

USO DO DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO DA QUALIDADE (QFD) NA ESCOLHA DO MATERIAL PARA O DESENVOLVIMENTO DO CHASSI DO PROTÓTIPO BAJA DA EQUIPE CACTUS BAJA.

Diego Nogueira Melo, Zoroastro Torres Vilar

Resumo: Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de empregar uma ferramenta como guia para a seleção do material do chassi do protótipo da Equipe Cactus BAJA. A proposta é elevar o patamar dos critérios de escolha, que tradicionalmente se baseavam de forma restrita em apenas um ou dois parâmetros. Busca-se, assim, expandir a visão dos estudantes projetistas para aspectos técnicos ainda pouco explorados. O trabalho também apresenta a SAE BRASIL, organização responsável por viabilizar o projeto no país desde 1995. O foco recai sobre o objeto de estudo: o chassi, elemento fundamental para o desenvolvimento do protótipo, pois atua como componente de integração que confere vida ao veículo. Além de destacar a importância do chassi e sua indispensabilidade no projeto, este trabalho explora a relevância de estabelecer critérios sólidos para a seleção do material mais adequado para sua fabricação – fator determinante para a vida útil do produto. Para alinhar as necessidades dos stakeholders (segurança, robustez, leveza, facilidade de fabricação, baixa manutenção e custo) a parâmetros técnicos mensuráveis (como limite de escoamento, soldabilidade e resistência à corrosão), aplicou-se o Desdobramento da Função da Qualidade - Matriz QFD na seleção do aço do chassi da Equipe Cactus BAJA. Entre os materiais analisados (SAE 1018, 1020 e 4130) por sua disponibilidade no mercado nacional, o SAE 1018 destacou-se, com base em critérios normativos, por equilibrar resistência mecânica, soldabilidade e custo – comprovando a eficácia do QFD na tomada de decisões técnicas fundamentadas.

Palavras-chave: QFD; Materiais; Projeto; Chassi; BAJA SAE.

1. INTRODUÇÃO

O Programa Baja SAE promove, desde 1976, a integração entre teoria e prática na formação de engenheiros ao desafiar estudantes a projetar e construir protótipos off-road monoposto. No Brasil, a SAE BRASIL coordena competições nacionais desde 1995.[1] O chassi do BAJA, configurado como um space-frame tubular, deve garantir resistência a impactos, ergonomia e integração dos subsistemas, atendendo ao Regulamento Técnico RASTBSB-06 (SAE BRASIL, 2025), que exige tubos de aço carbono com diâmetro externo de 25,4 mm, espessura de 3,05 mm e teor mínimo de 0,18 % C [1].

A definição do material do chassi tem significativa influência sobre as condições de segurança, peso, custo e facilidade de fabricação. Embora a literatura apresente estudos de seleção de materiais baseados em métodos desenvolvidos por Ashby, a aplicação de forma ordenada do QFD para projetos como o BAJA ainda é pouco explorada. Assim, este trabalho busca determinar: qual aço atende melhor e de forma simultânea aos requisitos de clientes (piloto, equipe, organizadores e patrocinadores) e de engenharia, como o QFD pode apoiar nas decisões da engenharia para a seleção de materiais.

O objetivo principal deste trabalho é aplicar o QFD para escolher o material do chassi da Equipe Cactus Baja. Para que o QFD seja efetivo os objetivos específicos para tal são: realizar o levantamento das vozes dos clientes, traduzir requisitos dos clientes em características técnicas, construir a Casa da Qualidade, selecionar de forma ranqueada os aços abordados, recomendar o material ideal de acordo com os resultados obtidos. É importante salientar que a escolha precisa ser munida de bom senso por parte da equipe de projetos, uma vez que a o QFD é a ferramenta de apoio para a escolha não é ela quem a realiza.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. O Baja SAE e a Equipe Cactus Baja

O Programa Baja SAE é um desafio estudantil com o objetivo de promover aos participantes uma experiência de aplicar na prática seus conhecimentos adquiridos academicamente, sob a forma de um processo integrado de desenvolvimento, garantindo excelência no âmbito internacional. A sua preparação para o mercado de trabalho e uma vivência real no desenvolvimento de um projeto são os seus principais aspectos [1].

Os alunos que participam do Programa Baja SAE devem formar equipes que representarão a Instituição de Ensino Superior à qual possuem um vínculo acadêmico. Estas equipes são desafiadas anualmente a participarem

e promoverem uma avaliação comparativa dos projetos. No Brasil a competição nacional recebe o nome de Competição Baja SAE BRASIL. Competições regionais são nomeadas como Etapa Sul, Sudeste e Nordeste [1].

Através do programa Baja SAE, o projeto Equipe Cactus Baja SAE, vinculado aos cursos de Engenharias e a SAE, desde o ano de 2011 na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), desenvolve de forma integral o veículo, os estudantes desenvolvem o projeto atuando em subsistemas como, suspensão, direção, freios, elétrica, transmissão e chassi, entre outros como gestão e marketing. Todos os anos os alunos de engenharia que compõem a Equipe Cactus Baja têm a necessidade de evoluírem o projeto de forma a elevarem o seu próprio nível e da competição, sempre elaborando planos de ação ao final de cada evento, para que o protótipo possa ser cada vez mais eficiente e conforme. Além disso, é essencial que sejam desenvolvidos projetos mais robustos com o uso de ferramentas consolidadas pela indústria, a exemplo do QFD.

2.2. O Chassi

Se tratando de um veículo que deve essencialmente ter a capacidade de agregar segurança ao ser conduzido, mostrando qualidade ao transpor obstáculos diversos na condição *off-road* e sob as mais adversas condições climáticas, conta com um componente que tem papel excepcional para a concepção do projeto tendo como objetivo principal atender as exigências de resistência, segurança e ergonomia além de ser o elemento de união entre todos os outros subsistemas, o chassi.

Segundo Barton e Fieldhouse (2018), o *space frame* distribui esforços por tração e compressão nos elementos tubulares triangulados, minimizando flexão e torção. Para operar em terreno acidentado, o chassi deve resistir a cargas dinâmicas provenientes da suspensão e impactos, além de oferecer rigidez torcional adequada.

As estruturas tubulares são mais resistentes a esforços longitudinais, ou seja, que provocam aumento ou diminuição do perfil de sua seção transversal através da deformação axial. Alguns esforços aparecem de acordo com que é excitado o chassi, esses esforços são extremamente indesejados quando provocam flexão, esmagamento e torção da estrutura em larga escala. Um chassi de BAJA é um *space frame*. Portanto, deve ser projetado para que, mesmo em situação de torção completa da estrutura, provoque em seus membros tração ou compressão.

2.3. O Material

Materiais influenciavam vidas no tempo de Epiteto e continuam a influenciar hoje. Na época dele, o número de materiais era pequeno; hoje, é vasto. As oportunidades para inovação que os materiais oferecem agora são igualmente imensas. Porém, o avanço só é possível se existir um procedimento para fazer uma escolha racional dos materiais nessa grande lista, e – se quisermos usá-los – um modo de identificar como conformá-los, uni-los e acabá-los [3]. Para que o material seja bem aproveitado é de extrema relevância que seja bem definido. Para isso, o projeto precisa ser bem planejado e refinado de modo a prevenir gastos excessivos e perdas de materiais de forma desnecessária. Projeto é o processo de traduzir uma nova ideia ou uma necessidade de mercado em informações detalhadas com as quais pode-se fabricar um produto. Cada um desses estágios exige decisões sobre os materiais com os quais o produto será feito e sobre o processo a ser utilizado na sua confecção. Normalmente, a escolha do material é ditada pelo projeto. Porém, às vezes ocorre o contrário: o novo produto, ou a evolução de um já existente, foi sugerido ou possibilitado por um novo material [3].

O número de materiais disponíveis para os engenheiros é amplo: 160 mil ou mais. Embora a padronização tente reduzir esse número, o surgimento contínuo de outros materiais com propriedades novas e exploráveis expande ainda mais as opções. Então, como os engenheiros escolhem, dentro dessa vasta lista, o material mais adequado ao seu propósito? Eles recorrem à sua própria experiência? No passado era isso o que acontecia – essa preciosa mercadoria era passada a aprendizes que, quando muito mais velhos, poderiam assumir o papel de guru dos materiais nas empresas em que trabalhavam [3].

2.4. Aços em liga

Os materiais metálicos para estruturas tais como os aços de baixo e médio carbono (SAE 1020) oferecem baixo custo e boa soldabilidade, enquanto aços ligas (SAE 4130) apresentam maior resistência mecânica, porém demandam pré e pós-aquecimento na soldagem, elevando o custo e tempo de fabricação. Usar métodos e ferramentas eficazes para a tomada de decisão ajudam a mitigar as chances de que um projetista tenha custos extremamente elevados por falta de planejamento ou critério.

Nos processos de fabricação, a soldagem sempre deixa tensões internas que são aproximadamente iguais à resistência ao escoamento do material original. Podem ser atenuadas por tratamento térmico, mas aumenta o custo. Portanto, é melhor minimizar seus efeitos por um bom projeto. Para conseguir isso, sempre que possível as espessuras das peças que serão soldadas devem ser iguais, as soldas devem ser localizadas onde a tensão ou a deflexão são menos críticas e o número total de soldas deve ser minimizado [4].

2.5. O Cliente

A filosofia por trás do método é criar um canal de informação de alta qualidade que funcione diretamente entre os clientes no mercado-alvo e os desenvolvedores do produto. Essa filosofia é baseada na premissa de que aqueles que controlam diretamente os detalhes do produto, incluindo engenheiros e projetistas industriais, devem interagir com os clientes e vivenciar o ambiente de uso do produto. Sem essa experiência direta, necessidades importantes dos clientes podem não ser identificadas, compromissos técnicos podem não ser feitos corretamente, soluções inovadoras para as necessidades dos clientes podem não ser descobertas, e a equipe de desenvolvimento pode nunca desenvolver um compromisso profundo em atender às necessidades dos clientes. O processo de identificação das necessidades dos clientes é uma parte integral do maior processo de desenvolvimento de produtos e está muito relacionado à identificação de oportunidades, planejamento de produtos, geração de conceitos, seleção de conceitos, benchmarking competitivo e estabelecimento de especificações do produto [4].

O objetivo de um bom projetista, seja de produtos ou serviços, é satisfazer os clientes atendendo às suas necessidades e expectativas reais ou antecipadas. Isso, por sua vez, aumenta a competitividade da organização. O projeto de produtos e serviços, portanto, pode ser visto como começando e terminando com o cliente. Assim, a atividade de projetar tem um objetivo predominante: fornecer produtos, serviços e processos que satisfaçam os clientes da operação. Os projetistas de produtos tentam alcançar projetos esteticamente agradáveis que atendam ou superem as expectativas dos clientes. Eles também tentam projetar um produto que tenha um bom desempenho e seja confiável durante sua vida útil. Além disso, devem projetar o produto de forma que possa ser fabricado de maneira fácil e rápida [5].

2.6. Matriz QFD

O Processo de Desenvolvimento do Produto, "é o processo a partir do qual informações sobre o mercado são transformadas nas informações e bens necessários para a produção de um produto com fins comerciais" [6].

O método QFD - Quality Function Deployment foi originalmente proposto por Yoji AKAO em 1966, e implementado nos estaleiros KOBE da Mitsubishi Heavy Industries em 1972 [7].

É importante ressaltar que o QFD trouxe uma inversão no processo de desenvolvimento de novos produtos. Tradicionalmente, é a engenharia, com base em suas próprias aptidões, que direciona ("empurra") as atividades de desenvolvimento. No QFD, o processo é desencadeado pelas necessidades reais do consumidor, orientando ("puxando") tais atividades. A lógica de funcionamento é aproximar produtores e consumidores, como antigamente o artesão conhecia os desejos de sua clientela [7].

O principal objetivo do desdobramento da função qualidade (QFD) é tentar garantir que o design eventual de um produto ou serviço atenda realmente às necessidades de seus clientes. Os clientes podem não ter sido considerados explicitamente desde a fase de geração de conceitos e, portanto, é apropriado verificar se o que está sendo proposto para o design do produto ou serviço atenderá às suas necessidades. É uma técnica que foi desenvolvida no Japão no estaleiro da Mitsubishi em Kobe e utilizada extensivamente pela Toyota, fabricante de veículos, e seus fornecedores. Também é conhecida como a 'casa da qualidade' (por causa de sua forma) e a 'voz do cliente' (por causa de seu propósito). A técnica tenta capturar o que o cliente precisa e como isso pode ser alcançado. A matriz QFD é uma articulação formal de como a empresa vê a relação entre os requisitos do cliente (os whats) e as características de design do novo produto (os hows) [5].

A etapa inicial, Casa da Qualidade, relaciona vozes do cliente (VOC) com características técnicas, atribuindo pesos de importância e correlações [6].

Os Requisitos do Consumidor - RCs podem ser obtidos de uma diversidade de fontes de informação, dentre as quais a mais usual é a pesquisa de mercado. Contudo, esta etapa deve ser elaborada com bastante cautela, uma vez que se estará tentando obter necessidades explícitas e implícitas dos consumidores. Existem casos em que o consumidor "esquece" de alguns requisitos básicos (ex: avião - esquece de pedir um avião seguro, que não caia, mas se lembra de pedir bom atendimento e pontualidade; ou então não age de acordo com o que diz - afirma preferir comida sem açúcar, mas consome com açúcar) [7].

Essa ferramenta também chamada de "Matriz de Desenvolvimento do Produto ou Casa da qualidade" engloba os parâmetros qualitativos que auxiliam na validação das características que agregam valor a um determinado produto. Esse sistema segue um fluxo pré-definido, como pode ser visto na Figura 1. Ela será usada como objeto direcionador para as escolhas realizadas daqui em diante.

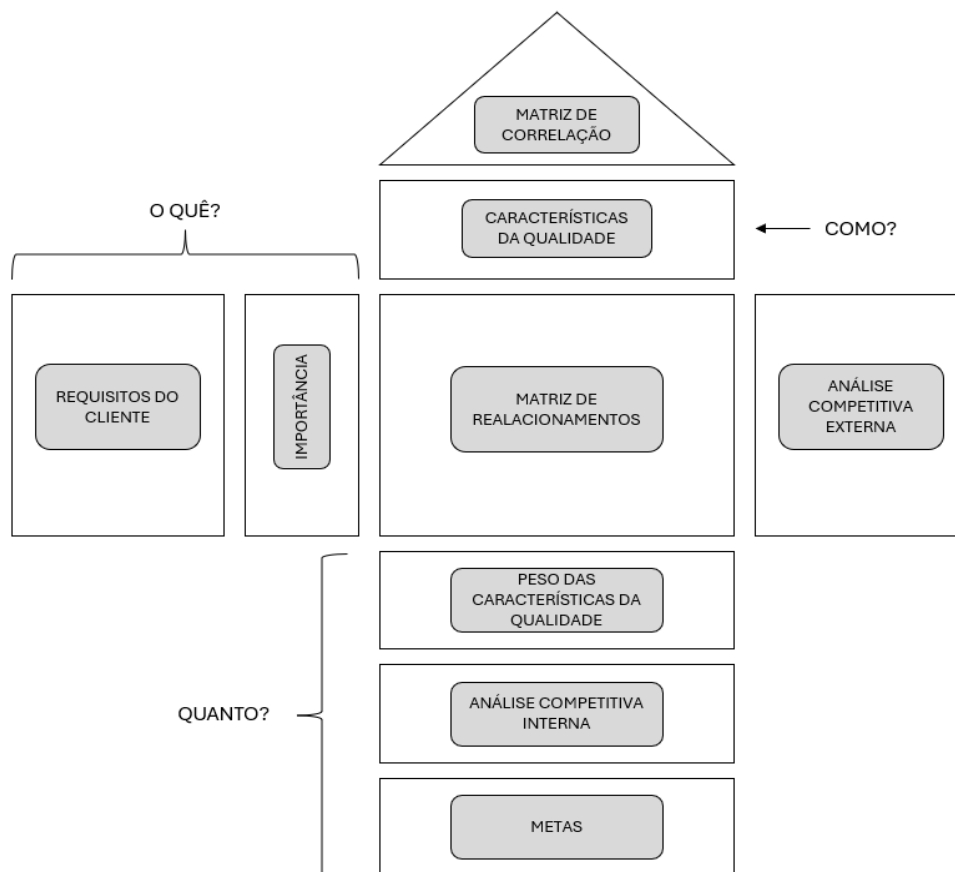


Figura 1 - Matriz QFD ou Casa da Qualidade. (Autoria própria)

3. METODOLOGIA

Aqui é dado início ao desenvolvimento da matriz QFD. É onde será visto cada etapa até que se tenha com clareza a conclusão de qual material será melhor aproveitado pela equipe de acordo com os requisitos levantados e analisados. Pode ser observado na Figura 2 o fluxo composto pelas que irão guiar a construção da matriz onde estão distribuídas sequencialmente. A matriz busca agregar qualidade e confiabilidade ao projeto em todas elas.

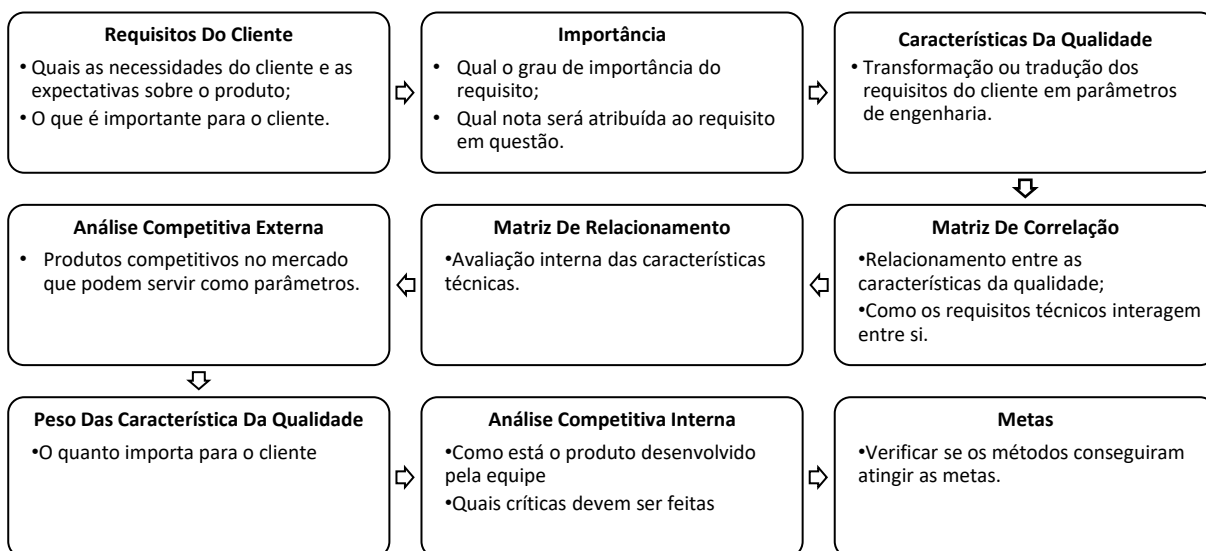


Figura 2 – Fluxo para construção da Matriz QFD. (Autoria própria)

3.1. A VOZ DO CLIENTE

A primeira etapa construída na Tabela 1, consiste em iniciar a construção da estrutura dessa matriz e identificar quem são os clientes e quais as suas necessidades, ou seja, ouvir os clientes. Essa etapa leva o nome de Requisitos

do Cliente e para a identificação desses requisitos existem diversas formas como: feedbacks, reclamações, exigências, sugestões, comentários, entre outros. Essa é uma etapa essencial para a identificação das vozes dos clientes, é a partir dela que os projetistas irão elaborar um plano de ação para o desenvolvimento do produto proposto.

Tabela 1 - Grupos de stakeholders. (Autoria própria)

Clientes	Representantes	Requisitos do Cliente
Piloto	Condutor titular	Ergonomia, segurança
Equipe de Engenharia	Alunos projetistas	Facilidade de fabricação, baixo custo
Patrocinadores	Empresas locais	Visibilidade, confiabilidade
Comissão SAE BRASIL	Organizadores da prova	Conformidade regulatória

Como pode ser observado na Tabela 2, foram realizadas entrevistas com os pilotos, equipe de projeto e patrocinadores, definiram-se seis VOC (Voice of Customer): segurança, robustez, peso leve, facilidade de fabricação/soldagem, baixa manutenção e custo acessível. Os pesos de importância foram distribuídos em consenso, totalizando 100.

Tabela 2 – Pesos dos Requisitos dos Clientes (VOC). (Autoria própria)

Ref.	Requisitos do Cliente	Peso
C1	Segurança	25
C2	Robustez/Resistência	20
C3	Peso Leve	15
C4	Facilidade de Fabricação/Soldagem	15
C5	Baixa Manutenção	10
C6	Custo Acessível	15

3.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

A segunda etapa é a definição das Características da Qualidade, onde são transformados os Requisitos do Cliente em parâmetros de engenharia. Nem sempre o cliente entende qual parâmetro técnico é o melhor, e a função dessa etapa é traduzir requisitos qualitativos em funcionais. Para que fique mais claro, imagine que o cliente solicita que deseje um equipamento que não esquenta muito, mas o que é esquentar muito? É aí que entra a tradução desse requisito em um termo técnico, para esse exemplo, um valor em unidade de temperatura visto na Tabela 3. Desse modo, foram adotados seis parâmetros quantificáveis: limite de escoamento, resistência à tração, densidade, soldabilidade, resistência à corrosão e custo relativo.

Tabela 3 - Definição das Características Técnicas. (Autoria própria)

Ref.	Característica Técnica	Unidade
T1	Resistência à Tração	MPa
T2	Limite de Escoamento	MPa
T3	Alongamento	%
T4	Densidade	kg/cm ⁻³
T5	Soldabilidade	Escala qualitativa
T6	Resistência à Fadiga	MPa
T7	Resistência à Corrosão	Escala qualitativa
T8	Custo Relativo	Escala qualitativa

3.3. MATRIZ DE RELACIONAMENTO

A terceira etapa é o preenchimento da Matriz de Relacionamento entre os requisitos escolhidos que podem ser observados na Tabela 4. Será avaliado como eles interagem e quais os impactos que uns irão sofrer perante os outros. Auxiliando a engenharia a identificar qual deles é o mais importante ao passo que realiza o preenchimento da Matriz de Relacionamentos, onde estarão relacionados os Requisitos do Cliente com os Requisitos funcionais. Cada Requisito do Cliente e cada Característica Técnica, utilizando uma escala de 0 a 3, onde 3 indica uma relação forte, 2 – média, 1 – fraca e 0 – nenhuma relação. A escala também pode ser representada com uma simbologia, entretanto, foi optado por desenvolvê-la com valor numérico para que fosse facilitado o entendimento.

Tabela 4 – Peso VOC × Características Técnicas. (Autoria própria)

VOC / TÉC	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
-----------	----	----	----	----	----	----	----	----

C1 Segurança	3	2	1	1	2	1	2	0
C2 Robustez	3	2	1	1	2	1	2	0
C3 Peso Leve	1	1	3	0	0	1	0	0
C4 Fabricação	1	1	0	3	3	1	3	3
C5 Manutenção	1	0	0	1	3	1	3	3
C6 Custo	1	1	1	1	3	3	1	0

3.4. MATRIZ DE CORRELAÇÃO

Na quarta etapa é possível observar o ‘Telhado’ da Casa da Qualidade, construído com ajuda da Tabela 5, representa as correlações entre as características técnicas, indicando se elas se reforçam ($\oplus$), se anulam ($\ominus$) ou se são nulas (O). Isso ajuda a identificar potenciais conflitos ou sinergias no projeto.

Tabela 5 – O ‘Telhado’ da Casa da Qualidade. (Autoria própria)

Ref.	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
T1	—	$\oplus$	$\ominus$	O	O	$\oplus$	O	O
T2		—	$\ominus$	$\oplus$	O	$\ominus$	O	O
T3			—	O	O	$\oplus$	O	O
T4				—	$\oplus$	$\ominus$	O	O
T5					—	$\ominus$	$\oplus$	O
T6						—	O	O
T7							—	O
T8								—

3.5. SELEÇÃO DE MATERIAIS

Foram selecionados os aços na quinta etapa, sendo eles: SAE 1018, 1020 e 4130, todos compatíveis com o regulamento proposto pela SAE BRASIL. Estão dispostos na Tabela 6. Os dados mecânicos foram obtidos através de pesquisas e foram atestados pelas literaturas referenciadas anteriormente.

Tabela 6 - Dados Técnicos dos Aços Avaliados. (Autoria própria)

Propriedade	SAE 1018	SAE 1020	SAE 4130
Resistência à Tração (MPa)	440–480	395–510	560–670
Limite de Escoamento (MPa)	370	295	435
Alongamento (%)	15–20	20	25,5
Densidade (g cm^{-3})	7,87	7,87	7,85
Soldabilidade	Excelente	Excelente	Boa
Resistência à Fadiga (MPa)	215	235	420
Resistência à Corrosão	Baixa	Baixa	Baixa
Custo Relativo	Baixo	Baixo	Alto

Posteriormente, como pode ser observado na Tabela 7, foi agregado valor a cada parâmetro de acordo com elencando de acordo o peso das Características Técnicas de cada material em uma escala de 1 a 3, onde o 3 representa uma relação boa, 2 mediana e 1 ruim.

Tabela 7 – Desempenho Relativo dos Aços (1–3). (Autoria própria)

Propriedade	1018	1020	4130	Critérios
Resistência à Tração	2	2	3	$>450 \text{ MPa} = 3$
Limite de Escoamento	2	1	3	$>400 \text{ MPa} = 3$
Resistência a tração	2	2	3	$\geq 25 \% = 3$
Densidade	2	2	2	Todos $\sim 7,8 \text{ g cm}^{-3} = 2$
Soldabilidade	3	3	1	Exige corrente alta = 2
Resistência à Fadiga	2	2	3	$>250 \text{ Mpa} = 3$
Resistência à Corrosão	1	1	1	Sem ligas inox = 1
Custo Relativo	3	3	1	Custos Nacionais

3.6. CONSTRUÇÃO DA CASA DA QUALIDADE

A pontuação ponderada de cada material foi definida pela Fórmula 1, sendo o resultado da multiplicação entre o peso VOC, relação e desempenho de cada material, em seguida realizado o somatório de cada uma das notas para a obtenção do total ponderado – valor final da análise.

Tabela 8 – Ponderação e Pontuação Total. (Autoria própria)

VOC (Peso)	1018	1020	4130
C1 (25)	600	550	675
C2 (20)	480	440	540
C3 (15)	180	165	270
C4 (15)	495	480	360
C5 (10)	270	270	170
C6 (15)	360	345	360
Total Ponderado	2385	2250	2375

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi realizada a construção da estrutura da matriz com a utilização do Excel. A ferramenta possibilitou o desenvolvimento do modelo que foi aplicado ao problema proposto. A Figura 3 apresenta a Casa da Qualidade com somas parciais e totais.

		<							
--	--	---	--	--	--	--	--	--	--

Foi calculada a pontuação ponderada de cada material. $\text{peso (requisitos do cliente)} \times \text{relação (relacionamento)} \times \text{desempenho}$.

O SAE 1018 se destacou em pontuação com 2385 pontos, impulsionado por soldabilidade excelente (nota 3) e menor custo (nota 3), fatores cruciais para o sucesso de construção no prazo e orçamento. O SAE 4130 apresentou a maior resistência mecânica, mas seu custo e exigência de tratamento térmico para que seja possibilitada uma boa soldabilidade, reduziram sua pontuação, ficando 15 pontos atrás do SAE 1018. O SAE 1020 foi mediano em todos os critérios e não destacou vantagens competitivas.

4.2. IMPLICAÇÕES PARA O PROJETO DO CHASSI

A adoção do SAE 1018 permite soldagem MIG sem pré-aquecimento, reduzindo tempo de fabricação. É recomendada aplicação de pintura com tinta apropriada para mitigar efeitos causadores de corrosão, estendendo sua vida útil. Deverão ser realizadas simulações FEA para que seja atestada a escolha do material como: impactos frontal e lateral, queda livre, queda livre com apenas uma das rodas, tombamento, análise de fadiga nos pontos críticos como os pontos de ancoragem da suspensão e base do motor.

5. CONCLUSÃO

O QFD demonstrou ser uma ferramenta eficaz na integração das exigências dos stakeholders e critérios de engenharia para a seleção do material do chassi da Equipe Cactus BAJA. Entre os três aços avaliados, o SAE 1018 ofereceu o melhor equilíbrio entre desempenho mecânico, soldabilidade e custo, atendendo aos requisitos normativos da SAE BRASIL. A metodologia adotada poderá ser replicada em outras decisões de projeto dentro da equipe, de maneira a fortalecer a cultura de engenharia baseada em parâmetros técnicos. É de suma importância ressaltar que todas as decisões devem ser tomadas, em conjunto, por todos os subsistemas. Tendo em vista que não há decisão absoluta, a equipe de engenharia deverá agir com bom senso, sendo este uma das maiores habilidades do engenheiro, devendo respeitar aquilo que for melhor para o projeto no momento em questão. Caso os requisitos dos clientes tenham alguma alteração em seu peso, deve-se repetir a análise e observar os novos resultados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SAE BRASIL. Regulamento Administrativo e Técnico Baja SAE Brasil – RASTBSB-06. São Paulo, 2025.
- [2] BARTON, D. C.; FIELDHOUSE, J. D. Automotive Chassis Engineering. Springer, 2018.
- [3] ASHBY, M. Materials Selection in Mechanical Design. 5.ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2017.
- [4] ULRICK, K. T., Eppinger, S. D., & Yang, M. C. (2020). Product design and development (7th ed.). McGraw-Hill Education.
- [5] CLARK, K.; FUJIMOTO, T. Product Development Performance. Harvard Business School, 1991.
- [6] SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Operations Management. 6. ed. Harlow: Pearson Education; 2010.
- [7] CARVALHO, Marly Monteiro de. QFD: UMA FERRAMENTA DE TOMADA DE DECISÃO EM PROJETO. 1997. 185 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 1997.
- [8] CALLISTER JR., William D.; RETHWISCH, David G. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. Tradução Sergio Murilo Stamile Soares. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.