

## **APLICAÇÃO DO FMEA (*FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*) EM UM COMEDOURO AUTOMÁTICO PARA *PETs***

Thaís Carvalho dos Santos (FACULDADE INDEPENDENTE DO NORDESTE - FAINOR)  
[thaiscarvalhoep@gmail.com](mailto:thaiscarvalhoep@gmail.com)

Ester Ferraz Andrade (FACULDADE INDEPENDENTE DO NORDESTE - FAINOR)  
[esterferraz2008@hotmail.com](mailto:esterferraz2008@hotmail.com)

Sarah Aparecida da Cunha Valentin Cerqueira (FACULDADE INDEPENDENTE DO NORDESTE - FAINOR)  
[sarinha304@hotmail.com](mailto:sarina304@hotmail.com)

Everton Costa Santos (FACULDADE INDEPENDENTE DO NORDESTE - FAINOR)  
[evertoneps@hotmail.com](mailto:evertoneps@hotmail.com)

### **Resumo**

Este trabalho propõe a aplicação da ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) em um comedouro automático, produto que se encontra em fase de desenvolvimento com foco em simplicidade e eficiência, propondo ainda um sistema inovador para a liberação e bloqueio da ração para o *pet*. A necessidade de alimentar o animal na ausência do dono foi o ponto de partida para o desenvolvimento deste produto, desta forma *brainstormings* foram realizados com a equipe onde várias sugestões de sistemas e subsistemas foram levantadas, até se chegar na solução atual. Após a definição do modelo básico da estrutura partiu-se para o seu detalhamento utilizando tecnologias CAD/CAE (*Computer Aided Design/Engineering Aided Design*), em específico, o *software* SolidWorks, e com o intuito de identificar pontos de melhorias e orientação de esforços no projeto, foi aplicado o FMEA, onde concluiu-se que o sistema de amortecimento representa um ponto crítico, mostrando a importância do mesmo ser bem especificado tanto tecnicamente como estrategicamente.

**Palavras-Chave:** Comedouro Automático, Tecnologias CAD/CAE, FMEA.

### **1 Introdução**

O mercado de produtos para animais domésticos, continua crescendo apesar do cenário econômico brasileiro. Segundo a Associação Brasileira de Produtos para Animais de Estimação (Abinpet) o setor teve uma alta de mais ou menos 7,4% entre 2014 e 2015. Na contagem de muitos setores, esse mercado voltado para animais de estimação tem conseguindo manter o ritmo de expansão, o Brasil ficou em terceiro lugar no *ranking* de faturamento global do setor *pet*, perdendo apenas para os Estados Unidos da América e Reino Unido.

Muitos produtos vêm sendo desenvolvidos neste ramo de *pet*, principalmente as inovações

nos serviços oferecidos e neste trabalho o foco foi definir um produto tangível, um comedouro automático, com o intuito de facilitar a administração da alimentação do animal em caso de ausência do(s) dono(s) e para isso recorreu-se a literatura para resgatar conceitos de desenvolvimento de produtos. A importância de um bom planejamento durante a fase de desenvolvimento de um determinado produto tem sido, na atualidade, o ponto diferencial das empresas para permanecerem competitivas no mercado. Para auxiliar nesta tarefa, existem metodologias capazes de analisar criteriosamente todas as fases do processo, destacando problemas até então não percebidos pela equipe multifuncional.

O processo de desenvolvimento de produtos engloba técnicas de gestão, métodos de criatividade, bem como ferramentas que podem ser aplicadas com o objetivo de promover uma melhoria no produto que o projeto irá entregar e dentre os mais eficazes métodos, destaca-se o método FMEA (Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial, do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*).

A FMEA é um método analítico utilizado para garantir que falhas potenciais sejam identificadas e avaliadas durante o desenvolvimento de produtos e processos (APQP – Planejamento Avançado da Qualidade do Produto), onde seu resultado mais visível é a documentação de conclusões a respeito dos subsistemas para conhecimento coletivo das equipes multifuncionais. É importante que seja realizada uma discussão com relação ao projeto (produto ou processo), à revisão das funções e de quaisquer alterações na aplicação, e aos consequentes riscos de falhas potenciais (MANUAL DE REFERÊNCIA FMEA 4ª EDIÇÃO). Seguindo este raciocínio foi aplicada esta técnica no produto em questão com visão de lucros, satisfação de futuros colaboradores, investidores e demais *stakeholders* relacionados.

## **2 Referencial Teórico**

Esta sessão busca contextualizar a aplicação do FMEA bem como fundamentar outros conceitos que apoiaram a criação do produto em questão.

### **2.1 Planejamento para a criação de um novo produto**

De acordo com Rozenfeld et al. (2006), o desenvolvimento de produtos é um processo de negócio cada vez mais crítico devido a internacionalização dos mercados, o aumento da diversidade de produtos e a redução do seus ciclos de vida, sendo assim novos produtos

buscam atender segmentos específicos de mercado, incorporando novas tecnologias e se adequando a novos padrões e restrições legais.

O Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) tem sido muito pesquisado devido à grande importância que o mercado econômico têm dado ao mesmo, por ser uma das formas de tornar-se competitiva no mercado atual, onde a concorrência é cada vez maior. Conforme Brown & Esisenhardt (apud MUNDIM, 1995) num ambiente de grande competitividade, internacionalização das operações e rápidas mudanças tecnológicas, exige-se das empresas agilidade, produtividade e alta qualidade, que dependem necessariamente da eficiência e eficácia do processo de desenvolvimento do produto. Um desempenho superior deste processo torna-se, então, condição essencial para garantir linhas de produtos atualizadas tecnologicamente e com características de desempenho, custo e distribuição condizentes com o atual nível de exigência dos consumidores.

O PDP é considerado complexo devido à sua multidisciplinaridade e necessidade de um bom planejamento. Silva (2002) afirma que as abordagens que estudam o desenvolvimento do produto provêm de diferentes áreas, inter-relacionadas, porém com focos específicos. Pode-se destacar entre as disciplinas necessárias para a adequada gestão do PDP, a gestão de projetos, ergonomia, estilo de produto, qualidade, dentre outras e ainda tecnologias que agilizam o processo de desenvolvimento como as tecnologias CAD (*Computer Aided Design*), utilizada neste projeto.

## **2.2 Gestão de qualidade de um novo produto**

O foco da gestão da qualidade era a padronização dos processos de trabalho e sua análise criteriosa, visando à melhoria contínua dos mesmos. Dessa forma, as mudanças se concentravam em atividades mais operacionais, com menor impacto na gestão do negócio, mas que geravam mudanças rápidas no dia-a-dia de algumas áreas.

A segunda onda da gestão de processos ocorreu em meados da década de 1990, com os conceitos de reengenharia dos processos, disseminados principalmente por Tom Davemport e por Michael Hammer. Sua base estava no redesenho dos processos, a partir da análise das melhores práticas de mercado, já buscando uma visão multifuncional desses processos, isto é, o processo que passa por diversas áreas da empresa. As mudanças proporcionadas pela reengenharia tinham grande impacto no negócio e, conseqüentemente, exigiam um tempo maior de implantação com riscos também maiores. Por estas razões, muitos projetos falharam, levando ao descrédito muitos trabalhos de processos em andamento.

Para Falconi (1992) o verdadeiro critério para boa qualidade é a preferência do consumidor em relação ao concorrente, uma vez que isso garantirá a sobrevivência da empresa. A preferência se dá através da adequação do produto ou serviço as necessidades, expectativas e ambições do consumidor como uma forma de agregar valor ao que será produzido por menor custo. Estes aspectos foram considerados em todos os *brainstormings* para a criação deste produto bem como detalhes referentes à simplicidade e eficiência do produto.

### **2.3 FMEA (*Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial*)**

A metodologia de FMEA surgiu aproximadamente nos anos 50, na indústria aeronáutica e militar americana, com o objetivo de identificar e focar os modos e efeitos de falha bem como seu grau de severidade em dispositivos militares. Nos anos 60 e 70, a FMEA passou a se preocupar com a documentação dos modos potenciais de falhas, com o intuito de melhorar o desempenho de produtos, projetos e também seus processos de manufatura. Nos anos 90 passou a estar definitivamente no campo de conhecimento de gestão da qualidade total, tornando-se uma ferramenta de planejamento da qualidade exigida como requisito de normas, como por exemplo, a ISO 9000 (2000) e QS 9000 (1996) (SANTOS apud PUCRS).

Segundo Fernandes o método FMEA traz uma sequência lógica e sistemática de avaliar as formas possíveis pelas quais um sistema ou processo está mais sujeito às falhas. A FMEA avalia a severidade das falhas, a forma como as mesmas podem ocorrer e, caso ocorram, como eventualmente poderiam ser detectadas antes de levarem a reclamações no cliente. Assim, com base nestes três quesitos: severidade, ocorrência e detecção, o método FMEA leva a um Número de Prioridade de Risco (NPR) indicando quais os modos de falha levam a um maior risco ao cliente.

Seguindo essa linha, de acordo com Aguiar e Mello (2008), em muitos casos o FMEA é usado mais por exigências normativas do que por seus benefícios, sendo que o seu emprego de forma incorreta pode acarretar em desperdício de recursos em termos de prevenção dentro das organizações.

Para fins deste trabalho a tabela FMEA foi aplicada seguindo o modelo de Maximiano 2014 e o quadro 1 mostra: componente está sendo analisado no comedouro, a função deste componente, o modo de falha ou as falhas possíveis que podem ocorrer, o que pode causar a falha, o efeito, de que forma esta falha pode ser detectada e por fim o cálculo do RPN (*Risk Number Priority*) que traduz o componente crítico, onde os esforços precisam focados

prioritariamente seguido de ações preventivas para evitar as falhas potenciais. Os índices ocorrência, severidade e detecção estão listados no anexo 1 e segundo Maximiano 2014 significam, respectivamente, frequência de ocorrência da falha, impacto da falha e a facilidade ou não de detecção.

### **3 Metodologia**

Para a realização deste trabalho realizou-se o estudo de caso com abordagem qualitativa e com complementação de dados quantitativos. Foi realizado um levantamento bibliográfico para apoiar o desenvolvimento do comedouro e a aplicação do método FMEA, identificando produtos similares, de mesmo perfil e finalidade, para que pudesse ser feito um *benchmarking* para a melhoria do produto, como a redução de custo, e facilitar o manuseio tanto para o fabricante quanto para o consumidor.

Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva, caracterizada observações sistemáticas visando também descrever a aplicação do método FMEA em um comedouro automático para cães e, por consequência, conhecer suas implicações no planejamento deste produto. Segundo Solomon (2004), a pesquisa descritiva é aquela que visa definir melhor o problema, proporcionar as chamadas intuições de solução, descrever comportamentos e fenômenos, definir, classificar fatos e variáveis, podendo assim prever possíveis falhas.

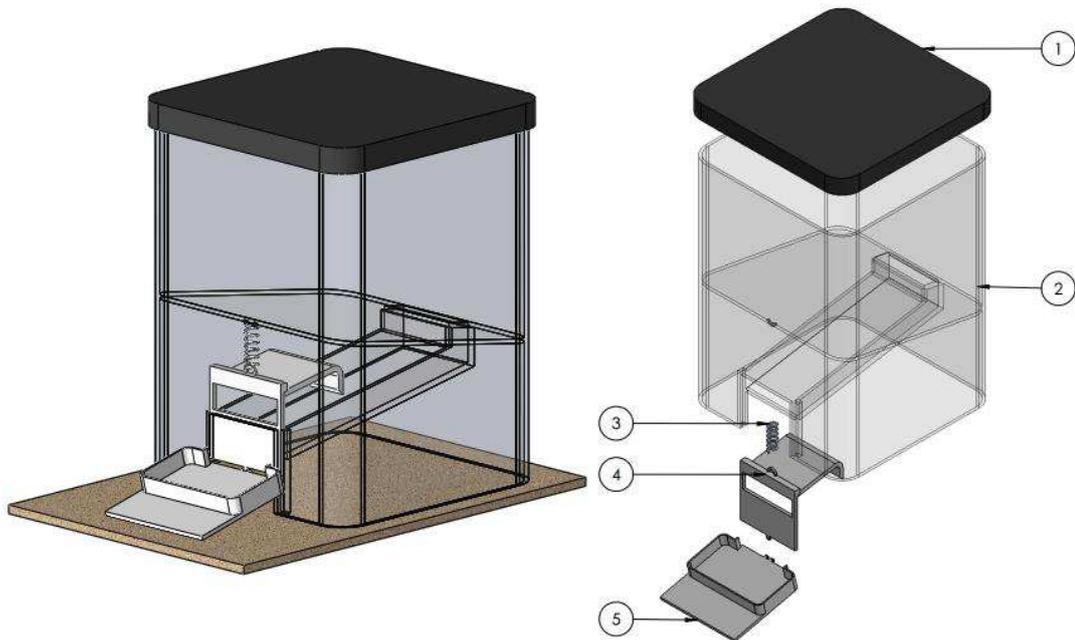
Toda a estrutura do comedouro foi montada utilizando a tecnologia CAD/CAE, ferramenta esta chamada SolidWorks. Um *software* cujo o foco está no desenho do produto e na documentação da fase de projeto. Durante o processo de engenharia, essa tecnologia facilita o processo de manufatura, transferindo diagramas detalhados dos materiais utilizados nos produtos, processos, tolerâncias e dimensionamentos.

*Brainstormings* foram realizados em vários momentos com o intuito de propor a melhor solução, desta forma, reuniões foram realizadas na fase de identificação das necessidades, definição do protótipo virtual e principalmente na aplicação do FMEA.

### **4 Apresentação do produto e funcionamento**

Como dito anteriormente, o sistema proposto busca oferecer praticidade na administração da alimentação de animais domésticos como cães e gatos. A figura 1 mostra a geometria do comedouro (vistas recolhida e explodida, respectivamente) bem como uma inovação na forma pela qual a ração é liberada para que o animal possa se alimentar. O apêndice 1 apresenta os detalhes das dimensões do comedouro.

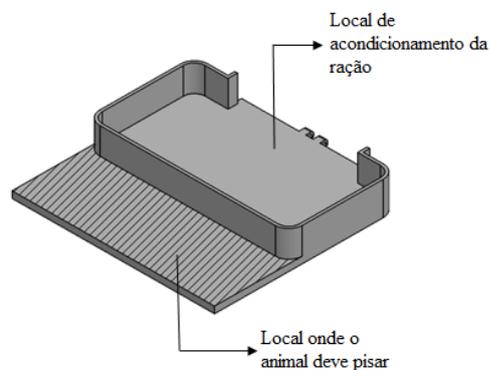
Figura 1: Comedouro Automático



Fonte: Autoria própria

Nos *brainstormings* realizados para a criação do comedouro, houve um foco na eficiência e simplicidade do produto e desta forma o sistema foi criado com um total de 5 peças. A partir deste mesmo raciocínio foi definido o funcionamento do mesmo, que inicialmente se encontra na condição exposta na configuração recolhida da figura 1, e no momento em que o animal deseja se alimentar o mesmo precisa pisar na região hachurada da peça 5 (detalhe na figura 2) e desta forma uma porção limitada de ração será acondicionada na região indicada.

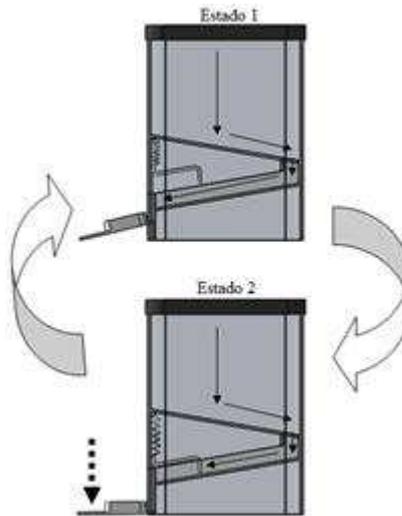
Figura 2: Detalhes da peça 5



Fonte: Autoria própria

Desta forma o ciclo de funcionamento do comedouro automático segue a sequência mostrada na figura 3, que mostra 2 estados: Na ausência do animal (estado 1) e na presença do animal, pisando na placa.

Figura 3: Ciclo de funcionamento do comedouro



Fonte: Autoria própria

As setas contínuas na figura 3 indicam os locais que serão preenchidos pelo volume de ração, bem como o sentido da trajetória dos grãos. No estado 1 percebe-se que a peça 4 se encontra suspensa e a mola (peça 3) em seu estado de equilíbrio. Neste momento a ração se encontra em contato com a peça 4, porém sua saída é bloqueada devido ao próprio projeto deste componente, que não permite a liberação de ração neste estado.

O estado 2 é marcado pela pisada no cão, no local indicado pela seta tracejada (figura 3), no momento em que o mesmo deseja se alimentar. Desta forma a peça 4 é abaixada, a mola estendida e devido a abertura projetada na peça a ração é liberada instantaneamente e acondicionada no local indicado na figura 2.

A figura 3 mostra que neste estado o volume é reduzido devido a retirada de uma determinada porção do alimento para o animal. Quando o *pet* termina de se alimentar e deixa o comedouro, o sistema volta ao estado 1, bloqueando a saída de ração.

## 5 Aplicação do FMEA

O FMEA é uma importante e muito utilizada ferramenta da qualidade por proporcionar a investigação de produtos e processos, sistemas, subsistemas, entre outros, buscando encontrar seus pontos potenciais de falha para que assim melhorias sejam implementadas. O quadro 1 mostra como o FMEA foi aplicado ao produto em questão.

Quadro 1: Formulário FMEA para o comedouro automático

| Número do componente | Função do componente   | Modo de falha  | Efeito potencial de falha                          | Causa da falha   | Modo de detecção   | Índices    |            |         |                      | Ação corretiva recomendada  |
|----------------------|--|--|--|--|--|------------|------------|---------|----------------------|---|
|                      |  |  |  |  |  | Ocorrência | Severidade | Deteção | Risk Priority Number |   |
| 2                    | Armazenar e conservar a ração  | Falha no isolamento da ração do meio externo   | Perda da qualidade da ração                        | Encaixe entre a tampa e o componente mal definido  | Detectado por percepção humana; Presença de insetos              | 1          | 2          | 3       | 6                    | Verificar sempre se as eventuais tampas estão lacradas  |
| 4                    | Liberar ou bloquear a saída da ração   | Falha no deslizamento vertical   | Não liberação da ração; Saída desregulada de ração | Falta de lubrificação ou erros de tolerâncias nas áreas de deslizamentos   | Detectado por percepção humana                                   | 1          | 2          | 3       | 6                    | Verificar se a montagem do produto está correta e nas dimensões ideais; Lubrificação da área de deslizamento  |
| 5                    | Possibilitar o acionamento da liberação ou bloqueio da ração e acondicioná-la externamente | Falha no acionamento; Não acondicionar adequadamente o volume de ração                                   | Animal não se alimenta; Derramamento da ração      | Área de contato entre o componente e o animal mal definida; Incompatibilidade entre o volume liberado e o volume de acondicionamento externo | Detectado por percepção humana                                   | 1          | 2          | 3       | 6                    | Verificar se o produto é apropriado para o peso do PET; Dimensionar adequadamente o ângulo de inclinação e área de contato entre o componente e o pet |
| 3                    | Esticar-se e contrair-se quando o mecanismo for acionado                                   | Falha na extensão quando o mecanismo for desacionado; Falha da peça em retornar a condição de equilíbrio | Perda do tempo de vida do produto                  | Variação da constante elástica ao longo do tempo   | Detectado pelo funcionamento inadequado dos componentes 4 e/ou 5 | 2          | 2          | 3       | 12                   | Verificar o desgaste da mola periodicamente obedecendo a indicação de peso; Realizar um estudo de fadiga para o correto dimensionamento da mola       |

Fonte: Maximiano 2014

No comedouro esta ferramenta foi aplicada em 4 dos 5 itens apresentados na figura 1, por serem considerados os mais importantes do produto como um todo. Sendo assim, as peças nas quais levou-se em consideração para o estudo foram: 2, 3, 4 e 5.

A partir dos resultados, verifica-se que a peça 3 (mola), representa um item crítico, cujo não funcionamento, ou perda das suas propriedades ideais, como a variação da sua constante elástica, pode acarretar no descarte do produto. Outro ponto que vale destacar é que os esforços aplicados no comedouro pela forma em que o mesmo foi projetado será transferido quase que inteiramente para este componente.

## **6 Considerações finais**

Para manter qualquer produto competitivo no mercado, garantindo que sejam bem aceitos pelos consumidores / clientes, uma organização deve sempre assegurar a qualidade dos mesmos. Um sistema de gestão da qualidade sólido preocupado com a atualização de sua metodologia é fundamental para que a empresa permaneça em vantagem frente aos seus concorrentes e esta foi uma das variáveis importantes considerada neste trabalho.

Utilizada como ferramenta da qualidade para detectar modos de falha potenciais no desenvolvimento do comedouro, a FMEA proporcionou um estudo de confiabilidade ao produto iniciando um ciclo de melhoria contínua no mesmo. Juntamente com o FMEA, tecnologias CAD/CAE foram fundamentais para a criação deste comedouro e através das mesmas serão realizados trabalhos futuros no sentido de analisar o ciclo de vida, realizando estudos de fadigas na mola presente no sistema a fim de contribuir com o adequado dimensionamento da mesma.

## REFERÊNCIAS

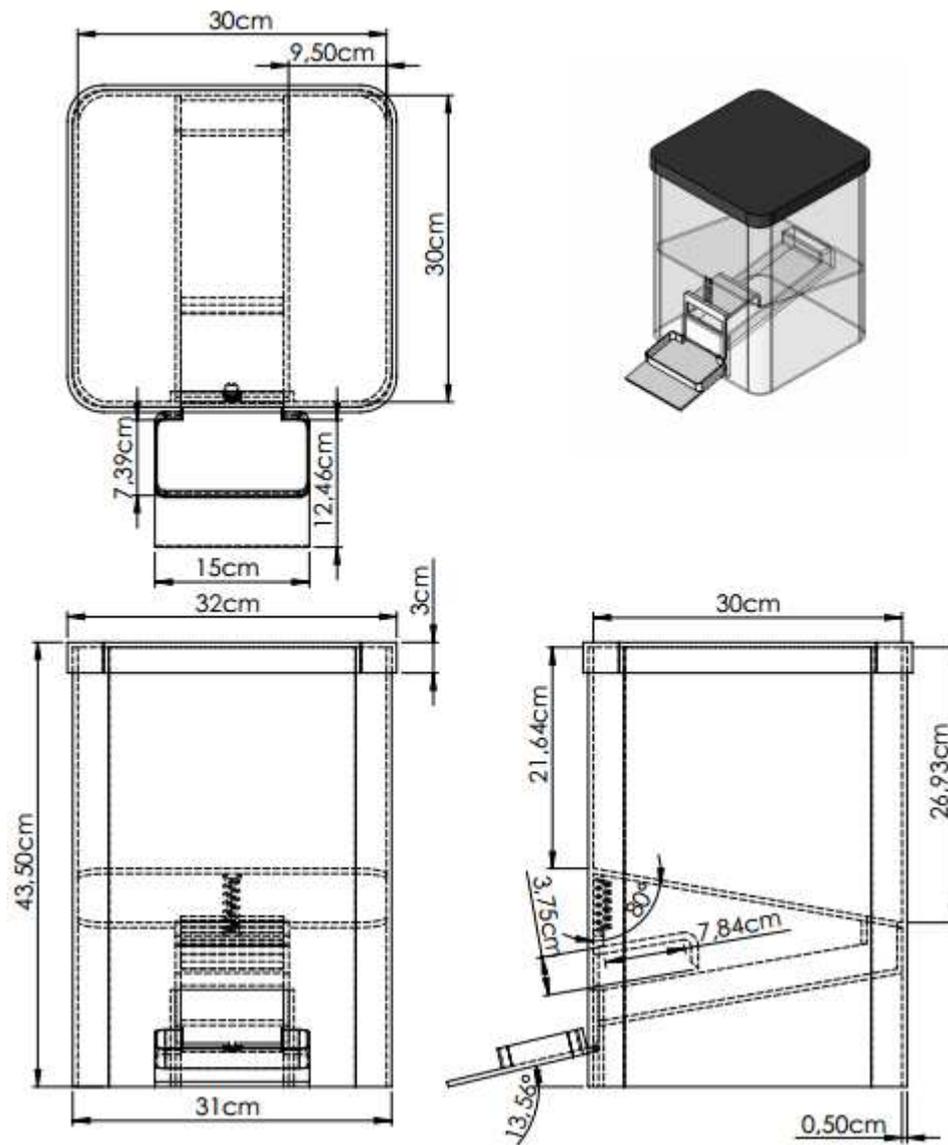
- AGUIAR, D. C.; MELLO, C. H. P. **FMEA de Processo: Uma Proposta de Aplicação Baseada nos Conceitos da ISO 9001:2000**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_TN\\_STO\\_070\\_501\\_10838.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_070_501_10838.pdf)>. Acesso em: 18 setembro 2016.
- FALCONI, Vicente. **Controle de qualidade total no estilo japonês**. Belo Horizonte: Fundacao Cristiano ottoni,1992. 220 p.
- FERNANDES, José Márcio Ramos. **Proposição de Abordagem Integrada de Métodos da Qualidade Baseada no FMEA**. Curitiba: PUCPR, 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas), Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2005.
- GARCIA, Fernando Coutinho. **Qualidade total: a japoneização a labrasilis**, R. Esc. Biblioteconomia UFMG, V.23, n.1, p.43-55, jan./jun.,1994.
- MAXIMIANO, ANTONIO CESAR AMARU. **Administração de projetos: como transformar ideias em resultados/ 5**. Ed. São Paulo: Atlas, 2014.
- MUNDIM, A.P.F.; ROZENFELD, H.; AMARAL, D.C.; SILVA, S.L.; GUERRERO, V.; HORTA, L.C. **Aplicando o cenário de desenvolvimento de produtos em um caso prático de capacitação profissional**. Núcleo de Manufatura Avançada, Escola de Engenharia de São Carlos, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.php?pid=s0104-530x2002000100002&script=sciarttexting=pt>. Acesso em: 18 setembro 2016.
- RIGUEIRA, M. **Mercado brasileiro de produtos pet já é o segundo maior do mundo**. Setembro de 2010. Disponível em: [http://www.uai.com.br/htmls-/app/noticia173/2010/09/05/noticia\\_economia,i=178128/MERCADO+BRASILEIRO+DE+PRODUTOS+PET+JA+E+O+SEGUNDO+MAIOR+DO+MUNDO.shtml](http://www.uai.com.br/htmls-/app/noticia173/2010/09/05/noticia_economia,i=178128/MERCADO+BRASILEIRO+DE+PRODUTOS+PET+JA+E+O+SEGUNDO+MAIOR+DO+MUNDO.shtml). Acesso em: 21 setembro de 2016.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- SANTOS, Ronildo Xavier dos. **Aplicação do FMEA no Projeto de Moldes para Injeção de Materiais Termoplásticos**. São Paulo, SP: 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação para Tecnólogo de Produção com ênfase em Plástico), Centro Paula Souza – Centro Tecnológico da Zona Leste - Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, 2009.
- SEBRAE. **Loja de Animais: pet shops**. São Paulo: Ideias e negócios, 2010. Disponível em: [http://www.amazoncourses.com.br/monte\\_seu\\_negocio/loja-deanimais-pet-shop.pdf](http://www.amazoncourses.com.br/monte_seu_negocio/loja-deanimais-pet-shop.pdf) Acesso em: 22 setembro de 2016.

**SILVA, S.L. Proposição de um modelo para caracterização das conversões do conhecimento no processo de desenvolvimento de produtos.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Universidade de São Paulo, São José dos Campos, 2002.

**SOLOMON, D. V. Como fazer uma monografia.** 11. ed. São Paulo: Martins Fontes. 2004.

**YABIKU, R.M. Animais de estimação: lucros estimados.** Revista Cães e Gatos, 2005.  
Disponível em: <http://www.bichoonline.com.br/artigos/gcao0001.htm>. Acesso em: 22 setembro de 2016.

## APENDICE I – DIMENSIONAMENTO DO COMEDOURO AUTOMÁTICO



## ANEXO I – ÍNDICES PARA O CÁLCULO DO RPN

## Ocorrência

| Classificação | Critério                                     |
|---------------|--|
| 1             | Chance remota de falha                       |
| 2             | Frequencia muito baixa: 1 vez a cada 2 anos  |
| 3             | Pouco frequente: 1 vez a cada 1 ano          |
| 4             | Frequencia baixa: 1 vez a cada semestre      |
| 5             | Frequencia ocasional: 1 vez por bimestre     |
| 6             | Frequencia moderada: 1 vez por mês           |
| 7             | Frequente: 1 vez por semana                  |
| 8             | Frequencia elevada: Algumas vezes por semana |
| 9             | Frequencia muito elevada: 1 vez ao dia       |
| 10            | Frequencia máxima: várias vezes ao dia       |

## Severidade

| Classificação | Critério   |
|---------------|--|
| 1             | Efeito não detectável no sistema   |
| 2             | Baixa severidade causando aborrecimento leve no cliente                                    |
| 3             |  |
| 4             |  |
| 5             | Severidade moderada: Cliente hora insatisfeito com perda de desempenho perceptível         |
| 6             |  |
| 7             |  |
| 8             | Severidade alta com alta insatisfação do cliente   |
| 9             | Severidade muito alta: risco potencial de segurança e problemas graves de não-conformidade |
| 10            |  |

## Detecção

| Classificação | Critério  |
|---------------|---|
| 1             | Detecção quase certa do modo de falha                         |
| 2             | Probabilidade muito alta de detecção do modo de falha         |
| 3             | Alta probabilidade de detecção do modo de falha               |
| 4             | Moderadamente alta probabilidade de detecção do modo de falha |
| 5             | Moderada probabilidade de detecção do modo de falha           |
| 6             | Baixa probabilidade de detecção do modo de falha              |
| 7             | Probabilidade muito baixa de detecção do modo de falha        |
| 8             | Probabilidade remota de detecção do modo de falha             |
| 9             | Probabilidade muito remota de detecção do modo de falha       |
| 10            | Não é possível detectar o modo de falha                       |