

“ESPECIFICAÇÕES DE PROJETO DE VEÍCULO AUTÔNOMO AGRÍCOLA PARA AGRICULTURA FAMILIAR”

LAÍS KROESSIN¹; JEAN CARLOS ISIDRO ROSALES²; ANTÔNIO LILLES TAVARES MACHADO²; ROBERTO LILLES TAVARES MACHADO³

¹Universidade Federal de Pelotas 1 – kroessinlaís15@gmail.com 1

²Nome da Instituição do(s) Co-Autor(es) – e-mail do autor 2 (se houver)

³Universidade Federal de Pelotas – rlilles@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

O grande aumento de produção em lavouras brasileiras prevê um aumento de 8% na produção até o ano de 2030 (BRASIL, 2021). Os principais fatores impulsionadores do crescimento da produção agropecuária nacional são devido ao avanço tecnológico de máquinas e equipamentos agrícolas, estimulando às ofertas dos produtos agrícolas, possibilitando com que desenvolvimento de tecnologias em automação agrícola fosse implementada nas lavouras existentes no país (Vieira Filho et al., 2011).

O sistema IBGE de recuperação automática (SIDRA), mostra os resultados do último censo agrícola do ano 2017, o qual expressa que o Brasil tem 3.897.408 unidades agrícolas familiares, das quais, 7,54% (293.892 estabelecimentos) estão localizadas no Rio Grande do Sul, representando um pouco mais de 21 milhões de hectares, empregando um total de 992.413 pessoas.

Segundo o portal das Nações Unidas (2017), espera-se um crescimento da população mundial de 8,6 bilhões de pessoas para o ano 2030, portanto, a indústria agrícola precisa de inovações tecnológicas para fornecer a demanda de alimentos da população.

Com o advento da Agricultura digital nos últimos anos, o desenvolvimento de máquinas agrícolas com sensores e automação tem crescido e as empresas do setor de máquinas agrícolas têm focado os desenvolvimentos em máquinas com características a atender grandes propriedades agropecuárias. O projeto e desenvolvimento de máquinas para agricultura familiar que adotem preceitos de Agricultura digital, pode evitar que mais uma vez a agricultura familiar fique sem oferta de máquinas e equipamentos adequados as suas demandas.

As especificações de projeto são um conjunto de informações, estabelecidas com base nas necessidades dos clientes, que definem metas (valores quantitativos) para os requisitos de projeto do produto.

O objetivo do trabalho foi estabelecer as especificações do projeto de um veículo autônomo agrícola para agricultura familiar

2. METODOLOGIA

O trabalho foi realizado com o emprego da metodologia de projeto de produto denominada modelo de fases. Neste trabalho foi apresentado apenas uma parte da fase de projeto informacional.

A identificação das necessidades dos clientes ocorreu através da aplicação de questionários junto aos agricultores familiares da região, professores, técnicos e pesquisadores.

Em seguida, foram estabelecidos os requisitos de projeto. Para isso, os requisitos dos clientes foram confrontados com uma classificação de requisitos de

projeto conforme Fonseca (2000), a qual trata-se de uma classificação em atributos gerais e específicos.

Definidos os requisitos de projeto, foi aplicado o QFD (Quality Function Deployment - Desdobramento da Função Qualidade) para a hierarquização dos requisitos de projeto. No entanto, antes da aplicação do QFD, foram classificados os requisitos dos clientes em ordem de importância através da aplicação do diagrama de Mudge para a classificação.

Finalmente, na fase informacional, apresentam-se os resultados do QFD conforme a metodologia de Fonseca (2000), a qual estabelece que os requisitos do projeto devem ser mostrados em três quadros nomeados, terço superior, médio e inferior, de acordo com a posição do requisito nas caixas de valores de importância dos requisitos do projeto obtidos da matriz da casa da qualidade. Para cada requisito de projeto, foi estabelecido um valor meta com o qual busca-se atingir os requerimentos dos clientes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das respostas ao questionário utilizado foram identificadas as necessidades dos clientes e aplicado o QFD.

A seguir apresentam-se os resultados do QFD conforme a metodologia de Fonseca (2000). Os valores metas de cada requisito do projeto foram estabelecidos pela equipe de trabalho, tomando como referência os desenvolvimentos disponíveis no mercado e as necessidades dos agricultores.

No terço superior (Tabela 1), localizam-se os requisitos de projeto onde os parâmetros de funcionamento da máquina dependem da escolha no mercado dos principais componentes da máquina como são os motores, baterias, painel solar e sistema de orientação, sistemas que têm um rol importante no funcionamento geral do veículo agrícola elétrico. No entanto, o custo de fabricação surgiu como o requisito mais importante dentro do projeto na avaliação realizada pela equipe de trabalho. Na correlação efetuada no QFD com os requisitos de projeto, observou-se que o custo de fabricação pode ser afetado em grande parte pela escolha de componentes de grande eficiência e desempenho, além da complexidade e modularidade da máquina.

O terço superior possibilita à equipe de trabalho entender quais são as prioridades a ser levadas em consideração no momento do estabelecimento das estruturas funcionais, assim como a geração e dimensionamento da concepção.

Tabela 1 - Valores meta do Terço superior da hierarquização dos requisitos de projeto

N. º	Requisito de projeto	Valor meta	Referência/Avaliação
1º	Custo de fabricação[R\$]	≤ 40000	Baseado no valor da produção agrícola nas propriedades agrícolas (IBGE)
2º	Autonomia das baterias [h]	$1 \leq t \leq 3$	Desenvolvimentos mostrados na revisão bibliográfica.
3º	Torque do motor elétrico [N.m]	$8 \leq T_M \leq 10$	O torque depende exclusivamente da intensidade de corrente fornecida ao motor.
4º	Potência dos motores[kW]	$3 \leq P_M \leq 5$	Desenvolvimentos mostrados na revisão bibliográfica. Oferecer a mesma faixa de potência de um motocultivador.

5°	Eficiência do painel solar [%]	$22 \leq \eta \leq 27$	Células cristalinas de primeira geração à base de cápsulas de silício. Conforme tabela 3.
6°	Raio de giro do veículo [m]	$1 \leq r \leq 2$	ABNT NBR ISO 789-3 Diâmetros de giro e do espaço de giro.
7°	Precisão do sistema de orientação [cm]	$2 \leq \text{Precisão} \leq 30$	Sistema de navegação por satélite: GPS RTK e visão por câmera com algoritmo de planejamento de rota.

No terço médio (Tabela 2) observa-se os requisitos relacionados com parâmetros de dimensionamento e regulagens da máquina necessárias para se adaptar aos diferentes requerimentos no campo. A faixa de variação da bitola e a altura regulável da máquina são destaques, permitindo sua adaptação a diferentes tipos e layouts das culturas. É mencionado também, os requisitos relacionados com a operação e manutenção do veículo agrícola como: consumo de energia elétrica, tempo de montagem e desmontagem dos componentes, e o custo de manutenção, no entanto, esses requisitos somente poderão ser avaliados na fase do teste após fabricação da concepção.

Tabela 2- Valores meta do Terço médio da hierarquização dos requisitos de projeto.

N°	Requisito de projeto	Valor meta	Referência/Avaliação
8°	Distribuição de massa por eixo [%]	50% por eixo	Questionário dos agricultores, professores e pesquisadores. ABNT NBR ISO 16231-2 (Estabilidade estática). Vai depender da quantidade e posicionamento dos motores.
9°	Faixa de variação da bitola [mm]	$900 \leq L \leq 1200$	Encanteiradores SR Implementos ¹³ ABNT NBR ISO 4004:2018 - Bitolas
10°	Porcentagem de uso de peças normalizadas [%]	50	Porcentagem esperada pela equipe de trabalho.
11°	Custo de manutenção [R\$/ano]	≤ 2000	Dependerão da manutenção dos motores, baterias, hardware e software da máquina.
12°	Vão livre do solo regulável [mm]	$500 \leq h \leq 700$	Medidas de canteiros e fileiras obtidas no questionário. Desenvolvimentos concorrentes.
13°	Consumo de energia elétrica [kW/h]	$0.40 \leq E_{EL} \leq 0.80$	Medida e avaliada na fase do teste.
14°	Montagem/desmontagem dos componentes [min]	$25 \leq t \leq 30$	Questionário dos agricultores, professores e pesquisadores.

Por fim, o terço inferior (Tabela 3), os requisitos que contêm parâmetros que são mensuráveis após seleção, operação e eficiência dos componentes, em sua maioria do sistema elétrico. Tempo de recarga da bateria e sua forma de carregamento, destacam-se como importantes para uma faixa de autonomia estendida do veículo agrícola. Do mesmo modo, embora a proteção e o monitoramento do sistema elétrico tenham ficado em último lugar entre as prioridades da equipe de trabalho, o projeto da máquina deve-se desenvolver sempre pensando na segurança do usuário e dos sistemas.

Tabela 3- Valores meta do Terço inferior da hierarquização dos requisitos de projeto.

N°	Requisito de projeto	Valor meta	Referência/Avaliação
15°	Velocidade de operação [m/s]	$1.0 \leq v \leq 2.5$	Desenvolvimentos mostrados na revisão bibliográfica.

16°	Peso do veículo [kg]	$500 \leq W \leq 700$	Peso total esperado pela equipe de trabalho em base aos desenvolvimentos mostrados na revisão bibliográfica.
17°	Tempo de recarga da bateria [h]	$2 \leq t \leq 4$	Banco de baterias em base a lítio ou níquel. Conforme tabela 4.
18°	Tempo de ajuste e calibração [min]	$t \leq 10$	Questionário dos agricultores, professores e pesquisadores.
19°	Distância entre eixos [mm]	$1200 \leq d \leq 1500$	Desenvolvimentos mostrados na revisão bibliográfica.
20°	Diferentes modos de recarga [N°]	2	Connector SAE J1772 (Type 1) 120V~250V AC - 16/32/63A. Painel solar incorporado.
21°	Proteção do sistema elétrico [%]	100%	ABNT NBR ISO 16230-1 (Segurança de componentes e sistemas elétricos e eletrônicos de alta tensão. Requisitos gerais)
22°	Temperatura dos sistemas elétricos [°C]	$-5 \leq T \leq 35$	ABNT NBR ISO 789-9:2020 (Procedimento de ensaio em tratores agrícolas). ABNT NBR ISO 14269-3 (Determinação de aquecimento, ventilação e condicionamento do ar)

Normalmente o atendimento às metas referentes aos requisitos de projeto mais importantes deverá ter prioridade e o atendimento às metas dos requisitos menos importantes poderá ter maior flexibilidade. Mas deve-se ter cuidado para não interferir de forma negativa em um requisito de projeto mais importante ao flexibilizar a meta de um requisito menos importante.

4. CONCLUSÕES

A hierarquização permite aos projetistas verificar quais requisitos apresentam maior importância e aos quais devem dar maior atenção, a fim de incluir no projeto do produto as funções necessárias para atender as reais necessidades dos clientes.

Com as especificações de projeto com seus valores-meta associados, definiu-se os parâmetros físicos e econômicos que serão a base para o desenvolvimento do veículo autônomo agrícola para agricultura familiar na fase conceitual.

As especificações estabelecidas não trazem a certeza, mas sim a confiança de que o veículo poderá ser bem aceito por agricultores familiares quando disponibilizado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio**: Brasil 2020/21 a 2030/31: projeções de longo prazo. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio>. Acesso em: 01 agosto. 2022.

VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G.; SOUSA, A. G. Agricultura e crescimento: cenários e projeções. Brasília, DF: Ipea, 2011. (IPEA. Texto para discussão, 1642). Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1450/1/td_1642.pdf. Acesso em: 03 Ago. 2022.

FONSECA, J. Sistematização do Processo de Obtenção das Especificações de Projeto de Produtos Industriais e Sua Implementação Computacional. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina., Florianópolis.