

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

PROJETO CONCEITUAL DE UM DIRECIONADOR AUTOMÁTICO DE CÉLULA FOTOVOLTAICA

Ivan Junior Mantovani, ivan.mantovani8@gmail.com¹
Odmartan Ribas Maciel, odeijui@hotmail.com¹
Andrei Fiegenbaum, andrei.fig@hotmail.com¹
Vânia Luisa Behnen, vania.behnen@hotmail.com¹
Roberta Goergen, betinhamtm@gmail.com¹
Mauricio da Silva Pinto, mauriciospinto@gmail.com¹
Marcia Regina Maboni Hoppen Pörsch, Marcia_porsch@hotmail.com¹
Antonio Carlos Valdiero, valdiero@unijui.edu.br¹
Luiz Antonio Rasia, rasia@unijui.edu¹
Giovani Prates Bisso Dambroz, giovaniipbd@gmail.com¹

¹ UNIJUI – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Av. Rudi Franke 540, Panambi/RS - 98280-000, Brasil

Resumo: O presente artigo trata do projeto conceitual de um direcionador automático de célula fotovoltaica. Atualmente há uma crescente busca por novas fontes energéticas para suprir a grande demanda, sendo que as fontes não poluentes tem uma ascendente preferência devido ao aspecto ambiental, que tende a ser priorizado em projetos de engenharia do futuro. A energia obtida através da conversão energética luminosa para elétrica, através de células fotovoltaicas, tem um crescimento no mundo, principalmente na Europa. Segundo o Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (IDEAL), o Brasil tem um grande potencial de energia proveniente do sol. Hoje a limitação desta fonte energética é o alto custo e o baixo rendimento das células fotovoltaicas, e isto é potencializado pela posição geográfica do Brasil, onde o sol tem uma trajetória em que a face de trabalho da célula quando estática não fica o dia inteiro direcionada perpendicularmente. Com isso, segundo pesquisas que deram resultados positivos, uma alternativa é o desenvolvimento de um mecanismo que faça com que os raios solares fiquem perpendiculares à célula fotovoltaica o dia todo, ou seja, mesmo com limitações de rendimento é possível ter um aumento na captação de energia solar, considerando o período luminoso do dia. Dentro deste contexto, apresenta-se o projeto conceitual de um direcionador automático para painel de célula fotovoltaica, desenvolvido no Núcleo de Inovação em Máquina Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS), fundamentado na literatura clássica, nas etapas da metodologia de projeto e com apoio do CNPq e do FINEP. Este processo inicia-se pela etapa de análise das necessidades, onde foram aplicadas duas ferramentas de projeto: a Casa da Qualidade (as informações subjetivas do consumidor relacionadas com as características mensuráveis de engenharia) e o Quadro de Identificação do Problema (análise de cada fase do ciclo de vida do produto). A etapa seguinte é o projeto conceitual, onde se utilizou como ferramentas o diagrama FAST (Análise Funcional de Sistemas Técnicos), a busca por princípios de soluções para cada uma das funções básicas representadas no diagrama FAST, e a utilização da matriz morfológica para a síntese das concepções, avaliadas e escolhidas a partir de critérios técnicos de satisfação dos clientes transcritos da Casa da Qualidade. Por fim, foi construída uma maquete (modelo icônico tridimensional). Pretende-se utilizar os resultados em aplicações industriais no Arranjo Produtivo Local Metal-Mecânico de cidade pólo em Panambi/RS e também na geração de energia limpa para aplicações em instalações e equipamentos agrícolas, contribuindo assim para o desenvolvimento de soluções criativas, inovadoras e sustentáveis.

Palavras-chave: Controle de Sistemas, Energia Limpa, Metodologia de Projeto.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta o projeto conceitual de um direcionador automático de célula fotovoltaica. A energia elétrica é essencial para a humanidade, e a busca por novas fontes energética, para suprir a grande demanda atualmente tem crescido (Silva, Torres e Santos, 2012). Cientistas e especialistas ambientais afirmam que o uso de energias renováveis

é uma das principais maneiras de minimizar as mudanças climáticas (América do Sol, 2016). Com isso é evidenciado que a tem-se o desafio de aumentar a produção energética e diminuir as interferências ambientais, para isso a energia através de células fotovoltaicas, é uma das principais alternativas (Tiba, 2000), pelo Brasil ter um grande potencial de energia proveniente do sol (Konzen, Manoel e Krenz, 2015).

Hoje a limitação desta fonte energética é o alto custo e o baixo rendimento das células fotovoltaicas (Freitas et al, 2012), e isto é potencializado pela posição geográfica do Brasil, onde o sol tem uma trajetória em que a face de trabalho da célula quando estática não fica o dia inteiro direcionada perpendicularmente. Uma alternativa é o desenvolvimento de um mecanismo que faça com que os raios solares fiquem perpendiculares à célula fotovoltaica o dia todo, ou seja, mesmo com limitações de rendimento é possível ter um aumento na captação de energia solar, considerando o período luminoso em um dia (Armstrong e Hurley, 2010, Calabro, 2009, Aja, Al-Kayiem e Abdul Karim, 2013, Prado *et al*, 2014).

Dentro deste contexto, apresenta-se o projeto conceitual de um direcionador automático para painel de célula fotovoltaica, desenvolvido no Núcleo de Inovação em Máquina Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS), fundamentado na literatura clássica, nas etapas da metodologia de projeto.

Para cada etapa será apresentado o desenvolvimento das ferramentas que a compõem, aplicada na concepção do projeto conceitual de um direcionador automático de célula fotovoltaica, para que por fim, seja construída uma maquete (modelo icônico tridimensional). Pretende-se utilizar os resultados em aplicações industriais no Arranjo Produtivo Local Metal-Mecânico de cidade pólo em Panambi/RS e também na geração de energia limpa para aplicações em instalações e equipamentos agrícolas, contribuindo assim para o desenvolvimento de soluções criativas, inovadoras e sustentáveis.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do direcionador de placa solar, seguiu-se uma metodologia clássica de projeto de produto. Segundo esta, a primeira fase do projeto é a análise das necessidades, que é a etapa onde o projetista tem o maior contato com o cliente sendo que nesta etapa será construída a casa da qualidade e o quadro de identificação de problemas com o ciclo de vida do projeto. Em seguida tem-se o projeto conceitual, onde o projetista tem que usar de técnicas para encontrar o maior número de soluções para o problema. As ferramentas usadas para isso são, inicialmente o diagrama FAST, onde inicia-se uma modulação do projeto e com isso pode-se fazer as buscas por princípios e soluções. A partir disso, constrói-se uma matriz morfológica com as possíveis soluções (Back, 2008, Valdiero, 1997, Pahl *et al*, 2005).

Para finalizar o projeto conceitual são elaboradas três concepções para em seguida avalia-las com os fatores levantados na etapa de análise das necessidades, afim de se chegar a uma concepção plausível. Por fim tem-se a construção da maquete da concepção escolhida. A seguir cada etapa será detalhada, bem como as suas respectivas ferramentas (Back, 2008, Valdiero, 1997, Pahl *et al*, 2005).

A Análise das Necessidades é o ponto de partida de qualquer projeto é uma análise e o estabelecimento de requisitos de projeto, o que se constitui no resumo de projeto. Este resumo poderá ser preparado pelo consumidor ou, então, quase que inteiramente, pelo projetista. Na maioria das circunstâncias o conteúdo será preparado por ambos. Os requisitos devem envolver a demanda, função, aparência e custo do produto. Para auxiliar na análise das necessidades, serão utilizadas duas ferramentas: a Casa da Qualidade e o Quadro de Identificação do Problema (Back, 2008, Valdiero, 1997, Pahl *et al*, 2005).

A Casa da Qualidade é uma metodologia estruturada para organização de informações do consumidor. Os principais elementos da Casa da Qualidade são: atributos do consumidor, características de engenharia, corpo, telhado e informações complementares. Ela identifica os desejos do consumidor agregando a este um peso devido à sua importância e os transforma em características de engenharia com valores mensuráveis. No corpo da casa será feita uma relação entre os atributos do consumidor e as características de engenharia para indicar o quanto tal característica afeta na satisfação do cliente. Em seguida, faz-se uma relação entre as características de engenharia no telhado da casa revelando como é a interação entre elas. Também são avaliados os produtos concorrentes nos mesmos aspectos de desejo do cliente, no telhado e correlacionado as características de engenharias, sendo favoráveis ou não. Ao final tem-se pontuações para cada característica de engenharia gerando uma escala de importância (Back, 2008, Valdiero, 1997, Pahl *et al*, 2005).

O quadro de identificação do problema tem como objetivo analisar as etapas do ciclo de vida do produto. Após descrever as etapas do ciclo de vida do produto, determinam-se as saídas desejáveis, ou seja, preenche-se tudo o que se espera de cada etapa. Sempre que há uma saída desejável surge uma saída indesejável, que é o próximo item a ser preenchido em cada etapa. Em seguida, são preenchidas as entradas de recursos e meio ambiente, que são os recursos necessários para se obter as saídas desejáveis e impedir que as saídas indesejáveis aconteçam. Feito isso, parte-se para um planejamento estratégico, que visa buscar quais as necessidades para se iniciar o processo e um meio de atingir as saídas desejadas em cada etapa do ciclo de vida do produto. Tem-se assim uma visão de todo o ciclo de vida do produto, desde a sua produção até seu descarte (Back, 2008, Valdiero, 1997, Pahl *et al*, 2005).

Para Welch e Dixon (1992), o projeto conceitual é a fase mais abstrata do processo, a qual parte das funções requeridas do produto para se chegar a conceitos que atendam a essas necessidades. Conforme Valdiero (1997), é a etapa onde se utiliza da criatividade para encontrar princípios de solução, fazer a síntese das mesmas e por fim aplicar técnicas de avaliação com a finalidade de determinar a melhor solução.

Para se chegar a concepção final, serão aplicadas a seguir as seguintes ferramentas: a Técnica de Análise Funcional de Sistemas (FAST), a Busca por Princípios de Solução, a Matriz Morfológica, a Síntese de Concepções e a Avaliação e Escolha segundo critérios técnicos.

O diagrama FAST como uma técnica de hierarquia a qual parte de uma função desejada do produto, de mais alto nível, até se chegar às de nível mais baixo. A função deve ser definida com um verbo e um substantivo. O primeiro passo para a construção do diagrama é a definição da função de mais alto nível, ou seja, a função principal do produto. A partir desta, faz-se a pergunta “Como?” até chegar as funções de mais baixo nível. Para verificar se a função está adequada, pode-se fazer a pergunta “Porque?”. Com isso, chega-se as funções de mais baixo nível, as quais serão utilizadas na busca por princípios de solução e obtém-se também uma modulação do produto (Back, 2008, Valdiero, 1997, Pahl *et al*, 2005).

A busca por princípios de soluções é definida por Back (2008), Valdiero (1997), Pahl *et al* (2005), como a etapa de procura por princípios, mecanismos e elementos de máquinas capazes de satisfazer e solucionar as necessidades representadas pelas funções encontradas no diagrama FAST. Para cada função listam-se no mínimo três soluções e para cada solução é relacionado um ideograma para facilitar a construção da matriz morfológica.

A matriz morfológica é um quadro onde as alternativas de solução, provenientes da etapa anterior, são descritas, representadas apenas por ideogramas e separadas em módulos. Assim pode-se facilitar a visualização para que em seguida, na próxima etapa, sejam feitas as combinações e a elaboração das concepções. Na etapa da Geração e Avaliação das Concepções são feitas as combinações entre as soluções definidas anteriormente para cada função de baixo nível do produto. Por fim, cada uma das concepções são avaliadas em relação aos atributos do consumidor, definidos no início do processo. Assim, com base na nota final pode-se escolher a concepção que irá satisfazer aos desejos do cliente (Back, 2008, Valdiero, 1997, Pahl *et al*, 2005).

3. RESULTADOS

Ao término do estudo metodológico, nesta seção são apresentados os resultados de cada etapa de projeto a partir das ferramentas que auxiliam na concepção do direcionador automático de célula fotovoltaica. A aplicação de tais ferramentas e técnicas da metodologia de projeto de produto é possível definir uma concepção que atenda os desejos do cliente e que seja adequada às condições reais de fabricação do equipamento. Tais resultados são detalhados nas subseções seguintes.

3.1. Análise das Necessidades

A ferramenta utilizada para iniciar esta etapa é a Casa da Qualidade, usada para organizar os desejos do cliente. No caso deste trabalho foi estabelecido características desejadas substituindo os desejos do cliente, que foram listados de acordo com o estudo de estado da arte do problema, realizado pelos autores. Com o resultado da pesquisa foi elaborado uma lista de características desejadas preenchida no campo da casa da qualidade atributos do consumidor (CA's) na Fig. 1. Nela é possível enumerar de acordo com o grau de importância de cada item da lista, e associando-a com características de engenharia. Esta ferramenta apresentada dá em uma ordem classificatória as características com maiores relevâncias para o projeto, que será usada para a escolha da concepção posteriormente.

Ao término da Casa da Qualidade, a próxima ferramenta a ser implementada é o Quadro de Identificação do Problema (Tabela 1), onde é estudada cada etapa do ciclo de vida do produto, com o objetivo de prever futuros problemas, encontrado possíveis soluções, desde sua fabricação até o descarte.

Tabela 1: Quadro de Identificação do Problema do direcionador automático de célula fotovoltaica.

Fases do Ciclo de Vida do Produto	DESCRITORES DE ENTRADAS		DESCRITORES DE SAÍDAS	
	Planejamento estratégico	Meio ambiente e recursos	Desejadas	Indesejadas
Projeto e Produção	• Pesquisa e mercado. • Treinamento em software, CAD. • Treinamento de operações necessárias.	• Infraestrutura adequada. • Material. • Mão de obra qualificada. • Normas e segurança	• Fácil produção. • Baixo custo. • Componentes padronizados. • Materiais simples.	• Dificuldade de produção. • Alto custo. • Componentes não padronizados. • Materiais especiais.
Distribuição	• Programação de estocagem carregamento e distribuição. • Estudo de área e meios de fornecimento.	• Ambiente adequado para embalagem, estocagem e distribuição	• Baixo peso. • Modular. • Embalagem simples e segura.	• Alto peso. • Grande volume • Embalagem especial.

Uso e/ou Operação	- Manual de montagem - Manual de uso do equipamento. - Orientações de segurança.	Área com alto índice de incidência solar.	- Equipamento ergonômico e seguro. - Movimentação sem equipamentos. - Operação simplificada - Pouca manutenção.	- Equipamento perigoso. - Movimentação apenas com equipamentos. - Fadiga no operador. - Alto índice de manutenção.
Descarte	- Possibilidade de reutilização. - Elaborar listas de materiais que não podem ser utilizados.	Reforma ou substituição quando se tornou obsoleto	- Reciclável. - Reutilizável. - Intercambiável.	- Material poluente. - Materiais não recicláveis. - Peças específicas para o equipamento.

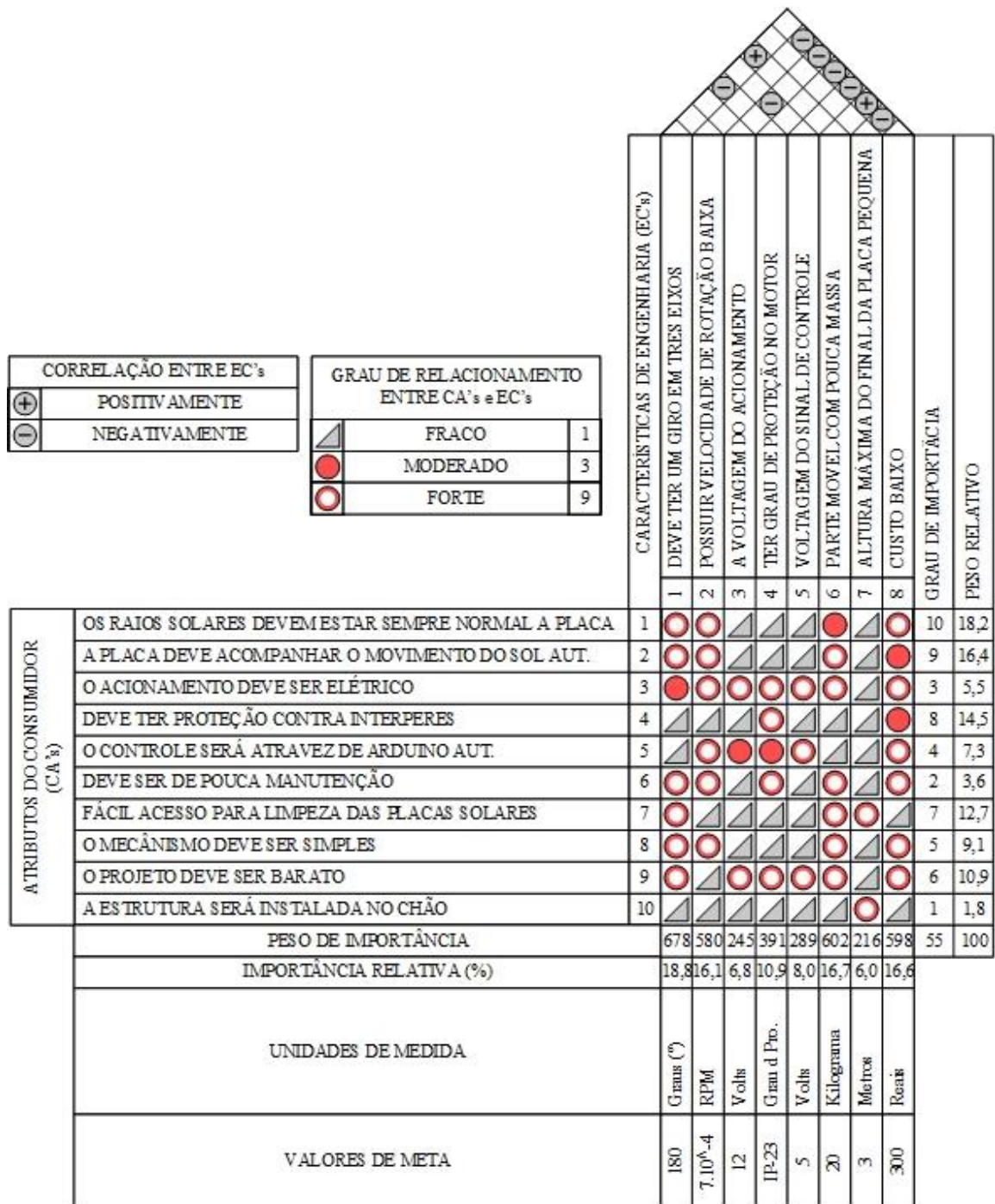


Figura 1: Casa da Qualidade para a concepção do direcionador automático de célula fotovoltaica.

3.2. Projeto Conceitual

O Projeto Conceitual, é a segunda etapa da metodologia clássica de projeto de produto, ao final desta etapa, tem-se como resultado o conceito físico do produto discutido no trabalho. A ferramenta que inicia esta etapa é o Diagrama FAST, sendo uma técnica hierárquica que induz ao pensamento lógico do projetista, partindo de uma função de maior nível e reduzindo para uma de menor nível, resulta a modulação do produto. Na Figura 2 é apresentado o Diagrama FAST do produto em questão.

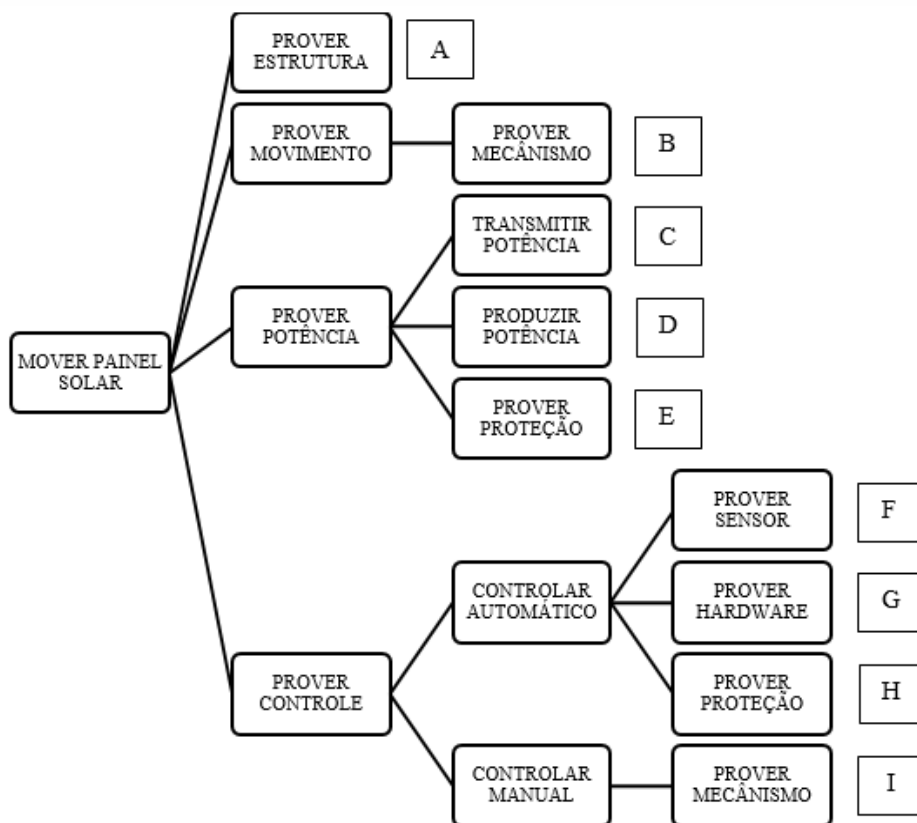
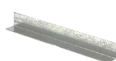
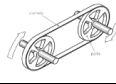


Figura 2: Diagrama FAST do direcionador automático de célula fotovoltaica.

Através do nível mais baixos no Diagrama FAST, localizados à direita da Fig. 2, ocorre a modulação do projeto. Esta modulação é utilizada para elaborar a Busca por Princípios e Soluções, onde para cada item gerado na modulação é relacionado a soluções possíveis para construção do módulo, no caso deste trabalho optou-se por encontrar 3 para cada módulo, como é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Tabela de Busca por Princípios e Soluções do direcionador automático de célula fotovoltaica.

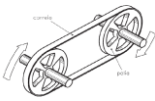
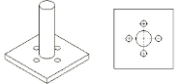
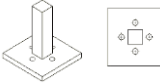
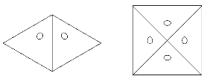
Código	Ideograma	Descrição	Código	Ideograma	Descrição
A1-1		A estrutura de base em forma de um paralelepípedo.	E-2		Envoltório para proteção dos elementos contra as intempéries.
A1-2		A estrutura de base em forma de um cilindro.	E-3		Prover proteção ao motor elétrico com IP para intemperes.
A1-3		A estrutura de base em forma de um prisma de base retangular.	F1-1		Sensor de luminosidade composto por 4 LDR com vareta cilíndrica ao centro de uma base.
A2-1		Construção da estrutura com tubos redondos.	F1-2		Sensor de luminosidade composto por 4 LDR com vareta quadrada ao centro de uma base.
A2-2		Construção da estrutura com tubos quadrados.	F1-3		Sensor de luminosidade com 4 LDR em pirâmide.

A2-3		Construção da estrutura com cantoneiras.	F2-1		Sensor para fim de curso com contato mecânico.
B-1		Prover mecanismo através de contato direto com eixo.	F2-2		Sensor para fim de curso com contato por aproximação indutivo.
B-2		Prover mecanismo através de contato com rolamento com eixo.	F2-3		Sensor para fim de curso com contato mecânico por aproximação capacitivo.
B-3		Prover mecanismo através de contato direto sem eixo.	G-1		Controle através de CLP.
B-4		Prover mecanismo através de contato com rolamento sem eixo.	G-2		Controle através de ARDUINO.
C-1		Transmissão do movimento por meio de engrenagens.	G-3		Controle através de MICROCONTROLADOR.
C-2		Transmissão do movimento por meio de correia.	H-1		Prover proteção do modulo de controle automático através de envoltório plástico.
C-3		Transmissão do movimento por meio de um sistema hidráulico.	H-2		Prover proteção do modulo de controle automático através de envoltório metálico.
C-4		Transmissão do movimento por meio de um sistema pneumático.	H-3		Prover proteção do modulo de controle automático através de equipamentos com IP para intempéries.
D-1		Usar um compressor de ar para prover potência pneumática.	I-1		Prover mecanismo do modulo de controle manual através de alavanca com Borboleta para aperto.
D-2		Usar uma unidade hidráulica para prover potência pneumática.	I-2		Prover mecanismo de controle manual através de alavanca com dentes para travamento.
D-3		Sistema elétrico para prover potência elétrica.	I-3		Prover mecanismo de controle manual através de com esfera e furos para travamento.
E-1		Proteção do tipo sanfona para haste de cilindro contra as intempéries.			

Na Tabela 2 é composta por três colunas, a primeira com o código do módulo, a segunda com o ideograma da solução, e a última com a descrição da solução para o problema levantado no Diagrama FAST. O próximo passo deste item é a elaboração da Matriz Morfológica (Tabela 3) que é montada de acordo com os códigos e os ideogramas da Busca por Princípio e Solução, ela facilita a visualização de todos os módulos e das suas respectivas soluções, sua função principal é apresentar apenas os ideogramas sem descrições, para que o projetista tenha uma visão de todas as soluções em linha facilitando na realizações das concepções.

Tabela 3: Matriz morfológica do direcionador automático de célula fotovoltaica

Módulo Estrutural	A1_ PROVER ESTRUTURA	A1-1 	A1-2 	A1-3 
	A2_ PROVER ESTRUTURA (PERFIL)	A2-1 	A2-2 	A2-3 

	B_ PROVER MECÂNISMO	B-1 	B-2 	B-3 	B-4 
Módulo de Potencia	C_ TRANSMITIR POTÊNCIA	C-1 	C-2 	C-3 	C-4 
	D_ PRODUZIR POTÊNCIA	D-1 	D-2 	D-3 	
	E_ PROVER PROTEÇÃO	E-1 	E-2 	E-3 	
Módulo de controle automático	F1_ PROVER SENSOR (LUMINOSIDAD E)	F1-1 	F1-2 	F1-3 	
	F2_ PROVER SENSOR (FIM- DE-CURSO)	F2-1 	F2-2 	F2-3 	
	G_ PROVER HARDWARE	G-1 	G-2 	G-3 	
	H_ PROVER PROTEÇÃO	H-1 	H-2 	H-3 	
Módulo controle manual	I_ PROVER MECÂNISMO	I-1 	I-2 	I-3 	

Através da Matriz Morfológica podem ser compostas diversas concepções, porém neste trabalho serão elaboradas 3. Na Tabela 4 é correlacionado cada item da Matriz Morfológica gerando as concepções a serem avaliada posteriormente, e na Fig. 3 seus respectivos desenhos.

Tabela 4: Geração das concepções para o direcionador automático de célula fotovoltaica.

Concepção 1	Concepção 2	Concepção 3
A1-1	A1-3	A1-3
A2-3	A2-2	A2-2
B-1	B-2	B-2
C-4	C-1	B-1
D-1	D-3	D-3
E-1	E-2	E-2
F1-2	F1-3	F1-1
F2-1	F2-1	F2-2
H-2	H-2	H-3
G-2	G-2	G-1
I-1	I-1	I-1

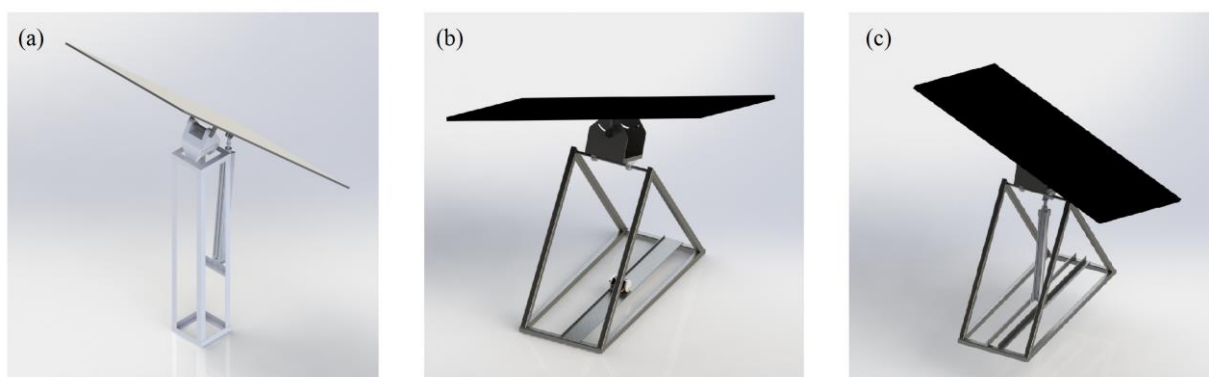


Figura 3: Desenho das maquetes eletrônicas da: (a) Concepção 1; (b) Concepção 2; (c) Concepção 3.

A Avaliação das Concepções se dá através de critérios técnicos adotados da Casa da Qualidade endereçando-os respectivos pesos, e pontuando-os em cada concepção. Na Tabela 5 está a Avaliação das Concepções.

Tabela 5: Resultado de avaliação das concepções para o direcionador automático de célula fotovoltaica.

CARACTERÍSTICAS DESEJÁVEIS	PESO	CONCEPÇÃO 1	CONCEPÇÃO 2	CONCEPÇÃO 3
Mobilidade	18,8	8	9	7
Precisão	16,1	6	7	6
Durabilidade	16,7	5	8	8
Manutenibilidade	8	7	8	7
Segurança	17,8	5	8	6
Aparência	6	7	9	8
Custo	16,6	3	8	6
Pontos	100	567,3	808,7	672,2
Grau de satisfação relativo (%)	100	56,73	80,87	67,22

A concepção 2 foi a de maior pontuação, e tendo critérios aceitáveis de fabricação, foi a escolhida, com isso a maquete será construída de acordo com a concepção 2.

3.3. Construção da maquete

Após a escolha da concepção foi construído um modelo icônico tridimensional do direcionador automático de célula fotovoltaica de acordo com a concepção 2. Desenvolvida no Núcleo de Inovação em Máquina Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS), nos laboratórios da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), com apoio do CNPq e do FINEP. Onde é apresentada na Fig. 4, a foto da maquete desenvolvida.



Figura 4: Maquete (modelo icônico tridimensional) do direcionador automático de célula fotovoltaica.

4. CONCLUSÃO

O uso da metodologia de projeto de produto para a concepção de sistemas mecatrônicos traz um embasamento no resultado alcançado, onde a concepção gerada é resultado de uma metodologia que induz o raciocínio lógico e coerente. Com a implementação das ferramentas, geram-se documentos em cada etapa do processo como a Casa da Qualidade, Quadro de Identificação do Problema, Diagrama FAST, Busca por Princípio e Solução, Matriz Morfológica e Avaliação das Concepções, comprovando escolhas no desenvolvimento do projeto em cada etapa.

Com o aumento da procura de soluções inovadoras para a geração de energia elétrica através dos raios solares, a concepção do projeto conceitual de um direcionador automático de célula fotovoltaica, embasado em uma metodologia clássica de projetos, tem grande importância industriais no Arranjo Produtivo Local Metal-Mecânico de cidade pólo em Panambi/RS, para a geração de energia limpa para máquinas e equipamentos.

Para perspectivas futuras pretende-se continuar com os próximos itens da metodologia de projeto, para a construção de um protótipo, e a realização de testes, com isso testando a eficiência do equipamento em máquinas e equipamentos, para minimizar o consumo de energia elétrica da rede de transmissão dos mesmos.

5. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil. Os autores também são agradecidos à UNIJUÍ Campus Panambi pelo apoio e pela infraestrutura laboratorial de P&D&I disponibilizada no Núcleo de Inovação em Máquina Automáticas e Servo Sistemas (NIMASS), implantado com apoio financeiro do convênio FINEP/SEBRAE e de recursos no Programa de P&D da ANEEL, atualmente credenciado pela Agência Nacional de Petróleo (ANP).

6. REFERÊNCIAS

- América do Sol, 2016, “Energias Renováveis e o Clima”. IDEAL - Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina, Brasil.
- Freitas, E. D. G., Silva, I. F. B., Silva, J. H. R., Silva, C. G., Silva, A. L., 2012, “Utilização do Sistema Fotovoltaico na Geração de Energia Elétrica com a Finalidade de Analisar Viabilidade para a Iluminação do IFCE – Campus Cedro”, CONEM - VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Maranhão, Brasil.
- Konzen, G., Manoel, P. S., Krenz, P., 2015, “O Mercado Brasileiro de Geração Distribuída Fotovoltaica”, IDEAL - Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina.
- Armstrong, S., Hurley, W. G., 2010, “A new methodology to optimise solar energy extraction under cloudy conditions,” *Renewable Energy*, vol. 35, no. 4, pp. 780–787.
- Calabro, E., 2009, “Determining optimum tilt angles of photovoltaic panels at typical north-tropical latitudes,” *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 1, no. 3, Article ID 033104.
- Aja, O. C., Al-Kayiem, H. H., Abdul Karim, Z. A., 2013, “Analytical investigation of collector optimum tilt angle at low latitude,” *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, vol. 5, no. 6, Article ID 063112.
- Prado, G. O., Ulhoa, T. F., Damasceno, J. J. R., Vieira, L. G. M., 2014, “Estado da Arte em Mecanismos de Rastreamento Solar”, COBEG - XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, Brasil.
- Silva, E. T., Torres, E. A., Santos, C. A., 2012, “Estudo de Viabilidade para Energização com Sistema Híbrido Eólico e Solar-Fotovoltaico em uma Comunidade Isolada”, CONEM - VII Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Maranhão, Brasil.
- Tiba, C., 2000, “Atlas Solarimétrico do Brasil”, Ed. Universitária da UFPE, Recife, Brasil, 116 p.
- Valdiero, A. C., 1997, “Inovação e desenvolvimento do projeto de produtos industriais”. Ijuí: UNIJUÍ, 1997. Programa de incentivo à produção docente: Coleção Cadernos Unijuí - Série Tecnologia Mecânica n. 2.
- Welch, R. V., Dixon, J. R., 1992, Representing function, behavior and structure during conceptual design. *Proceedings of the 3th International Conference on Design Theory and Methodology*, New York, USA, ASME, pp. 11-18, 1992.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K., 2005, “Projeto na Engenharia: Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos, métodos e aplicações”. São Paulo: Edgard Blücher.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

CONCEPTUAL DESIGN OF AN AUTOMATIC SUN TRACKING SYSTEM

Ivan Junior Mantovani, ivan.mantovani8@gmail.com¹

Odmartan Ribas Maciel, odeijui@hotmail.com¹

Andrei Fiegenbaum, andrei.fig@hotmail.com¹

Vânia Luisa Behnen, vania.behnen@hotmail.com¹

Roberta Goergen, betinhamtm@gmail.com¹

Mauricio da Silva Pinto, mauriciospinto@gmail.com¹

Marcia Regina Maboni Hoppen Pörsch, Marcia_porsch@hotmail.com¹

Antonio Carlos Valdiero, valdiero@unijui.edu.br¹

Luiz Antonio Rasia, rasia@unijui.edu.br¹

Giovani Prates Bisso Dambroz, giovanipbd@gmail.com¹

¹ UNIJUI – Regional University of Northwestern Rio Grande do Sul State, Av. Rudi Franke 540, Panambi/RS - 98280-000, Brasil

Abstract. *This present paper approaches a conceptual design of an automatic sun tracking system. The search for new energetic sources to supply the great demand has currently grown, as the non-polluting sources have an ascending preference due to the environmental aspect, that tends to be prioritized in engineering projects of the future. The energy obtained through luminous energetic conversion to electric energy, through photovoltaic cells, has grown in the world, mainly in Europe. According to the Latin American Alternative Energy Development Institute (IDEAL), Brazil has a great potential of energy provided by the sun. Today, the limitation of this energetic source is the high cost and low yield of the photovoltaic cells, and that is potentialized by the geographic position of Brazil, where the sun has a trajectory in which the cell's work front when static does not stay perpendicularly directed for the entire day. With that, according to researches that gave positive results, an alternative is the development of a mechanism that makes the sun rays perpendicular to the photovoltaic cell for the entire day, in other words, even with yield limits it is possible to have a raise in solar energy absorption, considering the daylight period in a day. On this context, the conceptual project of a photovoltaic cell panel automatic directioner is presented, developed at the Servo Systems and Automatic Machines Innovation Core (NIMASS), fundamented by classic literature, at the design methodology steps and with support from CNPq and FINEP. This process starts by the analysis of needs, where two project tools were applied: the Quality House (the consumer subjective information related to the measurable engineering characteristics) and the Problem Identification Board (analysis of each product's life cycle phase). The following stage is the conceptual design, where tools like the FAST (Function Analysis System Technique) diagram, the search for solution principles for each of the basic functions represented on the FAST diagram, and the utilization of the morphological matrix for the synthesis of conceptions, evaluated and chosen from clients' satisfaction technical criteria transcribed from the Quality House. Lastly, a model (iconic three-dimensional model) was built. It is intended to use the results on industrial applications at the Local Metal-Mechanic Productive Array, in Panambi/RS as hub city, and also on clean energy generation for applications on installation and farming equipments, contributing to the development of creative, innovative and sustainable solutions.*

Keywords: *Systems Control, Clean Energy, Design Methodology*