

## **APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE PROJETO NO DESENVOLVIMENTO DE ROBÔ PARA INSPEÇÃO DE LINHAS DE ALTA TENSÃO**

Cristiano Vasconcellos Ferreira (cristiano.v.ferreira@ufsc.br) – Universidade Federal de Santa Catarina

Bruna Karolina Schneider (brunak.schneider@hotmail.com) – Universidade Federal de Santa Catarina

Paola Bertolo (paolabertolo@hotmail.com) – Universidade Federal de Santa Catarina

Sthefani Neves Minela (sthefanineves@hotmail.com) – Universidade Federal de Santa Catarina

### **Resumo**

*As linhas de alta tensão (ou linhas de transmissão) são cabos condutores usados para a transmissão de energia elétrica de uma fonte geradora para uma consumidora. No Brasil essas linhas percorrem cerca de 78.500 km e devem estar em perfeitas condições para, uma transmissão adequada evitando perdas de energia. Atualmente, as inspeções ocorrem com técnicos indo a campo para observar as linhas com binóculos ou sobrevoando as torres de transmissão com helicópteros, gerando um elevado custo à operação. Neste cenário, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um robô para a realização das tarefas de inspeção em linhas de transmissão. Os principais objetivos do projeto são reduzir os riscos que a tarefa oferece aos trabalhadores, reduzir os custos de mão de obra e oferecer uma inspeção mais detalhada das linhas de alta tensão. O robô de inspeção de linhas de alta tensão é um produto que já está em desenvolvimento em diferentes lugares do mundo como, Japão, Canadá, EUA e até mesmo no Brasil. A perspectiva é fabricá-lo sob encomenda, para atender as especificações de cada cliente. Desta forma, o desenvolvimento é considerado um projeto de variação, ou seja, é o projeto de um produto já existente, apenas com variações de funcionalidades, dimensionamento, estrutura, aplicações ou adaptações, visando atender novos requisitos de operação solicitados pelos clientes. O escopo do projeto envolveu as etapas de planejamento do projeto, projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado, as quais são apresentadas neste artigo.*

**Palavras-chave:** Metodologia, Projeto, Produto

**Área:** Gestão do Processo de Desenvolvimento de Produtos

## 1. INTRODUÇÃO

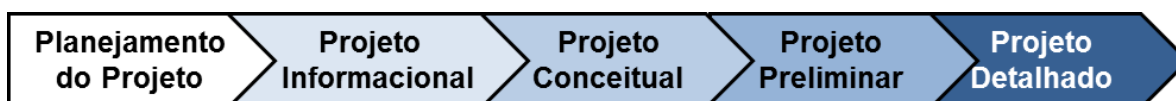
As linhas de alta tensão (ou linhas de transmissão) são cabos condutores usados para a transmissão de energia elétrica de uma fonte geradora para uma consumidora. No Brasil essas linhas percorrem cerca de 78.500 km e devem estar em perfeitas condições para evitar perdas no sistema de transmissão. Atualmente, as inspeções ocorrem com técnicos indo a campo para observar as linhas com binóculos ou sobrevoando as torres de transmissão com helicópteros, gerando um elevado custo à operação.

Neste cenário, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento de um robô para a realização das tarefas de inspeção em linhas de transmissão. Os principais objetivos do projeto são reduzir os riscos que a tarefa oferece aos trabalhadores, reduzir os custos de mão de obra e oferecer uma inspeção mais detalhada das linhas de alta tensão.

O robô de inspeção de linhas de alta tensão é um produto que está em desenvolvimento em diferentes países. (Zheng e Yi, 2010; Debenest et al, 2012; Kosowatz, 2012). Desta forma, o desenvolvimento é considerado um projeto de variação, ou seja, é o projeto de um produto já existente, apenas com variações de funcionalidades, dimensionamento, estrutura, aplicações ou adaptações, visando atender novos requisitos de operação solicitados pelos clientes. (Back, 2008)

O escopo do projeto envolveu as etapas ilustradas na figura 1, as quais são apresentadas neste artigo.

Figura 1. Processo de desenvolvimento do robô.



## 2. PLANEJAMENTO DO PROJETO

O planejamento do projeto do produto ocorreu com base na abordagem do PMI – *Project Management Institute* –, portanto, envolveu o desenvolvimento dos planos de escopo de produto, escopo de projeto, tempo, recursos humanos, recursos financeiros, risco, comunicação, aquisição e qualidade. (PMBOK Guide, 2009)

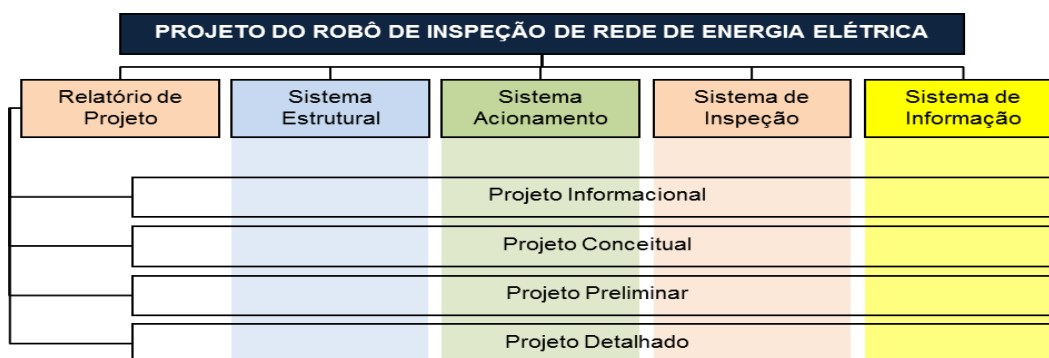
Em se tratando do escopo do produto, definiu-se pelo desenvolvimento de um robô para inspeção de linhas de transmissões de alta tensão, alimentado por energia a partir da própria linha de transmissão, com uma bateria que possibilitará o uso do mesmo, em caso da rede não estar energizada. A estrutura do robô terá uma massa estimada é de 5 a 10 kg, e sua altura de operação é de 5 a 85 m.

A tensão que o produto será exposto é de até 750 KV e usualmente 13,8 KV e os problemas que a serem identificados pelo robô, quando da inspeção são: desgaste no fio, falha no isolamento, pontos de corrosão e objetos presos ao fio. O custo estimado do equipamento é R\$ 145 000,00, baseado em gastos como materiais, equipamento, recursos humanos, serviço de terceiros, e desenvolvimento de software.

Os potenciais clientes são as concessionárias que atuam nas áreas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Com base neste escopo, desenvolveu-se uma a EDT – Estrutura de Desdobramento do Trabalho – conforme apresentado na figura 2. Como pode ser observado, o desenvolvimento do robô contempla as fases de planejamento, projeto informacional, conceitual, preliminar e detalhado.

Figura 2. Estrutura de desdobramento do trabalho – projeto do pássaro robô.



A EDT serviu de base para o desenvolvimento do plano de tempo, recursos humanos, qualidade, comunicação, aquisição e risco. Em se tratando plano de risco, inicialmente, ocorreu a categorização, identificação e detalhamento do risco. E, na sequência, a análise da probabilidade de ocorrência, impacto no projeto e a definição de estratégias para mitigar os riscos. Os riscos foram classificados alguns estão apresentados na tabela 1.

Desta forma, com base no planejamento de projeto, iniciou-se a fase de projeto informacional do produto.

Tabela 1. Exemplos de riscos identificados no projeto.

RISCOS - DETALHAMENTO DO RISCO	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA	IMPACTO	ESTRATÉGIAS PREVENTIVAS
CATEGORIA – EXTERNO			
MUDANÇA NA LEGISLAÇÃO - Mudança na lei que regulamenta o setor de energia elétrica no Brasil	Baixo	Alto	Monitorar a legislação do setor de energia elétrica.
CATEGORIA – GERENCIAL E ORGANIZACIONAL			
FALHAS DE COMUNICAÇÃO - Mensagens não lidas ou recebidas	Médio	Médio	Nomeado um gerente de comunicações e repositório de mensagens.

### 3. FASE DE PROJETO INFORMACIONAL

No projeto informacional do robô foram considerados os clientes diretos (concessionárias de transmissão de energia elétrica) e indiretos (concessionária distribuidora de energia elétrica) e o mesmo contemplou as etapas de identificação dos clientes, identificação das necessidades dos clientes, estabelecimento dos requisitos de projeto e definição das especificações de projeto. (Romeiro, et al, 2010) (Back, et al, 2008) (Rozenfeld, et al, 2006) A partir da identificação dos clientes, do levantamento de suas necessidades, da consulta a materiais especializados na área do projeto, da análise de produtos da concorrência e de entrevistas com profissionais de áreas da abrangência do robô, foram identificadas as necessidades dos clientes. E, com a identificação das necessidades, foi atribuído peso de importância às mesmas, de acordo com a opinião dos clientes.

Dando prosseguimento ao projeto informacional foram definidos os requisitos de projeto. Os principais requisitos identificados foram: velocidade de deslocamento, aceleração, ângulo de rotação, velocidade nas transmissões, autonomia, resistência a intempéries, resistência à corrosão, resistência à temperatura, resistência à torção, resistência à fadiga, baixo peso, potência do motor, resistência à deformação, número de câmeras, número de sensores, número de girômetros, número de acelerômetros, entre outros.

No projeto informacional também foi realizada uma análise de benchmark, onde considerou-se como produtos concorrentes, os produtos desenvolvidos no Canadá (Line scout- Hydro Québec) e no Japão (Hibot). A avaliação dos produtos concorrentes consistiu na avaliação dos atributos de cada produto.

Tabela 2. Características dos produtos da concorrência.

Robô Concorrente		Line scout (Canadá)		Hibot (Japão)
Peso	112 Kg		90 Kg	
Câmera	Uma unidade		Três unidades	
Comprimento	1,37 m		1,5 m	
Altura	0,85 m		1,5 m	
Tempo de operação	5 horas		6 horas	
Alcance máximo	400 m		700 m	
Sistemas Auxiliares	Não mencionado		Termo visão. Formação de descargas em torno de um elemento energizado.	
Meio de alimentação	Bateria		Não mencionado	
Custo	Não mencionado		Não mencionado	
Angulação	12°		Até 360°	

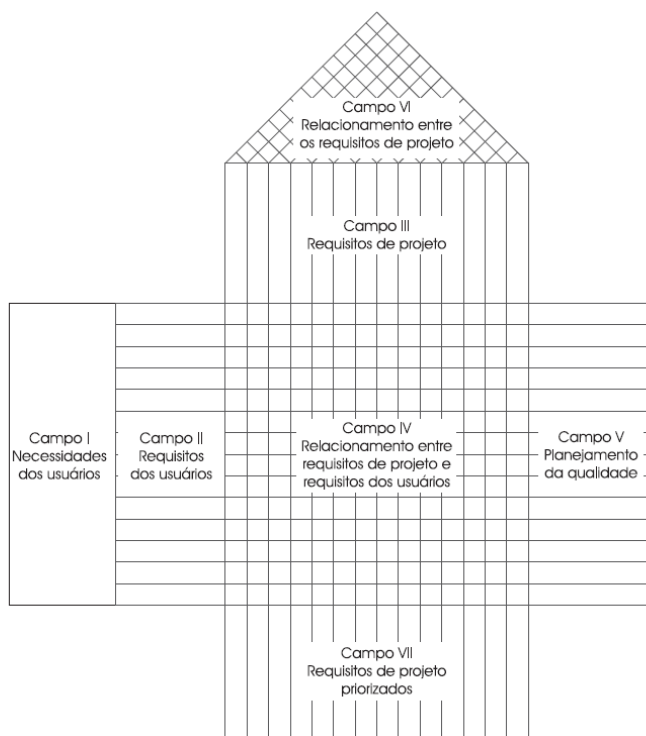
Com estas informações, elaborou-se a 1ª Matriz do QFD (Quality Function Deployment), método desenvolvido por Akao (1990) com o objetivo de permitir que os produtos a serem

desenvolvidos refletissem as necessidades, desejos e expectativas dos envolvidos.

O QFD pode ser conceituado como sendo um processo que visa buscar, traduzir e transmitir as informações para que o produto desenvolvido atenda as necessidades dos clientes, por intermédio de desdobramentos sistemáticos, iniciando-se com a determinação da voz do cliente, passando por todos os fatores necessários para o desenvolvimento do produto (bens ou serviços). (Cheng e Filho (2007))

O método é constituído de diversas matrizes, sendo a 1ª Matriz denominada de “Casa da Qualidade”, conforme ilustrada na figura 3, a mais empregada na fase inicial de desenvolvimento do projeto do produto.

Figura 3. Primeira matriz do QFD – Casa da Qualidade. (Back et al., 2008)



A Primeira Matriz do QFD é composta, basicamente, por 07 campos de preenchimento.

No Campo I são listadas as necessidades dos clientes, as quais são transformadas no Campo II em requisitos dos usuários. Para obter as necessidades e desejos dos clientes, a organização deve fazer uso efetivo dos canais de comunicação disponíveis, como informações provenientes de reclamações de clientes, pesquisas de avaliação de satisfação do produto, documentações internas, conhecimento e experiências das pessoas, treinamento especializado e simular o uso do produto pelo cliente.

No Campo III, são listados os requisitos de projeto, que são entendidos como sendo uma tradução dos requisitos dos usuários para uma “linguagem de engenharia”.

No Campo IV ocorre o relacionamento entre requisitos de projeto e requisitos do usuário. O resultado deste relacionamento, juntamente com a priorização das necessidades dos clientes permitirá no Campo VII identificar os requisitos mais importantes.

No Campo VI são relacionados os requisitos de projeto entre si, com o objetivo de identificar contradições e condições favoráveis de projeto, assim sendo, compete à equipe de projeto buscar uma solução de atenda da melhor forma os conflitos e contradições do projeto.

No Campo V é o planejamento da qualidade do produto, a qual pode considerar análise de benchmark sobre as necessidades dos clientes e estabelecimento de metas de qualidade para o produto em desenvolvimento. Esta mesma análise pode ser realizada sobre os requisitos de projeto. Para isto, podem-se utilizar resultados de produtos concorrentes, líderes de mercado, assim como, as informações provenientes dos clientes.

Com base no resultado da matriz do QFD, na análise das informações provenientes de especialistas, os produtos da concorrência e em pesquisa na literatura, foram definidas as especificações de projeto.

Tabela 3. Quadro de especificações de projeto do robô.

REQUISITO	PESO	ESPECIFICAÇÃO
Sistema de transmissão e recebimento dos dados	387,7	Conexão 4G, e computador com ampla capacidade de armazenamento dos dados
Materiais não reativos	385,9	Aço inoxidável, Titânio, Fe com outras ligas, Policarbonato, Poliacetal, cerâmicas, Fibra de Carbono, alumínio, borracha
Sistema de inteligência artificial	380,1	Controle Fuzzy, Algoritmos Genéticos, Redes Bayesianas
Sistema de alimentação pela rede condutora	361	Suporte de um material condutor, conversor para redução de tensão
Inspeção dos cabos por visão computacional	307,5	Sistema RGB, sistema IR
Número de câmeras e sensores	245	4 câmeras, sendo uma de infravermelho, 1 LiDAR (sensor que identifica obstáculos)
Resistência a intempéries, temperatura e corrosão.	232,7	Material impermeável, inerte, com baixa absorção de umidade, baixa condutividade térmica
Peso baixo e carregamento interno	227,8	Peso do carregamento interno e carcaça de 5 a 10 kg
Potência do motor	213,8	2 motores de 200W
Angulação dos movimentos	198	0° a 360°
Velocidade e aceleração de deslocamento	180,8	Velocidade: até 3,1 m/s e Aceleração: até 1,8 m/s <sup>2</sup>
Velocidade nas transmissões	48,6	20 Mbps
Número de acelerômetros e girômetros	147	2 acelerômetros, 1 girômetro

Ainda, na fase de projeto informacional, empregou-se a TRIZ (Teoria da Solução Inventiva de Problemas). Esta teoria, acrônimo Russo de TRIZ, é uma ferramenta de projeto que

permite explorar soluções que encontram-se em distintos campos de conhecimento, desenvolvimento por Genrich S. Altshuller.

A TRIZ pode ser vista como uma ferramenta de criatividade para auxiliar a resolução de problemas ou, ainda uma ferramenta de “otimização conceitual” no projeto de produtos. De uma forma sintética, a TRIZ pode ser utilizada com o QFD, visando eliminar as contradições entre os requisitos de projeto, reduzir potenciais problemas de projeto, melhorar a qualidade, minimizar os custos e focar mais o cliente. (Terninko et al., 1998)

O método do QFD, quando utilizado, nos apresenta “o quê” deve ser resolvido, mas não mostra “como” solucionar estes problemas. A busca desta solução pode ser realizada através de técnicas específicas apoiadas na experiência de especialistas, que podem apresentar conhecimentos limitados a certas áreas, utilizando a Matriz de Contradição da TRIZ. (Ferreira, 2002)

Assim, considerando as contradições do telhado da Matriz do QFD, empregou-se a TRIZ visando a identificação de princípios inventivos para solucionar as contradições.

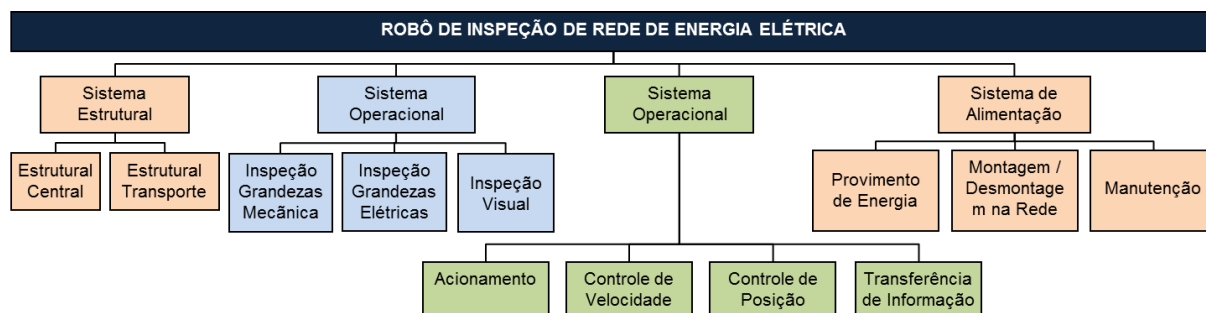
Com base nestas informações, iniciou-se o projeto conceitual do robô.

#### 4. FASE DE PROJETO CONCEITUAL

O projeto conceitual do robô envolveu a modelagem funcional, geração das alternativas de concepção e seleção da mais adequada concepção para o projeto.

A modelagem funcional do robô contemplou a identificação de todos os sistemas, subsistemas e funções do produto, de forma a atender as especificações de projeto e o escopo do projeto do produto. Na figura 4 está representada a modelagem funcional do produto. O desdobramento em subsistemas e funções ocorreu até o nível onde é possível associar princípios de solução para as funções identificadas.

Figura 4. Esquema da modelagem funcional do robô.



Com a definição das funções de cada subsistema do robô foram utilizados métodos de criatividade como brainstorming, analogia direta e princípios inventivos da TRIZ para



solucionar e realizar as funções identificadas, além de consultas a banco de patentes e contato com especialistas.

Nesta etapa, também ocorreu um estudo mais aprofundado sobre os principais atributos e tecnologias para o produto. Por exemplo:

- Atributo de forma geométrica do robô – a geometria do robô é classificada em cinco tipos: cartesiano ou retangular, cilíndrico, esférico, articulado horizontal e articulado vertical (antropomórfico). (inserir referência)
- Tecnologia de inteligência artificial - os tipos de configurações de inteligências artificiais são: algoritmos genéricos, redes bayesianas, lógica fuzzy, entre outros. (inserir referência)
- Reconfigurabilidade do robô - os tipos de reconfigurabilidade são PLDs (GAL - Generic Array Logic) ou PAL (Programmable Logic Array), CPLDs (Complex Programmable Logic Devices) e FPGAs (Field Programmable Gate Arrays).

Com estas informações foi construída a Matriz Morfológica visando a geração de alternativas de concepção. E, a partir da referida matriz, desenvolveu-se a geração das alternativas de concepção do robô. Com o objetivo de selecionar a melhor concepção para o projeto, empregou-se o Método de Seleção de Pugh.

No caso, a concepção selecionada apresentou as seguintes características: alimentação por baterias e rede, sendo as baterias de íon-lítion. A forma geométrica será a esférica, sendo os movimentos realizados por um motor servo e a movimentação por intermédio de tração e braquição. Os sensores que auxiliarão na movimentação são inclinômetros, girômetros, acelerômetros e encoder óptico. A inteligência artificial proposta é a Fuzzi com o chip FPGA de reconfigurabilidade e programação off-line. Para captar os dados serão empregados sensores térmicos de diodo de silício, sensores de toque analógicos, sensores de velocidade ópticos, sensores de proximidade ultrassônicos, câmeras coloridas e infravermelhas de rede dome fixa. A central de recebimento de dados será fixa com conexão 4G, e como última característica, o robô terá como sistema de posicionamento e rastreamento o GPS.

## 5. PROJETO PRELIMINAR E DETALHADO

Com a seleção da concepção do produto, a mesma foi estudada, analisada, otimizada e avaliada visando o detalhamento dos sistemas e subsistemas. Para isto, foi realizada a modelagem matemática e geométrica, assim como, um estudo da viabilidade financeira da concepção selecionada.



### 5.1. Modelagem matemática das câmeras

O objetivo da modelagem matemática das câmeras foi especificar a lente mais adequada à aplicação do robô, optou-se então, por uma câmera modelo CAM 600I LT, com as seguintes características: DVR VD 4D1 120M, roteador WRH 241 para transmissão 4G, sensor CCD de 1/3" de alta sensibilidade, iluminação mínima, menus de alto desempenho para as funções de ultra alta resolução, super compensação de luz de fundo, redução digital de ruídos, entre outras funções. A tabela 4 apresenta os valores já calculados para diferentes formatos de sensor, o valor que iremos utilizar para o nosso cálculo é referente ao sensor com CCD de 1/3", horizontal, uma vez que as filmagens serão nessa direção e a distância é pequena.

Tabela 4. Valores calculados para determinar a lente mais adequada.

Área/ CCD	1/4"	1/3"	1/2"	2/3"
Horizontal	3,200 mm	4,800 mm	6,600 mm	8,800 mm
Vertical	2,400 mm	3,600 mm	4,800 mm	6,600 mm
Diagonal	4,000 mm	6,000 mm	8,000 mm	10,991 mm

A tabela 5 apresenta valores tabelados para diferentes distâncias da cena, distâncias focais da lente e áreas da imagem. A distância máxima que o robô ficará do fio será 1,5 m, conforme descrito na modelagem geométrica. A distância focal da lente pode variar de 3,6 mm a 8 mm, sem trazer prejuízos à nitidez da imagem e nem a taxa de transmissão de dados.

Tabela 4. Valores padrão para sensor CCD 1/3".

Distância Focal da Lente (em mm)	CCD de 1/3"						
	Distância da Cena em Metros						
	1,5	3,0	6,0	9,0	12,0	15,0	23,0
	Área da Imagem em Metros						
	L x A	L x A	L x A	L x A	L x A	L x A	L x A
1,9	3,4x2,9	7,8x5,9	16x12	24x18	31x23	39x29	59x45
2,5	2,6x2,1	6,0x4,5	12x8,8	18x13	24x17	29x22	45x34
3,6	2,1x1,5	4,1x3,1	8,3x6,2	12x9,3	17x12	21x14	31x23
6,0	1,1x0,9	2,2x1,8	4,4x3,6	6,6x5,4	8,8x7,2	11x9,0	17x13
8,0	0,8x0,6	1,6x1,2	3,2x2,4	4,8x3,6	6,4x4,8	8,0x6,0	12x9,0
12,0	0,6x0,4	1,2x0,8	2,4x1,6	3,6x2,4	4,8x3,2	6,0x4,0	9,0x6,0
16,0	0,4x0,3	0,8x0,6	1,6x1,2	2,4x1,8	3,2x2,4	4,0x3,0	6,0x4,5
Nota: L=Largura, A= Altura.							

Para selecionar a espessura de lente mais adequada emprega-se a equação (1), considerando uma distância focal da lente de 8 mm:

$$Espessura da Lente (mm) = \frac{Distância da cena (m)}{Área de imagem (m)} \times \frac{Área CCD (m)}{1000} \quad (1)$$

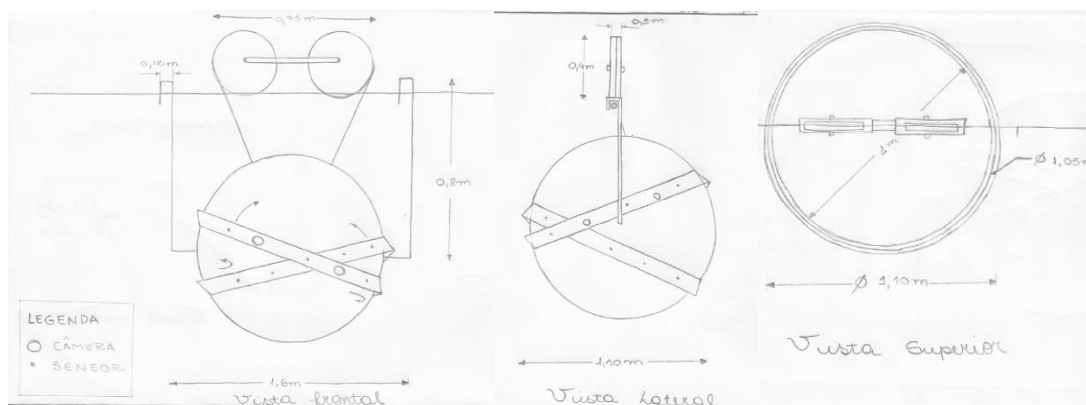
$$Espessura da Lente (mm) = \frac{1,5}{(0,8 \times 0,6)} \times \frac{4800}{1000} = 15 \text{ mm} \quad (2)$$

Portanto, com a conclusão do cálculo, determinou-se que a lente mais adequada é a de 15mm do tipo XLP 3580 R.

## 5.2. Modelagem Geométrica

Na modelagem geométrica do produto foi realizada a configuração final, detalhando o robô a partir de suas vistas frontal, lateral e superior. O robô possui um corpo esférico onde dois aros giram em torno dele, nestes aros estão contidos as câmeras e sensores necessários para que se tenha uma boa qualidade de informações, os braços e roldanas são para melhor locomoção e estabilidade no fio estando representados na figura 5.

Figura 5. Vistas esquemáticas do robô (croquis).



A partir destes esboços ocorreu a modelagem geométrica 3D do robô.

## 5.3 Modelagem Financeira

A modelagem do custo do produto envolveu a descrição dos investimentos necessários para elaborar o robô. Com a definição preliminar dos subsistemas foi construída a BOM (Bill of Material) do robô. Para isto, foram consideradas as especificações dos componentes, quantidades, massa e preço.

## 6. CONCLUSÕES

O projeto apresentado mostra-se relevante em virtude do alto grau de periculosidade e insalubridade que são diariamente expostos os profissionais que fazem a inspeção das linhas de alta tensão. Inicialmente, este projeto foi desenvolvido no âmbito de uma disciplina do Curso de Graduação do Centro de Engenharias da Mobilidade da UFSC.

Como resultado, atualmente, este projeto está sendo reestruturado visando a apresentação para empresas do Setor de Energia Elétrica do Brasil.

O emprego da metodologia de projeto de produtos mostrou-se fundamental para o desenvolvimento do robô, principalmente, nos aspectos relacionados aos processos de organização e análise das informações. A equipe do projeto relatou que a identificação e organização de informações técnicas do produto constituiu a maior dificuldade durante a elaboração do projeto devido à falta de informações disponíveis sobre o produto.

## 7. REFERÊNCIAS

PMBOK Guide. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge**. Fourth Edition. Brazilian Portuguese. Project Management Institute. ISBN: 9781933890708

HIBOT. Expliner – **Robot for Power line inspection**. Disponível em: <[http://www.hibot.co.jp/en/products/robots\\_1/expliner-robot-for-power-line-inspection\\_12](http://www.hibot.co.jp/en/products/robots_1/expliner-robot-for-power-line-inspection_12)> Acesso em: 13 Nov. 2012.

AKAO, Y. **Quality Function Deployment: Integrating Customer Requirements Into Products Design**. Cambridge: Productivity Press, 1990.

BACK, N. OGLIARI, A. SILVA, J.C. da., DIAS, A. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. Editora Manole. ISBN: 978-85-204-2208-3. 2008

CHENG, L. C. e FILHO, L.D.R.de M. QFD: **Desdobramento da Função Qualidade na Gestão do Desenvolvimento de Produtos**. Editora Blucher. São Paulo. 2007.

DEBENEST, P.; GUARNIERI, M.; TAKITA, K.; FUKUSHIMA, E. F.; HIROSE, S.; TAMURA, K.; KIMURA, A.; KUBOKAWA, H.; IWAMA N.; SHIGA, F.; MORIMURA, Y.; YCHIOKA, Y. Expliner – **Toward a practical robot for inspection of high-voltage lines**. Disponível em: <[http://www.rec.ri.cmu.edu/fsr09/papers/FSR2009\\_0087\\_46b4c90ab784334b504988cf268818cc.pdf](http://www.rec.ri.cmu.edu/fsr09/papers/FSR2009_0087_46b4c90ab784334b504988cf268818cc.pdf)> Acesso em: 13 Nov. 2012.

FERREIRA, C.V. **Metodologia para as Fases de Projeto Informacional e Conceitual de Componentes de Plástico Injetados Integrando os Processos de Projeto e Estimativa de Custo**. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Tese. Doutorado. Maio. 2002.

KOSOWATZ, J. **Robots inspect lines while hanging from above**. **American Society of Mechanical Engineers**, 2012. Disponível em: <<http://www.asme.org/kb/news---articles/articles/robotics/robots-inspect-lines-while-hanging-from-above>> Acesso em: 13 Nov. 2012.

ROMEIRO FILHO, E. ; FERREIRA, C. V. ; MIGUEL, P. A. C. ; GOUVINHAS, R.P. ; NAVEIRO, R.M. . **Projeto do Produto**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 376 p.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. DE, SILVA, S. L. DA; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K.. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos. Uma referência para a melhoria do processo**. Editora Saraiva. 2006.

TERNINKO, J.; ZUSMAN, A. AND ZLOTIN, B. **Systematic Innovation. An Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)**. St. Lucie Press.1998.

ZHENG, L.; YI, R. **Autonomous Inspection Robot for Power Transmission Lines Maintenance While Operating on the Overhead Ground Wires**. International Journal of Advanced Robotic Systems, China, 2010.