

APLICAÇÃO DO QFD NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO SUSTENTÁVEL: REDESENHO DE ESCOVA DENTAL

Cássia Barreto^{1*}

RESUMO

BARRETO, C. Aplicação do QFD no desenvolvimento de produto sustentável: Redesenho de escova dental. **Perspectivas Online: Exatas & Engenharia**, v. 16, n. 42, p. 13- 32, 2026.

Diante dos impactos ambientais gerados pelo descarte inadequado de escovas de dentes convencionais e da crescente demanda por produtos sustentáveis, este estudo propõe o redesenho de uma escova dental modular, com foco em sustentabilidade, redução de resíduos e conformidade técnica. A metodologia caracteriza-se como uma pesquisa aplicada com abordagem qualitativa e quantitativa, fundamentada em um levantamento de dados secundários obtidos via revisão bibliográfica e documental. Como ferramenta de análise, utilizou-se o Desdobramento da Função Qualidade (QFD), que permitiu transformar as necessidades dos consumidores em requisitos técnicos de projeto, priorizando atributos como preço acessível,

funcionalidade, estética, sustentabilidade e uso de materiais ecológicos. O levantamento de dados baseou-se em pesquisas acadêmicas sobre o comportamento dos consumidores, requisitos técnicos mínimos para escovas de dentes e tendências de consumo consciente no Brasil. Como resultado, foi desenvolvido o conceito da escova *EcoClick Brush*, com cabo em PET reciclado, cabeça removível e cerdas biodegradáveis de origem vegetal, atendendo integralmente às exigências normativas de segurança e eficácia. A simulação indicou o potencial de redução de até 70% no volume de resíduos plásticos descartados, evidenciando que o redesenho do produto representa uma alternativa viável, sustentável e alinhada às expectativas do mercado brasileiro.

Palavras-chave: Sustentabilidade; redesenho de produto; modularidade; qualidade.

¹ Estudante de Engenharia de Produção, FCEE - Faculdade de Ciências Exatas e Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Campus Zona Oeste, Avenida Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, Inhoaíba, CEP 23070 - 200, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

e-mail: barreto.cassia_1@graduacao.uerj.br

Data de recebimento: 05/07/2025

Aceito para publicação: 09/01/2026

Data de publicação: 31/07/2026

APPLICATION OF QFD IN THE DEVELOPMENT OF A SUSTAINABLE
PRODUCT: TOOTHBRUSH REDESIGN*Cássia Barreto¹*

ABSTRACT

BARRETO, C. Application of QFD in the development of a sustainable product: Toothbrush redesign. **Online Perspectives: Exact & Engineering**, v. 16, n. 42, p. 13-32, 2026.

Given the environmental impacts generated by the improper disposal of conventional toothbrushes and the growing demand for sustainable products, this study proposes the redesign of a modular toothbrush, focusing on sustainability, waste reduction, and technical compliance. The methodology is characterized as applied research with a qualitative and quantitative approach, based on secondary data collection obtained through bibliographic and documentary reviews. As an analytical tool, Quality Function Deployment (QFD) was used to transform consumer needs into technical design requirements, prioritizing attributes such as affordability, functionality, aesthetics, sustainability, and

the use of eco-friendly materials. The data collection was based on academic research regarding consumer behavior, minimum technical requirements for toothbrushes, and conscious consumption trends in Brazil. As a result, the *EcoClick Brush* concept was developed, featuring a recycled PET handle, a removable head, and biodegradable plant-based bristles, fully meeting safety and efficacy regulatory standards. The simulation indicated a potential reduction of up to 70% in the volume of discarded plastic waste, demonstrating that the product redesign represents a viable and sustainable alternative aligned with the expectations of the Brazilian market.

Keywords: Sustainability; product redesign; modularity; quality.

¹Production Engineering Student, FCEE – Faculty of Exact Sciences and Engineering, Rio de Janeiro State University – UERJ, West Zone Campus, Avenida Manuel Caldeira de Alvarenga, 1203, Inhoaíba, ZIP Code 23070-200, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

e-mail: barreto.cassia_1@graduacao.uerj.br

Received: 05/07/2025

Accepted: 09/01/2026

Published online: 31/07/2026

1. INTRODUÇÃO

O descarte recorrente de produtos plásticos representa um dos maiores desafios ambientais contemporâneos, especialmente quando relacionado a itens de uso cotidiano e de

substituição frequente, como as escovas de dentes. Segundo estimativas, cerca de 23 bilhões de escovas são descartadas anualmente em todo o mundo, contribuindo significativamente para o agravamento da poluição por plásticos em ambientes terrestres e marinhos (SWOP, 2024).

As escovas de dentes convencionais, majoritariamente fabricadas em polipropileno e nylon, apresentam baixa reciclabilidade e elevado tempo de decomposição, o que gera preocupações quanto aos impactos ambientais ao longo de seu ciclo de vida. Diante desse cenário, torna-se imprescindível repensar o desenvolvimento desses produtos, incorporando soluções sustentáveis capazes de minimizar a geração de resíduos e atender às expectativas de um mercado cada vez mais consciente (Neves; Ferreira; Souza, 2018; Retratos da Sociedade Brasileira, 2022).

A engenharia de produto possui papel estratégico nesse processo ao viabilizar o desenvolvimento de soluções inovadoras e sustentáveis, sem comprometer a funcionalidade, a segurança ou a acessibilidade. Historicamente, essa área esteve voltada principalmente ao desempenho, ao custo e à funcionalidade dos produtos. Entretanto, a crescente preocupação com os impactos ambientais ampliou seu escopo de atuação, incorporando a sustentabilidade como um requisito essencial do processo de desenvolvimento.

Sob essa perspectiva, a sustentabilidade ultrapassa a simples seleção de materiais ambientalmente mais adequados, exigindo uma análise abrangente dos impactos gerados durante todo o ciclo de vida do produto. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2009), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), definida pela ABNT NBR ISO 14040, constitui uma abordagem que considera os impactos ambientais desde a extração das matérias-primas, passando pelo processamento, manufatura, distribuição e utilização, até o descarte e a reintegração ao sistema produtivo. Dessa forma, o desenvolvimento de produtos passa a contemplar não apenas aspectos técnicos e econômicos, mas também seus efeitos ambientais ao longo de todas as etapas de utilização.

Nesse contexto, o redesenho de produtos existentes, especialmente daqueles de uso contínuo e elevado volume de descarte, constitui uma estratégia importante do Ecodesign. Segundo Manzini e Vezzoli (2008), essa abordagem considera os aspectos ambientais em todas as fases do desenvolvimento, buscando reduzir os impactos produzidos ao longo do ciclo de vida. Graedel e Allenby (2010) reforçam que o redesenho permite aperfeiçoar produtos já consolidados, reduzindo sua pegada ambiental sem comprometer seu desempenho ou aceitação pelo mercado.

A incorporação da sustentabilidade ao desenvolvimento de produtos deixou de representar apenas um diferencial competitivo para tornar-se uma demanda crescente da sociedade. Pesquisas recentes indicam que 74% dos consumidores brasileiros se consideram ecologicamente conscientes e aproximadamente metade verifica se os produtos foram fabricados de forma sustentável (Retratos da Sociedade Brasileira, 2022). Além disso, 31,6% dos consumidores afirmam priorizar marcas sustentáveis em suas decisões de compra (Descarbonize Soluções, 2024). Esses resultados evidenciam que soluções ambientalmente responsáveis tendem a atender não apenas às exigências ambientais, mas também às expectativas do mercado.

Entre as estratégias utilizadas para reduzir os impactos ambientais destaca-se a modularidade. Produtos modulares são constituídos por componentes independentes e intercambiáveis, permitindo substituições, atualizações e manutenções sem a necessidade de

descarte integral do produto (Ulrich; Eppinger, 2012). Além de simplificar o desenvolvimento, essa abordagem favorece adaptações futuras e amplia a vida útil dos produtos, constituindo uma importante estratégia para a implementação dos princípios da economia circular (Baldwin; Clark, 2000).

No caso específico das escovas de dentes, a modularidade permite substituir apenas a cabeça, onde ocorre o desgaste das cerdas, preservando o cabo, componente de maior volume e durabilidade. Como consequência, reduz-se significativamente o volume de plástico descartado a cada ciclo de substituição. Santos, Broega e Martins (2015) destacam que o design modular constitui uma das estratégias mais eficazes para diminuir a geração de resíduos sólidos em produtos de consumo, enquanto Kremer e Ma (2016) ressaltam sua importância para favorecer processos de reutilização, remanufatura, reparo e reciclagem.

Entretanto, o desenvolvimento de produtos sustentáveis não depende exclusivamente da escolha de materiais ou da adoção de soluções modulares. É igualmente necessário compreender as necessidades dos consumidores e transformá-las em requisitos técnicos capazes de orientar o projeto do produto. Nesse contexto, destaca-se o Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment* – QFD), metodologia proposta por Akao (1990), que permite converter sistematicamente as expectativas dos clientes em especificações técnicas de engenharia.

O QFD representa uma mudança de paradigma no desenvolvimento de produtos ao incorporar a qualidade desde as etapas iniciais do projeto, em vez de restringi-la à inspeção do produto final. Conforme Miguel (2008), essa metodologia reduz o risco de interpretações equivocadas das necessidades dos consumidores durante o desenvolvimento, favorecendo produtos mais alinhados às demandas do mercado. O processo inicia-se pela identificação da chamada Voz do Cliente (*Voice of Customer* – VOC), obtida por meio de entrevistas, pesquisas de mercado, grupos focais ou levantamento bibliográfico, cujas informações são posteriormente traduzidas em requisitos técnicos mensuráveis (Griffin; Hauser, 1993). Dessa forma, o QFD contribui para o desenvolvimento de soluções que conciliam desempenho técnico, qualidade, competitividade e satisfação dos usuários (Reis *et al.*, 2017).

Considerando o impacto ambiental decorrente do descarte inadequado de escovas de dentes, as deficiências técnicas observadas em produtos comercializados no Brasil (Pestana *et al.*, 2025) e o crescente engajamento dos consumidores em práticas de consumo consciente (Descarbonize Soluções, 2024), torna-se pertinente desenvolver alternativas que integrem sustentabilidade, modularidade e conformidade técnica.

Diante desse cenário, o presente estudo propõe o redesenho de uma escova dental convencional, incorporando os conceitos de modularidade e sustentabilidade por meio da aplicação da metodologia QFD. Para isso, realizou-se uma pesquisa bibliográfica destinada a identificar as necessidades, preferências e expectativas relacionadas ao produto, fornecendo subsídios para sua tradução em requisitos técnicos de projeto. Como resultado, busca-se desenvolver a proposta de uma escova dental modular e sustentável que, além de reduzir a geração de resíduos plásticos, atenda às exigências de segurança, funcionalidade e eficácia, contribuindo para o desenvolvimento de produtos mais alinhados aos princípios da economia circular e às demandas contemporâneas de sustentabilidade.

2. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos, estruturou-se um procedimento metodológico fundamentado na pesquisa bibliográfica e na aplicação do Desdobramento da Função Qualidade (QFD), buscando integrar os princípios da sustentabilidade, da modularidade e da engenharia de produto ao processo de redesenho da escova dental.

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de caráter exploratório e conceitual, que utiliza o Desdobramento da Função Qualidade (Quality Function Deployment - QFD) como principal ferramenta para o redesenho sustentável de uma escova dental, com foco na modularidade, na sustentabilidade e na redução do impacto ambiental. Trata-se de um estudo de caso de redesenho de produto, desenvolvido a partir de um problema real, o impacto ambiental e as limitações técnicas das escovas dentais convencionais, visando propor uma solução conceitual baseada em evidências da literatura científica.

O desenvolvimento metodológico foi orientado pelos princípios da economia circular (Figura 1), da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e do Ecodesign (Figura 2), considerando que o desempenho ambiental de um produto deve ser analisado desde a obtenção da matéria-prima até seu descarte ou reinserção no ciclo produtivo. Esses princípios nortearam as decisões relacionadas ao redesenho da escova dental, privilegiando soluções voltadas à redução do consumo de matéria-prima, ao prolongamento da vida útil do produto e à diminuição da geração de resíduos plásticos.

Figura 1- Compreendendo a Economia Circular



Figura 2: Pilares do Design Sustentável aplicados ao ciclo de vida do produto.



O método contemplou uma sequência estruturada de etapas, integrando levantamento bibliográfico, identificação das necessidades dos consumidores e aplicação do QFD para a definição dos requisitos técnicos do produto, garantindo respaldo científico ao desenvolvimento da proposta.

2.1 Levantamento bibliográfico

A primeira etapa consistiu na coleta de dados secundários, visando compreender as preferências dos consumidores, os critérios utilizados na escolha de escovas de dentes, os requisitos técnicos mínimos exigidos para esse produto e as tendências relacionadas ao consumo sustentável. Para isso, realizou-se pesquisa bibliográfica entre maio e junho de 2025 nas bases Google Acadêmico, Periódicos CAPES e SciELO, complementada por consultas a sites institucionais e relatórios técnicos de organizações ligadas às áreas ambiental e de saúde.

As buscas empregaram combinações das palavras-chave "escova dental", "preferência dos consumidores", "critérios de escolha", "sustentabilidade", "higiene bucal", "escova biodegradável", "reciclagem de plásticos" e "materiais sustentáveis". Foram priorizadas pesquisas acadêmicas sobre hábitos de consumo de escovas dentais, estudos sobre critérios de escolha de produtos sustentáveis, normas técnicas, artigos científicos relacionados aos requisitos mínimos de segurança e eficácia das escovas de dentes e trabalhos que abordassem os impactos ambientais decorrentes do descarte de plásticos.

As informações obtidas nessa etapa constituíram a principal fonte de dados para a construção da matriz QFD, subsidiando a identificação da Voz do Cliente (*Voice of Customer* - VOC) e a definição dos Requisitos Técnicos (*Critical to Quality* - CTQ). Entre os trabalhos selecionados destacam-se Bottan *et al.* (2010), que investigaram os fatores que influenciam a escolha de escovas por consumidores adultos; Lima *et al.* (2014), que avaliaram os critérios de escolha entre estudantes do ensino médio; Pestana *et al.* (2025), que analisaram a conformidade técnica de modelos comercializados no Brasil; Descarbonize Soluções (2024) e Retratos da Sociedade Brasileira (2022), que apresentaram dados sobre tendências de consumo sustentável; Santos, Broega e Martins (2015), que discutem a modularidade como estratégia para redução de resíduos sólidos; além de relatórios técnicos e informações disponibilizadas por fabricantes e portais especializados, como a SWOP (2024).

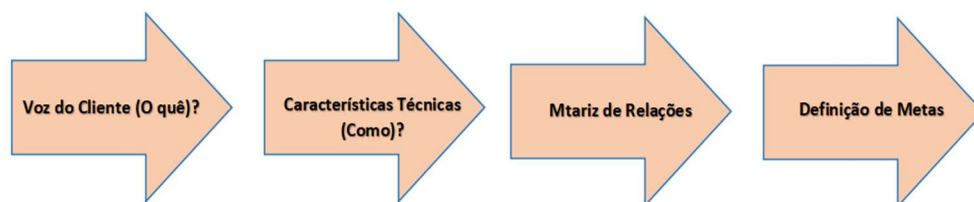
Essa etapa permitiu identificar tanto os requisitos técnicos mínimos quanto as expectativas dos consumidores, fornecendo os elementos necessários para o desenvolvimento

da proposta.

2.2 Aplicação da metodologia QFD

Com base nas informações obtidas no levantamento bibliográfico, aplicou-se a metodologia do Desdobramento da Função Qualidade (QFD), conforme proposta por Akao (1990), estruturando a Casa da Qualidade (*House of Quality* - HoQ). O QFD foi empregado para converter sistematicamente as necessidades dos consumidores em requisitos técnicos de projeto, permitindo estabelecer prioridades para o desenvolvimento da escova dental. O fluxo metodológico empregado na aplicação do QFD encontra-se representado na Figura 3.

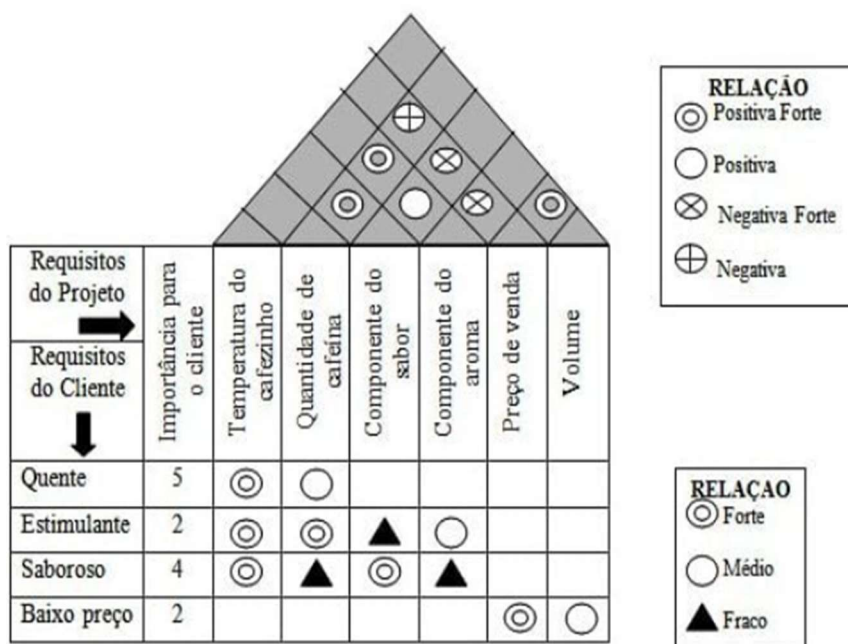
Figura 3 - Fluxo de desdobramento da qualidade na metodologia QFD



O processo iniciou-se pela identificação da Voz do Cliente (VOC), obtida a partir da síntese das informações levantadas na literatura. Em seguida, essas necessidades foram traduzidas em requisitos técnicos (*Critical to Quality* - CTQ), permitindo estabelecer relações entre as expectativas dos consumidores e as características técnicas do produto.

A principal ferramenta utilizada foi a Casa da Qualidade, representada na Figura 4, responsável por organizar e correlacionar os requisitos dos consumidores com os requisitos técnicos do projeto.

Figura 4 - Estrutura simplificada da Casa da Qualidade.



Fonte: Elaborada pelos autores, adaptada de Cheng e Melo Filho (2010).

A Casa da Qualidade permitiu estabelecer as relações entre os requisitos dos consumidores e as características técnicas do produto, identificar correlações entre os parâmetros de engenharia, comparar o desempenho do produto proposto com soluções concorrentes e definir prioridades para o desenvolvimento do projeto. Além disso, possibilitou calcular os pesos absolutos e relativos dos requisitos, direcionando os esforços para os atributos de maior impacto na satisfação dos consumidores.

Para garantir maior objetividade na atribuição dos pesos, o grau de importância de cada necessidade foi definido a partir da frequência e da ênfase observadas nos estudos de Bottan *et al.* (2010), Lima *et al.* (2014), Descarbonize Soluções (2024) e Retratos da Sociedade Brasileira (2022). Utilizou-se uma escala Likert de cinco pontos, na qual o valor cinco representa "extremamente importante" e o valor um indica "sem importância".

A avaliação comparativa de desempenho foi realizada considerando dois produtos concorrentes disponíveis no mercado, sendo um representante das escovas convencionais e outro pertencente ao segmento de escovas sustentáveis. As relações entre os requisitos dos consumidores e os requisitos técnicos foram classificadas segundo as intensidades tradicionalmente utilizadas na metodologia QFD (forte = 9, moderada = 3 e fraca = 1), definidas por consenso entre os pesquisadores a partir das evidências encontradas na literatura.

Ao final dessa etapa, foram determinados os pesos absolutos e relativos dos requisitos técnicos, permitindo identificar os atributos prioritários para o redesenho da escova dental.

2.3 Simulação comparativa de impacto ambiental

Como etapa complementar do estudo, realizou-se uma simulação conceitual do impacto ambiental utilizando dados secundários obtidos na literatura, especialmente em SWOP (2024) e Santos, Broega e Martins (2015). A análise comparou o volume estimado de resíduos plásticos gerados por escovas convencionais com aquele previsto para o modelo modular proposto, denominado EcoClick Brush, considerando o comportamento médio de substituição observado no Brasil.

Para essa estimativa foram considerados o peso médio de uma escova convencional (20 g), o peso estimado da cabeça removível do modelo proposto (entre 6 g e 8 g) e a frequência anual de substituição. Com base nesses parâmetros, projetaram-se os potenciais benefícios ambientais decorrentes da adoção do design modular e da utilização de materiais reciclados e biodegradáveis.

Por se tratar de um estudo conceitual, os resultados obtidos possuem caráter estimativo e não substituem a validação experimental do produto. Entretanto, constituem importante subsídio para o desenvolvimento de protótipos, para futuras avaliações de desempenho e para estudos voltados à validação prática da solução proposta.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O levantamento bibliográfico revelou aspectos relevantes relacionados ao comportamento dos consumidores na escolha de escovas dentais, aos requisitos técnicos mínimos desses produtos e às tendências contemporâneas de sustentabilidade no consumo. As informações obtidas subsidiaram a construção da Casa da Qualidade e orientaram o redesenho

sustentável proposto.

3.1 Perfil dos consumidores, requisitos técnicos e tendências de sustentabilidade

Os estudos analisados indicaram que a escolha de escovas dentais é influenciada por fatores econômicos, técnicos, estéticos e, mais recentemente, ambientais. Entretanto, a relevância atribuída a cada fator varia de acordo com o perfil do público investigado.

Bottan *et al.* (2010) realizaram uma pesquisa com 409 consumidores adultos, com idade igual ou superior a 18 anos, entrevistados em pontos de venda de Florianópolis, Santa Catarina. O estudo investigou os critérios de escolha e os hábitos de substituição das escovas dentais. Entre os participantes, 43,6% indicaram o preço acessível como principal fator de decisão, enquanto 43,1% consideraram a reputação da marca e os apelos publicitários. A indicação do cirurgião-dentista influenciou 10,5% dos consumidores, e apenas 2,8% relataram considerar a recomendação de parentes ou amigos.

Entre os consumidores que buscavam orientação profissional para a escolha da escova, 80% demonstraram preocupação com as especificações das cerdas, incluindo tipo, consistência e desgaste, enquanto 20% consideraram relevante o tamanho da cabeça da escova. Em relação à frequência de substituição, 52% dos entrevistados informaram trocar a escova a cada três ou quatro meses, período compatível com as recomendações odontológicas. Esses resultados demonstram que, embora o preço, a marca e a propaganda exerçam influência significativa, os consumidores também valorizam aspectos relacionados ao conforto e à eficiência da escovação.

Lima *et al.* (2014) complementaram esse panorama ao investigarem os critérios de escolha de escovas dentais entre 108 estudantes do ensino médio do município de Jussara, Paraná, com idade superior a 14 anos. Entre os adolescentes, a indicação do cirurgião-dentista foi o fator mais valorizado, mencionada por 27,77% dos participantes. A finalidade e a funcionalidade da escova foram consideradas por 22,22%, enquanto 19,44% indicaram influência da mídia, da forma e da cor. O preço foi priorizado por 18,51%, e somente 0,92% demonstraram fidelidade à marca.

O estudo também revelou que 92,59% dos participantes possuíam escova de uso individual. A substituição ocorria, predominantemente, a cada três meses para 31,48% dos entrevistados e a cada dois meses para 29,62%. Em relação às marcas utilizadas, 64,81% informaram usar escovas da Colgate, 16,66% indicaram a Oral-B e 10,18% não souberam identificar a marca do produto.

A análise comparativa dos estudos mostra que, entre os consumidores adultos investigados por Bottan *et al.* (2010), o preço, a marca e a propaganda apresentaram maior influência direta sobre a decisão de compra, embora as características técnicas das cerdas também tenham sido consideradas relevantes. Entre os adolescentes analisados por Lima *et al.* (2014), a recomendação profissional e a funcionalidade da escova ocuparam posição de maior destaque, acompanhadas pela influência estética e midiática.

Apesar da baixa fidelidade declarada à marca entre os adolescentes, observou-se forte concentração do uso em marcas líderes de mercado. Esse resultado sugere que a escolha pode ser influenciada pela disponibilidade dos produtos, pela exposição publicitária e pela decisão de compra dos responsáveis, ainda que os participantes não reconheçam a marca como critério consciente de seleção.

Em ambos os estudos, a frequência de troca esteve relativamente alinhada às recomendações odontológicas. Assim, o redesenho de uma escova dental modular deve considerar simultaneamente o preço competitivo, o desempenho técnico das cerdas, a funcionalidade e o apelo visual. Para públicos mais jovens, a estética e a comunicação nas mídias podem representar diferenciais relevantes, enquanto, entre adultos, fatores econômicos, técnicos e relacionados à confiabilidade da marca assumem maior importância.

Paralelamente aos critérios tradicionais de escolha, verificou-se um movimento crescente em direção à sustentabilidade entre os consumidores brasileiros. Pesquisa realizada pela Descarbonize Soluções (2024), com 500 participantes de diferentes estados do país, identificou como metas relacionadas ao consumo a redução do uso de plástico, mencionada por 51% dos entrevistados, o aumento da prática de reciclagem, citado por 54,8%, e a priorização de marcas sustentáveis, indicada por 31,6%.

Essa tendência também foi observada na pesquisa sobre hábitos sustentáveis e consumo consciente realizada pela Confederação Nacional da Indústria (2022). Segundo o estudo, 74% dos brasileiros declararam considerar-se consumidores ecologicamente conscientes, 50% afirmaram verificar se os produtos foram fabricados de modo sustentável e 31% demonstraram disposição para pagar um valor adicional por produtos ambientalmente responsáveis.

Embora a sustentabilidade não tenha sido incluída diretamente entre os critérios de escolha investigados nos estudos específicos sobre escovas dentais, os dados mais recentes sobre o comportamento dos consumidores demonstram que a responsabilidade ambiental passou a integrar as expectativas relacionadas aos produtos de consumo. Dessa forma, a sustentabilidade foi incorporada ao redesenho proposto como uma necessidade contemporânea do consumidor, associada à redução do uso de materiais, à modularidade e à comunicação transparente dos benefícios ambientais do produto.

Além das preferências dos consumidores, foram analisados os requisitos técnicos necessários para assegurar a segurança e a eficácia das escovas dentais. Com base nos critérios apresentados por Pestana *et al.* (2025), o produto deve possuir cabo reto em relação à cabeça e geometria que proporcione firmeza durante a empunhadura, mesmo quando molhado. A cabeça deve apresentar formato trapezoidal, ovalado ou retangular e dimensões compatíveis com a idade do usuário.

Em relação às cerdas, são recomendados no mínimo 18 tufo, distribuídos em três fileiras e seis linhas, com pelo menos 80 cerdas em cada tufo, totalizando não menos que 1.440 cerdas por escova. As cerdas devem possuir comprimento entre 9 mm e 10 mm, permanecer alinhadas no mesmo plano e não apresentar inclinações. O diâmetro máximo indicado é de 0,18 mm para escovas destinadas a adultos e de 0,13 mm para escovas infantis. As pontas devem ser polidas e arredondadas, preferencialmente em 98% das cerdas, de modo a reduzir o risco de lesões nos tecidos bucais.

O estudo de Pestana *et al.* (2025), que avaliou 345 modelos de escovas adquiridos em 26 municípios do Estado de São Paulo, identificou inadequações expressivas nos produtos comercializados. Somente 17,4% dos modelos avaliados foram considerados adequados ao uso humano. Entre as 233 escovas destinadas a adultos, 19,3% apresentaram conformidade, enquanto apenas 13,3% dos 105 modelos infantis atenderam aos critérios analisados. Entre as escovas destinadas a bebês, a adequação foi observada em somente 14,3% dos produtos.

As cerdas representaram o aspecto mais crítico. Em 94,2% das escovas, não foi identificado o número mínimo de 80 cerdas por tufo, e apenas 36,5% dos modelos alcançaram o total mínimo de 1.440 cerdas. Além disso, 51,6% apresentaram pontas não arredondadas, condição que pode favorecer lesões gengivais, e 6,7% possuíam dilacerações nas cerdas. O diâmetro também estava em desconformidade em 33,1% das escovas fabricadas no Brasil e em 20% dos produtos importados.

Esses resultados evidenciam limitações técnicas importantes no mercado e reforçam a necessidade de desenvolvimento de produtos que conciliem as preferências dos consumidores com requisitos mínimos de segurança, conforto e eficácia.

3.2 Aplicação da Casa da Qualidade

A análise dos dados permitiu identificar as principais necessidades dos consumidores em relação às escovas dentais. A definição desses requisitos foi fundamental para orientar o redesenho da escova modular sustentável, de modo a alinhar as expectativas do mercado às exigências técnicas do produto.

A Voz do Cliente foi constituída pelos requisitos relacionados ao preço acessível, à confiabilidade da marca e da propaganda, à estética, às especificações das cerdas, ao tamanho da cabeça da escova, à funcionalidade e à sustentabilidade ambiental. Esta última incluiu a modularidade, a redução da geração de resíduos e a utilização de materiais ambientalmente mais adequados. Os requisitos foram definidos com base nos estudos de Bottan *et al.* (2010), Lima *et al.* (2014), Pestana *et al.* (2025), Descarbonize Soluções (2024) e Confederação Nacional da Indústria (2022).

Após a identificação dos requisitos dos consumidores, atribuiu-se um grau de importância a cada necessidade, utilizando uma escala Likert de cinco pontos, na qual o valor 1 correspondeu a “sem importância” e o valor 5 a “extremamente importante”. Os resultados dessa avaliação são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Grau de importância atribuído às necessidades dos consumidores.

Necessidades dos Clientes	Grau de Importância
Preço acessível	5
Marca e propaganda confiável	4
Estética (forma, cor, design)	5
Especificações das cerdas (qualidade, desgaste)	5
Tamanho adequado da cabeça da escova	3
Funcionalidade e praticidade de uso	4
Sustentabilidade ambiental do produto	5

A partir das demandas identificadas, foram estabelecidos os requisitos técnicos do produto. Entre eles, incluíram-se a cabeça modular removível, as cerdas biodegradáveis e tecnicamente adequadas, a cabeça compacta, o cabo anatômico produzido com PET reciclado, o design atrativo com opções de forma e cor, a comunicação clara dos diferenciais ecológicos e técnicos e a otimização do custo de produção, com o objetivo de possibilitar um preço final competitivo.

Independentemente da priorização resultante da matriz, considerou-se obrigatório o atendimento aos requisitos técnicos mínimos de segurança e eficácia apresentados por Pestana *et al.* (2025). Dessa forma, os pesos relativos atribuídos pela Casa da Qualidade foram utilizados para orientar as prioridades do redesenho, mas não para excluir características normativas indispensáveis.

Após a definição das necessidades dos consumidores e dos requisitos técnicos, foi elaborada a qualidade planejada, comparando-se o desempenho esperado para o produto proposto com o desempenho de dois produtos concorrentes. A avaliação empregou uma escala Likert de cinco pontos, na qual 1 correspondeu a “péssimo”, 2 a “ruim”, 3 a “bom”, 4 a “muito bom” e 5 a “excelente” (Tabela 2).

Tabela 2 - Avaliação de desempenho do produto proposto e dos produtos concorrentes.

Requisito	Marca X	Marca Y	EcoClick Brush (Conceito)
Preço acessível	4	3	4
Marca e propaganda confiável	4	4	3
Estética (forma, cor, design)	4	4	5
Especificações das cerdas	5	5	5
Tamanho adequado da cabeça da escova	4	3	5
Funcionalidade e praticidade de uso	4	4	4
Sustentabilidade ambiental do produto	4	3	5

Com base nessa comparação, foram estabelecidos os valores da qualidade planejada. A confiabilidade da marca e da propaganda recebeu valor 4, enquanto o preço acessível, a estética, as especificações das cerdas, o tamanho adequado da cabeça, a funcionalidade e praticidade de uso e a sustentabilidade ambiental receberam valor 5. Esses resultados indicam que o redesenho foi orientado para alcançar elevado desempenho tanto nos atributos tradicionais de escolha quanto nos diferenciais ambientais incorporados ao produto.

Conforme Miguel (2008), a taxa de melhoria é calculada pela divisão entre a qualidade planejada e o desempenho atual do produto. O argumento de vendas, por sua vez, representa a relevância estratégica de cada qualidade exigida, sendo atribuído o valor 1 às qualidades consideradas óbvias, 1,2 às qualidades comuns e 1,5 às qualidades atrativas (Tabela 3).

Tabela 3 – Taxas de melhoria e argumentos de vendas

Necessidades dos Clientes	Qualidade Planejada	Desempenho do	Grau de Importância	Índice de melhoria	Argumento de Vendas
Preço acessível	5	4	5	1,25	1
Marca e propaganda confiável	4	3	4	1,33	1
Estética (forma, cor, design)	5	5	5	1	1,2
Especificações das cerdas	5	5	5	1	1,2
Tamanho adequado da cabeça da escova	5	5	3	1	1,2
Funcionalidade e praticidade de uso	5	4	4	1,25	1
Sustentabilidade ambiental do produto	5	5	5	1	1,5

Na Tabela 4 são apresentados os pesos absolutos e relativos dos requisitos dos consumidores. O peso absoluto de cada requisito foi obtido pela multiplicação do grau de importância, da taxa de melhoria e do argumento de vendas. O peso relativo foi calculado pela

divisão de cada peso absoluto pela soma dos pesos absolutos de todos os requisitos, permitindo estabelecer a prioridade das necessidades dos consumidores.

Tabela 4 – Pesos absolutos e relativos dos requisitos dos consumidores.

Necessidades dos Clientes	Grau de Importância	Índice de melhoria	Argumento de Vendas	Peso Absoluto	Peso Relativo
Preço acessível	5	1,25	1	6,25	16%
Marca e propaganda confiável	4	1,33	1	5,32	13%
Estética (forma, cor, design)	5	1	1,2	6	15%
Especificações das cerdas	5	1	1,2	6	15%
Tamanho adequado da cabeça da escova	3	1	1,2	3,6	9%
Funcionalidade e praticidade de uso	4	1,25	1	5	13%
Sustentabilidade ambiental do produto	5	1	1,5	7,5	19%
				39,67	100%

A sustentabilidade ambiental apresentou o maior peso relativo, correspondente a 19%, resultado compatível com as tendências de consumo consciente identificadas na literatura. Em seguida, destacaram-se o preço acessível, com 16%, a estética e as especificações das cerdas, ambas com 15%. A confiabilidade da marca e da propaganda e a funcionalidade e praticidade de uso apresentaram peso relativo de 13%, enquanto o tamanho adequado da cabeça da escova obteve 9%.

Embora o tamanho da cabeça tenha apresentado o menor peso relativo entre as necessidades avaliadas, esse resultado não reduz sua importância técnica. Trata-se de uma característica diretamente relacionada ao conforto, à segurança e à adequação do produto ao perfil do usuário, devendo ser atendida independentemente de sua posição na priorização da matriz.

Após a definição das necessidades e dos requisitos técnicos, foi elaborada a Casa da Qualidade, estabelecendo-se as relações entre esses dois conjuntos de informações. As correlações foram classificadas como fortes, moderadas ou fracas e receberam, respectivamente, os valores 9, 3 e 1. A ausência de relação foi representada por células não preenchidas.

O peso absoluto de cada atributo técnico foi calculado pela soma dos produtos entre o grau de importância de cada requisito do consumidor e a intensidade da relação estabelecida na respectiva coluna. O peso relativo foi obtido pela divisão de cada peso absoluto pela soma dos pesos de todos os atributos técnicos. A matriz e os resultados dos cálculos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Matriz QFD e pesos absolutos e relativos dos atributos técnicos

Matriz QFD	Atributos Técnicos AT																
	Cabeça modular removível	Cerdas Biodegradáveis de Qualidade	Cabeça Compacta (~2,5 cm)	Cabo Anatômico em PET Reciclado	Design Atrativo (Cor e Forma)	Comunicação e diferenciais Ecológicos	Custo de Produção Otimizado	Grau de Importância	Qualidade Planejada	Desempenho EcoClick Brush	Marca X	Marca Y	Índice de melhoria	Argumento de Vendas	Peso Absoluto RC	Peso Relativo RC %	
	Requisitos do Cliente RC																
	Preço acessível	9		1	9		3	9	5	5	4	4	3	1,25	1	6,25	16%
	Marca e propaganda confiável	1	1		1	9	9	1	4	4	3	4	4	1,33	1	5,32	13%
	Estética (forma, cor, design)	1		1	1	9			5	5	5	4	4	1	1,2	6	15%
	Especificações das cerdas		9						5	5	5	5	5	1	1,2	6	15%
	Tamanho adequado da cabeça da escova			9					3	5	5	4	3	1	1,2	3,6	9%
	Funcionalidade e praticidade de uso	9	3	3	9	3			4	5	4	4	4	1,25	1	5	13%
	Sustentabilidade ambiental do produto	9	9	1	9		9	9	5	5	5	4	3	1	1,5	7,5	19%
Peso Absoluto AT	135	106	54	135	93	96	94	713								39,67	100%
Peso Relativo AT%	19%	15%	8%	19%	13%	13%	13%	100%									

As prioridades resultantes da aplicação da Casa da Qualidade foram representadas graficamente para facilitar a comparação entre os elementos avaliados. A Figura 5 apresenta os pesos relativos atribuídos às necessidades dos consumidores, enquanto a Figura 6 demonstra os pesos relativos dos atributos técnicos considerados no redesenho do produto.

Figura 5 - Prioridades das necessidades dos consumidores

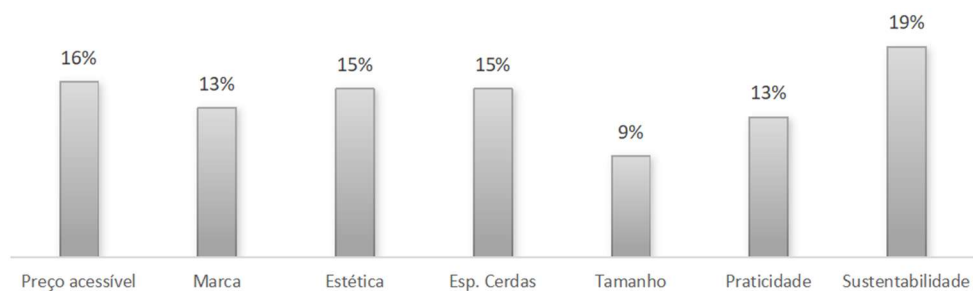
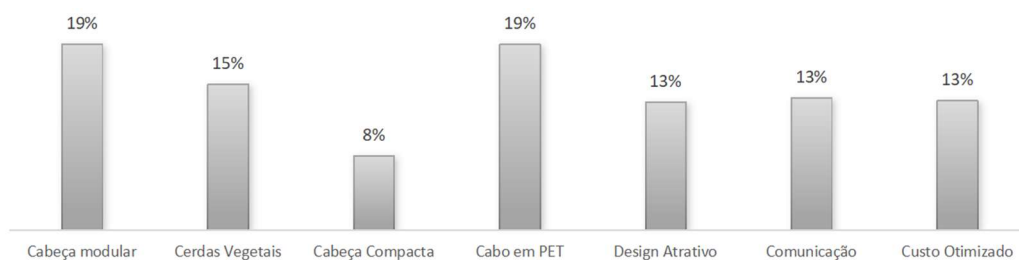


Figura 6 - Prioridades dos atributos técnicos no redesenho do produto



A análise da Casa da Qualidade permitiu identificar os atributos técnicos mais relevantes para responder simultaneamente às demandas dos consumidores e aos desafios de sustentabilidade e qualidade observados no mercado.

A cabeça modular removível apresentou forte relação com a sustentabilidade, a redução da geração de resíduos e a funcionalidade. Esse atributo também pode contribuir para a redução do custo associado às substituições, uma vez que somente a parte desgastada do produto precisa ser adquirida novamente. Com peso relativo de 19%, a cabeça modular foi um dos atributos técnicos mais relevantes para o redesenho proposto.

O cabo produzido com PET reciclado também apresentou peso relativo de 19%. Esse atributo contribui para a sustentabilidade, a ergonomia, a funcionalidade e a otimização dos custos, além de reduzir a dependência de matéria-prima plástica virgem. O resultado demonstra que tanto a modularidade quanto a escolha do material do cabo são componentes centrais para o posicionamento ambiental do produto.

O uso de cerdas biodegradáveis de origem vegetal apresentou peso relativo de 15%. Embora esse atributo tenha estabelecido relações mais diretas com a sustentabilidade e com as especificações relacionadas ao tipo, à consistência e ao desgaste das cerdas, sua relevância também está associada ao atendimento das exigências de conforto e segurança. A seleção do material biodegradável, entretanto, não elimina a necessidade de cumprimento dos requisitos técnicos referentes ao diâmetro, ao comprimento, à quantidade e ao acabamento das pontas.

O design atrativo, com opções de cor e formato, apresentou peso relativo de 13%. Esse requisito mostrou-se especialmente relevante para o público jovem, em consonância com os resultados de Lima *et al.* (2014), que identificaram a influência da forma, da cor e da mídia na escolha das escovas. O resultado reforça a importância da percepção visual e da estratégia de comunicação para a aceitação do produto.

A comunicação clara dos benefícios ambientais e técnicos também obteve peso relativo de 13%. Esse atributo contribui para a construção de uma marca confiável e permite informar os consumidores sobre a origem dos materiais, o funcionamento do sistema modular, os benefícios ambientais e o atendimento aos requisitos de qualidade.

A cabeça compacta apresentou peso relativo de 8%, o menor valor entre os atributos técnicos. Apesar disso, permanece como requisito indispensável, pois está diretamente relacionada às dimensões recomendadas para o produto e ao acesso adequado às diferentes regiões da cavidade bucal. Assim, sua inclusão no projeto decorre não apenas da preferência dos consumidores, mas também de sua importância funcional e técnica.

A aplicação da Casa da Qualidade permitiu, portanto, transformar as expectativas dos consumidores em requisitos técnicos objetivos e priorizados. A ferramenta orientou o redesenho da escova dental modular, buscando equilibrar o atendimento às exigências de segurança e eficácia, a incorporação de atributos valorizados pelos consumidores e a adoção de soluções voltadas à redução de resíduos. Os resultados também contribuíram para posicionar o produto proposto como uma alternativa técnica, ambiental e economicamente viável diante das demandas contemporâneas do mercado brasileiro.

3.3 Descrição do produto proposto

Os resultados obtidos por meio da Casa da Qualidade subsidiaram o desenvolvimento conceitual da escova dental modular sustentável, denominada EcoClick Brush. A proposta foi estruturada para atender simultaneamente às exigências técnicas, às preferências dos consumidores e às tendências relacionadas à sustentabilidade.

O produto apresenta cabeça modular removível, com formato ovalado e comprimento aproximado de 2,5 cm. Essa configuração busca proporcionar conforto durante o uso, facilitar a higienização e permitir a substituição da parte desgastada sem a necessidade de descarte do cabo. O sistema de encaixe foi concebido para proporcionar estabilidade e alinhamento entre os componentes.

O cabo foi projetado em PET reciclado, com formato anatômico e posição reta em relação à cabeça. A geometria retangular achatada busca proporcionar firmeza na empunhadura, inclusive em ambientes úmidos, contribuindo para a ergonomia e para a segurança durante o manuseio.

Para as cerdas, propõe-se a utilização de material biodegradável de origem vegetal, com pontas polidas e arredondadas. O comprimento previsto varia entre 9 mm e 10 mm, com alinhamento no mesmo plano e ausência de inclinações. A proposta contempla no mínimo 18 tufo, distribuídos em três fileiras e seis linhas, com pelo menos 80 cerdas por tufo, totalizando não menos que 1.440 cerdas. O diâmetro máximo previsto é de 0,18 mm, em conformidade com os critérios técnicos considerados para escovas destinadas ao público adulto.

A embalagem foi concebida com materiais recicláveis e informações claras sobre os diferenciais técnicos, a origem dos materiais e os benefícios ambientais do produto. Essa característica busca responder à demanda dos consumidores por transparência e facilitar a compreensão do funcionamento do sistema modular. A representação visual do produto proposto é apresentada na Figura 7.

Figura 7 - Representação ilustrativa da escova EcoClick Brush.



3.4 Simulação comparativa do impacto ambiental

Considerando uma frequência média de substituição de uma escova a cada três ou quatro meses, cada consumidor utiliza aproximadamente três ou quatro escovas por ano (Bottan *et al.*, 2010). Admitindo-se um peso médio de 20 g de plástico por escova convencional, o descarte anual estimado varia entre 60 g e 80 g de resíduos plásticos por consumidor.

No modelo *EcoClick Brush*, somente a cabeça seria descartada periodicamente. Considerando o uso de três cabeças ao ano, com massa estimada entre 6 g e 8 g cada, a geração anual de resíduos variaria entre 18 g e 24 g por consumidor. Em comparação com o descarte anual de três escovas convencionais de 20 g, correspondente a 60 g, o modelo modular poderia proporcionar uma redução estimada entre 60% e 70% na massa de material descartado.

A estimativa de redução de até 70% é compatível com a proposta de modularidade discutida por Santos, Broega e Martins (2015), segundo a qual a preservação dos componentes de maior durabilidade contribui para diminuir a geração de resíduos sólidos ao longo do ciclo de vida do produto.

Além da redução quantitativa do material descartado, a utilização proposta de PET reciclado no cabo e de materiais biodegradáveis nas cerdas poderá contribuir para diminuir a dependência de plásticos virgens e favorecer práticas alinhadas aos princípios da economia circular. Entretanto, por se tratar de uma simulação conceitual baseada em dados secundários e massas estimadas, os resultados devem ser interpretados como projeções iniciais, que necessitam de confirmação após o desenvolvimento do protótipo físico, a definição dos materiais e a realização de avaliações experimentais.

5. CONCLUSÃO

O presente estudo propôs o redesenho sustentável de uma escova de dentes, fundamentado na aplicação do Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e no conceito de modularidade, visando atender simultaneamente às necessidades dos consumidores, às exigências técnicas mínimas e às metas de redução do impacto ambiental.

Os resultados obtidos demonstraram que a incorporação de soluções como o uso de PET reciclado no cabo, cerdas biodegradáveis de origem vegetal e a cabeça removível contribuem para minimizar a geração de resíduos plásticos, mantendo a funcionalidade, o conforto, a estética e o preço competitivo do produto. Estima-se que a adoção do modelo *EcoClick Brush* possa reduzir em até 70% o volume de resíduos plásticos descartados anualmente, quando comparado às escovas convencionais, conforme simulação baseada em dados secundários e no comportamento médio de troca dos consumidores brasileiros.

Além disso, evidenciou-se deficiências técnicas preocupantes no mercado nacional de escovas de dentes, especialmente relacionadas à inadequação das cerdas e ao não atendimento aos requisitos normativos essenciais, conforme identificado por Pestana *et al.* (2025). O redesenho proposto busca superar essas limitações, garantindo que o produto final esteja em conformidade com as exigências técnicas obrigatórias e, ao mesmo tempo, atenda às principais preferências dos consumidores, como sustentabilidade, estética, funcionalidade e influência da marca.

Conclui-se que o redesenho modular sustentável representa uma alternativa viável, inovadora e estratégica para minimizar os impactos ambientais associados a produtos de uso cotidiano, como as escovas dentais, alinhando inovação técnica, responsabilidade ecológica e as expectativas de um mercado brasileiro cada vez mais atento ao consumo consciente.

Como continuidade deste trabalho, recomenda-se o desenvolvimento físico de protótipos, a realização de testes práticos de desempenho e de validação técnica, além de estudos de viabilidade econômica e de produção em escala, de modo a consolidar o potencial da solução proposta e ampliar sua inserção no mercado nacional de higiene bucal.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14040: gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida, princípios e estrutura**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. Versão corrigida: 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14044: gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida, requisitos e orientações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. Versão corrigida: 2014.

AKAO, Y. **Quality function deployment: integrating customer requirements into product design**. Portland: Productivity Press, 1990.

BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B. **Design rules: the power of modularity**. Cambridge, MA: MIT Press, 2000.

BOTTAN, E. R. *et al.* Critérios adotados para a escolha da escova dental: estudo com consumidores de Florianópolis, Santa Catarina (Brasil). *Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, Joinville, v. 7, n. 2, p. 173-181, 2010. Disponível em: <https://periodicos.univille.br/RSBO/article/view/1134>. Acesso em: 22 jun. 2025.

CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. **QFD: desdobramento da função qualidade na gestão de desenvolvimento de produtos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

DESCARBONIZE SOLUÇÕES. **Metas de sustentabilidade dos brasileiros 2024**. 2024. Disponível em: <https://descarbonizesolucoes.com.br/blog/reciclagem-55-brasileiros-querem-aumentar-pratica>. Acesso em: 22 jun. 2025.

GRAEDEL, T. E.; ALLENBY, B. R. **Industrial ecology and sustainable engineering**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2010.

GRIFFIN, A.; HAUSER, J. R. The voice of the customer. *Marketing Science*, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 1-27, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1287/mksc.12.1.1>.

KREMER, G. E. Q.; MA, J. A state-of-the-art review of modular design from the perspective of sustainability. *Journal of Engineering Design*, [S. l.], v. 27, n. 7, p. 501-522, 2016.

LIMA, R. *et al.* Critérios utilizados para escolha da escova dental: pesquisa com alunos de um colégio público de Jussara-PR. *UNINGÁ Review*, Maringá, v. 20, n. 2, p. 15-18, out./dez. 2014.

Disponível em: <https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/1590>. Acesso em: 21 jun. 2025.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008.

MIGUEL, P. A. C. **Implementação do QFD para o desenvolvimento de novos produtos**. São Paulo: Atlas, 2008.

MORAES, Y. G. C. *et al.* Escovas de dentes e o meio ambiente: percepções sobre sustentabilidade e alternativas responsáveis. *Research, Society and Development*, Vargem Grande Paulista, v. 14, n. 1, e0114147777, 2025. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v14i1.47777>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/47777>. Acesso em: 1 jul. 2025.

NEVES, G. D. S.; FERREIRA, N. B. D. O.; SOUZA, F. P. Logística verde. *Perspectivas Online: Exatas & Engenharias*, Campos dos Goytacazes, v. 8, n. 22, 2018. DOI: <https://doi.org/10.25242/885X82220181583>. Disponível em: https://www.perspectivasonline.com.br/exatas_e_engenharia/article/view/1583. Acesso em: 30 jun. 2025.

PESTANA, S. R. C. C. *et al.* Má qualidade de escovas de dentes comercializadas no Brasil como um problema de saúde pública. *Brazilian Journal of Health Review*, Curitiba, v. 8, n. 3, e80071, 2025. DOI: <https://doi.org/10.34119/bjhrv8n3-172>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/80071>. Acesso em: 1 jul. 2025.

REIS, V. *et al.* Aplicação da ferramenta QFD na indústria de artefatos de concreto. *Perspectivas Online: Exatas & Engenharias*, Campos dos Goytacazes, v. 7, n. 17, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25242/885X7172017930>. Disponível em: https://www.perspectivasonline.com.br/exatas_e_engenharia/article/view/930. Acesso em: 30 jun. 2025.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Retratos da sociedade brasileira: hábitos sustentáveis e consumo consciente**. Brasília, DF: CNI, 2022. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/portaldaindustria/noticias/media/filer_public/45/fb/45fb1dbc-7d27-4d90-b60d-e157aef42f61/pesquisa_-_retratos_da_sociedade_habitos_sustentaveis_e_consumo_consciente.pdf. Acesso em: 21 jun. 2025.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, M. O.; BROEGA, A. C.; MARTINS, E. F. Design modular: solução sustentável aplicada aos resíduos limpos na indústria do couro. In: COLÓQUIO DE MODA, 11., 2015, Curitiba. **Anais [...]**. Curitiba: ABEPEN, 2015. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1822/39592>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SWOP – COMPRE SEM PLÁSTICO. **A verdade suja: o quanto as escovas de dentes realmente contribuem para a poluição**. SWOP, 2024. Disponível em: <https://www.shop->

without-plastic.com/blogs/how-much-do-contribute-to-pollution/the-dirty-truth-how-much-do-toothbrushes-contribute-to-pollution. Acesso em: 20 jun. 2025.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 2012.