energético	52
3.5.3.	Energia solar fotovoltaica	52
3.5.4.	Geração Distribuída	54
3.5.5.	Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD)	55
3.5.6.	Crédito de energia	56
3.5.7.	Tecnologias fotovoltaicas	56
3.5.7.1.	Painel Fotovoltaico de Silício Monocristalino	57
3.5.7.2.	Painel Fotovoltaico de Silício Policristalino	57
3.5.7.3.	Painel Fotovoltaico de Silício Amorfo (A-Si)	58
3.5.8.	Impactos ambientais da energia fotovoltaica	58
3.5.9.	Métodos de decisão multicritério	59
3.6.	METODOLOGIA.	60
3.6.1.	Escolha das alternativas	60
3.6.2.	Escolha dos critérios	61
3.6.3.	Custo do Painel	62
3.6.4.	Potência nominal	62
3.6.5.	Corrente	63
3.6.6.	Eficiência do painel	63
3.6.7.	Coeficiente de temperatura	64
3.6.8.	Degradação do painel solar	65
3.6.9.	Definição de peso dos critérios	66

3.6.10.	Estrutura hierárquica do problema	67
3.6.11.	Viabilidade técnica do projeto	67
3.7.	RESULTADOS	69
3.7.1.	Viabilidade técnica do projeto	73
3.8.	DISCUSSÃO	76
3.9.	CONCLUSÃO	77
3.10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, o conceito de desenvolvimento sustentável associa-se à preocupação na manutenção e na existência de recursos naturais para a continuidade das gerações futuras, não permitindo uma economia que desperdice recursos, que utilize energia não renovável, ou que destrua o valioso capital natural (FRESNER, 1998).

A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, publicou um relatório inovador, “Nosso Futuro Comum”, que traz o conceito de desenvolvimento sustentável. Esta considera o desenvolvimento sustentável aquele que não degrada a natureza para satisfazer às necessidades da geração presente, ou seja, não compromete as necessidades das gerações futuras. Schmidhein (1996) adverte que não é possível um desenvolvimento econômico sem prejuízo da natureza, mas saber administrá-la é fator principal.

Bezerra et al. (2011) apresentam o termo “Compras Públicas Sustentáveis” como uma iniciativa da Administração Pública, a qual pressupõe o atendimento das necessidades específicas dos consumidores finais por meio da compra de produtos que proporcionem mais benefícios para o ambiente e para a sociedade. As Compras Públicas Sustentáveis tornam-se uma solução para agregar questões ambientais e sociais em todas as fases do processo de compras e contratação de governos, visando-se diminuir os impactos sobre a saúde humana, o meio ambiente e os direitos humanos.

As compras públicas sustentáveis são aquelas que incorporam critérios de sustentabilidade nos processos licitatórios. Ou seja, estão dentro do princípio de desenvolvimento sustentável e têm entre seus principais pilares as dimensões social, ambiental e econômica.

Como ferramentas voluntárias de adesão por parte do setor produtivo, as compras públicas sustentáveis podem ajudar os governos a atingirem, por exemplo, metas relacionadas às mudanças climáticas, à gestão de resíduos sólidos e à gestão de recursos hídricos.

Em contrapartida da Administração Pública, O Governo Federal lançou, em dezembro de 2015, o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), portaria 538/2015 do Ministério de Minas e Energia, para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores, com base nas fontes renováveis de energia (em especial a solar fotovoltaica).

O crescimento contínuo da população e do consumo de energia em uma escala global, associada à natureza finita de combustíveis fósseis e os impactos ambientais gerados pelo seu uso diminuí a confiabilidade do modelo energético atual. No Brasil, a principal característica do sistema elétrico é a utilização de grandes instalações que centralizam a produção de eletricidade, e transportar essa quantidade de energia através de linhas de transmissão extensas e distribuição. Em contraste com este modelo, surge a geração distribuída de energia elétrica, em que os geradores estão localizados perto dos consumidores, reduzindo o impacto ambiental e as perdas que ocorrem no transporte de energia (RÜTHER, 2010; ZANGIABADI et al., 2011).

A geração direta de eletricidade da luz solar por meio do efeito fotovoltaico, apresenta-se como uma das melhores formas de geração de energia elétrica. Assim, a inclusão de sistemas fotovoltaicos no fornecimento nacional de energia, de forma complementar, poderia trazer grandes benefícios ao setor da energia, bem como para o desenvolvimento econômico, ambiental e social (JARDIM et al., 2008).

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Avaliar a implementação de ações de sustentabilidade no Instituto Federal Fluminense (IFFluminense), órgão público localizado na região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro. Métodos de auxílio multicritério à decisão foram usados na tomada de decisão de aquisições de bens.

1.1.2. Objetivos Específicos

- (a) Analisar a influência de critérios de sustentabilidade nas compras públicas por meio da aplicação do método de apoio multicritério à decisão AHP, especificamente, na compra de um veículo para viagens de média e longa distância a ser adquirido pelo IFF, para o transporte de autoridades e servidores em serviço;
- (b) Avaliar, por meio do método AHP, qual a tecnologia de painel fotovoltaico deveria ser implementada no IFF conforme o clima local;
- (c) Analisar a Viabilidade técnica, considerando o índice solarimétrico local e a área (m²) para instalação dos painéis fotovoltaicos.

2. INSERÇÃO DE CRITÉRIOS DE SUSTENTABILIDADE NA MATRIZ DE DECISÃO ALTERA ALTERNATIVA DE AQUISIÇÃO DE BENS EM UMA INSTITUIÇÃO PÚBLICA.

2.1. RESUMO

Neste trabalho usou-se a análise multicriterial para a tomada de decisão na escolha de um automóvel de médio porte para transportar autoridades e servidores em viagens de média e longa distância, a ser adquirido por uma Instituição Pública de Ensino. Os critérios de sustentabilidade (desempenho e práticas sustentáveis) foram avaliados de forma diferenciada na modelagem. A estrutura hierárquica sugerida propõe cinco alternativas de veículos que foram avaliados com base nos critérios: custo de aquisição, frequência de manutenção corretiva, custo de manutenção serviços, custo de manutenção peças, disponibilidade de manutenção serviços, disponibilidade de manutenção peças, segurança, desempenho e práticas sustentáveis. O Método de Análise Hierárquica AHP foi usado em três modelagens. No primeiro modelo não foram incluídos os critérios de sustentabilidade e o resultado final apontou como melhor solução a alternativa 1. Na segunda modelagem foram inseridos os critérios de sustentabilidade (desempenho e práticas sustentáveis), o que resultou, novamente, na seleção da alternativa 1. Na terceira modelagem, os pesos dos critérios foram mantidos, exceto os critérios de sustentabilidade, que tiveram seus pesos majorados. Esta alteração indicou a alternativa 3 como decisão a ser seguida. O método empregado apresenta uma solução prática para respaldar a aquisição de veículos de médio porte em instituições públicas e atender aos requisitos das Compras Públicas Sustentáveis. Conclui-se que os critérios de

sustentabilidade usados nas modelagens interferiram na decisão final do problema quando a estrutura de pesos desses critérios foi alterada. Adicionalmente, demonstrou-se que para este tipo de veículo existem opções no mercado que atendem a linha de produtos ambientalmente corretos.

PALAVRAS-CHAVE: Multicritério; Método de Análise Hierárquica; Compras Públicas Sustentáveis.

2.2. ABSTRACT

In this work the multicriterial analysis was used for decision making in the choice of a medium-sized car to transport authorities and servers on medium and long distance trips, to be acquired by a Public Education Institution. The sustainability criteria (performance and sustainable practices) evaluated differently in the modeling. The suggested hierarchical structure proposes five vehicle alternatives that have been evaluated based on the criteria: acquisition cost, corrective maintenance frequency, cost of maintenance services, and cost of maintenance parts, availability of maintenance services, availability of maintenance parts, safety, and performance and Sustainable practices. The AHP Hierarchical Analysis Method used in three models. In the first model, the sustainability criteria were not included and the result pointed to the best solution to alternative 1. In the second modeling, sustainability criteria (performance and sustainable practices) were inserted, which again resulted in the selection of alternative 1. In the third model, the weights of the criteria were maintained, except for the sustainability criteria, which had their weights increased. This change indicated alternative 3 as a decision to be followed. The method employed presents a practical solution to support the acquisition of medium-sized vehicles in public institutions and meets the requirements of Sustainable Public Procurement. It was concluded that the sustainability criteria used in the modeling interfered in the final decision of the problem when the weight structure of these criteria was changed. Additionally, it has been demonstrated that for this type of vehicle there are options in the market that meet the environmentally correct product line.

KEYWORDS: Multicriteria; Analytic Hierarchy Process; Sustainable Public Procurement.

2.3. INTRODUÇÃO

O conceito de sustentabilidade surge do “Desenvolvimento Sustentável”, foi inserido na agenda internacional com o lançamento do relatório Nosso Futuro Comum que fala sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, publicado pela ONU em 1987, para dar um olhar especial na crescente preocupação mundial a respeito da degradação do meio ambiente. “Desenvolvimento Sustentável é aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. Este documento faz uma alerta sobre os atuais níveis de consumo e de produção de bens, que são incompatíveis com a ideia do Desenvolvimento Sustentável. O consumo excessivo está na origem da degradação ambiental, das desigualdades sociais e do desenvolvimento insustentável (BRUNDTLAND,1987).

Conforme considerado por Dalf (2010), a sustentabilidade é uma expressão usada para definir ações e atividades humanas que tendem suprir às necessidades atuais dos seres humanos, sem afetar o futuro das próximas gerações. A sustentabilidade está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material sem prejudicar o meio ambiente, utilizando os recursos naturais de forma coerente para que esses recursos se mantenham no futuro, assim, a humanidade pode garantir o desenvolvimento sustentável.

D'Hollander et al. (2014) destacam que o poder de compra do governo e a regulamentação de compras públicas sustentáveis são instrumentos importante para os formuladores de políticas na estimulação, concepção e eficácia das práticas de compras públicas sustentáveis. No entanto, o impacto de tais políticas é altamente dependente da participação de mercado em relação a essa contratação pública.

Nesse trabalho, o objetivo foi aplicar o método AHP, inserir e ponderar pesos majorados para critérios de sustentabilidade e avaliar se tais ações são capazes de alterar a alternativa final para compras públicas, considerando não somente o menor

preço licitado ou fatores técnicos, como convencionalmente é feito, o que se pretende é ampliar a discussão dos fatores de sustentabilidade na relação custo-benefício em compra de bens públicos.

2.4. OBJETIVOS

2.4. 1. Objetivo Geral

Analisar a influência de critérios de sustentabilidade nas compras públicas em um órgão público federal.

2.4. 2. Objetivo Específico

Analisar a influência de critérios de sustentabilidade em projeto para a compra de veículo para viagens de média e longa distância a ser adquirido IFF para o transporte de autoridades e servidores em serviço.

2.5. REVISÃO DE LITERATURA

2.5.1. Métodos de Apoio Multicritério à Decisão

A gestão pública vem incorporando novos métodos e ferramentas para elaboração de diagnósticos, na identificação espacial das áreas de intervenção, no monitoramento dos programas e na tomada de decisão de modo geral. Além do uso de informação mais específica, confiável e atualizada nas atividades de planejamento e gestão, constata-se o emprego de técnicas mais estruturadas para tratamento, análise e uso no processo decisório em empresas públicas, concessionárias de serviços e em políticas públicas. Uma dessas técnicas é o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) ou Análise Multicritério, ferramenta que pode ter grande utilidade nos processos decisórios no setor público, em situação em que as decisões precisam se pautar por critérios técnicos objetivos e transparentes e

também por incorporar os juízos de natureza política e subjetiva dos gestores envolvidos (JANNUZZI et al., 2009).

Métodos de Decisão Multicritérios são abordagens formais para estruturar a avaliação de informação e decisão em problemas com múltiplos objetivos conflitantes (WANG et al., 2009). Diversos métodos multicritérios têm sido propostos por muitos pesquisadores, incluindo o AHP (BYUN, 2001) e o TOPSIS (WANG et al., 2009).

O Método de Apoio Multicritério (AHP) é intuitivamente fácil para a formulação e análise de decisões. Esse método foi desenvolvido para resolver uma classe específica de problemas que envolvem a priorização de soluções potenciais. Isso é conseguido por meio da avaliação de um conjunto de critérios de elementos e parâmetros de sub-elementos através de uma série de comparações entre eles (TERZ et al., 2006).

Byun (2001) aplica o método AHP para fazer a seleção de um veículo alternativo. Utilizou-se como critérios de seleção: preço, segurança, economia de combustível, conforto e aparência. O modelo aplicado foi eficiente para apontar uma alternativa de ação entre três opções de escolha.

Na literatura de marketing, mais especificamente aquela que trata da escolha de marcas, um problema que tem sido apontado são os determinantes da compra de uma marca em detrimento de outras quando todas, ou a maior parte delas, oferecem benefícios similares para seus usuários. O caminho parece ter solução quando são analisados benefícios simbólicos relacionados às experiências sociais e cognitivas dos consumidores com as marcas. (O'CONNOR et al., 1995).

Nesse sentido, há que se ressaltar também a questão da sustentabilidade, que atualmente se traduz numa legalidade da sociedade, de equilíbrio socioeconômico e ambiental, de preservação do futuro da humanidade. Seguindo legislações ou mesmo iniciativas próprias, a indústria automobilística busca modelos sustentáveis de atuação, tanto no processo produtivo como no desempenho na utilização de seus produtos, bem como quanto aos seus efeitos socioeconômicos nas comunidades onde se instala (CNI, 2012).

Deste modo, mudanças legislativas ocorreram principalmente na área de compras públicas: o art. 3º, caput, da Lei nº 8.666, de 1993, foi alterado pela Lei nº 12.349, de 2010, visando agregar às finalidades das licitações públicas no desenvolvimento nacional sustentável; o decreto nº 7.746, de 2012, regulamentou o referido art. 3º da Lei nº 8.666 de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes gerais para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável por meio das contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e instituiu a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública (CISAP).

A aplicação do método de apoio multicritério à decisão AHP em sua forma hierárquica tem sido utilizada com sucesso em tomada de decisão com análise subjetiva do decisor. Terz *et al.* (2006) propuseram um modelo de apoio à decisão que utiliza o método AHP na compra de um veículo. Foi utilizado este método para fazer uma seleção entre os modelos de marca de um automóvel que possui importante papel no mercado turco. Utilizou-se como critérios para compra de automóvel: desempenho (autonomia, potência do motor e manutenção), economia (preço, impostos e consumo de combustível), vantagem pós venda (serviço de revisão, taxa de seguro e liquidez), imagem e prestígio (conforto, design-estética e segurança).

2.5.2. Método AHP

O método AHP foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70, para apoiar problemas de tomada de decisão com múltiplos critérios. Sua principal característica tem como base a decomposição hierárquica do problema, criando-se uma hierarquia de critérios. No método AHP pondera-se a importância relativa de critérios pertinentes às alternativas consideradas na decisão a ser tomada. A análise propõe hierarquizar opiniões subjetivas sobre categorias e direcionadores de valor, para tornar possível um tratamento quantitativo (SAATY, 1977).

Um processo de tomada de decisão, em sua grandeza mais básica, pode acontecer com a diretriz dada por um decisor ou uma equipe decisória para apontar “o melhor” entre “os possíveis” em um determinado contexto (ROMERO, 1996).

Kiker et al (2005) e Huang et al (2011) destacam que os métodos AHP, ELECTRE e PROMETHEE são os mais utilizados em tomadas de decisão na área das ciências ambientais. Segundo Huang et al (2011) houve aumento no número de artigos publicados em periódicos que utilizam o método AHP, no ano 2000 apenas 15% dos artigos usavam esta ferramenta de decisão, enquanto que em 2009 este valor passou para 40%.

Gomes et al, (2013) utilizaram o método ISHIKAWA-AHP para auxiliar na identificação de causas que interferem na capacidade de um processo de compressão do concreto assim como na escolha da melhor alternativa de ação para tratamento do problema. Nesse estudo em questão, a avaliação paritária foi realizada através de consulta a um engenheiro civil com doutorado em Engenharia Industrial, que assumiu o papel de decisor ao emitir os julgamentos necessários.

Rossoni et al (2011) relatam que a metodologia do modelo AHP consiste em três fases principais: estruturação do problema; julgamentos comparativos e análise das prioridades. No nível mais alto da estrutura, no topo, é representado o objetivo da decisão, seguido pelos níveis de critérios e subcritérios, caso existam, e finalizando com o nível das alternativas, mostrando as relações entre os elementos, no figura 1.

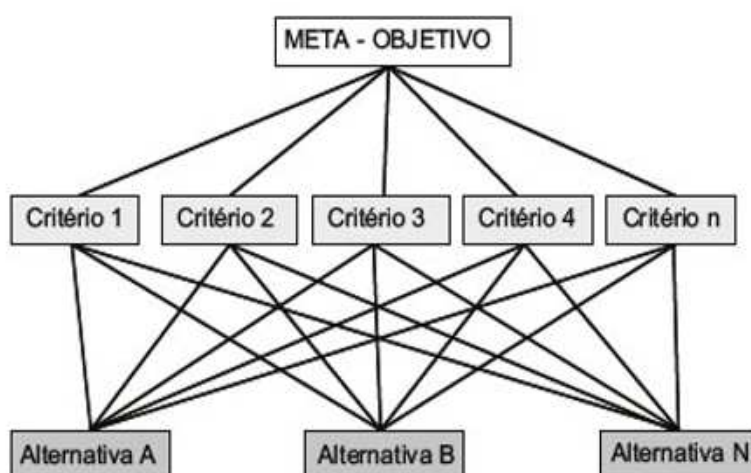


Figura 1. Exemplo de estruturação hierárquica em dois níveis: critérios e alternativas
Fonte: adaptado de SAATY, 1991

Dessa forma, a aplicação da metodologia de AHP envolve quatro fases, a saber: estruturação do problema e construção do modelo AHP; coleta de dados por meio de comparações de pares por especialista através entrevista e questionário; determinação de pesos baseado nas entrevistas e questionários e; análise dos pesos prioritários para solução do problema (ROSSONI et al., 2011).

Segundo Saaty (1980), na Tabela 1 verifica-se que o método AHP recorre a uma escala linear de valores para distinguir as diferenças entre os valores de percepção, quando os critérios de decisão forem estabelecidos.

Tabela 1. Escala fundamental de Saaty.

Escala Verbal	Valores numéricos	Comentários
Igual importância	1	Os dois critérios contribuem igualmente para os objetivos.
Importância Moderada	3	A experiência e o julgamento favorecem um critério levemente sobre o outro.
Mais importante	5	A experiência e o julgamento favorecem um critério fortemente em relação o outro.
Muito mais importante	7	Um critério é favorecido em relação a outro e pode ser demonstrado na prática.
Importância Extrema	9	Um critério é favorecido em relação a outro com mais alto grau de certeza.
Valores Intermediários	2, 4, 6 e 8	Quando se procura condições de compromisso entre duas definições.

Fonte: Saaty (1980)

2.5.3. Engenharia da Sustentabilidade

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO a Engenharia de Produção é formada por dez áreas, dentre elas, está a Engenharia da Sustentabilidade, que tem como objetivo, o planejamento da utilização eficiente dos recursos naturais nos sistemas produtivos diversos, a destinação e o tratamento dos resíduos e efluentes destes sistemas, bem como da implantação de sistema de gestão ambiental e responsabilidade social. Formada por sete subáreas, que são: Gestão Ambiental, Sistemas de Gestão Ambiental e Certificação, Gestão de Recursos Naturais e Energéticos, Gestão de Efluentes e Resíduos Industriais,

Produção mais Limpa e Eco eficiência, Responsabilidade Social e Desenvolvimento Sustentável.

De certa forma, o conceito de engenharia da sustentabilidade envolve a prestação de serviços de engenharia de uma forma sustentável, que por sua vez exige que os serviços de engenharia sejam fornecidos para todas as pessoas de uma forma que, no presente e no futuro, sejam suficientes para prover as necessidades básicas das pessoas e comunidades, a preços acessíveis, sem prejudicar o meio ambiente (ROSEN et al., 2008).

Definições de sustentabilidade relacionados com a engenharia têm sido apresentados para algumas áreas específicas, como a energia, embora ainda não tenha sido alcançado um acordo universal sobre uma definição. De certa forma, o conceito de sustentabilidade energética proporciona um caso paralelo com a engenharia da sustentabilidade (HABERL, 2006).

2.6. METODOLOGIA

Neste trabalho utilizou-se a análise multicriterial para a tomada de decisão na escolha de um automóvel de médio porte a ser adquirido por uma instituição pública de ensino. Os critérios adotados nesta pesquisa para a escolha do automóvel foram determinados mediante consulta a especialista, tendo como fonte os trabalhos de Byun (2001), Costa (2006) e BIDERMAN et al. (2008). Foi aplicado o método AHP para decidir qual é o melhor veículo a ser adquirido por uma instituição pública para viagens.

O projeto de compra prevê veículo que atenda as seguintes condições técnicas: veículo novo, com ar condicionado, circular aproximadamente 4.800 Km/mês em vias asfaltadas, ser dotado de dispositivos de segurança, apresentar bom desempenho quanto ao consumo de combustível, ter um baixo custo de aquisição, baixo custo de manutenção, cujo fabricante adote boas práticas quanto à preservação meio ambiente.

Para a escolha do modelo de automóvel, o procedimento aqui desenvolvido considerou cinco alternativas de veículos, que foram extraídas da Tabela de

Consumo/Eficiência Energética de Veículos Automotores Leves do Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia (INMETRO), sendo selecionados os carros sedans da categoria grande que possuem o melhor consumo (Km/l) na estrada e na cidade. Levou-se em consideração para tomada de decisão os critérios:

1) custo de aquisição: de acordo com os valores fornecidos pelos fabricantes;

2) Manutenção: frequência de manutenção corretiva, custo de manutenção serviços, custo de manutenção peças, disponibilidade de manutenção serviços, disponibilidade de manutenção peças, segurança, desempenho e prática sustentáveis da empresa.

Quanto aos critérios de manutenção realizou-se pesquisa quantitativa com empresas especializadas nesses serviços na cidade de Campos dos Goytacazes/RJ, por meio da aplicação de questionários estruturados aos especialistas (mecânicos). No questionário adotou-se o método Lawshe, o qual contém cinco perguntas: na primeira pergunta o entrevistado foi convidado a atribuir peso a questão da ocorrência de manutenção corretiva de veículos com até cinco anos de uso; na segunda e a terceira perguntas referiam-se à possibilidade do avaliador julgar a respeito dos preços do serviço de manutenção e das peças de reposição, respectivamente, variando de muito caro a muito barato; na quarta e quinta perguntas, mencionavam a questão da disponibilidade de comprar as peças no mercado local e de obter mão de obra especializada, utilizando uma escala que vai de “muito fácil a muito difícil”.

Nesse contexto, utilizando uma linguagem natural, busca-se captar a subjetividade inerente à utilização de variáveis qualitativas, possibilitando ao avaliador emitir seus julgamentos de uma forma bastante simplificada. A amostra tem característica não-probabilística e selecionada por critérios de conveniência e oportunidade.

3) Desempenho: Quanto ao desempenho, foi utilizada a tabela de Consumo/Eficiência Energética de Veículos Automotores Leves do INMETRO, referente ao ano de 2015, em que foram testados os veículos da categoria grande, com ar condicionado que obtenham maior desempenho, considerando o consumo quilômetro por litro na cidade e na estrada. Foi feito a média ponderada desses

valores, considerando peso dois para o desempenho na estrada e peso um na cidade. Esse critério está intrinsecamente ligado à sustentabilidade e ao custo de abastecimento.

4) Práticas Sustentáveis: No critério práticas sustentáveis foi utilizado o ranking de 2015 do “Best Global Green Brands” – Melhores Marcas Verdes Globais – que premia as cem melhores empresas do ponto de vista ambiental.

Os critérios foram submetidos a um especialista da área de logística do IFFluminense para ponderação de pesos de importância, os quais receberam notas de 1 a 5. Provavelmente em virtude das limitações legais a que todo gestor público está adstrito, o custo de aquisição e o custo de manutenção serviço obtiveram nota 5, demonstrando, assim, o grau de importância desses critérios no ato da decisão.

Destacam-se, ainda, três outros critérios quando se trata de escolha de veículos: frequência de manutenção corretiva, disponibilidade de manutenção peças e desempenho, que receberam nota 4 na concepção do especialista.

Em seguida, os critérios custo de manutenção peças, disponibilidade de manutenção serviços, obtiveram importância com as notas 3 e 2, respectivamente. Além disso, observou-se o critério segurança, recebendo a nota 3 de importância.

Por fim, com menor importância no critério de escolha, foi apontado o critério práticas sustentáveis, recebendo a nota 2, demonstrando o grande desafio para a administração pública no que se refere à evolução do consumo consciente.

A última etapa do processo de tomada de decisão em relação ao problema proposto consistiu na inserção das alternativas e critérios discutidos no software IPÊ 1.0, utilizado para obtenção dos resultados finais do trabalho. A metodologia do método AHP empregada neste trabalho está descrita no trabalho de Mendes et al. (2013).

2.7. RESULTADOS

A árvore da estrutura hierárquica (Organograma 2) auxilia, de forma clara, na solução do problema. Nela pode-se observar as cinco alternativas de veículos (A1,

A2, A3, A4 e A5) e os nove critérios selecionados: custo de aquisição, em R\$; frequência de manutenção, segundo avaliação do especialista; custo de manutenção (peças e serviços), de acordo com a nota atribuída pelo especialista; disponibilidade de manutenção (peças e serviços), também avaliado pelo especialista; segurança, em número de itens; desempenho, em Km/l e as práticas sustentáveis da empresa de acordo com a posição no ranking de melhores marcas verdes globais.

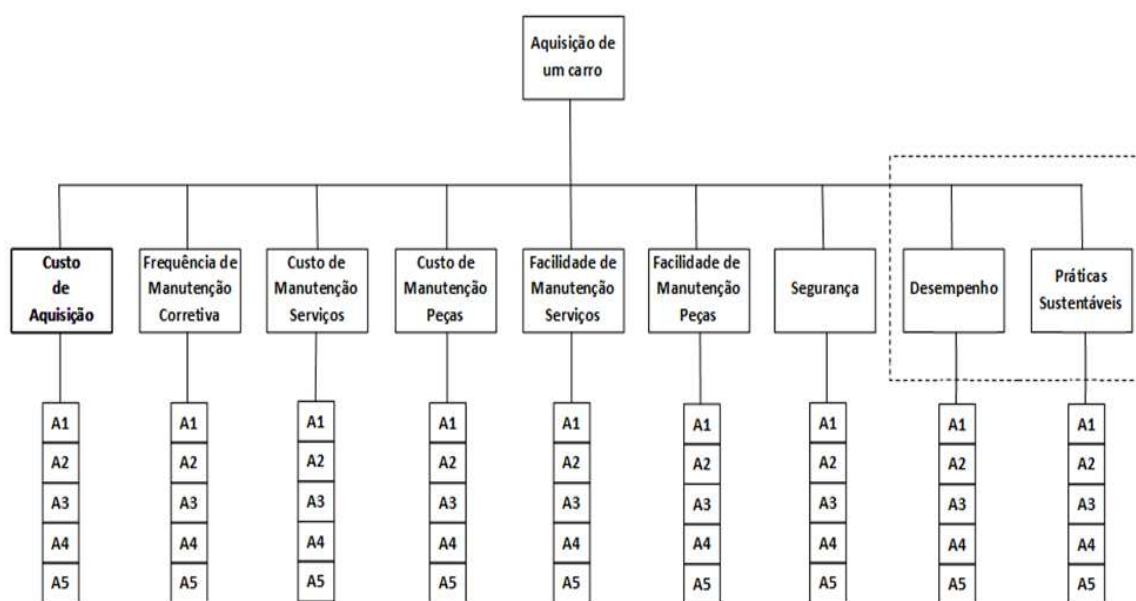


Figura 2. Estrutura hierárquica do problema proposto. Dentro da linha pontilhada estão os critérios de sustentabilidade usados no problema. A1, A2, A3, A4 e A5 indicam as alternativas de ação.
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

O Gráfico 1 mostra a qualificação dos veículos estudados em função da sua manutenção no mercado local. Pode-se observar na Figura 3 I (disponibilidade de manutenção), que os modelos A3 e A4 apresentam as melhores condições nos quesitos peças e serviços, enquanto que os veículos A1, A2 e A5 são desfavorecidos na avaliação dos especialistas. O modelo A3 apresenta o menor custo de manutenção em relação aos demais veículos, os quais apresentam custos de peças e serviços similares (Gráfico 1 II). Quanto à frequência de manutenção corretiva, pode-se observar que os modelos A1, A3 e A5 são menos exigentes em relação aos modelos A2 e A4. Conclui-se que o modelo A3 é o que mais se destaca na visão dos especialistas, pois obteve os melhores resultados para três critérios estudados: custo de manutenção serviço, custo de manutenção peças e frequência de manutenção serviços.

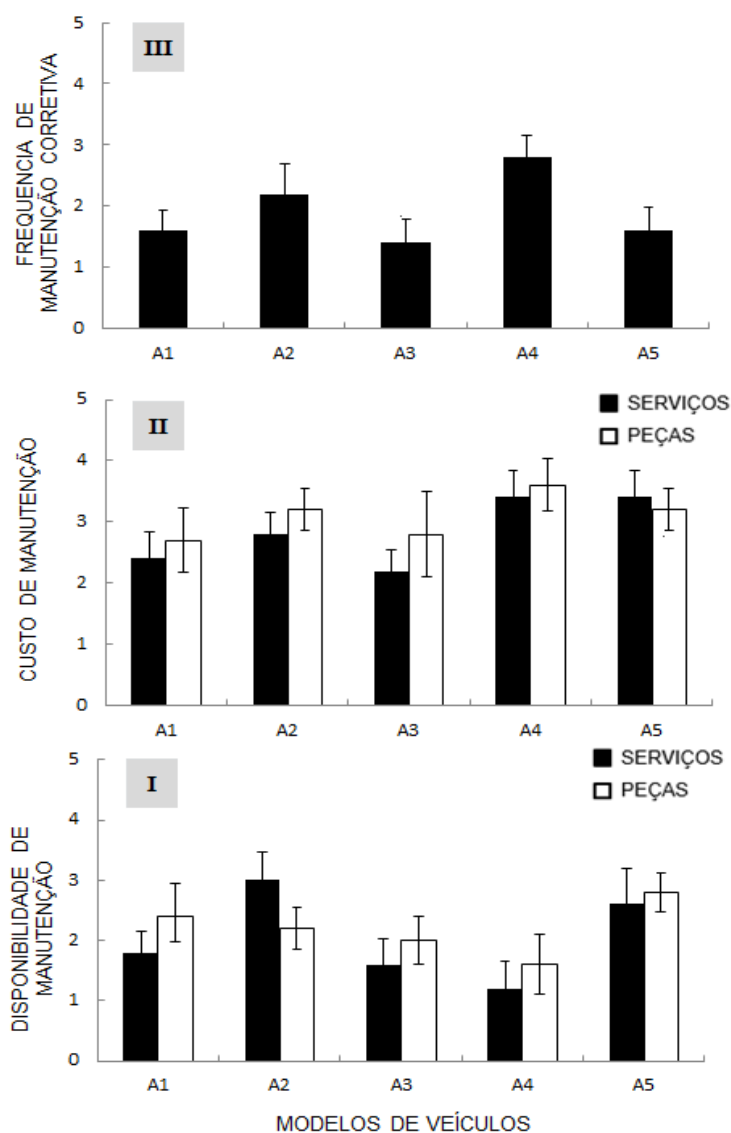


Gráfico 1. Características da manutenção dos veículos analisados segundo a visão de especialistas. Gráfico I – Disponibilidade de manutenção de serviços e peças. Gráfico II – Custos de manutenção de serviços e peças. Gráfico III – Frequência de manutenção corretiva.

A Tabela 2 apresenta as avaliações de pagamento comparativa à luz de cada critério. Essa base quantitativa e qualitativa norteou a estruturação das demais matrizes comparativas.

Tabela 2. Avaliações de pagamento dos critérios. Entre parênteses as unidades de cada parâmetro.

Modelos de veículos	Critérios								
	Custo de Aquisição Preço do carro (R\$)	Frequência de Manut. Corretiva (Escala de Likert)	Custo de Manut. Serviços (Escala de Likert)	Custo de Manut. Peças (R\$)	Disponibilidade de Manut. Serviços (Escala de Likert)	Disponibilidade de Manut. Peças (Escala Likert)	Segurança (Nº de itens)	Desempenho (Km/l)	Práticas Sustentáveis. (Ranking)
1	60.210,00	1,6	2,4	2,8	4,2	3,6	4	13,10	39º
2	69.900,00	2,2	2,8	3,2	3,0	3,8	4	12,37	74º
3	69.690,00	1,4	2,2	3,0	4,4	4	6	12,67	6º
4	77.900,00	2,8	3,4	3,6	4,8	4,4	5	12,37	19º
5	62.615,56	1,6	3,4	3,2	2,4	3,2	5	12,10	49º

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

O Quadro 1 apresenta as nove Matrizes da avaliação das alternativas estudadas a luz dos nove critérios referentes aos cinco modelos de veículos.

<p>Custo de aquisição</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>A3</th> <th>A4</th> <th>A5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>A1</th> <td>1</td> <td>5</td> <td>5</td> <td>9</td> <td>2</td> </tr> <tr> <th>A2</th> <td>1/5</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>1/3</td> </tr> <tr> <th>A3</th> <td>1/5</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>1/3</td> </tr> <tr> <th>A4</th> <td>1/9</td> <td>1/4</td> <td>1/4</td> <td>1</td> <td>1/7</td> </tr> <tr> <th>A5</th> <td>1/2</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>7</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Razão de consistência 0,019</p>		A1	A2	A3	A4	A5	A1	1	5	5	9	2	A2	1/5	1	1	4	1/3	A3	1/5	1	1	4	1/3	A4	1/9	1/4	1/4	1	1/7	A5	1/2	3	3	7	1	<p>Frequência de Manut. Corretiva</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>A3</th> <th>A4</th> <th>A5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>A1</th> <td>1</td> <td>3</td> <td>1/2</td> <td>6</td> <td>1</td> </tr> <tr> <th>A2</th> <td>1/3</td> <td>1</td> <td>1/5</td> <td>3</td> <td>1/3</td> </tr> <tr> <th>A3</th> <td>2</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>8</td> <td>2</td> </tr> <tr> <th>A4</th> <td>1/6</td> <td>1/3</td> <td>1/8</td> <td>1</td> <td>1/6</td> </tr> <tr> <th>A5</th> <td>1</td> <td>3</td> <td>1/2</td> <td>6</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Razão de consistência 0,048</p>		A1	A2	A3	A4	A5	A1	1	3	1/2	6	1	A2	1/3	1	1/5	3	1/3	A3	2	5	1	8	2	A4	1/6	1/3	1/8	1	1/6	A5	1	3	1/2	6	1	<p>Custo de Manutenção Peças</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>A3</th> <th>A4</th> <th>A5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>A1</th> <td>1</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>4</td> </tr> <tr> <th>A2</th> <td>1/4</td> <td>1</td> <td>1/2</td> <td>4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <th>A3</th> <td>1/2</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>2</td> </tr> <tr> <th>A4</th> <td>1/8</td> <td>1/4</td> <td>1/6</td> <td>1</td> <td>1/4</td> </tr> <tr> <th>A5</th> <td>1/4</td> <td>1</td> <td>1/2</td> <td>4</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Razão de consistência 0,018</p>		A1	A2	A3	A4	A5	A1	1	4	2	8	4	A2	1/4	1	1/2	4	1	A3	1/2	2	1	6	2	A4	1/8	1/4	1/6	1	1/4	A5	1/4	1	1/2	4	1
	A1	A2	A3	A4	A5																																																																																																									
A1	1	5	5	9	2																																																																																																									
A2	1/5	1	1	4	1/3																																																																																																									
A3	1/5	1	1	4	1/3																																																																																																									
A4	1/9	1/4	1/4	1	1/7																																																																																																									
A5	1/2	3	3	7	1																																																																																																									
	A1	A2	A3	A4	A5																																																																																																									
A1	1	3	1/2	6	1																																																																																																									
A2	1/3	1	1/5	3	1/3																																																																																																									
A3	2	5	1	8	2																																																																																																									
A4	1/6	1/3	1/8	1	1/6																																																																																																									
A5	1	3	1/2	6	1																																																																																																									
	A1	A2	A3	A4	A5																																																																																																									
A1	1	4	2	8	4																																																																																																									
A2	1/4	1	1/2	4	1																																																																																																									
A3	1/2	2	1	6	2																																																																																																									
A4	1/8	1/4	1/6	1	1/4																																																																																																									
A5	1/4	1	1/2	4	1																																																																																																									
<p>Custo de Manutenção Serviços</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>A3</th> <th>A4</th> <th>A5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>A1</th> <td>1</td> <td>3</td> <td>1/2</td> <td>7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <th>A2</th> <td>1/3</td> <td>1</td> <td>1/5</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <th>A3</th> <td>2</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>9</td> <td>9</td> </tr> <tr> <th>A4</th> <td>1/7</td> <td>1/4</td> <td>1/9</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <th>A5</th> <td>1/7</td> <td>1/4</td> <td>1/9</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Razão de consistência 0,021</p>		A1	A2	A3	A4	A5	A1	1	3	1/2	7	7	A2	1/3	1	1/5	4	4	A3	2	5	1	9	9	A4	1/7	1/4	1/9	1	1	A5	1/7	1/4	1/9	1	1	<p>Disponibilidade de Manutenção Peças</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>A3</th> <th>A4</th> <th>A5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>A1</th> <td>1</td> <td>1/2</td> <td>1/3</td> <td>1/6</td> <td>3</td> </tr> <tr> <th>A2</th> <td>2</td> <td>1</td> <td>1/2</td> <td>1/5</td> <td>1/4</td> </tr> <tr> <th>A3</th> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1/3</td> <td>6</td> </tr> <tr> <th>A4</th> <td>6</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>1</td> <td>9</td> </tr> <tr> <th>A5</th> <td>1/3</td> <td>4</td> <td>1/6</td> <td>1/9</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Razão de consistência 0,047</p>		A1	A2	A3	A4	A5	A1	1	1/2	1/3	1/6	3	A2	2	1	1/2	1/5	1/4	A3	3	2	1	1/3	6	A4	6	5	3	1	9	A5	1/3	4	1/6	1/9	1	<p>Disponibilidade de Manut. Serviços</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>A3</th> <th>A4</th> <th>A5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>A1</th> <td>1</td> <td>4</td> <td>1/2</td> <td>1/3</td> <td>6</td> </tr> <tr> <th>A2</th> <td>1/4</td> <td>1</td> <td>1/5</td> <td>1/7</td> <td>2</td> </tr> <tr> <th>A3</th> <td>2</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>1/2</td> <td>7</td> </tr> <tr> <th>A4</th> <td>3</td> <td>7</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>9</td> </tr> <tr> <th>A5</th> <td>1/6</td> <td>1/2</td> <td>1/7</td> <td>1/9</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Razão de consistência 0,046</p>		A1	A2	A3	A4	A5	A1	1	4	1/2	1/3	6	A2	1/4	1	1/5	1/7	2	A3	2	5	1	1/2	7	A4	3	7	2	1	9	A5	1/6	1/2	1/7	1/9	1
	A1	A2	A3	A4	A5																																																																																																									
A1	1	3	1/2	7	7																																																																																																									
A2	1/3	1	1/5	4	4																																																																																																									
A3	2	5	1	9	9																																																																																																									
A4	1/7	1/4	1/9	1	1																																																																																																									
A5	1/7	1/4	1/9	1	1																																																																																																									
	A1	A2	A3	A4	A5																																																																																																									
A1	1	1/2	1/3	1/6	3																																																																																																									
A2	2	1	1/2	1/5	1/4																																																																																																									
A3	3	2	1	1/3	6																																																																																																									
A4	6	5	3	1	9																																																																																																									
A5	1/3	4	1/6	1/9	1																																																																																																									
	A1	A2	A3	A4	A5																																																																																																									
A1	1	4	1/2	1/3	6																																																																																																									
A2	1/4	1	1/5	1/7	2																																																																																																									
A3	2	5	1	1/2	7																																																																																																									
A4	3	7	2	1	9																																																																																																									
A5	1/6	1/2	1/7	1/9	1																																																																																																									
<p>Segurança</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>A3</th> <th>A4</th> <th>A5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>A1</th> <td>1</td> <td>1</td> <td>1/8</td> <td>1/4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <th>A2</th> <td>1</td> <td>1</td> <td>1/8</td> <td>1/4</td> <td>1</td> </tr> <tr> <th>A3</th> <td>8</td> <td>8</td> <td>1</td> <td>4</td> <td>8</td> </tr> <tr> <th>A4</th> <td>4</td> <td>4</td> <td>1/4</td> <td>1</td> <td>4</td> </tr> <tr> <th>A5</th> <td>1</td> <td>1</td> <td>1/8</td> <td>1/4</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Razão de consistência 0,013</p>		A1	A2	A3	A4	A5	A1	1	1	1/8	1/4	1	A2	1	1	1/8	1/4	1	A3	8	8	1	4	8	A4	4	4	1/4	1	4	A5	1	1	1/8	1/4	1	<p>Desempenho</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>A3</th> <th>A4</th> <th>A5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>A1</th> <td>1</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <th>A2</th> <td>1/5</td> <td>1</td> <td>1/2</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <th>A3</th> <td>1/3</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> </tr> <tr> <th>A4</th> <td>1/5</td> <td>1</td> <td>1/2</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <th>A5</th> <td>1/6</td> <td>1/2</td> <td>1/3</td> <td>1/2</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Razão de consistência 0,008</p>		A1	A2	A3	A4	A5	A1	1	5	3	5	6	A2	1/5	1	1/2	1	2	A3	1/3	2	1	2	3	A4	1/5	1	1/2	1	2	A5	1/6	1/2	1/3	1/2	1	<p>Práticas Sustentáveis</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>A1</th> <th>A2</th> <th>A3</th> <th>A4</th> <th>A5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>A1</th> <td>1</td> <td>4</td> <td>1/5</td> <td>1/3</td> <td>2</td> </tr> <tr> <th>A2</th> <td>1/4</td> <td>1</td> <td>1/9</td> <td>1/7</td> <td>1/3</td> </tr> <tr> <th>A3</th> <td>5</td> <td>9</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>6</td> </tr> <tr> <th>A4</th> <td>3</td> <td>7</td> <td>1/2</td> <td>1</td> <td>4</td> </tr> <tr> <th>A5</th> <td>1/2</td> <td>3</td> <td>1/6</td> <td>1/4</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Razão de consistência 0,024</p>		A1	A2	A3	A4	A5	A1	1	4	1/5	1/3	2	A2	1/4	1	1/9	1/7	1/3	A3	5	9	1	2	6	A4	3	7	1/2	1	4	A5	1/2	3	1/6	1/4	1
	A1	A2	A3	A4	A5																																																																																																									
A1	1	1	1/8	1/4	1																																																																																																									
A2	1	1	1/8	1/4	1																																																																																																									
A3	8	8	1	4	8																																																																																																									
A4	4	4	1/4	1	4																																																																																																									
A5	1	1	1/8	1/4	1																																																																																																									
	A1	A2	A3	A4	A5																																																																																																									
A1	1	5	3	5	6																																																																																																									
A2	1/5	1	1/2	1	2																																																																																																									
A3	1/3	2	1	2	3																																																																																																									
A4	1/5	1	1/2	1	2																																																																																																									
A5	1/6	1/2	1/3	1/2	1																																																																																																									
	A1	A2	A3	A4	A5																																																																																																									
A1	1	4	1/5	1/3	2																																																																																																									
A2	1/4	1	1/9	1/7	1/3																																																																																																									
A3	5	9	1	2	6																																																																																																									
A4	3	7	1/2	1	4																																																																																																									
A5	1/2	3	1/6	1/4	1																																																																																																									

Quadro 1. Matrizes da avaliação das alternativas estudadas a luz dos nove critérios referentes aos cinco modelos de veículos.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016)

A Tabela 3 mostra o peso de cada critério aplicado nas respectivas modelagens. Os critérios de sustentabilidade (Desempenho e Práticas Sustentáveis) não foram incluídos na Modelagem 1, já na Modelagem 2 esses critérios foram incluídos conforme o peso dado pelo especialista, por fim, na Modelagem 3 os critérios de sustentabilidade tiveram seus pesos maximizados.

Tabela 3. Pesos dos critérios

CRITÉRIOS	MODELAGEM 1	MODELAGEM 2	MODELAGEM 3
Custo de Aquisição	5	5	5
Frequência de Manut. corretiva	4	4	4
Custo de Manut. serviços	5	5	5
Custo de Manut. peças	3	3	3
Disponibilidade Manut. Serviços	2	2	2
Disponibilidade Manut. Peças	4	4	4
Segurança	3	3	3
Desempenho	-	4	5
Práticas Sustentáveis	-	2	5

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016)

O Quadro 2 contém as matrizes dos pesos dos critérios dados pelo especialista, na modelagem 1 não foram considerados os critérios de sustentabilidade, na modelagem 2 foram incluídos todos os critérios, já na modelagem 3 foram alterados os pesos dos critérios de sustentabilidade dados pelo especialista.

Modelagem 1							Modelagem 2									Modelagem 3								
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
1	2	1	4	6	2	4	1	2	1	4	6	2	4	4	6	1	2	1	4	6	2	4	1	1
1/2	1	1/2	2	4	1	2	1/2	1	1/2	2	4	1	2	2	4	1/2	1	1/2	2	4	1	2	1/2	1/2
1	2	1	4	6	2	4	1	2	1	4	6	2	4	4	6	1	2	1	4	6	2	4	1	1
1/4	1/2	1/4	1	2	1/2	1	1/4	1/2	1/4	1	2	1/2	1	1	2	1/4	1/2	1/4	1	2	1/2	1	1/4	1/4
1/6	1/4	1/6	1/2	1	1/4	1/2	1/6	1/4	1/6	1/2	1	1/4	1/2	1/2	1	1/6	1/4	1/6	1/2	1	1/4	1/2	1/6	1/6
1/2	1	1/2	2	4	1	2	1/2	1	1/2	2	4	1	2	2	4	1/2	1	1/2	2	4	1	2	1/2	1/2
1/4	1/2	1/4	1	2	1/2	1	1/4	1/2	1/4	1	2	1/2	1	1	2	1/4	1/2	1/4	1	2	1/2	1	1/4	1/4
Razão de consistência 0,036							Razão de consistência 0,011									Razão de consistência 0,083								

Quadro 2. Matrizes dos pesos dos critérios nas três modelagens propostas. As razões de consistência atendem o axioma da comparação recíproca, pois estão abaixo de 0,1.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016)

À luz do critério custo de aquisição de acordo com a Tabela 4, resultado parcial do software IPÊ, a alternativa (A1) foi vencedora com 46% em relação as demais. Quanto à frequência de manutenção, a alternativa (A3) obteve o melhor resultado ficando com 33%. Já o critério custo de manutenção serviços, a alternativa (A3) apresentou o menor custo em relação às outras alternativas, com 48%. No critério custo de manutenção peças, a alternativa (A1) foi a vencedora, com 38%. No que se refere ao critério disponibilidade de manutenção serviços, destacou-se a alternativa (A4), com 44%. Quanto ao critério disponibilidade de manutenção peças, destacou-se também a alternativa (A4), com 51%. A alternativa (A3), mais uma vez, foi vencedora à luz dos critérios no item segurança com 56%. No critério desempenho a alternativa (A1) sobressaiu com um percentual de 51% em relação as demais. Finalmente no critério práticas sustentáveis, a alternativa (A3) obteve um grande destaque, ficando com 47%.

Tabela 4. Matriz das Prioridades Locais. Os valores destacados em cinza representam os melhores desempenhos das alternativas à luz dos critérios.

Alternativas	Custo de aquisição	Frequência de manutenção	Custo de manut. serviços	Custo de manut. peças	Disponib. de manut. Serviços	Disponib. de manut. Peças	Segurança	Desempenho	Práticas Sustentáveis
A1	0,46	0,29	0,31	0,38	0,18	0,12	0,07	0,51	0,13
A2	0,11	0,11	0,13	0,11	0,05	0,11	0,07	0,11	0,04
A3	0,11	0,33	0,48	0,36	0,28	0,22	0,56	0,20	0,47
A4	0,04	0,04	0,04	0,04	0,44	0,51	0,23	0,11	0,28
A5	0,28	0,23	0,04	0,11	0,05	0,04	0,07	0,07	0,08

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016)

Foram feitas três modelagens com os dados analisados no Método de Análise Hierárquica (AHP) com o auxílio do software IPÊ, para selecionar a melhor alternativa, ver Gráfico 2.

Na simulação 1 não foram incluídos os critérios de sustentabilidade (desempenho e práticas sustentáveis) para análise do modelo do carro. Ao rodar o software com apenas sete critérios (custo de aquisição, frequência de manutenção corretiva, custo de manutenção serviços, custo de manutenção peças, disponibilidade de manutenção serviços, disponibilidade de manutenção peças e segurança), a alternativa (A1) foi a vencedora com 29 % em relação aos demais veículos.

Na simulação 2 foram incluídos todos os critérios para análise do modelo do carro, conforme os pesos dados pelo especialista (custo de aquisição, peso 5; frequência de manutenção corretiva, peso 4; custo de manutenção serviços, peso 5; custo de manutenção peças, peso 3; disponibilidade de manutenção serviços, peso 2; disponibilidade de manutenção peças, peso 4; segurança, peso 3; desempenho, peso 4; práticas sustentáveis, peso 2. Ao rodar o software a alternativa (A1) apresentou o melhor resultado com 31%.

Na simulação 3, também, foram incluídos todos os critérios para análise do melhor modelo de carro, sendo que foi dado um destaque nos critérios de sustentabilidade (desempenho e práticas sustentáveis) elevando-se os pesos desses critérios para 5. Como resultado, a alternativa (A3) foi a vencedora com 34% em relação às outras.

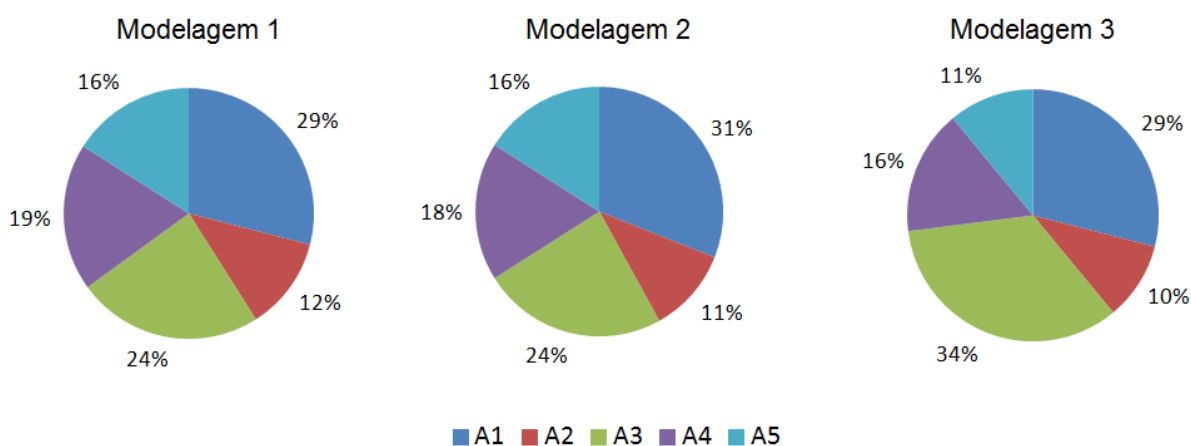


Gráfico 2. Resultado da prioridade global pelo método AHP
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016)

2.8. DISCUSSÃO

Neste trabalho foi aplicado o método AHP como ferramenta de apoio à decisão multicritério para aquisição de um veículo que atendesse as demandas de uma instituição pública de ensino. A matriz de critérios foi definida considerando aspectos técnicos relativos a segurança, custo, manutenção e sustentabilidade. Os critérios de sustentabilidade usados na modelagem interferiram na decisão final do problema quando a estrutura de pesos dos critérios foi alterada. A avaliação de itens

relacionados à temática ambiental vem ganhando força na atualidade e deve ser considerada nas compras públicas.

Azeredo (2015) destaca a importância da inclusão de critérios de sustentabilidade nas compras públicas, que resultará na redução dos impactos ambientais. Além disso, a inclusão desses critérios influencia positivamente a imagem do órgão público perante a sociedade e estimula a abertura e crescimento de mercado de produtos sustentáveis. Os resultados desse artigo mostram que além da inclusão de critérios de sustentabilidade nas compras públicas é importante, também, aplicar um maior peso nesses critérios para haver mudança de paradigmas.

Segundo o IPCC (2013), a mudança do clima está relacionada com o resultado das atividades humanas, principalmente devido às emissões de CO₂ e outros gases de efeito estufa proveniente do consumo de combustíveis fósseis. Sun et al., (2015), ao abordar medidas de mitigação da emissão de CO₂ proveniente do transporte público, propõem que as políticas públicas referentes a logística adotada neste setor são mecanismos importante para reduzir o consumo de combustível fóssil. Estes mesmos autores apontam que as promoções de economias de baixo carbono tornaram-se uma prioridade no mundo devido ao aumento da frota de veículos, do consumo de combustíveis e das emissões de gases de efeito estufa, que são uma ameaça ao desenvolvimento sustentável. Um dos critérios de sustentabilidade adotado neste artigo foi o desempenho do veículo, que está relacionado diretamente ao consumo, que é medido pela quantidade de combustível que é gasto em um determinado trajeto, quanto mais se utiliza combustíveis fósseis maior é a emissão de CO₂.

Quanto aos pesos dos critérios dados pelo especialista, verificou-se que os critérios relacionados aos custos de aquisição e frequência de a manutenção foram priorizados em detrimento dos demais. Segundo Da Costa (2011) a definição de proposta mais vantajosa não deve ser sinônimo de menor preço, ao avaliar as vantagens das propostas faz-se necessário diferenciar custo de preço. A inserção dos critérios de sustentabilidade no modelo (modelagem 2) não alterou de forma significativa as alternativas de ações definidas na modelagem 1. As alterações na tomada de decisão ocorreram somente quando a ponderação de pesos fortaleceu os

critérios de sustentabilidade (modelagem 3). Este procedimento metodológico mostra que a inserção de critérios no modelo não influenciou o resultado final, mas quando os pesos foram alterados o vetor da prioridade global indicou um veículo com características de “produtos verdes” ao longo do seu ciclo de vida (produção e uso). Este resultado mostra que para este tipo de produto (veículos leves) existem opções no mercado que atendem a linha de produtos ambientalmente corretos. Portanto, estes critérios devem ser adotados nas aquisições de veículos em instituições públicas, atendendo desta forma procedimentos compatíveis com as Compras Públicas Sustentáveis, da Lei nº 12.349 (BRASIL, 2010).

Costa (2006) apresenta como exemplo a estruturação e construção de um modelo de decisão em hierarquias para aquisição de um automóvel, em que considera para a resolução do problema, os seguintes critérios: custo de aquisição, custo de manutenção, conforto, prestígio e desempenho. Como subcritérios elenca o preço e a forma de pagamento, referindo-se ao critério custo de aquisição; serviços e peças quanto ao custo de manutenção; no item conforto cita a dirigibilidade e espaço interno e no critério desempenho destaca o torque, potência e velocidade.

Na compra de automóvel, Byun (2001) considerou níveis de importância que foram incluídas na hierarquia AHP: Exterior - envolve componentes e fatores vistos a partir do exterior, tais como a cor, o comprimento e a largura, pneus, rodas, portas e estilos de farol; Desempenho - está relacionado com o funcionamento do carro, inclui a velocidade máxima, capacidade do tanque de combustível, capacidade de frenagem, desempenho nas curvas e ruídos internos; Segurança - está relacionada com características que reduzem o risco de morte ou ferimentos graves, inclui airbags, sistema de travagem ABS, sistemas de proteção de impacto, cintos de segurança e número de instalações de alarme; Aspecto econômico - inclui os preços de compra, o consumo de combustível por mês, os custos de seguro e condições de parcelamento, revenda de preços de carros usados e custos de equipamentos opcionais e; Garantia - inclui o número de revisões, disponibilidade de aquisição de peças de reposição, satisfação do cliente após os serviços e a média do tempo para o reparo dos problemas comuns.

2.9. CONCLUSÃO

O método AHP se mostrou eficiente como ferramenta de apoio para avaliar a inserção de critério de sustentabilidade na matriz de decisão para compra de um veículo para viagens a ser adquirido pelo IFFluminense.

Na simulação 1 não foram incluídos os critérios de sustentabilidade (desempenho e práticas sustentáveis), a alternativa (A1) foi a vencedora com 29% em relação aos demais veículos.

Na simulação 2 foram incluídos todos os critérios para análise do modelo do carro, conforme os pesos dados pelo especialista. Ao rodar o software a alternativa (A1), mais uma vez, apresentou o melhor resultado com 31%.

Na simulação 3, também, foram incluídos todos os critérios para análise do melhor modelo de carro, sendo que foi dado peso máximo aos critérios de sustentabilidade. Como resultado, a alternativa (A3) foi a vencedora com 34% em relação às outras.

Os resultados das três modelagens desta dissertação mostram que além da inclusão de critérios de sustentabilidade (desempenho e práticas sustentáveis) nas compras públicas é preciso aplicar maior peso de importância a esses critérios para que haja mudança no cenário. Demonstrou-se que para este tipo de produto (veículos leves) existem opções no mercado que atendem a linha de produtos ambientalmente corretos.

2.10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEREDO, Fabrícia Santos Gomes de. **Compras públicas sustentáveis: percepção, práticas e estratégias nos institutos federais de educação**. 2015. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2015. Disponível em: <<http://pep.ucam-campos.br/index.php/9-menu-principal/92-dissertacoes-2015>>. Acesso em: 12 maio 2016.

BEST GLOBAL GREEN BRANDS. **Melhores marcas verdes globais**. Disponível em: <<http://interbrand.com/best-brands/best-global-brands/2015/ranking/>>. Acesso

em: 18 jan 2016.

BEZERRA, Maria do Socorro Coelho; ARAÚJO, Danilo Mikel Diniz Cabral de; LIBONATI, Jeronymo José. Critérios de Sustentabilidade nas Decisões de Compras Realizadas no Setor Público: um Estudo Multicaso em duas IFES do Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS, 4., 2010, 06-08 jun; Natal-RN. **Anais...** Vitória-ES: ANPCONT, 2011. p. 1 - 13. Disponível em: <<https://www.furb.br/especiais/download/408216-964530/245-2.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

BIDERMAN, R.; MACEDO, L. S. V.; MONZONI, M.; MAZON, R. **Guia de compras públicas sustentáveis: uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, p.151, 2008.

BIDERMAN, Rachel (org); et al. **Guia de compras públicas sustentáveis: uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/Guia-de-compras-publicas-sustent%C3%A1veis.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

BYUN, D. The AHP approach for selecting an automobile purchase model. **Information and Management**, v. 38, n. 5, p. 289-297, 2001. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/d6db/96dd8130cbb996eb1799781d0b9468ffce92.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto n. 7.746, de 05 de junho de 2012**: regulamenta o art. 3o da Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7746.htm>. Acesso em: 12 janeiro de 2016.

_____. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**: Regulamenta o art. 37, Inciso XXI, da Constituição Federal, Institui Normas Para Licitações e Contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso em: 12 janeiro de 2016.

_____. **Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.comprasnet.gov.br/legislacao/legislacaoDetalhe.asp?ctdCod=295>>. Acesso em: 10 de junho de 2014.

BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future**. New York: Oxford University Press, 1987.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI) **Indústria automobilística e sustentabilidade**. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2013/09/23/4970/20131002175420378115i.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

COSTA, H. G. **Auxílio Multicritério à Decisão: Método AHP**. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2006.

_____. Introdução ao método de análise hierárquica: Análise Multicritério no auxílio à decisão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 36, 2004, 23-26 nov; São João Del Rei-MG. **Anais...** São João Del Rei-MG: SBPO, 2005. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0279.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

COSTA, C. E. L. da. **As Licitações Sustentáveis na ótica do controle externo**. 2011. 56 f. Monografia (Especialista em Auditoria e Controle Governamental) - Tribunal de Contas da União (TCU), Instituto Serzedello Corrêa, Brasília-DF, 2011. Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A24F0A728E014F0B1F40921CE7>>. Acesso em: 12 maio 2016.

DALF, R. **Administração, a ética da sustentabilidade e o meio ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

D'HOLLANDER, D.; MARX, A. Strengthening private certification systems through public regulation: the case of sustainable public procurement, sustainability **Accounting, Management and Policy Journal**, v. 5, n. 1, p.2 – 21, 2014. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/SAMPJ-04-2013-0016>>. Acesso em: 12 maio 2016.

FRESNER, J. Cleaner production as a means for effective environmental management. **Journal of Cleaner Production**, 6, p.171-179, 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965269800002X>>. Acesso em: 12 maio 2016.

GOMES, D. N; et al. Uma avaliação integrada com o CEQ, Ishikawa e AHP em uma empresa de concretagem. **Cadernos do IME-Série Estatística**, v. 35, n. 2, p. 35, 2013. Disponível em: <<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cadest/article/view/15769>>. Acesso em: 12 maio 2016.

GUNGOR, I.; ISLER, D. B. Automobile selection with analytic hierarchy process approach. **ZKU Sosyal Bilimler Dergisi**, 1, p. 21-33, 2005. Disponível em: <<http://ijmeb.org/index.php/zkesbe>>. Acesso em: 12 maio 2016.

HABERL, H. The global socioeconomic energy metabolism as a problem of sustainability. **Energy**, n. 31, p. 87-99, 2006. Disponível em: <https://www.uni-klu.ac.at/socec/downloads/2006_Haberl_Energy_EnergeticMetabolism_24.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

HUANG, IVY B.; KEISLER, J.; LINKOV, I. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. **Science of the Total Environment**, v. 409, p. 3578–3594, 2011. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21764422>>. Acesso em: 12 maio 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE. **Change assessment report: climate change: the physical science basis: 2013**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/.../WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabelas PBE veicular**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas_pbe_veicular.asp>, Acesso em: 05 jan 2016.

JACQUET-LAGREZE, E.; SISKOS, Y. Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience. **European Journal of Operational Research**, v. 130, n. 2, p. 233-245, 2001. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/eee/ejores/v130y2001i2p233-245.html>>. Acesso em: 12 maio 2016.

JANNUZZI, P. de M.; MIRANDA, W. L. de; SILVA, D. S. G. da. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Revista Informática Pública**, v. 11, n. 1, p. 69-87, 2009. Disponível em: <http://www.ip.pbh.gov.br/ANO11_N1_PDF/analise_multicriterio_e_tomada_de_decisao_em_Políticas_Publicas.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

KIKER, G. A.; et al. Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 1 p. 95–108, 2005. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.128.5486&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

LAWSHE, C. H. A quantitative approach to content validity. **Personnel Psychology**, 28, p. 563-575, 1975. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.460.9380&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

LIKERT, R. A. Technique for the Measurement of Attitudes. **Journal Archives of Psychology**, New York, v. 22, n. 140, p. 1-55, 1932. Disponível em: <http://www.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

MENDES, L. F. R.; ERTHAL JR, M.; HOSKEN, L. A. L. Seleção de sistema de fornecimento de energia elétrica para propriedades rurais litorâneas localizadas no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Eletrônica Produção e Engenharia**, v. 4, n. 1, p. 338-345, jan-jun, 2013. Disponível em: <<http://www.revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/download/453/812>>. Acesso em: 12 maio 2016.

O'CONNOR, P.; SULLIVAN, G. Market segmentation: a comparison of benefits attributes desired and brand preference. **Psychology and Marketing**, New York, v.12, n.7, p.613-635, 1995. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mar.4220120705/abstract>>. Acesso em: 12 maio 2016.

PACHECO, E. A.; DROHOMERETSKI, E.; CARDOSO, P. A. A decisão do modal de transporte através da metodologia AHP na aplicação da logística enxuta: um estudo de caso. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO: RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DAS ORGANIZAÇÕES BRASILEIRAS, 4, 2008, 31 jul, 01-02 ago, Niterói RJ. **Anais...** Niterói-RJ: Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/237329696_A_DECISAO_DO_MODAL_D E_TRANSPORTE_ATRAVES_DA_METODOLOGIA_AHP_NA_APLICACAO_DA_L OGISTICA_ENXUTA_UM_ESTUDO_DE_CASO](https://www.researchgate.net/publication/237329696_A_DECISAO_DO_MODAL_D_E_TRANSPORTE_ATRAVES_DA_METODOLOGIA_AHP_NA_APLICACAO_DA_LOGISTICA_ENXUTA_UM_ESTUDO_DE_CASO)>. Acesso em: 12 maio 2016.

ROMERO, C. **Análisis de las decisiones multicriterio**. Madrid: Isdefe, 1996.

ROY, B.; Bouyssou, D. **Aide Multicritère à la décision: méthodes et cas**. Paris: Economica, 1993.

ROSEN, M. A.; DINCER, I.; ANOGLU, I. Role of energy in increasing the efficiency and sustainability and reducing the environmental impact. **Energy Policy**, 36, 128-137, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/223241635_Role_of_exergy_in_increasing_efficiency_and_sustainability_and_reducing_environmental_impact>. Acesso em: 12 mar. 2016.

ROSSONI, C.; MEIRELES, M. Decisão Multicritério: Uma análise dos resultados obtidos pelos métodos T-ODA e AHP. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS (SIMPOI), 14, 2011, 24-26 ago, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV/EASP, 2012. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2011/artigos/E2011_T00293_PCN23709.pdf>. Acesso em: 2016.

RÜTHER, R. Potential of solar photovoltaic energy in Brazil and showcase projects, solar stadiums and solar airports. In: SEMINÁRIO MERCOSUL PÓS COPENHAGUE., 2010, Florianópolis-Santa Catarina. **Anais...** Florianópolis-Santa Catarina: Instituto Ideal, 2011. Disponível em: <http://docplayer.com.br/27444643-Sumario-resumen-seminario-mercosul-pos-copenhague-relatorio-das-palestras-informe-de-las-conferencias-2-_seminario-mercosul-pos-copenhague.html>. Acesso em: 12 maio 2016..

SAATY T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022249677900335>>. Acesso em: 12 maio 2016.

_____. **Método de análise hierárquica**. São Paulo : Makron, 1991.

_____. **The analytic hierarchy process**. New York: McGraw-Hill, 1980.

_____ ; SHANG, J. S. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based multi-criteria decision making: prioritizing divergent intangible humane acts. **European Journal Operations Research**, Amsterdam, v. 214, p. 703-715, 2011. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4614-7279-7_14>. Acesso em: 12 maio 2016.

SCHMIDHEINY, S. **Cambiando el rumbo: una perspectiva global del empresariado para el desarrollo y el medio ambiente**. México: Fondo de Cultura Económica, 1996.

SILVA, F.J. A. da; SOUZA, R. O de. AHP na seleção de caminhões coletores-compactadores de resíduos sólidos. **Revista Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.33, n.3, p. 259-264, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/10697/1/2011_art_rosouza_ahp.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

SUN, H; et al. Social stakeholder support assessment of low-carbon transport policy based on multi-actor multi-criteria analysis: the case of Tianjin. **Transport Policy**, 41, p. 103-116, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X15000189>>. Acesso em: 12 maio 2016.

TERZ, U.; HACALOGLU, S.E.; ALADAG, Z. **Otomobil satın alma problemi için bir karar destek modeli**. İstanbul: Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi: 2006. p.43 – 49. V.5. Disponível em: <<http://www.ticaret.edu.tr/uploads/Kutuphane/dergi/f10/M00136.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

WANG, J. W., CHENG, C. H., HUANG, K. C. Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection. **Applied Soft Computing**, v. 9, n. 1, p. 377-386, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494608000768>>. Acesso em: 12 maio 2016.

WU, T. W., DAY, R. L., MACKAY, D. B. Consumer benefits versus product attributes: an experimental test. **Quarterly Journal of Business and Economics**, p. 88-113, 1988. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/40472929>>. Acesso em: 12 maio 2016.

3. AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS: UM ESTUDO DE CASO NA REGIÃO NORTE FLUMINENSE APLICADO EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO

3.1. RESUMO

A falta de orientação e previsão de instrumentos adequados para a escolha da tecnologia de painel solar fotovoltaico em relação ao tipo de clima causam falhas em muitos projetos, ocasionando elevação de custos e perda de eficiência no sistema. Este estudo tem como objetivo avaliar, por meio do método AHP, qual a tecnologia de painel fotovoltaico deveria ser implementada em uma instituição de ensino público, com foco no Instituto Federal Fluminense (IFFluminense), levando-se em consideração o clima local. Aplicou-se como alternativa de ação as tecnologias de painel Monocristalino, Policristalino e Silício Amorfo. A matriz de critérios foi definida considerando o aspecto financeiro (critério custo de aquisição), técnicos (critérios potência, corrente e eficiência) e climáticos (critérios coeficiente de temperatura e degradação). Foram feitas três simulações conforme pesos de critérios atribuído pelos especialistas, como resultado, a alternativa A2 (ver resultado) foi vencedora nas três modelagens com 44%, 37% e 40% respectivamente em relação as demais tecnologias. De acordo com a análise da viabilidade técnica, considerando o clima local e a tecnologia de painel fotovoltaica escolhida, o IFFluminense poderia produzir toda energia elétrica que necessita por meio da geração de energia solar fotovoltaica utilizando 60% da área total de telhado. Conclui-se que o IFFluminense possui área de telhado necessária para a implantação de uma micro usina geradora de energia fotovoltaica.

PALAVRAS-CHAVE: Multicritério. Energia Solar. Paine solar.

3.2. ABSTRACT

In this work the multicriterial analysis was used for decision making in the choice of a medium-sized car to transport authorities and servers in medium and long distance travel, to be acquired by a Public Institution of Education. The sustainability criteria (performance and sustainable practices) were evaluated differently in the modeling. The suggested hierarchical structure proposes five vehicle alternatives which were assessed on the basis of the criteria: acquisition cost, frequency of corrective maintenance, cost of services maintenance, cost of maintenance, availability of services maintenance services, availability of parts maintenance, safety, performance and Sustainable practices. The AHP Hierarchical Analysis Method was used in three modeling. In the first modeling weren't included the sustainability criteria, and the final result pointed out to the best solution to alternative 1. In the second modeling, were inserted the sustainability criteria (performance and sustainable practices), which resulted again in the selection of alternative 1. In the third modeling, the weights of the criteria were maintained, except for the sustainability criteria, which had their weights increased. This change indicated alternative 3 as a decision to be followed. The method employed presents a practical solution to support the acquisition of medium-sized vehicles in public institutions and meets the requirements of Sustainable Public Procurement. It is concluded that the sustainability criteria used in the modeling interfered in the final decision of the problem when the weight structure of these criteria was changed. Additionally, it has been demonstrated that for this type of vehicle there are options in the market that meet the environmentally correct product line.

KEYWORDS: Multicriteria. Hierarchical Analysis Method. Sustainable Public Purchase.

3.3. INTRODUÇÃO

O Brasil possui um elevado potencial na geração de energia solar, tem um território extenso com 8,5 milhões de km² com predominância do sol, no entanto, nem todos os lugares experimentam a mesma gama de temperaturas por possuir grande variedade de climas. Portanto, para a concepção e planejamento de uma usina de energia solar, o valor médio da temperatura e a incidência solar precisam ser seriamente considerados. A geração anual de energia produzida por um sistema fotovoltaico pode ser influenciada pela tecnologia dos módulos solares e por fatores climáticos, como temperatura e irradiação solar (AHMAD et al., 2016).

No ano de 2015, a energia elétrica gerada em todo país foi de 615,9 TWh, sendo que 394,2 TWh dessa energia foram obtidos por usinas hidrelétricas, uma contribuição significativa para a matriz energética (BRASIL, 2016). A maior parte dos locais favoráveis para a implantação de usina hidrelétrica está localizada em áreas de preservação ambiental e longe dos centros urbanos. Para levar até o consumidor final a energia gerada pelas hidrelétricas, o país precisa manter em funcionamento satisfatório um dos maiores sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica do mundo, isso resulta em aumento de custo para os kWh gerados. Um outro fator que provoca a vulnerabilidade do sistema é a dependência de condições climáticas favoráveis (ANEEL, 2014).

Em 2015, a maior contribuição na geração de energia elétrica no Brasil foi de energia hidrelétrica (64%), seguido do gás (12,9%), biomassa (8%), derivados de petróleo (4,8%), carvão (4,5%), nuclear (2,4%), eólica (3,5%) e energia fotovoltaica (0,01) (ANEEL, 2014). A diversificação das fontes de energia e o uso de geração distribuída de energias renováveis podem ser uma alternativa para o fortalecimento do sistema de energia do país. O uso de geração de energia descentralizada diminui os custos com a transmissão e distribuição de energia e também reduz a carga sobre o sistema nacional de transmissão. A geração de eletricidade por painéis fotovoltaicos integrados a rede de distribuição de energia elétrica é um exemplo de geração distribuída (ROMERO RODRÍGUEZ et al., 2016)

Para atender os aspectos de sustentabilidade, os gestores responsáveis pela área de energia devem considerar em seus projetos as alternativas que reduzam os

impactos sociais e ambientais (MORRISON-SAUNDERS et al., 2014) (ZIJP et al., 2015). O “mercado da energia verde”, constituído no final dos anos 90, está em expansão em vários países, com o compromisso de reduzir às emissões de dióxido de carbono (CO₂). Um problema enfrentado na utilização da energia verde é o fornecimento contínuo para atender a demanda dos consumidores, isso se aplica especialmente ao vento e radiação solar, que são as fontes de energia verde mais exploradas (MARGETA; GLASNOVIC, 2010)

O Brasil se destaca nas fontes de energia renováveis devido à alta capacidade de transformar energia através de fontes alternativas. Em 2014, a capacidade total instalada de geração de energia elétrica do Brasil alcançou 133.914 MW, um acréscimo de 7.171 MW em relação ao ano anterior. Na expansão da capacidade instalada, as centrais hidrelétricas contribuíram com 44,3%, enquanto que as centrais termoelétricas responderam por 18,1% da capacidade adicionada, por fim, as usinas eólicas e solares foram responsáveis pelos 37,6% restantes de aumento do *grid* nacional (EPE, 2015).

Existem diversas tecnologias de painéis fotovoltaicos no mercado, a falta de orientação e previsão de instrumentos adequados para a escolha da tecnologia de painel em relação ao tipo de clima causam falhas em muitos projetos, proporcionando perda na eficiência do sistema fotovoltaico. Segundo Ahmad et al., (2016) o desempenho do painel solar é influenciado pelas características climáticas do local, no entanto os fabricantes dos módulos fotovoltaicos fornecem valores de medição em Condições de Teste Padrão (em inglês STC) e esses valores, na maioria dos casos, não representam as condições reais de operação em áreas que apresentam condições climáticas diferentes dos STC (TOSSA et al., 2016).

3.4. OBJETIVOS

3.4.1. Objetivo Geral

Avaliar a implementação de ações de sustentabilidade na área de energia elétrica de um órgão público localizado na região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro.

3.4.2. Objetivos Específicos:

- a) Avaliar, por meio do método AHP, qual a tecnologia de painel fotovoltaico deveria ser implementada no IFFluminense conforme o clima local;
- b) Analisar a Viabilidade técnica, considerando o índice solarimétrico local e a área (m²) para instalação dos painéis fotovoltaicos.

3.5. REVISÃO DE LITERATURA

3.5.1. Energia Elétrica no Brasil

A geração de energia elétrica brasileira é composta em sua maior parte por fontes renováveis hídricas, seguida de gás natural, que exigem grandes operacionalidades (ANEEL, 2014). A estimativa do crescimento anual no consumo de energia elétrica até 2023 é de 4,2% (EPE, 2014), o país enfrenta uma crise energética que poderia ter sido evitada se os investimentos e políticas anteriores tivessem promovidos as fontes de energia renováveis (PEREIRA et al., 2013).

Nos últimos dez anos, poucas políticas ou programas de novas energias foram criados no Brasil, a maioria dos programas implementados estão focados no biodiesel e no etanol, por exemplo: o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA), o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), e o Programa de Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (ZAEcana). Juntamente com esses exemplos mencionados o Programa para o Desenvolvimento de Energia nos Estados e Municípios (PRODEEM), que engloba as fontes solar e eólica, premia as empresas que implantam energia limpa em seus sistemas de produção, porém, esse programa é visto pelo mercado como burocrático e superficial para a implantação de novas tecnologias (MME, 2011; PEREIRA et al., 2013 e ANEEL, 2014).

Do ponto de vista regulatório, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) trouxe em vigor uma legislação que abrange a energia solar, com a resolução N^o 77/2004 – que estipula um desconto para as empresas de geração de

energia renovável, de 80% para os empreendimentos que entrarem em operação até 2017 e 50% após 2017, aplicável nos 10 (dez) primeiros anos de operação da usina, nas tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, incidindo na produção e no consumo da energia comercializada. E a resolução Nº 482/2012 - que define a variação do kWh para sistemas de micro e mini geração de energia, bem como, estabelece sistema de compensação para pessoa física ou jurídica que possuírem créditos de energia excedente gerada para a rede. Esta última também define os critérios e parâmetros para a medição, cálculo e operação do sistema de compensação (ANEEL, 2004; ANEEL, 2012a e ANEEL, 2012b).

3.5.2. Sustentabilidade aplicada ao Setor Energético

Conforme WWF, ONG mundial ligada à preservação da biodiversidade e dos recursos naturais, a definição mais aceita para desenvolvimento sustentável é da Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, “O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades”(DALF, 2010).

Especificamente, no setor da energia, os dois desafios mais importantes para o desenvolvimento sustentável são como administrar a geração de energia sem causar mudanças climáticas e ao mesmo tempo garantir o fornecimento de energia. Assim, os governos têm tentado avançar em direção a um desenvolvimento econômico mais sustentável em resposta à mudança climática, ao esgotamento dos recursos naturais, à necessidade de garantir a segurança energética e a oposição pública à energia nuclear (ABBASI; ABBASI, 2010).

3.5.3. Energia solar fotovoltaica

O sol é uma das fontes energéticas renováveis mais promissoras, uma vez que fornece energia limpa ilimitada, energia amiga do ambiente ou energia verde (Cuce; Cuce; Bali, 2013). A energia solar tem contribuído nos aspectos sociais e ambientais das crescentes demandas energéticas (ENTERIA et al., 2014). Além de

baixas emissões de carbono, a energia solar não requer nenhuma entrada de combustíveis fósseis e pode apresentar um tempo de retorno favorável se implantada em condições de irradiação adequadas (AMAN et al., 2015).

O Brasil é um país em desenvolvimento, localizado em regiões climáticas tropicais e subtropicais, possui intensidade da radiação solar acima da média e diversas variáveis econômicas favorecem o uso de tecnologias solares (PAO; FU, 2013).

A conversão da energia solar em energia elétrica torna-se possível por meio de painéis fotovoltaicos, esses painéis são dispositivos sólidos capazes de converter a energia da luz solar em energia elétrica sem a necessidade de equipamento auxiliar (KALOGIROU, 2009).

A utilização da energia fotovoltaica, ou células solares, foi conceituada como a arte de converter a luz solar em eletricidade usando diretamente iluminação incidente para fornecer elétrons a um circuito externo. O silício é o material mais utilizado para a produção de células solares, a primeira célula solar foi de silício cristalino com uma eficiência limitada de 6%. (WENHAM; HONSBURG; GREEN, 1994).

A capacidade instalada de painel fotovoltaico no mundo teve uma variação de 1,4 GW de potência elétrica instalada em 2000 para mais de 102 GW em 2012, com uma proporção de mais de 70 GW para a Europa; 8,3 para a China; 7,7 para os Estados Unidos e 6,9 para o Japão. A previsão global da capacidade de células fotovoltaicas para 2017 será de 290 a 420 GW de potência instalada (EPIA 2013).

Embora a capacidade instalada de energia fotovoltaica pareça insignificante em comparação as outras formas de geração de energia, o Brasil tem um enorme potencial de energia solar em seu território, cobrindo mais de 8,5 milhões km². Rütther (2010) compara o potencial de geração de energia solar fotovoltaica do Brasil com a Alemanha, a qual se destaca em números de painel solar instalado. Verifica-se nos mapas da radiação solar incidente que a radiação solar na região mais ensolarada da Alemanha é 40% menor do que na região menos ensolarada do Brasil, isso prova o grande potencial de geração de energia solar fotovoltaica do Brasil. De acordo com o atlas de energia solar, a média anual brasileira de radiação

solar global horizontal varia de 3,89 a 5,56 kWh / m² ao dia (PEREIRA et al., 2012). A Alemanha, em 2013, foi o país com a maior capacidade fotovoltaica instalada no mundo, no entanto, sua região com a melhor incidência média anual de luz solar recebe cerca de 1300 kWh / m² por ano, enquanto que a região brasileira com a pior incidência solar recebe 1500 kWh / m² por ano (MIRANDA; SZKLO; SCHAEFFER, 2015). A Figura 3 mostra o mapa solarimétrico anual da região sudeste

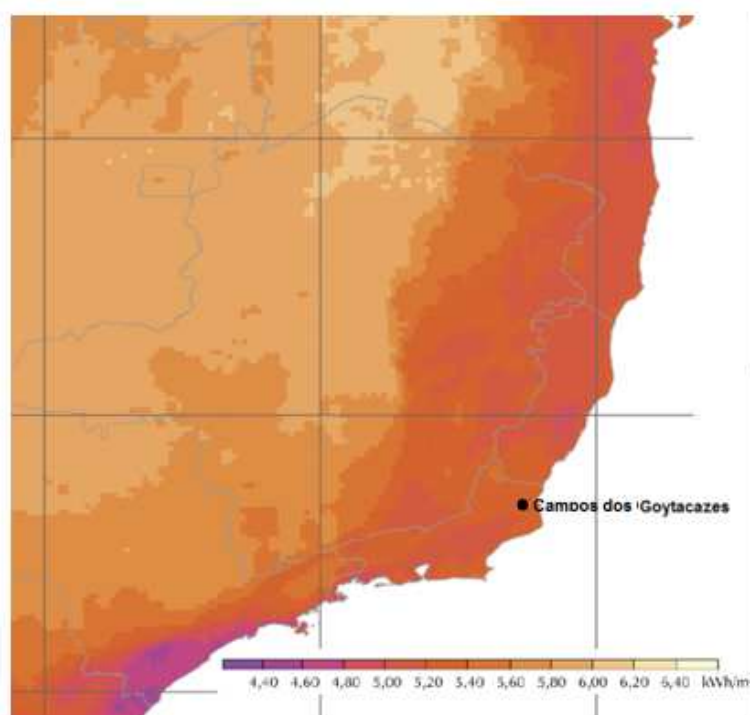


Figura 3. Potencial de energia solar da região sudeste
Fonte: Antora (2014)

3.5.4. Geração Distribuída

A geração distribuída de energia tem como característica principal a instalação da central geradora próxima a carga de consumo, normalmente na rede de distribuição do sistema ou mesmo após o sistema de medição do consumidor (ACKERMANN et al., 2001). Esta peculiaridade é de grande relevância, pois minimiza perdas durante o transporte e pode evitar a necessidade de extensas linhas de transmissão de energia.

No Brasil, a principal característica do sistema elétrico é a utilização de

grandes instalações que centralizam a produção de eletricidade, essa energia é transportada através de extensas linhas de transmissão e distribuição. Em contraste com este modelo surge a geração distribuída de energia elétrica, os geradores estão localizados perto dos consumidores, causando a redução do impacto ambiental e as perdas que ocorrem no transporte da energia (ZANGIABADI et al., 2011).

Os sistemas de geração distribuída têm muitas vantagens, incluindo a elevada segurança do fornecimento, geração de energia de alta eficiência e alta adaptabilidade às mudanças na demanda (MILEWSKI; SZABŁOWSKI; KUTA, 2012). Geração distribuída e fontes de energias renováveis têm atraído grande interesse e são consideradas essenciais, tendo em vista dois objetivos políticos: aumentar a segurança energética e reduzir a dependência de combustíveis fósseis, como o petróleo, gás natural e carvão; e também, reduzir as emissões de gases de efeito estufa, especialmente dióxido de carbono pela queima de combustíveis fósseis (BUDZIANOWSKI, 2010).

3.5.5. Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD)

O Governo Federal lançou, em dezembro de 2015, o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), portaria 538/2015 do Ministério de Minas e Energia, para ampliar e aprofundar as ações de estímulo à geração de energia pelos próprios consumidores, com base nas fontes renováveis de energia, em especial a solar fotovoltaica.

O ProGD traz como objetivos: promover a ampliação da geração distribuída de energia elétrica, com base em fontes renováveis e cogeração; incentivar a implantação de geração distribuída em edificações públicas, tais como escolas, universidades e hospitais, e também, edificações comerciais, industriais e residenciais. Uma das metas do ProGD é a redução das emissões de gases de efeito estufa em relação aos níveis de 2005, reduzir em 37% até 2025, e em 43% até 2030.

O programa tem como metas para 2030 investir R\$ 100 bilhões e atingir a adesão de 2,7 milhões de unidades consumidoras, geração de 48 milhões de MWh

(metade da geração de Itaipu em um ano), isso corresponde a uma redução na emissão de 29 milhões de toneladas de CO₂.

3.5.6. Crédito de Energia

De acordo com a resolução normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015, da ANEEL, caso a energia excedente injetada na rede seja superior à consumida, cria-se um “crédito de energia” que não pode ser revertido em dinheiro, mas pode ser utilizado para abater o consumo da unidade consumidora nos meses subsequentes ou em outras unidades de mesma titularidade (desde que todas as unidades estejam na mesma área de concessão), com validade de 60 meses.

Um exemplo é o da microgeração por fonte solar fotovoltaica: durante o dia, a “sobra” da energia gerada pela central é passada para a rede; à noite, a rede devolve a energia para a unidade consumidora suprir sua necessidade. Portanto, a rede funciona como uma bateria, armazenando o excedente até o momento em que a unidade consumidora necessite de energia proveniente da distribuidora.

3.6.7. Tecnologias Fotovoltaicas

Segundo Agrawal e Tiwari, (2011) atualmente, muitas tecnologias de células fotovoltaicas estão presentes no mercado com diferentes eficiências. As tecnologias mais utilizadas são: Células de silício monocristalino (c-Si); Células de silício policristalino (x-Si); Células de silício amorfo (a-Si); Células telureto de cádmio (CdTe); Célula de cobre, índio, gálio e selênio (CIS/CIGS).

Existem três gerações diferentes de módulos fotovoltaicos que são identificadas com base nas características do material semicondutor utilizado. A primeira geração são células de silício cristalino (monocristalino e policristalino) agora amplamente comercializada; a segunda geração são células de silício amorfo, comercializada apenas há alguns anos, possuem baixa eficiência de conversão, mas são utilizadas quando há necessidade de flexibilidade quanto a estrutura do local da instalação; a terceira geração, atualmente em fase de investigação e

desenvolvimento são células orgânicas, tais como células foto eletroquímica, células sensibilizadas por corante (FRAUNHOFER, 2012).

3.5.7.1. Painel Fotovoltaico de Silício Monocristalino

Este painel é formado por barras cilíndricas de silício monocristalino produzidas em fornos especiais, em que os átomos seguem um padrão repetitivo simétrico, embora não necessariamente este padrão é o mesmo em todas as direções (SU; WU; CHENG, 2012).

As células de silício monocristalino são historicamente as mais usadas e comercializada como conversor direto de energia solar em eletricidade, sua fabricação começa com o cristal de dióxido de silício. Este material é desoxidado em grandes fornos, purificado e solidificado, o processo atinge um grau de pureza entre 98 e 99% o que é razoavelmente eficiente sob o ponto de vista energético. Para este painel de silício funcionar como células fotovoltaicas necessita de outros dispositivos semicondutores com um grau de pureza maior, devendo chegar na faixa de 99,99%.

Dentre as células fotovoltaicas que utilizam o silício como material base, as monocristalinas são, em geral, as que apresentam as maiores eficiências, podendo atingir uma eficiência de até 15% e 18% em células feitas em laboratórios.

3.5.7.2. Painel Fotovoltaico de Silício Policristalino

Células de silício policristalino são construídas de pequenos grãos de cristal de diferentes fontes, onde seus átomos são organizados com orientações aleatórias. A qualidade deste tipo de células não é tão boa como o silício monocristalino, devido à apresentação de muitos defeitos nas bordas, no entanto, os custos de produção são muito mais baixos. (FRAAS; PARTAIN, 2010).

O processo de pureza do silício utilizada na produção das células de silício policristalino é similar ao processo do silício monocristalino, o que permite obtenção de níveis de eficiência compatíveis. Basicamente, as técnicas de fabricação de células policristalinas são as mesmas na fabricação das células monocristalinas,

porém com menores rigores de controle.

3.5.7.3. Painel Fotovoltaico de Silício Amorfo (A-Si)

Amorfo (não cristalizado) de silício é a tecnologia de película fina mais popular, algumas das variedades de silício amorfo são carboneto de silício amorfo, germânio de silício amorfo, silício microcristalino, e silício nitreto amorfo (YANG; BANERJE; GUHA, 2003).

Uma célula de silício amorfo difere das demais estruturas cristalinas por apresentar alto grau de desordem na estrutura dos átomos. A utilização de silício amorfo para uso em fotocélulas tem mostrado grandes vantagens tanto nas propriedades elétricas quanto no processo de fabricação (SU et al., 2012).

3.5.8. Impactos ambientais da energia fotovoltaica

Espera-se que o tempo de vida dos painéis fotovoltaico excede 20 anos de uso, portanto não há uma grande quantidade de lixo eletrônico descartado derivado de painéis solares (PAIANO, 2015). A previsão, no entanto, é que, a partir de 2020, a quantidade de módulos descartados adquirirá grandes proporções. Em 2035, por exemplo, estima-se que cerca de um milhão de toneladas de módulos solares devem ser descartados. É muito importante o planejando do que vão fazer com este volume de descarte, a reciclagem apresenta-se como um caminho adequado para este tipo de problema (BABU; PARANDE; BASHA, 2007). Várias ferramentas, incluindo a avaliação do ciclo de vida, análise de fluxo de material, análise multicritério e responsabilidade do produtor, foram desenvolvidas para auxiliar no gerenciamento da destinação do descarte dos painéis fotovoltaicos, especialmente nos países desenvolvidos (KIDDEE; NAIDU; WONG, 2013).

É necessário fazer a avaliação dos riscos para a eliminação dos painéis solares, pois os descartes em locais inadequados podem gerar grandes impactos ambientais. Fthenakis, (2000) afirma que tais dispositivos podem liberar cádmio e chumbo, ambos prejudiciais ao meio ambiente. Wang e Xu, (2014) apontam que as

frações não-metálicos de lixo eletrônico podem ser também uma ameaça ambiental.

3.5.9. Métodos de Decisão Multicritério

No momento em que uma decisão deve ser tomada, um conjunto diferente de informações, valores, alternativas e preferências estão disponíveis. Identificar as alternativas, escolher entre elas e encontrar a melhor solução é o principal problema para os tomadores de decisão (TAHRI, 2015). Muitos processos de planejamento, incluindo o planejamento das energias renováveis, usam vários Métodos Multicritérios de Tomada de Decisão (MCDMs) que utilizam uma série de passos semelhantes para cumprir a tarefa: definição do problema, identificação de alternativas, seleção dos critérios, preparação da matriz de decisão e atribuição dos pesos para critérios. Há muitos MCDMs diferentes que podem ser utilizados na análise de políticas de energia, como ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*), PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrich,ment Evaluation*), AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e outros (SÁNCHEZ-LOZANO, 2015).

AHP é um método multicritério de tomada de decisão que foi proposto em 1970 por Saaty. Ele tem sido usado extensivamente para a análise e a estruturação de problemas de decisão complexos. O método AHP pode ser usado para ajudar os tomadores de decisão a calcular o peso para cada critério, utilizando julgamentos e comparação de pares (SAATY; SHANG, 2011). O AHP foi utilizado como ferramenta para a tomada de decisão na seleção de um sistema de fornecimento de energia elétrica para propriedades rurais litorâneas localizadas no Norte do Estado do Rio de Janeiro (MENDES et al., 2013). O método AHP proposto por Saaty é demonstrado, de forma sequencial, no Quadro 3.

Resumo do método AHP, segundo Saaty			
Seqüência	Nº Equação	Equação	Descrição da equação
1º Passo	Eq. 1	$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$	Formação das matrizes de decisão. Expressa o número de vezes em que uma alternativa domina ou é dominada pelas demais (ARAYA et al., 2004).
2º Passo	Eq. 2	$W_i = \left(\prod_{j=1}^n W_{ij} \right)^{1/n}$	Cálculo do autovetor (W_i). Consiste em ordenar as prioridades ou hierarquias das características estudadas (COSTA, 2006).
3º Passo	Eq. 3	$T = \left[\frac{W_1}{\sum W_i}; \frac{W_2}{\sum W_i}; \frac{W_3}{\sum W_i} \right]$	Cálculo de Normalização dos autovetores. Possibilita a comparabilidade entre os critérios e alternativas (COSTA, 2006).
4º Passo	Eq. 4	$\lambda_{\text{máx}} = T \times W$	Índice que relaciona os critérios da Matriz de Consistência e os pesos dos critérios (COSTA, 2006).
5º Passo	Eq. 5	$IC = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{(n - 1)}$	Índice de Consistência (IC). Permite avaliar o grau de inconsistência da matriz de julgamentos pareados (COSTA, 2006).
6º Passo	Eq. 6	$RC = \frac{IC}{CA}$	Razão de Consistência (RC). Permite avaliar a inconsistência em razão da ordem da matriz de julgamentos. Caso o valor seja maior que 0,10, revisar o modelo e, ou, os julgamentos (COSTA, 2006).

Quadro 3. Resumo do Método AHP
Fonte: Mendes et al. (2013)

3.6. METODOLOGIA

3.6.1. Escolha das alternativas

Neste trabalho empregou-se o método AHP para selecionar a melhor alternativa de tecnologia de painel fotovoltaico para compor a planta energética do IFFluminense. Foi utilizado o programa computacional IPÊ, versão 1.0, software que aplica o método AHP para a distribuição do peso dos critérios e seleção da melhor alternativa (COSTA, 2004).

Dentre as tecnologias de painéis fotovoltaicos conhecidos no mercado: Silício Monocristalino; Silício Policristalino; Silício Amorfo, de Telureto de cádmio, de Cobre, de Índio e de Gálio Seleneto; Células solares fotovoltaicas orgânicas; Painel Solar Híbrido, decidiu-se aplicar como alternativas de ação, segundo consulta à literatura, três desses tipos de painéis considerados os mais usados: o Monocristalino, Policristalino e Silício Amorfo (CHECA; ROSERO; CRUZ, 2016; TOSSA et al., 2016; JUMRUSPRASERT et al., 2009; BRUTON, 2002).

A Figura 4 apresenta as três tecnologias de painéis solares avaliadas neste estudo.



Figura 4. Tecnologias Empregadas nos Painéis Fotovoltaicos
 Fonte: Elaborado pelo Autor (2016)

3.6.2. Escolha dos critérios

Os critérios usados na modelagem foram selecionados mediante consulta à literatura de artigos científicos indexados na base *Scopus*. Utilizou-se as seguintes palavras-chave acerca do tema para realizar as buscas: (*solar panel*) and (*solar energy*) and (*multicriteria*). Foram encontrados 227 artigos, em seguida, foram descartados 19 artigos publicados em livros e 08 artigos publicados em capítulos de livros.

Após a análise dos títulos e resumos dos 200 artigos que restaram, foram selecionados 26 para leitura e análise na íntegra, sendo considerados relevantes e aderentes com o estudo em questão. Os demais artigos foram desconsiderados em função da falta de aderência e relevância ao tema central da pesquisa. Com base nestes artigos foram definidos os critérios: custo do painel, potência nominal, corrente elétrica, eficiência, coeficiente de temperatura e degradação.

Na montagem da tabela com valores dos critérios avaliados, Tabela 8, consultou-se sitio de fabricantes de painel fotovoltaicos (Canadian Solar, Yingli Solar, Sunpower, schott Solar, Suntech e Trina Solar) e artigos científicos. Os valores dos critérios custo do painel, potência nominal, corrente elétrica e coeficiente de temperatura foram extraídos de fabricantes de painel solar, tais como: Canadian Solar, Yingli Solar, Sunpower, schott Solar, Suntech e Trina solar. Para os demais critérios, eficiência e degradação, levou-se em consideração pesquisa científica de

artigos referentes a painel fotovoltaico. Ver Tabela 5 que mostra o resumo dos critérios.

3.6.3. Custo do Painel

Os custos dos painéis fotovoltaicos foram apresentados na forma de Dólar por m^2 , isso facilitará futuras cotações, devido ao Dólar ser mais estável que o Real. Para avaliar os custos foram consultados o sitio dos fabricantes internacionais: Canadian Solar, Yingli Solar, Sunpower, schott Solar, Suntech e Trina Solar. Após listar os preços desses fabricantes, referentes às três tecnologias estudadas, foram apresentadas as médias desses valores como resultado final para cada tecnologia, ver Tabela 8.

O custo inicial do painel fotovoltaico é uma das principais características que tornam os projetos desta natureza inviáveis. No entanto, este custo vem diminuindo gradativamente nos últimos anos. Segundo Grossmann et al., (2012), as constantes melhorias tecnológicas vêm colaborando para a redução dos custos de produção de painéis pela indústria, tornando as perspectivas econômicas deste segmento mais atraentes. Os preços do painel solar, que em 2001 era em média US \$ 5,5 / Wwpico (Wp) passou para menos de US \$ 1 / Wp.

Zhang et al.(2012) adotaram o critério custo de investimento dentre outros cinco critérios para avaliar as opções de escolha da melhor fonte geradora de energia limpa (solar, eólica, biomassa e nuclear) em uma província da China. Garni et al.,(2016) utilizaram o subcritério custo de aquisição dentro do critério econômicos ao proporem um método de decisão multicritério com base no processo de hierarquia analítica para avaliar cinco fontes de geração de energia renovável: solar fotovoltaica, solar concentrada, eólica, biomassa e geotérmica.

3.6.4. Potência Nominal

Os valores das potências apresentadas para cada tipo de tecnologia, Watts por m^2 foram extraídos do sitio dos fabricantes internacionais: Canadian Solar, Yingli

Solar, Sunpower, schott Solar, Suntech e Trina Solar. Após listar as potências dos painéis desses fabricantes, referentes às três tecnologias estudadas, foram apresentadas as médias desses valores como resultado final para cada tecnologia (Tabela 8).

A potência nominal é a potência do painel solar sob as condições STC (traduzido para o português significa Condições de Teste Padrão) a um índice de irradiação solar de 1000W/m^2 com uma temperatura de 25°C . Todos os fabricantes testam seus painéis sob estas condições, que são padrão e reconhecidas mundialmente (ERGE; HOFFMANN; KIEFER, 2001).

Cucchiella; D'Adamo (2012) apontam na análise econômica de sistemas fotovoltaicos nas regiões da Itália que a potência do painel fotovoltaico é um dos fatores que contribuem para o desempenho econômico de um investimento de energia solar.

3.6.5. Corrente

Conforme Tabela 8, os valores das correntes referente a cada tipo de tecnologia foram extraídos do site dos fabricantes internacionais: Canadian Solar, Yingli Solar, Sunpower, schott Solar, Suntech e Trina Solar. Após listados, esses valores foram apresentados em forma de médias como resultado final para cada tecnologia.

O número de células em um painel fotovoltaico é determinado pelas necessidades de tensão e corrente da carga a se alimentada. A corrente gerada depende fundamentalmente da radiação solar no painel, segundo Nambiar et al. (2015) a irradiação solar é diretamente proporcional a corrente elétrica gerada no painel fotovoltaico.

3.6.6. Eficiência do Painel

O valor desse critério foi apresentado, Tabela 8, após consulta à literatura dos artigos (AHMAD et al., 2016; PONCE-ALCANTARA et al., 2014; ZHANG et al., 2012)

onde pode quantificá-los conforme cada tipo de tecnologia. A eficiência se refere à porcentagem (%) de conversão da energia do sol que atinge a superfície do painel fotovoltaico que é transformada em energia elétrica para o consumo, ou seja, quantos Watts/hora por m² o painel solar gera. Quanto maior for a eficiência do painel fotovoltaico, mais Watts por metro quadrado o sistema fotovoltaico irá gerar.

O comportamento do painel fotovoltaico em relação à eficiência foi descrito na literatura Zhang et al. (2012) que apresenta as faixas de eficiências típicas das células de silício monocristalino (16 a 24%), células de silício policristalino (14 a 18%) e células de silício amorfo (4 a 10%).

Os fatores ambientais também influenciam na eficiência do painel fotovoltaico, um aumento de 10 °C na temperatura de funcionamento do painel fotovoltaico cristalino reduz a potência de saída em cerca de 5%, considerando que todas as outras condições estejam constantes. No entanto, a perda de potência em tecnologias amorfa é cerca da metade dos materiais cristalinos, portanto, a tecnologia amorfa pode ser favorável em climas bastante quentes (PONCE-ALCANTARA et al., 2014).

Segundo Ahmad et al. (2016) a temperatura desempenha um importante papel na eficiência do painel solar. Estes autores, ao analisarem a eficiência de painéis fotovoltaicos em diferentes temperaturas, observaram que a potência, a tensão e o desempenho são influenciados pela variação da temperatura. Neste caso, a potência máxima e a eficiência são diminuídas pelo aumento da temperatura no painel solar.

Como resultado da realização desta experiência, percebeu-se que não apenas a área geral para a colocação de uma usina de energia solar é importante, mas a localização exata precisa ser considerada quando se projeta uma planta de energia solar, uma vez que cada local tem características climáticas específicas.

3.6.7. Coeficiente de Temperatura

O valor do coeficiente de temperatura do painel fotovoltaico apresentado para cada tecnologia, conforme Tabela 8, foi extraído do site dos fabricantes

internacionais: Canadian Solar, Yingli Solar, Sunpower, schott Solar, Suntecha e Trina Solar.

O coeficiente de temperatura é um número que descreve a forma como o painel solar fotovoltaico lida com temperaturas quentes - onde quente é definido como uma temperatura maior que 25 graus Celsius.

As unidades deste coeficiente são expressas em porcentagem por graus celsius ($\%/^{\circ}\text{C}$). Quanto menor esse número, melhor é o coeficiente de temperatura.

3.6.8. Degradação do Painel Solar

Após consulta à literatura dos artigos (JORDAN; KURTZ, 2013; NDIAYE et al., 2013), o valor desse critério foi apresentado para cada tipo de tecnologia, ver Tabela 8.

A degradação é o resultado de uma progressão de perda de potência ou de desempenho do painel fotovoltaico. Em quase todos os casos, os principais fatores ambientais relacionados com os mecanismos de degradação incluem temperatura, umidade, infiltração de água e intensidade ultravioleta (NDIAYE et al., 2014).

Em vários estudos de casos, as taxas de degradação média demonstrada são altamente variável, mas geralmente tem se afirmado que as tecnologias cristalinas (monocristalino e policristalino) sofrem degradação em seus componentes, que resulta perda de eficiência, a uma taxa de 0,8% ao ano. Por outro lado, as tecnologias de filme fino (amorfo) têm uma taxa de degradação de cerca de 1,5% por ano (Jordan; Kurtz, 2013).

Os painéis fotovoltaicos com menor taxa de degradação em um determinado clima possui maior vida útil, podendo ultrapassar a garantia estabelecida pelo fabricante. Além disso, a degradação do sistema fotovoltaico é fortemente influenciada pelo tipo de tecnologia de painel, e é impulsionado principalmente pela temperatura, umidade, qualidade do ar e de ciclos térmicos (JORDAN; KURTZ, 2013).

Tabela 5. Descrição, origem, unidade e direção do vetor de preferência dos 6 critérios usados no problema

Crítérios	Descrição	Origem dos dados	Escala Unidade	Direção de Preferência
1.Custo do Painel	Refere-se ao valor comercial do painel solar.	Canadian Solar, Yingli Solar, Sunpower, schott Solar, Suntecha e Trina solar)	U\$/m ²	Minimização
2. Potência Nominal	É a quantidade de energia produzida, em Watts, pelo painel solar em certo intervalo de tempo.	Canadian Solar, Yingli Solar, Sunpower, schott Solar, Suntecha e Trina solar)	Watts/m ²	Maximização
3.Corrente Elétrica	É gerada no painel solar a partir da radiação solar, o seu valor definirá a demanda de carga que poderá ser atendida pelo sistema.	Canadian Solar, Yingli Solar, Sunpower, schott Solar, Suntecha e Trina solar	Ampere/m ²	Maximização
4.Eficiência	Refere-se à porcentagem (%) de conversão da energia do sol que atinge a superfície do painel fotovoltaico que é transformada em energia elétrica para o consumo	(AHMAD et al., 2016) (PONCE-ALCANTARA et al., 2014) (ZHANG et al., 2012)	%	Maximização
5.Coefficiente de temperatura	Número que descreve a forma como o painel solar fotovoltaico lida com temperaturas quentes	Canadian Solar, Yingli Solar, Sunpower, schott Solar, Suntecha e Trina solar	%/°C	Minimização
6.Degradação	Resultado de uma progressão de perda de potência ou de desempenho do painel fotovoltaico	(JORDAN; KURTZ, 2013) (NDIAYE et al., 2013)	Numeral	Minimização

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

3.6.9. Definição de Peso dos Critérios

Os pesos dos critérios foram determinados por meio de aplicação de questionários a especialistas. Na mesma pesquisa da base *Scopus*, que determinou os 26 artigos para seleção dos critérios, selecionou-se os 6 mais citados, para encaminhamento de questionário aos autores desses artigos, com a finalidade de atribuírem pesos aos critérios. Dos 6 questionários enviados por e-mail, apenas 3 especialistas responderam à pesquisa atribuindo os devidos pesos dos critérios conforme escala de importância (1- Muito baixa; 2 – Baixa; 3 – Média; 4 Alta; 5 Muito alta), ver Tabela 7.

3.6.10. Estrutura Hierárquica do Problema

A árvore da estrutura hierárquica (Figura 5) auxilia, de forma clara, na solução do problema. Nela observam-se as três alternativas de tecnologias de painéis solar (A1 Monocristalina, A2 Policristalina e A3 Amorfo) e os seis critérios selecionados: custo de aquisição, em R\$/m²; potência nominal, em Watt/m²; Corrente, em Ampere/m²; Eficiência, em %; Coeficiente de temperatura; e degradação ao ano.

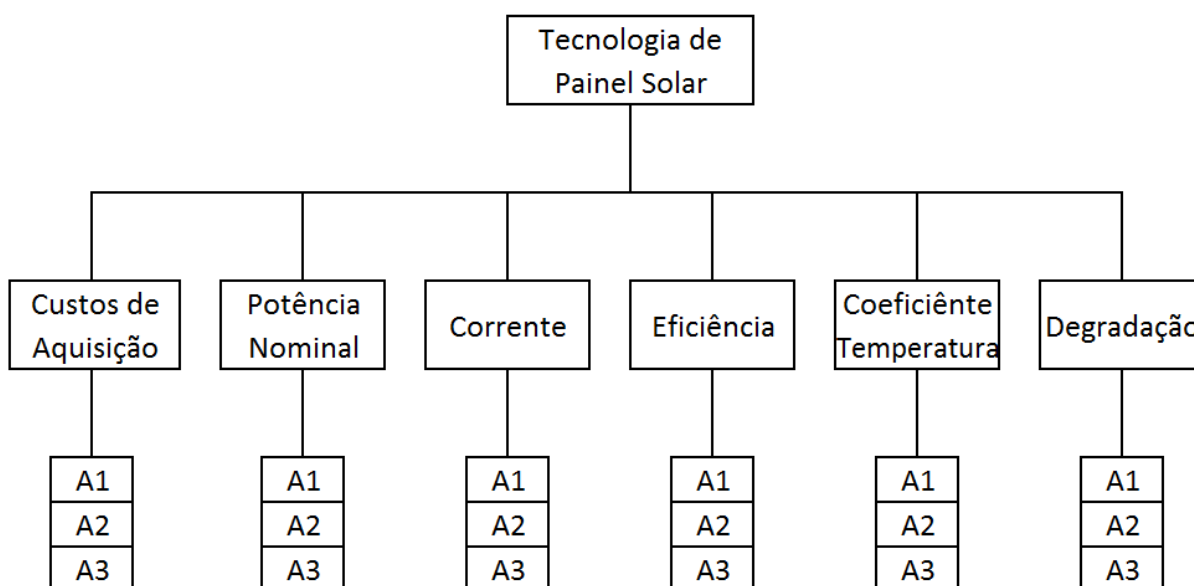


Figura 5. Estrutura hierárquica do problema proposto. A1 Monocristalina, A2 Policristalina e A3 Amorfo indicam as alternativas de ação.
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

A última etapa do processo de tomada de decisão em relação ao problema proposto consistiu na inserção das alternativas e dos critérios no software IPÊ 1.0 para obtenção dos resultados finais do trabalho.

3.6.11. Viabilidade Técnica do Projeto

Para o dimensionamento da quantidade de placa solar, fez-se necessário seguir as orientações fornecidas no sítio da AtomRA, empresa especializada em engenharia de energias renováveis, obedecendo as seguintes etapas: Primeiramente, pesquisou a localização das coordenadas geográficas da cidade de

Campos dos Goytacazes, com o auxílio da ferramenta Google Maps, encontrou-se as coordenadas 21,7°S e 41,324°O.

Em seguida, inseriu-se as coordenadas geográficas longitudinal e latitudinal no programa SunData, – Sistema de dados direcionado a cálculos de irradiação solar diária, média mensal no território brasileiro, e a primeira parte dos resultados fornecidos foram os índices solarimétrico das três localidades mais próximas, ver Tabela 6.

Tabela 6. Radiação solar diária média em kWh/m².dia do município de Campos dos Goytacazes/RJ.

Município	UF	País	Média da irradiação solar diária (KWh/m ² , dia)														
			Latitude	Longitude	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Campos dos Goytacazes	RJ	Brasil	21,7°S	41,324°O	6,2	6	5,4	4,4	4,1	3,6	4	4,3	4,3	4,9	5,3	5,7	4,82

Fonte: Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito¹ (2016)

O levantamento solarimétrico é de extrema importância para o dimensionamento de qualquer sistema fotovoltaico, uma vez que ele indica a disponibilidade de radiação solar local.

O índice solarimétrico da CRESESB é demonstrado pela grandeza kWh/m².dia, isto é, representa a quantidade de watts que incidem em uma área de 1 metro quadrado durante 1 dia. Este resultado representa uma estimativa média anual do índice solarimétrico.

Para calcular a energia que as placas fotovoltaicas produzirão em relação à área destinada a instalação, foi utilizada a Equação 1, onde EP_{dia} representa a energia produzida em KWh no período de dia em uma área específica, AT é a área total em metros quadrados onde serão instaladas as placas fotovoltaicas, GP corresponde a geração do painel fotovoltaico escolhido pelo método AHP em Watts por m² (ver resultado), IS é a média do Índice Solarimétrico do local e 0,83 representa a eficiência do projeto fotovoltaico (inferência padrão) considerando

¹ Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php#sundata>>. Acesso em: 15 abr 2016.

perdas na geração e na transmissão de potência.

$$EP_{\text{ata}} = \frac{AT * GP * IS * 0,83}{1.000} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Equação 1. Cálculo da Energia que as Placas Fotovoltaicas produzirão em relação à Área Destinada a Instalação.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

Também foi utilizada da Equação 2 tem por finalidade o cálculo da área necessária onde serão instalados os painéis fotovoltaicos, na qual, atenderão a demanda de energia. AN representa a Área Necessária, C é o Consumo em Watts no dia, IS significa o Índice Solarimétrico do local, GP representa a Geração do Painel em Watts por m² e 0,83 representa a eficiência do projeto fotovoltaico (inferência padrão) considerando perdas na geração e na transmissão de potência.

$$AN = \frac{C}{IS * GP * 0,83} \quad (\text{Fórmula 2})$$

Equação 2. Cálculo da Área necessária onde serão instalados os Painéis Fotovoltaicos.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

3.7. RESULTADOS

A Tabela 7 apresenta os pesos dos critérios extraídos dos questionários respondidos pelos especialistas, conforme escala de importância: 1 - Muito baixa; 2 – Baixa; 3 – Média; 4 Alta; 5 Muito alta.

Tabela 7. Pesos dos critérios de acordo com especialistas

CRITÉRIOS	ESPECIALISTA 1	ESPECIALISTA 2	ESPECIALISTA 3
CUSTO DE AQUISIÇÃO	4	5	5
POTÊNCIA NOMINAL	5	3	5
CORRENTE	1	5	5
EFICIÊNCIA	5	5	5
COEFIC. TEMPERATURA	2	3	5
DEGRADAÇÃO	3	4	5

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

Especialista 1							Especialista 2						Especialista 3							
	C1	C2	C3	C4	C5	C6		C1	C2	C3	C4	C5	C6		C1	C2	C3	C4	C5	C6
C1	1	1/2	6	1/2	4	2	C1	1	4	1	1	4	2	C1	1	1	1	1	1	1
C2	1/2	1	8	1	6	4	C2	1/4	1	1/4	1/4	1	1/2	C2	1	1	1	1	1	1
C3	1/6	1/8	1	1/8	1/2	1/4	C3	1	4	1	1	4	2	C3	1	1	1	1	1	1
C4	1/2	1	8	1	6	4	C4	1	4	1	1	4	2	C4	1	1	1	1	1	1
C5	1/4	1/6	2	1/6	1	1/2	C5	1/4	1	1/4	1/4	1	1/2	C5	1	1	1	1	1	1
C6	1/2	1/4	4	1/4	1/2	1	C6	1/2	2	1/2	1/2	2	1	C6	1	1	1	1	1	1
Razão de consistência 0,036							Razão de consistência 0,036						Razão de consistência 0,000							

Quadro 4. Matrizes dos pesos dos critérios nas três modelagens propostas. As razões de consistência atendem o axioma da comparação recíproca, pois estão abaixo de 0,1.
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

A Tabela 8 apresenta os valores dos critérios avaliados comparado à luz de cada alternativa. Essa base quantitativa e qualitativa norteou a estruturação das demais matrizes comparativas.

Tabela 8. Valores dos critérios avaliados. Entre parênteses o desvio padrão.

TECNOLOGIAS	CUSTO/M2	POTÊNCIA (STC)/M2	CORRENTE (STC)/M2	EFICIÊNCIA	COEFICIENTE TEMPERATURA	DEGRADAÇÃO AO ANO
	U\$	W	A	%		
MONOCRISTALINO	212,08	151,01	4,92	0,1417	0,44	0,8
	(10,39)	(2,65)	(0,04)			
POLICRISTALINO	198,86	158,12	5,06	0,1547	0,45	0,8
	(5,70)	(4,23)	(0,31)			
AMORFO	37,08 (1,68)	75,25 (18,98)	3,22 (1,17)	8,5	0,28	1,5

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

Custo de aquisição				Potência Nominal				Corrente			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1/2	1/6	A1	1	1/2	1/4	A1	1	1/2	2
A2	2	1	1/4	A2	2	1	6	A2	2	1	4
A3	6	4	1	A3	1/4	1/6	1	A3	1/2	1/4	1
Razão de concist. 0,033				Razão de concist. 0,064				Razão de concist. 0,016			

Eficiência				Coefic. Temperatura				Degradação			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	2	8	A1	1	2	1/6	A1	1	1	8
A2	1/2	1	6	A2	1/2	1	1/8	A2	1	1	8
A3	1/8	1/6	1	A3	6	8	1	A3	1/8	1/8	1
Razão de concist. 0,016				Razão de concist. 0,019				Razão de concist. 0,001			

Quadro 5. Matrizes da avaliação das alternativas estudadas a luz dos seis critérios referente aos três modelos de tecnologia de painel fotovoltaico.
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

À luz do critério custo de aquisição por m² de acordo com a Tabela 9, a alternativa (A3) foi vencedora com 76,8% em relação às demais. Quanto à potência por m², a alternativa (A2) obteve o melhor resultado ficando com 64,6%. A alternativa (A2), mais uma vez, foi vencedora à luz dos critérios no critério corrente com 62,3%. No critério eficiência, a alternativa (A1) foi a vencedora, com 59,5%. No que se refere ao critério coeficiente de temperatura, destacou-se a alternativa (A3), com 79%. Finalmente no critério Degradação as alternativas (A2 e A3) obtiveram o mesmo valor, ficando com 46,7%.

Tabela 9. Matriz das Prioridades Locais. Os valores destacados em cinza representam os melhores desempenhos das alternativas à luz dos critérios.

Alternativas	Custo/m ²	Potência (STC)/m ²	Corrente (STC)/m ²	Eficiência (%)	Coefficiente de temperatura	Degradação ao ano
A1	7,9	29,0	23,9	59,5	13,3	46,7
A2	15,3	64,6	62,3	34,7	7,7	46,7
A3	76,8	6,4	13,7	5,8	79,0	6,7

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

Foram feitas três simulações com os dados analisados no Método de Análise Hierárquica (AHP) com o auxílio do software IPÊ, versão 1.0, para selecionar a melhor alternativa.

Na primeira simulação, considerando o peso dada pelo especialista 1, a alternativa (A2), policristalina, foi a vencedora com 44 % em relação às demais tecnologias de painel fotovoltaicos. O especialista considerou como critérios de maior importância a potência nominal e a eficiência do painel fotovoltaico, (Tabela 7).

Na segunda simulação, conforme os pesos dados pelo especialista 2, ao rodar o software Ipê, versão 1.0, a alternativa (A2) também apresentou o melhor resultado com 37% em relação às outras. Já nessa simulação foi considerado como critério mais importante pelo especialista o custo de aquisição, a corrente e a eficiência, ver Tabela 7.

Na terceira simulação, especialista 3, todos os critérios receberam peso 5, considerados muito importante. A alternativa A2, mais uma vez, apresentou melhor resultado com 40%.

O Gráfico 3 apresenta os resultados da prioridade global, em percentual, gerados pelo software IPÊ – Seleção da tecnologia de painel fotovoltaico para atender o sistema proposto.

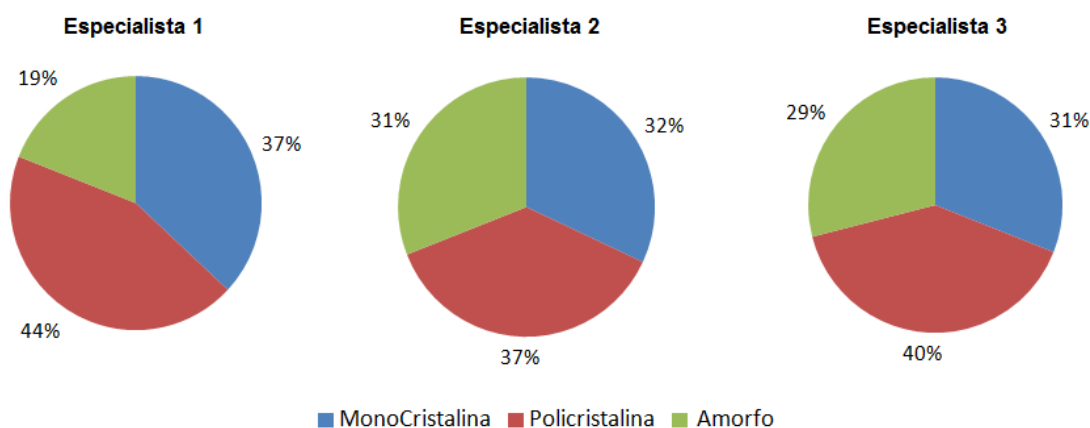


Gráfico 3. Resultados da prioridade global pelo método AHP
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

Como resultado final, a alternativa A2 foi vencedora nas três modelagens com 44%, 37% e 40% respectivamente em relação as demais tecnologias.

3.7.1. Viabilidade Técnica do Projeto

Utilizou-se as Equações 3 e 4, para calcular a energia produzida por dia das placas fotovoltaicas em relação à área de telhado destinada a instalação. Para exemplificar como os dados foram obtidos foi apresentada a equação a seguir para o Bloco A, ver Tabela 10.

$$EP_{dia} = \frac{AT * GP * IS * 0,83}{1.000}$$

Equação 3. Cálculo da energia produzida por dia das placas fotovoltaicas em relação à área de telhado destinada a instalação (1).
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

$$EP_{dia}(Bloco A) = \frac{1.950 * 158,12 * 4,78 * 0,83}{1.000} = 1.223,28 \text{ KWh}$$

Equação 4. Cálculo da energia produzida por dia das placas fotovoltaicas em relação à área de telhado destinada a instalação (2).
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

Tabela 10. Potencial de energia em relação à área de telhado do IFF

Local	Área disponível		Energia produzida KWh	
	m ²	%	dia	mês
Bloco A	1.950	13	1.223,28	36.698,53
Bloco B	5.776	38	3.623,43	108.702,93
Bloco C	2.850	19	1.787,88	53.636,31
Bloco D	658	4	412,78	12.383,40
Bloco E	783	5	491,2	14.735,87
Bloco F	943	6	591,57	17.747,03
Quadra de Esporte	2.100	14	1.317,38	39.521,49
Total	15.060	100	9.447,52	283.425,57

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).



Figura 6. Vista superior do Campus Campos Centro
Escala de redução 1:1642
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

Foi aplicada as Equações 5 e 6 são para calcular a área necessária de telhado onde serão instalados os painéis fotovoltaicos que atenderão a demanda de energia elétrica do IFFluminense. Para exemplificar como os dados foram obtidos foi apresentada a equação a seguir para o mês de janeiro, ver Tabela 11.

$$AN = \frac{C}{IS * GP * 0,83}$$

Equação 5. Cálculo da área necessária de telhado onde serão instalados os painéis fotovoltaicos que atenderão a demanda de energia elétrica do IFFluminense (1).
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

$$AN(\text{janeiro}) = \frac{517.740}{6,2 * 158,12 * 0,83} = 6.354,72 \text{ m}^2$$

Equação 6. Cálculo da área necessária de telhado onde serão instalados os painéis fotovoltaicos que atenderão a demanda de energia elétrica do IFFluminense (2).
Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

Tabela 11. Cálculo da área necessária para atender a demanda de energia elétrica do IFF

Meses 2015	Consumo IFF (KWh/mês)	Consumo IFF (KWh/dia)	Índice Solarimétrico	Geração Painel (W/m ²)	Área necessária (m ²)	Área necessária (%)
Janeiro	160.293	5.170,74	6,2	158,12	6.354,72	42
Fevereiro	174.258	6.223,50	6,0	158,12	7.903,48	52
Março	159.923	5.158,81	5,4	158,12	7.279,32	48
Abril	183.150	6.105,00	4,4	158,12	10.572,27	70
Mai	137.718	4.442,52	4,1	158,12	8.256,20	55
Junho	130.137	4.337,90	3,6	158,12	9.181,47	61
Julho	110.534	3.565,61	4,0	158,12	6.792,18	45
Agosto	96.925	3.126,61	4,3	158,12	5.540,40	37
Setembro	80.661	2.688,70	4,3	158,12	4.764,41	32
Outubro	91.539	2.952,87	4,9	158,12	4.591,81	30
Novembro	165.333	5.511,10	5,3	158,12	7.923,14	53
Dezembro	167.261	5.395,52	4,8	158,12	8.564,99	57
Média	138.144	4.556,57	4,78	158,12	7310,36	49
Desv. Padrão	35527	1231,39	0,81	-	1797,09	11,93

Fonte: Elaborado pelo Autor (2016).

Conforme Tabela 11, o consumo médio mensal do IFFluminense é de 138,14MWh e a área média necessária para produzir esta energia é de 7.310,36 m², isso corresponde a 49% da área coberta.

Com base na demanda atual (ver Tabela 11), orientamos a utilização de, no mínimo, 60% da área coberta do IFF para instalação dos painéis fotovoltaicos. Isso dará uma margem de 20% de folga para eventuais acréscimos: aumento da demanda elétrica atual ou futura degradação dos painéis fotovoltaicos.

Área Total = Demanda atual + 20%

Área Total = 7.310,36 m² + 20% = 8.772,43 m²

3.8. DISCUSSÃO

A demanda global por energia solar está crescendo, o desenvolvimento e a implantação de novas tecnologias de energia fotovoltaica também estão aumentando. A capacidade global fotovoltaica instalada cresceu cerca de 14 gigawatts (GW) em 2008 para 180 GW em 2014 (IHS, 2015), indicando que os efeitos combinados com a inovação tecnológica, os custos de produção reduzidos, e vários programas governamentais estão permitindo que a instalação desse sistema se torne economicamente viável. A implantação dos sistemas fotovoltaicos irá ajudar a atender a demanda de energia global crescente e reduzir os efeitos ambientais causados pelo consumo de combustíveis fósseis.

A Alemanha, em 2013, foi o país com a maior capacidade fotovoltaica instalada no mundo, no entanto, sua região com a melhor incidência média anual de luz solar é 40% menor do que na região menos ensolarada do Brasil, Rütther (2010). De acordo com o atlas de energia solar, a média anual brasileira de radiação solar global horizontal varia de 3,89 a 5,56 kWh / m² por dia (PEREIRA et al., 2012), na cidade de Campos dos Goytacazes essa média é de 4,82 kWh/m² por dia (ver Tabela 6), isso prova o grande potencial de geração de energia solar fotovoltaica de Campos dos Goytacazes, em especial no IFFluminense.

O custo inicial é uma das principais características que tornam os projetos de energia alternativa inviáveis. Por isso que o critério custo de aquisição fez parte da estrutura hierárquica deste trabalho. Zhang et al.(2012) adotaram o critério custo de investimento dentre outros cinco critérios para avaliar as opções de escolha da melhor fonte geradora de energia limpa (solar, eólica, biomassa e nuclear) em uma província da China. Garni et al.,(2016) utilizaram o subcritério custo de aquisição dentro do critério econômicos ao proporem um método de decisão multicritério com base no processo de hierarquia analítica para avaliar cinco fontes de geração de energia renovável: solar fotovoltaica, solar concentrada, eólica, biomassa e geotérmica.

Guenounou; Malek; Aillerie, (2016) avaliam o desempenho de várias tecnologias de painéis fotovoltaicos. Ressaltam que o painel de Silício Amorfo possui melhor desempenho em climas com temperaturas extremamente altas,

diferentemente dos painéis monocristalino e policristalino que apresentaram melhor rendimento em regiões de clima tropicais. Isso se deve ao coeficiente de temperatura, que, também, foi um dos critérios estudados nesse trabalho, quanto menor esse coeficiente melhor é o rendimento do painel, quando submetido a altas temperaturas.

Neste trabalho foi aplicado o AHP como ferramenta para escolha da melhor tecnologia de painel fotovoltaico. Segundo Ahmad et al., (2016), a falta de orientação e previsão de instrumentos adequados para a escolha da tecnologia de painel em relação ao tipo de clima causam falhas em muitos projetos, proporcionando perda de eficiência no sistema fotovoltaico.

3.9. CONCLUSÃO

O método AHP mostrou-se adequado como ferramenta de apoio à decisão multicritério para escolha de uma tecnologia de painel fotovoltaico que atenda a demanda energética do IFFluminense. A matriz de critérios foi definida considerando os aspectos financeiro (critério custo de aquisição), técnicos (critérios potência, corrente e eficiência) e climáticos (critérios coeficiente de temperatura e degradação). Quanto aos resultados, verificou-se que a tecnologia de silício policristalino foi vencedora nas três modelagens geradas pelo software IPÊ, obtendo os respectivos resultados globais: 44% na visão do primeiro especialista, 37% segundo especialista e 40% na avaliação do terceiro especialista, ver Figura 13.

O IFFluminense possui um consumo médio mensal de 138,14MWh (Tabela 11), que é fornecido exclusivamente pela concessionária de energia AMPLA. De acordo com a análise da viabilidade técnica, considerando o clima local e a tecnologia de painel fotovoltaica de silício policristalino, para atender a demanda atual com uma margem de 20%, precisaria de uma área de telhado de 8.772,43 m², que corresponde a 60% da área total de telhado. Concluímos que o IFF pode produzir toda energia elétrica que necessita por meio da geração de energia solar fotovoltaica, utilizando a tecnologia de painel solar silício multicristalino. No período da noite, momento que não há geração de energia nos painéis fotovoltaicos, a concessionária AMPLA forneceria a energia necessária por meio do sistema de

devolução dos créditos de energia gerado em excesso durante o dia.

De acordo com a análise da viabilidade técnica, considerando o clima local e a tecnologia de painel fotovoltaica escolhida, o IFFluminense poderia produzir toda energia elétrica que necessita por meio da geração de energia solar fotovoltaica utilizando 60% da área total de telhado. Conclui-se que o IFFluminense possui área de telhado necessária para a implantação de uma micro usina geradora de energia fotovoltaica.

3.10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, T.; ABBASI, S. A. Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n.3, p. 919-937. 2010. Disponível em: <<https://www.sciencebase.gov/catalog/item/5140be2ae4b06685e5db9736>>. Acesso em: 13 jun 2016.

ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SÖDER, L. Distributed generation: a Definition **Electric Power Systems Research**, v. 57, n. 3, p. 195–204, abr; 2001. Disponível em: <http://cpd.utc.sk/kvesnew/dokumenty/EEAJ/T2_03_Distributed_Generation_from_m itenergyclub_com.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL, 2004). **Resolução Normativa n ° 77/2004**: estabelece Os Procedimentos vinculados à Redução das Tarifas de uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão e de Distribuição, Para Empreendimentos hidroelétricos e aqueles com base de em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, cuja Potência injetada nsa Sistemas de Transmissão e Distribuição SEJA menor UO igual a kW 30.000,. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=101096>>. Acesso em: 21 maio 2016.

_____. (ANEEL, 2012a). **Resolução Normativa n ° 482/2012**: estabelece como condições gerais para o acesso de micro geração e mini-geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2016.

_____. (ANEEL, 2012b). **Resolução Normativa n. 517/2012**: altera a Resolução Normativa n.º 482, de 17 de abril de 2012, EO Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST). Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2016.

_____. (ANEEL, 2014). **Informações Gerenciais**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/informacoes-gerenciaisf>>. Acesso em: 21 maio 2016.

AGRAWAL, S.; TIWARI, G. N. Energy and exergy analysis of hybrid micro-channel photovoltaic thermal module. **Solar Energy**, v. 85, n. 2, p. 356–370, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/241076787_Energy_and_exergy_analysis_of_hybrid_micro-channel_photovoltaic_thermal_module>. Acesso em: 12 maio 2016.

AHMAD, N. I. et al. **Effect of temperature on a poly-crystalline solar panel in large scale solar plants in Malaysia**. New York-USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7409547/>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

AMAN, M. M. et al. A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 1190–1204, 2015. Disponível em: <<http://repository.um.edu.my/41587/1/Paper%20Mohsin%202015.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BABU, B. R.; PARANDE, A. K.; BASHA, C. A. Electrical and electronic waste: A global environmental problem. **Waste Management Resources**, v. 25, n. 4, p. 307–318, 2007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17874657>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano decenal de expansão de energia 2021**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Sumario%20PDE%202021.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BRUTON, T. . General trends about photovoltaics based on crystalline silicon. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 72, n. 1–4, p. 3–10, abr; 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228460900_General_trends_about_photovoltaics_based_on_crystalline_silicon>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BUDZIANOWSKI, W. M. Negative net CO₂ emissions from oxy-decarbonization of biogas to H₂. **International Journal of Chemical Reactor Engineering**, v. 8, 2010. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/274269640_Negative_Net_CO2_Emissions_from_Oxy-Decarbonization_of_Biogas_to_H2>. Acesso em: 20 mar. 2016.

CHECA, F. J. E.; ROSERO, E. E.; CRUZ, O. F. E de la Comparison between the energy generated from three types of c-Si photovoltaic modules and the temperature and irradiance of the city of Pasto, Colombia. In: INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES (ISGT) LATIM AMERICA, 2015, 5-7 out, Montivideo-Uruguay. **Proceeding....** New York-USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7381251/>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

COSTA, Helder Gomes. **IPÊ 1.0: guia do usuário**. Niterói-RJ: Universidade Federal Fluminense, 2004. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/11571375-lpe-1-0-guia-do-usuario-helder-gomes-costa-universidade-federal-fluminense-departamento-de-engenharia-de-producao-hgc-vm-uff-br.html>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I. Feasibility study of developing photovoltaic power projects in Italy: an integrated approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n.3, p. 1562–1576, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/232575123_Feasibility_Study_of_Developing_Photovoltaic_Power_Projects_in_Italy_An_Integrated_Approach>. Acesso em: 12 mar. 2016.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&#sundata,2016>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

CUCE, E.; CUCE, P. M.; BALI, T. An experimental analysis of illumination intensity and temperature dependency of photovoltaic cell parameters. **Applied Energy**, v. 111, p. 374–382, 2013. Disponível em: <http://econpapers.repec.org/article/eeeappene/v_3a111_3ay_3a2013_3ai_3ac_3ap_3a374-382.htm>. Acesso em: 13 jun 2016.

DALF, R. **Administração: a ética da sustentabilidade e o meio ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

ENTERIA, N. et al. Case analysis of utilizing alternative energy sources and technologies for the single family detached house. **Solar Energy**, v. 105, p. 243–263, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X1400139X>>. Acesso em: 13 jun 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano decenal de expansão de energia 2023**. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

<<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2023.pdf>>, Acesso em: 05 mai. 20 maio 2016.

EUROPIAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Global Market Outlook For Photovoltaics Until: 2014-2018.** Disponível em: <http://www.cleanenergybusinesscouncil.com/site/resources/files/reports/EPIA_Global_Market_Outlook_for_Photovoltaics_2014-2018_-_Medium_Res.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

ERGE, T.; HOFFMANN, V. .; KIEFER, K. The German experience with grid-connected PV-systems. **Solar Energy**, v. 70, n. 6, p. 479–487, abr; 2001. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/222271831_The_German_experience_with_grid-connected_PV-systems>. Acesso em: 12 maio 2016.

FRAAS, L.; PARTAIN, L. **Solar cells and their applications.** 2.ed. New York-USA: John Wiley and Sons, 2010.

FRAUNHOFER. **Scientific comment of Fraunhofer to life cycle assessment of CdTe photovoltaics.** Disponível em: <<http://www.csp.fraunhofer.de/aktuelles/detais/id/47>> Acesso em: 10 jun 2016.

FTHENAKIS, V. M. End-of-life management and recycling of PV modules. **Energy Policy**, v. 28, n. 14, p. 1051–1058, nov; 2000. Disponível em: <http://www.clca.columbia.edu/papers/End_Life_Management_Recycling_Energy_Policy.pdf>. Acesso em: 10 jun 2016

GARNI, H.; et al. A multicriteria decision making approach for evaluating renewable power generation sources in Saudi Arabia. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, n. 16, p. 137–150, 2016. Disponível em: < <http://viid.me/qgyMZh>>. Acesso em: 10 jun 2016

GROSSMANN, W.; et al. Investment and employment from largescale, photovoltaics up to 2050, **Empirica**, v. 39, n.2, p. 165–189, maio, 2012. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10663-012-9185-8>>. Acesso em: 10 jun 2016

GUENOUNOU, A.; MALEK, A.; AILLERIE, M. Comparative performance of PV panels of different technologies over one year of exposure: Application to a coastal Mediterranean region of Algeria. **Energy Conversion and Management**, n.114, p.356-363, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/295846188_Comparative_performance_of_PV_panels_of_different_technologies_over_one_year_of_exposure_Application_to_a_coastal_Mediterranean_region_of_Algeria>. Acesso em: 10 jun 2016

IHS TECHNOLOGY SOLAR TEAM. **Top Solar Power Industry Trends for**. Disponível em: <https://www.ih.com/pdf/Top-Solar-Power-Industry-Trends-for-2015_213963110915583632.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2016.

JORDAN, D. C.; KURTZ, S. R. Photovoltaic degradation rates : an analytical review. **National Renewable Energy Laboratory (NREL Journal)**, p. 1-32, jun, 2012. Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51664.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

JORDAN, R. W. **Fundamentos de administração financeira**. Porto Alegre: AMGH, 2013.

JUMRUSPRASERT, P.; SMITH, G.; KIRKUP, L. Comparing the efficiency of fixed solar cell panels in a tropical location. In: INTERNATIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY: SOLAR WORLD CONGRESS, 2007, 1-9 set, Beijing-China. **Proceeding...** Heidelberg-Germany: Springer, 2008. p. 1478-1483. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-75997-3_300>. Acesso em: 12 mar. 2016.

KALOGIROU, S. **Solar energy engineering**. New York-USA: Elsevier, 2009.

KIDDEE, P.; NAIDU, R.; WONG, M. H. Electronic waste management approaches: An overview. **Waste Management**, v. 33, n. 5, p. 1237–1250, 2013. Disponível em: <<http://nanoimmondizia.ge.ibf.cnr.it/UserFiles/Electronic%20Waste.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

MARGETA, J.; GLASNOVIC, Z. Feasibility of the green energy production by hybrid solar + hydro power system in Europe and similar climate areas. **Journal of Power and Energy Engineering**, n. 3, p. 70-83, 2015. Disponível em: <http://file.scirp.org/pdf/JPEE_2015092914582426.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2016.

MENDES, L. F. R.; ERTHAL JUNIOR, M; .HOSKEN, L. A. L. Seleção de sistema de fornecimento de energia elétrica para propriedades rurais litorâneas localizadas no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Eletrônica Produção e Engenharia**, v. 4, p. 338-345, 2013. Disponível em: <<http://www.revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/download/453/812>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

MILEWSKI, J.; SZABŁOWSKI, Ł.; KUTA, J. Control strategy for an internal combustion engine fuelled by natural gas operating in distributed generation. **Energy Procedia** n. 1, p. 1478-1483, dec; 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/255989524_Control_strategy_for_an_Internal_Combustion_engine_fuelled_by_Natural_Gas_operating_in_Distributed_Generation>. Acesso em: 12 mar. 2016.

MIRANDA, R. F.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R. Technical-economic potential of PV systems on Brazilian rooftops. **Renewable Energy**, n.75, p. 694-713, mar; 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276077985_Technical-economic_potential_of_PV_systems_on_Brazilian_rooftops>. Acesso em: 12 mar. 2016.

MORRISON-SAUNDERS, A. et al. Towards sustainability assessment follow-up. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 45, p. 38–45, 2014. Disponível em: <https://ueaeprints.uea.ac.uk/48999/1/MS_et_al_2014_sust_followup.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2016.

NAMBIAR, N. et al. PV fed MLI with ANN based MPPT. In: INTERNATIONAL CONFERENCE SPONSORED BY POWER COMPUTING, ENERGY, INFORMATION AND COMMUNICATION, 4, 2015, 23-24 apr, Chennai, India. **Proceeding...** New York-USA: IEEE, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7259478/>>. Acesso em: 12 maio 2016.

NDIAYE, A. et al. Degradations of silicon photovoltaic modules: a literature review. **Solar Energy**, v. 96, p. 140–151, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/255720944_Degradations_of_silicon_photovoltaic_modules_A_literature_review>. Acesso em: 12 maio 2016.

NDIAYE, A. et al. Degradation evaluation of crystalline-silicon photovoltaic modules after a few operation years in a tropical environment. **Solar Energy**, v. 103, p. 70–77, maio, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X14000772>>. Acesso em: 12 maio 2016.

PAIANO, A. Photovoltaic waste assessment in Italy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 99–112, jan; 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114006686>>. Acesso em: 12 maio 2016.

PAO, H. T.; FU, H. C. Causality relationship between energy consumption and economic growth in Brazil **Smart Grid and Renewable Energy**, v. 5, p. 198–206, 2014. Disponível em: <http://file.scirp.org/pdf/SGRE_2014080814105036.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

PEREIRA, M. G; et al.. The renewable energy market in Brazil: current status and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, n.6, p.3786–3802, ago, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/257548204_The_renewable_energy_market_in_Brazil_Current_status_and_potential>. Acesso em: 12 maio 2016.

PEREIRA JÚNIOR, A. O.; et al. Perspectivas para a expansão de novas fontes renováveis de energia no Brasil. **Renovar, Sustentar: Revista de Energia**, 23 , p. 49, 2013.

PONCE-ALCANTARA, S. et al. A statistical analysis of the temperature coefficients of industrial silicon solar cells. **Energy Procedia**, v. 55, mar; 2014, 2014. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/265856507_A_Statistical_Analysis_of_the_Temperature_Coefficients_of_Industrial_Silicon_Solar_Cells>. Acesso em: 23 maio 2016.

ROMERO RODRÍGUEZ, L. et al. Analysis of the economic feasibility and reduction of a building's energy consumption and emissions when integrating hybrid solar thermal/PV/micro-CHP systems. **Applied Energy**, v. 165, p. 828–838,mar; 2016. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915016530>>. Acesso em: 23 maio 2016.

RÜTHER, R. Potential of solar photovoltaic energy in Brazil and showcase projects, solar stadiums and solar airports. In: SEMINÁRIO MERCOSUL PÓS-COPENAGUE, 2010, 19-20 mar; Florianópolis-Santa Catarina. **Proceedings...** Florianópolis-Santa Catarina: SMPC, 2011. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/27444643-Sumario-resumen-seminario-mercosul-pos-copenhague-relatorio-das-palestras-informe-de-las-conferencias-2--seminario-mercosul-pos-copenhague.html>>. Acesso em: 12 mar. 2016..

SÁNCHEZ-LOZANO, J. M.; GARCÍA-CASCALES, M. S.; LAMATA, M. T. Evaluation of suitable locations for the installation of solar thermoelectric power plants. **Computers and Industrial Engineering**, v. 87, p. 343–355, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306083521500251X>>. Acesso em: 12 jun 2016.

SU, W. F.; WU, C. I., CHENG, I. C. **Organic, inorganic** and hybrid solar cells: principles and practice. New York-USA: John Wiley and Sons, 2012

TAHRI, M.; HAKDAOUI, M.; MAANAN, M. The evaluation of the solar farm sites applying geographic information systems and advanced methods such as decision-making: a case study in southern Morocco. **Journal of Aeronautics and Aerospace Engineering**, n. 51, p. 1354 a 1362, 2015. Disponível em: <<https://www.omicsonline.org/proceedings/the-evaluation-of-solar-farm-locations-applying-geographic-information-system-and-multicriteria-decisionmaking-methods-c-47130.html> >. 20 jul 2016.

TOSSA, A. K. et al. Energy performance of different silicon photovoltaic technologies under hot and harsh climate. **Energy**, v.103, n.15, p. 261–270, may, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544216301955>>. 20 jul 2016.

WANG, R.; XU, Z. Recycling of non-metallic fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE): A review. **Waste Management**, v.34, n. 8, p. 1455–1469, ago, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14000944>>. Acesso em: 12 abr 2016.

WENHAM, S. R.; HONSBURG, C. B.; GREEN, M. A. Buried contact silicon solar cells. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 34, n. 1–4, p. 101–110, set. 1994. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14000944>>. Acesso em: 12 abr 2016.

YANG, J.; BANERJEE, A. e GUHA, S. Based photovoltaic amorphous silicon earth to the "final frontier". **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v.78, p. 597612, jul; 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927024802004531>>. Acesso em: 12 abr 2016.

ZANGIABADI, M. et al. Assessing the performance and benefits of customer distributed generation developers under uncertainties. **Energy**, v. 36, n.3, p. 1703–1712, mar; 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544210007644>>. Acesso em: 12 abr 2016.

ZHANG, X. et al. Review of R and D progress and practical application of the solar photovoltaic/thermal (PV/T) technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 599–617, jan; 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111004369>>. Acesso em: 12 abr 2016.

ZIJP, M. C.; R; et al. An identification key for selecting methods for sustainability assessments. **Sustainability**, v. 7, p. 490–512, 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/7/3/2490/pdf.>>. Acesso em: 20 maio 2016.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método AHP mostrou-se adequado como ferramenta de apoio à decisão multicritério para escolha de uma tecnologia de painel fotovoltaico que atenda a demanda energética do IFFluminense. A matriz de critérios foi definida considerando os aspectos financeiro (critério custo de aquisição), técnicos (critérios potência, corrente e eficiência) e climáticos (critérios coeficiente de temperatura e degradação). Quanto aos resultados, verificou-se que a tecnologia de silício policristalino foi vencedora nas três modelagens geradas pelo software IPÊ, obtendo os respectivos resultados globais: 44% na visão do primeiro especialista, 37% segundo especialista e 40% na avaliação do terceiro especialista, ver Figura 13.

O IFFluminense possui um consumo médio mensal de 138,14MWh (Tabela 11), que é fornecido exclusivamente pela concessionária de energia AMPLA. De acordo com a análise da viabilidade técnica, considerando o clima local e a tecnologia de painel fotovoltaica de silício policristalino, para atender a demanda atual com uma margem de 20%, precisaria de uma área de telhado de 8.772,43 m², que corresponde a 60% da área total de telhado. Concluímos que o IFF pode produzir toda energia elétrica que necessita por meio da geração de energia solar fotovoltaica, utilizando a tecnologia de painel solar silício multicristalino. No período da noite, momento que não há geração de energia nos painéis fotovoltaicos, a concessionária AMPLA forneceria a energia necessária por meio do sistema de devolução dos créditos de energia gerado em excesso durante o dia.

De acordo com a análise da viabilidade técnica, considerando o clima local e a tecnologia de painel fotovoltaica escolhida, o IFFluminense poderia produzir toda energia elétrica que necessita por meio da geração de energia solar fotovoltaica

utilizando 60% da área total de telhado. Conclui-se que o IFFluminense possui área de telhado necessária para a implantação de uma micro usina geradora de energia fotovoltaica.

Portanto, o método AHP se mostrou eficiente como ferramenta de apoio para avaliar a inserção de critério de sustentabilidade na matriz de decisão do para compra de um veículo para viagens a ser adquirido pelo IFFluminense.

Na simulação 1 (capítulo 2) não foram incluídos os critérios de sustentabilidade (desempenho e práticas sustentáveis), a alternativa (A1) foi a vencedora com 29% em relação aos demais veículos.

Na simulação 2 (capítulo 2) foram incluídos todos os critérios para análise do modelo do carro, conforme os pesos dados pelo especialista. Ao rodar o software a alternativa (A1), mais uma vez, apresentou o melhor resultado com 31%.

Na simulação 3 (capítulo 2), também, foram incluídos todos os critérios para análise do melhor modelo de carro, sendo que foi dado peso máximo aos critérios de sustentabilidade. Como resultado, a alternativa (A3) foi à vencedora com 34% em relação às outras.

Os resultados das três modelagens apresentadas no capítulo 2 mostram que além da inclusão de critérios de sustentabilidade (desempenho e práticas sustentáveis) nas compras públicas é preciso aplicar maior peso de importância a esses critérios para que haja mudança no cenário. Demonstrou-se que para este tipo de produto (veículos leves) existem opções no mercado que atendem a linha de produtos ambientalmente corretos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBASI, T.; ABBASI, S. A. Biomass energy and the environmental impacts associated with its production and utilization. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n.3, p. 919-937. 2010. Disponível em: <<https://www.sciencebase.gov/catalog/item/5140be2ae4b06685e5db9736> >. Acesso em: 13 jun 2016.

ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SÖDER, L. Distributed generation: a Definition **Electric Power Systems Research**, v. 57, n. 3, p. 195–204, abr; 2001. Disponível em: <http://cpd.utc.sk/kvesnew/dokumenty/EEAJ/T2_03_Distributed_Generation_from_mitenergyclub_com.pdf >. Acesso em: 12 maio 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL, 2004). **Resolução Normativa n ° 77/2004**: estabelece Os Procedimentos vinculados à Redução das Tarifas de uso dos Sistemas Elétricos de Transmissão e de Distribuição, Para Empreendimentos hidroelétricos e aqueles com base de em fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, cuja Potência injetada nsa Sistemas de Transmissão e Distribuição SEJA menor UO igual a kW 30.000,. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=101096>>. Acesso em: 21 maio 2016.

_____. (ANEEL, 2012a). **Resolução Normativa n ° 482/2012**: estabelece como condições gerais para o acesso de micro geração e mini-geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2016.

_____. (ANEEL, 2012b). **Resolução Normativa n. 517/2012**: altera a Resolução Normativa n ° 482, de 17 de abril de 2012, EO Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST). Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2016.

_____. (ANEEL, 2014). **Informações Gerenciais**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/informacoes-gerenciaisf>>. Acesso em: 21 maio 2016.

AGRAWAL, S.; TIWARI, G. N. Energy and exergy analysis of hybrid micro-channel photovoltaic thermal module. **Solar Energy**, v. 85, n. 2, p. 356–370, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/241076787_Energy_and_exergy_analysis_of_hybrid_micro-channel_photovoltaic_thermal_module>. Acesso em: 12 maio 2016.

AHMAD, N. I. et al. **Effect of temperature on a poly-crystalline solar panel in large scale solar plants in Malaysia**. New York-USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7409547/>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

AMAN, M. M. et al. A review of Safety, Health and Environmental (SHE) issues of solar energy system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 1190–1204, 2015. Disponível em: <<http://repository.um.edu.my/41587/1/Paper%20Mohsin%202015.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

AZEREDO, Fabrícia Santos Gomes de. **Compras públicas sustentáveis: percepção, práticas e estratégias nos institutos federais de educação**. 2015. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes, 2015. Disponível em: <<http://pep.ucam-campos.br/index.php/9-menu-principal/92-dissertacoes-2015>>. Acesso em: 12 maio 2016.

BABU, B. R.; PARANDE, A. K.; BASHA, C. A. Electrical and electronic waste: A global environmental problem. **Waste Management Resources**, v. 25, n. 4, p. 307–318, 2007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17874657>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BEST GLOBAL GREEN BRANDS. **Melhores marcas verdes globais**. Disponível em: <<http://interbrand.com/best-brands/best-global-brands/2015/ranking/>>. Acesso em: 18 jan 2016.

BEZERRA, Maria do Socorro Coelho; ARAÚJO, Danilo Mikel Diniz Cabral de; LIBONATI, Jeronymo José. Critérios de Sustentabilidade nas Decisões de Compras Realizadas no Setor Público: um Estudo Multicaso em duas IFES do Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS, 4., 2010, 06-08 jun; Natal-RN. **Anais...** Vitória-ES: ANPCONT, 2011. p. 1 - 13. Disponível em: <<https://www.furb.br/especiais/download/408216-964530/245-2.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2014.

BIDERMAN, R.; MACEDO, L. S. V.; MONZONI, M.; MAZON, R. **Guia de compras públicas sustentáveis: uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, p.151, 2008.

BIDERMAN, Rachel (org); et al. **Guia de compras públicas sustentáveis: uso do poder de compra do governo para a promoção do desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <http://www.cqgp.sp.gov.br/gt_licitacoes/publicacoes/Guia-de-compras-publicas-sustent%C3%A1veis.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

BYUN, D. The AHP approach for selecting an automobile purchase model. **Information and Management**, v. 38, n. 5, p. 289-297, 2001. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/d6db/96dd8130cbb996eb1799781d0b9468ffce92.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano decenal de expansão de energia 2021**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/PDEE/Sumario%20PDE%202021.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2016.

_____. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Decreto n. 7.746, de 05 de junho de 2012**: regulamenta o art. 3o da Lei no 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios, práticas e diretrizes para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública – CISAP. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7746.htm>. Acesso em: 12 janeiro de 2016.

_____. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**: Regulamenta o art. 37, Inciso XXI, da Constituição Federal, Institui Normas Para Licitações e Contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso em: 12 janeiro de 2016.

_____. **Instrução Normativa nº 01, de 19 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre os critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.comprasnet.gov.br/legislacao/legislacaoDetalhe.asp?ctdCod=295>>. Acesso em: 10 de junho de 2014.

BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future**. New York: Oxford University Press, 1987.

BRUTON, T. . General trends about photovoltaics based on crystalline silicon. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 72, n. 1–4, p. 3–10, abr; 2002. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228460900_General_trends_about_photovoltaics_based_on_crystalline_silicon>. Acesso em: 20 mar. 2016.

BUDZIANOWSKI, W. M. Negative net CO₂ emissions from oxy-decarbonization of biogas to H₂. **International Journal of Chemical Reactor Engineering**, v. 8, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274269640_Negative_Net_CO2_Emissions_from_Oxy-Decarbonization_of_Biogas_to_H2>. Acesso em: 20 mar. 2016.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&#sundata,2016>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

CHECA, F. J. E.; ROSERO, E. E.; CRUZ, O. F. E de la Comparison between the energy generated from three types of c-Si photovoltaic modules and the temperature and irradiance of the city of Pasto, Colombia. In: INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES (ISGT) LATIM AMERICA, 2015, 5-7 out, Montivideo-Urugay. **Proceeding....** New York-USA: Institute of Electrical and Electronics Engineers , 2016. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/document/7381251/> >. Acesso em: 20 mar. 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA (CNI) **Indústria automobilística e sustentabilidade.** Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2013/09/23/4970/20131002175420378115i.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

COSTA, C. E. L. da. **As Licitações Sustentáveis na ótica do controle externo.** 2011. 56 f. Monografia (Especialista em Auditoria e Controle Governamental) - Tribunal de Contas da União (TCU), Instituto Serzedello Corrêa, Brasília-DF, 2011. Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A8182A24F0A728E014F0B1F40921CE7>>. Acesso em: 12 maio 2016.

COSTA, H. G. **Auxílio Multicritério à Decisão: Método AHP.** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2006.

_____. Introdução ao método de análise hierárquica: Análise Multicritério no auxílio à decisão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 36, 2004, 23-26 nov; São João Del Rei-MG. **Anais...** São João Del Rei-MG: SBPO, 2005. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0279.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

_____. **IPÊ 1.0**: guia do usuário. **Niterói-RJ**: Universidade Federal Fluminense, 2004. Disponível em: < <http://docplayer.com.br/11571375-lpe-1-0-guia-do-usuario-helder-gomes-costa-universidade-federal-fluminense-departamento-de-engenharia-de-producao-hgc-vm-uff-br.html>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

CUCCHIELLA, F.; D'ADAMO, I. Feasibility study of developing photovoltaic power projects in Italy: an integrated approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n.3, p. 1562–1576, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/232575123_Feasibility_Study_of_Developing_Photovoltaic_Power_Projects_in_Italy_An_Integrated_Approach>. Acesso em: 12 mar. 2016.

CUCE, E.; CUCE, P. M.; BALI, T. An experimental analysis of illumination intensity and temperature dependency of photovoltaic cell parameters. **Applied Energy**, v. 111, p. 374–382, 2013. Disponível em: <http://econpapers.repec.org/article/eeeappene/v_3a111_3ay_3a2013_3ai_3ac_3ap_3a374-382.htm>. Acesso em: 13 jun 2016.

DALF, R. **Administração**: a ética da sustentabilidade e o meio ambiente. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

D'HOLLANDER, D.; MARX, A. Strengthening private certification systems through public regulation: the case of sustainable public procurement, sustainability **Accounting, Management and Policy Journal**, v. 5, n. 1, p.2 – 21, 2014. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/SAMPJ-04-2013-0016>>. Acesso em: 12 maio 2016.

ENTERIA, N. et al. Case analysis of utilizing alternative energy sources and technologies for the single family detached house. **Solar Energy**, v. 105, p. 243–263, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X1400139X>>. Acesso em: 13 jun 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano decenal de expansão de energia 2023**. Rio de Janeiro: EPE, 2014. <<http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2023.pdf>>, Acesso em: 05 mai. 20 maio 2016.

EUROPIAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION. **Global Market Outlook For Photovoltaics Until: 2014-2018**. Disponível em: <http://www.cleanenergybusinesscouncil.com/site/resources/files/reports/EPIA_Global_Market_Outlook_for_Photovoltaics_2014-2018_-_Medium_Res.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

ERGE, T.; HOFFMANN, V. .; KIEFER, K. The German experience with grid-connected PV-systems. **Solar Energy**, v. 70, n. 6, p. 479–487, abr; 2001. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/222271831_The_German_experience_with_grid-connected_PV-systems>. Acesso em: 12 maio 2016.

FRAAS, L.; PARTAIN, L. **Solar cells and their applications**. 2.ed. New York-USA: John Wiley and Sons, 2010.

FRAUNHOFER. **Scientific comment of Fraunhofer to life cycle assessment of CdTe photovoltaics**. Disponível em:

<<http://www.csp.fraunhofer.de/aktuelles/detais/id/47>> Acesso em: 10 jun 2016.

FRESNER, J. Cleaner production as a means for effective environmental management. **Journal of Cleaner Production**, 6, p.171-179, 1998. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965269800002X>>. Acesso em: 12 maio 2016.

FTHENAKIS, V. M. End-of-life management and recycling of PV modules. **Energy Policy**, v. 28, n. 14, p. 1051–1058, nov; 2000. Disponível em:

<http://www.clca.columbia.edu/papers/End_Life_Management_Recycling_Energy_Policy.pdf>. Acesso em: 10 jun 2016

GARNI, H.; et al. A multicriteria decision making approach for evaluating renewable power generation sources in Saudi Arabia. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, n. 16, p. 137–150, 2016. Disponível em: < <http://viid.me/qgyMZh>>.

Acesso em: 10 jun 2016

GOMES, D. N; et al. Uma avaliação integrada com o CEQ, Ishikawa e AHP em uma empresa de concretagem. **Cadernos do IME-Série Estatística**, v. 35, n. 2, p. 35, 2013. Disponível em:

<<http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/cadest/article/view/15769>>. Acesso em: 12 maio 2016.

GROSSMANN, W.; et al. Investment and employment from largescale, photovoltaics up to 2050, **Empirica**, v. 39, n.2, p. 165–189, maio, 2012. Disponível em:

<<http://link.springer.com/article/10.1007/s10663-012-9185-8>>. Acesso em: 10 jun 2016

GUENOUNOU, A.; MALEK, A.; AILLERIE, M. Comparative performance of PV panels of different technologies over one year of exposure: Application to a coastal Mediterranean region of Algeria. **Energy Conversion and Management**, n.114, p.356-363, 2016. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/publication/295846188_Comparative_performance_of_PV_panels_of_different_technologies_over_one_year_of_exposure_Application_to>

a_coastal_Mediterranean_region_of_Algeria >. Acesso em: 10 jun 2016

GUNGOR, I.; ISLER, D. B. Automobile selection with analytic hierarchy process approach. **ZKU Sosyal Bilimler Dergisi**, 1, p. 21-33, 2005. Disponível em: <<http://ijmeb.org/index.php/zkesbe> >. Acesso em: 12 maio 2016.

HABERL, H. The global socioeconomic energy metabolism as a problem of sustainability. **Energy**, n. 31, p. 87-99, 2006. Disponível em: <https://www.uni-klu.ac.at/socec/downloads/2006_Haberl_Energy_EnergeticMetabolism_24.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

IHS TECHNOLOGY SOLAR TEAM. **Top Solar Power Industry Trends for**. Disponível em: <https://www.ihs.com/pdf/Top-Solar-Power-Industry-Trends-for-2015_213963110915583632.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2016.

HUANG, IVY B.; KEISLER, J.; LINKOV, I. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. **Science of the Total Environment**, v. 409, p. 3578–3594, 2011. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21764422> >. Acesso em: 12 maio 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE. **Change assessment report: climate change: the physical science basis: 2013**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/.../WG1AR5_SummaryVolume_FINAL.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabelas PBE veicular**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas_pbe_veicular.asp>, Acesso em: 05 jan 2016.

JACQUET-LAGREZE, E.; SISKOS, Y. Preference disaggregation: 20 years of MCDA experience. **European Journal of Operational Research**, v. 130, n. 2, p. 233-245, 2001. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/eee/ejores/v130y2001i2p233-245.html> >. Acesso em: 12 maio 2016.

JANNUZZI, P. de M.; MIRANDA, W. L. de; SILVA, D. S. G. da. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Revista Informática Pública**, v. 11, n. 1, p. 69-87, 2009. Disponível em: <http://www.ip.pbh.gov.br/ANO11_N1_PDF/analise_multicriterio_e_tomada_de_decisao_em_Políticas_Publicas.pdf >. Acesso em: 12 maio 2016.

JORDAN, D. C.; KURTZ, S. R. Photovoltaic degradation rates : an analytical review. **National Renewable Energy Laboratory (NREL Journal)**, p. 1-32, jun, 2012.

Disponível em: <<http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51664.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

JORDAN, R. W. **Fundamentos de administração financeira**. Porto Alegre: AMGH, 2013.

JUMRUSPRASERT, P.; SMITH, G.; KIRKUP, L. Comparing the efficiency of fixed solar cell panels in a tropical location. In: INTERNATIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY: SOLAR WORLD CONGRESS, 2007, 1-9 set, Beijing-China. **Proceeding...** Heidelberg-Germany: Springer, 2008. p. 1478-1483. Disponível em: <http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-75997-3_300>. Acesso em: 12 mar. 2016.

KALOGIROU, S. **Solar energy engineering**. New York-USA: Elsevier, 2009.

KIDDEE, P.; NAIDU, R.; WONG, M. H. Electronic waste management approaches: An overview. **Waste Management**, v. 33, n. 5, p. 1237–1250, 2013. Disponível em: <<http://nanoimmondizia.ge.ibf.cnr.it/UserFiles/Electronic%20Waste.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

KIKER, G. A.; et al. Application of multicriteria decision analysis in environmental decision making. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 1 p. 95–108, 2005. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.128.5486&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016

LAWSHE, C. H. A quantitative approach to content validity. **Personnel Psychology**, 28, p. 563-575, 1975. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.460.9380&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

LIKERT, R. A. Technique for the Measurement of Attitudes. **Journal Archives of Psychology**, New York, v. 22, n. 140, p. 1-55, 1932. Disponível em: <http://www.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

MARGETA, J.; GLASNOVIC, Z. Feasibility of the green energy production by hybrid solar + hydro power system in Europe and similar climate areas. **Journal of Power and Energy Engineering**, n. 3, p. 70-83, 2015. Disponível em: <http://file.scirp.org/pdf/JPEE_2015092914582426.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2016.

MENDES, L. F. R.; ERTHAL JR, M.; HOSKEN, L. A. L. Seleção de sistema de fornecimento de energia elétrica para propriedades rurais litorâneas localizadas no Norte do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Eletrônica Produção e Engenharia**, v. 4, n. 1, p. 338-345, jan-jun, 2013. Disponível em:

<<http://www.revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/download/453/812>>. Acesso em: 12 maio 2016.

MILEWSKI, J.; SZABŁOWSKI, Ł.; KUTA, J. Control strategy for an internal combustion engine fuelled by natural gas operating in distributed generation. **Energy Procedia** n. 1, p. 1478-1483, dec; 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/255989524_Control_strategy_for_an_Internal_Combustion_engine_fuelled_by_Natural_Gas_operating_in_Distributed_Generation>. Acesso em: 12 mar. 2016.

MIRANDA, R. F.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R. Technical-economic potential of PV systems on Brazilian rooftops. **Renewable Energy**, n.75, p. 694-713, mar; 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/276077985_Technical-economic_potential_of_PV_systems_on_Brazilian_rooftops>. Acesso em: 12 mar. 2016.

MORRISON-SAUNDERS, A. et al. Towards sustainability assessment follow-up. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 45, p. 38–45, 2014. Disponível em: <https://ueaeprints.uea.ac.uk/48999/1/MS_et_al_2014_sust_followup.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2016.

NAMBIAR, N. et al. PV fed MLI with ANN based MPPT. In: INTERNATIONAL CONFERENCE SPONSORED BY POWER COMPUTING, ENERGY, INFORMATION AND COMMUNICATION, 4, 2015, 23-24 apr, Chennai, India. **Proceeding...** New York-USA: IEEE, 2016. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7259478/>>. Acesso em: 12 maio 2016.

NDIAYE, A. et al. Degradations of silicon photovoltaic modules: a literature review. **Solar Energy**, v. 96, p. 140–151, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/255720944_Degradations_of_silicon_photovoltaic_modules_A_literature_review>. Acesso em: 12 maio 2016.

NDIAYE, A. et al. Degradation evaluation of crystalline-silicon photovoltaic modules after a few operation years in a tropical environment. **Solar Energy**, v. 103, p. 70–77, maio, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X14000772>>. Acesso em: 12 maio 2016.

O'CONNOR, P.; SULLIVAN, G. Market segmentation: a comparison of benefits attributes desired and brand preference. **Psychology and Marketing**, New York, v.12, n.7, p.613-635, 1995. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/mar.4220120705/abstract>>. Acesso em: 12 maio 2016.

PACHECO, E. A.; DROHOMERETSKI, E.; CARDOSO, P. A. A decisão do modal de transporte através da metodologia AHP na aplicação da logística enxuta: um estudo de caso. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO: RESPONSABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DAS ORGANIZAÇÕES BRASILEIRAS, 4, 2008, 31 jul, 01-02 ago, Niterói RJ. **Anais...** Niterói-RJ: Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/237329696_A_DECISAO_DO_MODAL_D E_TRANSPORTE_ATRAVES_DA_METODOLOGIA_AHP_NA_APLICACAO_DA_L OGISTICA_ENXUTA_UM_ESTUDO_DE_CASO](https://www.researchgate.net/publication/237329696_A_DECISAO_DO_MODAL_D_E_TRANSPORTE_ATRAVES_DA_METODOLOGIA_AHP_NA_APLICACAO_DA_LOGISTICA_ENXUTA_UM_ESTUDO_DE_CASO)>. Acesso em: 12 maio 2016.

PAIANO, A. Photovoltaic waste assessment in Italy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 41, p. 99–112, jan; 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114006686>>. Acesso em: 12 maio 2016.

PAO, H. T.; FU, H. C. Causality relationship between energy consumption and economic growth in Brazil **Smart Grid and Renewable Energy**, v. 5, p. 198–206, 2014. Disponível em: <http://file.scirp.org/pdf/SGRE_2014080814105036.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

PEREIRA, M. G; et al.. The renewable energy market in Brazil: current status and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, n.6, p.3786–3802, ago, 2012. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/257548204_The_renewable_energy_mark et_in_Brazil_Current_status_and_potential](https://www.researchgate.net/publication/257548204_The_renewable_energy_market_in_Brazil_Current_status_and_potential)>. Acesso em: 12 maio 2016.

PEREIRA JÚNIOR, A. O.; et al. Perspectivas para a expansão de novas fontes renováveis de energia no Brasil. **Renovar, Sustentar: Revista de Energia**, 23 , p. 49, 2013.

PONCE-ALCANTARA, S. et al. A statistical analysis of the temperature coefficients of industrial silicon solar cells. **Energy Procedia**, v. 55, mar; 2014, 2014. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/265856507_A_Statistical_Analysis_of_the _Temperature_Coefficients_of_Industrial_Silicon_Solar_Cells](https://www.researchgate.net/publication/265856507_A_Statistical_Analysis_of_the_Temperature_Coefficients_of_Industrial_Silicon_Solar_Cells)>. Acesso em: 23 maio 2016.

ROMERO, C. **Análisis de las decisiones multicriterio**. Madrid: Isdefe, 1996.

ROMERO RODRÍGUEZ, L. et al. Analysis of the economic feasibility and reduction of a building's energy consumption and emissions when integrating hybrid solar thermal/PV/micro-CHP systems. **Applied Energy**, v. 165, p. 828–838,mar; 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915016530>>. Acesso em: 23 maio 2016.

ROY, B.; Bouyssou, D. **Aide Multicritère à la décision: méthodes et cas.** Paris: Economica, 1993.

ROSEN, M. A.; DINCER, I.; ANOGLU, I. Role of energy in increasing the efficiency and sustainability and reducing the environmental impact. **Energy Policy**, 36, 128-137, 2008. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/223241635_Role_of_exergy_in_increasing_efficiency_and_sustainability_and_reducing_environmental_impact>. Acesso em: 12 mar. 2016.

ROSSONI, C.; MEIRELES, M. Decisão Multicritério: Uma análise dos resultados obtidos pelos métodos T-ODA e AHP. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS (SIMPOI), 14, 2011, 24-26 ago, São Paulo. **Anais...** São Paulo: FGV/EASP, 2012. Disponível em: <http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2011/artigos/E2011_T00293_PCN23709.pdf>. Acesso em: 2016.

RÜTHER, R. Potential of solar photovoltaic energy in Brazil and showcase projects, solar stadiums and solar airports. In: SEMINÁRIO MERCOSUL PÓS-COPENAGUE, 2010, 19-20 mar; Florianópolis-Santa Catarina. **Proceedings...** Florianópolis-Santa Catarina: SMPC, 2011. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/27444643-Sumario-resumen-seminario-mercosul-pos-copenhague-relatorio-das-palestras-informe-de-las-conferencias-2--seminario-mercosul-pos-copenhague.html>>. Acesso em: 12 mar. 2016..

SÁNCHEZ-LOZANO, J. M.; GARCÍA-CASCALES, M. S.; LAMATA, M. T. Evaluation of suitable locations for the installation of solar thermoelectric power plants. **Computers and Industrial Engineering**, v. 87, p. 343–355, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036083521500251X>>. Acesso em: 12 jun 2016.

SAATY T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022249677900335>>. Acesso em: 12 maio 2016.

_____. **Método de análise hierárquica.** São Paulo : Makron, 1991.

_____. **The analytic hierarchy process.** New York: McGraw-Hill, 1980.

_____; SHANG, J. S. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based multi-criteria decision making: prioritizing divergent intangible humane acts. **European Journal Operations Research**, Amsterdam, v. 214, p. 703-715, 2011. Disponível em: <<http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4614-7279->

7_14>. Acesso em: 12 maio 2016.

SCHMIDHEINY, S. **Cambiando el rumbo: una perspectiva global del empresariado para el desarrollo y el medio ambiente**. México: Fondo de Cultura Económica, 1996.

SILVA, F.J. A. da; SOUZA, R. O. de. AHP na seleção de caminhões coletores-compactadores de resíduos sólidos. **Revista Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v.33, n.3, p. 259-264, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/ri/bitstream/riufc/10697/1/2011_art_rosouza_ahp.pdf>. Acesso em: 12 maio 2016.

SU, W. F.; WU, C. I., CHENG, I. C. **Organic, inorganic and hybrid solar cells: principles and practice**. New York-USA: John Wiley and Sons, 2012

SUN, H; et al. Social stakeholder support assessment of low-carbon transport policy based on multi-actor multi-criteria analysis: the case of Tianjin. **Transport Policy**, 41, p. 103-116, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X15000189>>. Acesso em: 12 maio 2016.

TAHRI, M.; HAKDAOUI, M.; MAANAN, M. The evaluation of the solar farm sites applying geographic information systems and advanced methods such as decision-making: a case study in southern Morocco. **Journal of Aeronautics and Aerospace Engineering**, n. 51, p. 1354 a 1362, 2015. Disponível em: <<https://www.omicsonline.org/proceedings/the-evaluation-of-solar-farm-locations-applying-geographic-information-system-and-multicriteria-decisionmaking-methods-c-47130.html>>. 20 jul 2016.

TERZ, U.; HACALOGLU, S.E.; ALADAG, Z. **Otomobil satın alma problemi için bir karar destek modeli**. İstanbul: Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi: 2006. p.43 – 49. V.5. Disponível em: <<http://www.ticaret.edu.tr/uploads/Kutuphane/dergi/f10/M00136.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2016.

TOSSA, A. K. et al. Energy performance of different silicon photovoltaic technologies under hot and harsh climate. **Energy**, v.103, n.15, p. 261–270, may, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544216301955>>. 20 jul 2016.

WANG, J. W., CHENG, C. H., HUANG, K. C. Fuzzy hierarchical TOPSIS for supplier selection. **Applied Soft Computing**, v. 9, n. 1, p. 377-386, 2009. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494608000768>>. Acesso em: 12 maio 2016.

WANG, R.; XU, Z. Recycling of non-metallic fractions from waste electrical and electronic equipment (WEEE): A review. **Waste Management**, v.34, n. 8, p. 1455–1469, ago, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14000944>>. Acesso em: 12 abr 2016.

WU, T. W., DAY, R. L., MACKAY, D. B. Consumer benefits versus product attributes: an experimental test. **Quarterly Journal of Business and Economics**, p. 88-113, 1988. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/40472929>>. Acesso em: 12 maio 2016.

WENHAM, S. R.; HONSBURG, C. B.; GREEN, M. A. Buried contact silicon solar cells. **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v. 34, n. 1–4, p. 101–110, set. 1994. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14000944>>. Acesso em: 12 abr 2016.

YANG, J.; BANERJEE, A. e GUHA, S. Based photovoltaic amorphous silicon earth to the "final frontier". **Solar Energy Materials and Solar Cells**, v.78, p. 597612, jul; 2003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0927024802004531>>. Acesso em: 12 abr 2016.

ZANGIABADI, M. et al. Assessing the performance and benefits of customer distributed generation developers under uncertainties. *Energy*, v. 36, n.3, p. 1703–1712, mar; 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544210007644>>. Acesso em: 12 abr 2016.

ZHANG, X. et al. Review of R and D progress and practical application of the solar photovoltaic/thermal (PV/T) technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 1, p. 599–617, jan; 2012. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032111004369>>. Acesso em: 12 abr 2016.

ZIJP, M. C.; R; et al. An identification key for selecting methods for sustainability assessments. **Sustainability**, v. 7, p. 490–512, 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2071-1050/7/3/2490/pdf.>>. Acesso em: 20 maio 2016.