



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE LINS PROF. ANTONIO SEABRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE

BEATRIZ BRUNA DA SILVA FORNACIARI

ESTUDO E ANÁLISE DE APLICAÇÃO DAS TEORIAS PSICOFÍSICAS
NA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE INTENSIDADE FÍSICA: UMA
ABORDAGEM QUALITATIVA E QUANTITATIVA

LINS/SP
2º SEMESTRE/2025

Assinado com Assinatura Eletrônica (Lei 14.063/2020) | Regulamento 910/2014/EC)
Hash SHA256 do original: ab2f33b7641dbee9e2fe826a78643eb9f59e96ed5540e5be2471e4b64cbfea02
Link de validação: <https://valida.ae/75a7114175209582ef545bbac197e297fd7598a90c6fcb5d?sv>



Validador



CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE LINS PROF. ANTONIO SEABRA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO DA QUALIDADE

BEATRIZ BRUNA DA SILVA FORNACIARI

ESTUDO E ANÁLISE DE APLICAÇÃO DAS TEORIAS PSICOFÍSICAS
NA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE INTENSIDADE FÍSICA: UMA
ABORDAGEM QUALITATIVA E QUANTITATIVA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio
Seabra, para obtenção do Título de Tecnólogo em
Gestão da Qualidade

Orientador: Prof. Dr. Roberto Outa.

LINS/SP
2º SEMESTRE/2025

Assinado com Assinatura Eletrônica (Lei 14.063/2020 | Regulamento 910/2014/EC)
Hash SHA256 do original: ab2f33b7641dbea9e2fe826a78643eb9f59e96ed5540e5be2471e4b64cbfea02
Link de validação: <https://valida.ae/75a7114175209582ef545bbac197e297fd7598a90c6fcb5d?sv>



Validador



Fornaciari, Beatriz Bruna da Silva

F727e Estudo e análise de aplicação das teorias psicofísicas na avaliação da percepção de intensidade física: uma abordagem qualitativa e quantitativa / Beatriz Bruna da Silva Fornaciari. — Lins, 2025.

24f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão da Qualidade) — Faculdade de Tecnologia de Lins Professor Antonio Seabra: Lins, 2025.

Orientador(a): Dr. Roberto Outa

1. Modelos numéricos. 2. Simulação computacional. 3. Percepção sensorial. 4. Psicofísica. 5. Estímulos sensoriais. I. Outa, Roberto. II. Faculdade de Tecnologia de Lins Professor Antonio Seabra. III. Título.

CDD 658.562

Gerada automaticamente pelo módulo web de ficha catalográfica da FATEC Lins mediante dados fornecidos pelo(a) autor(a).






BEATRIZ BRUNA DA SILVA FORNACIARI


**ESTUDO E ANÁLISE DE APLICAÇÃO DAS TEORIAS PSICOFÍSICAS NA
AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE INTENSIDADE FÍSICA: UMA ABORDAGEM
QUALITATIVA E QUANTITATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Tecnologia de Lins Prof. Antônio
Seabra, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Tecnólogo em Gestão da Qualidade sob
orientação do Prof. Dr. Roberto Outa.


Data de aprovação: 10/12/2025


Roberto Outa
Data 23/12/2025 07:36
#f22c7464df9611f0800e42010a2b601f

Prof. Dr. Roberto Outa


Alyssa C. B. M. Gedo
Data 22/12/2025 21:33
#f2623f81df9611f0800e42010a2b601f

Profa. Dra. Alyssa Carolina Barbosa Marques Gedo


Samuel Stabile
Data 23/12/2025 07:41
#f246f61fdf9611f0800e42010a2b601f

Prof. Me. Samuel Stabile





SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	6
1 INTRODUÇÃO	7
2 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	7
2.1 Controle da Qualidade em Processos	8
2.2 Controle de Anomalias e Atendimento a Clientes	9
2.3 Controle de Qualidade em Laticínios	10
3 ASPECTOS DA PSICOMETRIA – PERCEPÇÃO SENSORIAL.....	10
4 METODOLOGIA EXPERIMENTAL	12
4.1 Fase I	12
4.2 Fase II	17
5 DISCUSSÃO GERAL	21
6 CONCLUSÃO	22
7 REFERÊNCIAS.....	23

ESTUDO E ANÁLISE DE APLICAÇÃO DAS TEORIAS PSICOFÍSICAS NA AVALIAÇÃO DA PERCEPÇÃO DE INTENSIDADE FÍSICA: UMA ABORDAGEM QUALITATIVA E QUANTITATIVA

Beatriz Bruna da Silva Fornaciari¹
Dr. Roberto Outa²

¹Acadêmico do Curso de Gestão da Qualidade da Faculdade de Tecnologia de Lins
Prof. Antônio Seabra – Fatec, Lins – SP, Brasil

²Docente do Curso de Gestão da Qualidade da Faculdade de Tecnologia De Lins
Prof. Antônio Seabra – Fatec, Lins – SP, Brasil

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo aplicar e validar modelos numéricos utilizando métodos computacionais para demonstrar como diferentes intensidades de estímulos sensoriais, como "Aparência" e "Odor", são percebidos pelo sistema sensorial humano. Foram implementadas e testadas as teorias psicofísicas de Weber-Fechner, Stevens e Beidler em simulações computacionais, que permitiram prever e analisar as respostas sensoriais associadas a esses estímulos. Os resultados demonstraram uma forte correlação entre as previsões dos modelos e os dados experimentais, confirmando a eficácia das simulações para explorar a percepção sensorial de forma controlada. As conclusões destacam a relevância dessa abordagem para a ciência e potenciais aplicações na indústria, especialmente no desenvolvimento de produtos que dependem da percepção sensorial.

Palavras-chave: Modelos numéricos. Simulação computacional. Percepção sensorial. Psicofísica. Estímulos sensoriais.

ABSTRACT

This study aimed to apply and validate numerical models using computational methods to demonstrate how different intensities of sensory stimuli, such as "Appearance" and "Odor," are perceived by the human sensory system. The psychophysical theories of Weber-Fechner, Stevens, and Beidler were implemented and tested through computer simulations, which enabled the prediction and analysis of sensory responses associated with these stimuli. The results showed a strong correlation between the models' predictions and the experimental data, confirming the effectiveness of simulations in exploring sensory perception in a controlled manner. The conclusions highlight the relevance of this approach to science and its potential applications in industry, especially in the development of products that rely on sensory perception.

Keywords: Numerical models. Computational simulation. Sensory perception. Psychophysics. Sensory stimuli.

1 INTRODUÇÃO

A Indústria 4.0 tem transformado o ambiente produtivo ao integrar tecnologias avançadas, como Internet das Coisas (IoT), inteligência artificial e análise massiva de dados, promovendo processos mais eficientes, precisos e adaptáveis. Nesse contexto, a qualidade deixa de ser apenas um requisito normativo e passa a atuar como elemento estratégico para diferenciação e competitividade organizacional (KAGERMANN et al., 2013).

A gestão da qualidade desempenha papel central nesse cenário, uma vez que a digitalização e o monitoramento contínuo dos processos permitem detectar desvios mais rapidamente, reduzir variabilidades e aumentar a confiabilidade dos produtos (ISO, 2015). Entre os setores impactados, destacam-se as indústrias de alimentos, cosméticos e bens de consumo, nas quais a percepção sensorial é determinante para aceitação do produto (JURAN, 1999).

A análise sensorial, que envolve atributos como aparência, odor, textura e sabor, é fundamental para compreender como os consumidores percebem os produtos e quais características influenciam sua preferência (Stone; Sidel, 2004). Entretanto, experimentos sensoriais tradicionais demandam tempo, recursos e apresentam variabilidade humana. Nesse cenário, a simulação numérica computacional surge como alternativa promissora, permitindo prever tendências perceptivas, ajustar parâmetros experimentais e reduzir custos de testes presenciais.

As teorias psicofísicas Weber-Fechner, Stevens e Beidler constituem a base científica para estudar como estímulos físicos são convertidos em sensações subjetivas. A teoria de Weber-Fechner descreve uma relação logarítmica entre estímulo e percepção, enquanto a Lei da Potência de Stevens propõe uma relação de potência que varia conforme a modalidade sensorial. Já o modelo de Beidler explica a resposta sensorial considerando a saturação dos receptores, especialmente em estímulos químicos como odor e gosto.

Neste trabalho, essas três teorias são aplicadas por meio de simulações no software GNU Octave, permitindo comparar previsões matemáticas com dados reais obtidos em teste sensorial de aparência e odor de um produto lácteo. A modelagem computacional auxilia na interpretação dos dados, no cálculo de limiares e na visualização de tendências perceptivas, aproximando práticas de engenharia, psicologia e análise sensorial.

Assim, o presente estudo tem como objetivo aplicar, comparar e validar modelos numéricos de percepção sensorial, avaliando sua capacidade de representar o comportamento humano diante de estímulos visuais e olfativos. Os resultados contribuem para práticas de desenvolvimento de produtos, controle de qualidade e pesquisa sensorial, reforçando a importância da integração entre experimentação e modelagem matemática na era digital.

2 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE

O Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é um conjunto de políticas, processos e procedimentos organizacionais que visam garantir a consistência e a melhoria contínua dos produtos ou serviços oferecidos por uma empresa. A implementação de um SGQ eficaz permite que a organização atenda aos requisitos dos clientes e das partes interessadas, além de assegurar a conformidade com normas e regulamentações aplicáveis.

Um dos modelos mais reconhecidos para a estruturação de um SGQ é a norma ISO 9001, que estabelece critérios para um sistema de gestão da qualidade e pode ser aplicada a qualquer organização, independentemente de seu tamanho ou setor de atividade (ISO, 2015).

O SGQ envolve várias etapas, incluindo o planejamento, a implementação, a monitorização, a auditoria e a revisão do sistema. A abordagem baseada em processos é central para o SGQ, pois facilita a compreensão e a gestão das atividades inter-relacionadas que contribuem para o resultado final da organização.

A norma ISO 9001, enfatiza a necessidade de uma liderança comprometida, a participação dos colaboradores, o foco no cliente e a aplicação de uma abordagem sistemática para melhorar continuamente o sistema (ISO, 2015). O impacto de um SGQ bem-estruturado pode ser significativo, levando à melhoria da satisfação do cliente, à redução de desperdícios, ao aumento da eficiência operacional e ao fortalecimento da reputação da organização no mercado.

A certificação ISO 9001, é vista como um diferencial competitivo, demonstrando que a organização é capaz de fornecer produtos ou serviços que atendem consistentemente aos requisitos regulamentares e dos clientes (ISO, 2015).

2.1 Controle da Qualidade em Processos

O controle da qualidade em processos é uma prática fundamental para garantir que os produtos ou serviços produzidos por uma organização atendam a padrões específicos de qualidade. Envolve a aplicação de técnicas e ferramentas que monitoram e ajustam os processos produtivos para assegurar que os resultados estejam dentro das especificações estabelecidas.

O objetivo principal do controle de qualidade é identificar, corrigir falhas no processo antes que os produtos ou serviços sejam entregues aos clientes, reduzindo assim a incidência de defeitos e melhorando a eficiência operacional (MONTGOMERY, 2012).

Um dos métodos mais comuns no controle da qualidade em processos é o uso de cartas de controle, que permitem a monitorização contínua de variáveis-chave do processo. Estas cartas são ferramentas gráficas que ajudam a identificar variações no processo que possam indicar problemas, diferenciando variações naturais de variações que necessitam de intervenção.

Além das cartas de controle, outras ferramentas como análise de causa raiz e planejamento de experimentos são amplamente utilizadas para identificar as causas subjacentes de problemas e otimizar os processos produtivos (MONTGOMERY, 2012).

A implementação eficaz de um sistema de controle de qualidade em processos traz vários benefícios, como a melhoria da consistência do produto, a redução de custos associados a retrabalhos e desperdícios, e o aumento da satisfação do cliente.

Além disso, ao promover uma cultura de qualidade dentro da organização, o controle da qualidade em processos contribui para a melhoria contínua e para a sustentabilidade do negócio no longo prazo (JURAN, 1999).

O planejamento de experimentos é uma metodologia que conduz investigações científicas e industriais, permitindo que os pesquisadores e engenheiros obtenham informações confiáveis sobre as relações entre variáveis de interesse. Esse processo envolve a definição cuidadosa de fatores e níveis que serão manipulados, bem como a estruturação dos experimentos de modo a maximizar a quantidade de informações

obtidas enquanto minimiza o uso de recursos. O planejamento de experimentos é útil para otimizar processos, identificar interações entre fatores e desenvolver modelos preditivos robustos (MONTGOMERY, 2012).

Na área de análise sensorial, o planejamento de experimentos permite que os pesquisadores determinem como diferentes atributos sensoriais, como sabor, aroma, textura e aparência, são percebidos e avaliados pelos consumidores. Um planejamento bem-estruturado é fundamental para garantir que os experimentos sensoriais forneçam dados precisos e interpretáveis, que possam ser usados para melhorar produtos e atender às preferências dos consumidores.

Técnicas como o delineamento fatorial, que examina múltiplos fatores simultaneamente, e o delineamento de mistura, que é usado para otimizar formulações, são comumente aplicadas na análise sensorial para avaliar a influência de ingredientes e processos sobre as características sensoriais dos produtos (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

A análise sensorial, por sua natureza subjetiva, exige um rigoroso controle experimental para minimizar o viés e garantir a reprodutibilidade dos resultados. O planejamento de experimentos sensoriais inclui a seleção de painéis de provadores treinados ou consumidores, a randomização das amostras e a utilização de métodos estatísticos adequados para a análise dos dados.

Ao aplicar essas técnicas, é possível identificar quais variáveis têm maior impacto na percepção sensorial e como elas podem ser manipuladas para melhorar a qualidade e a aceitação do produto (LAWLESS; HEYMANN, 2010).

2.2 Controle de Anomalias e Atendimento a Clientes

O controle de anomalias é uma prática que garante a qualidade dos produtos e serviços oferecidos por uma organização. Trata-se da identificação, análise e correção de desvios que possam comprometer a conformidade com os padrões estabelecidos. Em muitos casos, as anomalias são identificadas através de monitoramento contínuo e auditorias, permitindo que ações corretivas sejam tomadas antes que o problema afete o cliente. A abordagem preventiva no controle de anomalias não apenas ajuda a minimizar defeitos, mas também contribui para a melhoria contínua dos processos (Juran, 1999).

No contexto do atendimento a clientes, o controle de qualidade assume um papel ainda mais crítico, pois o atendimento é muitas vezes o ponto de contato direto entre a empresa e o cliente. A qualidade no atendimento não se refere apenas à resolução eficiente de problemas, mas também à capacidade de atender ou superar as expectativas do cliente em todas as interações.

Para garantir um atendimento de alta qualidade, as organizações precisam implementar sistemas de monitoramento de desempenho e feedback que permitam identificar rapidamente quaisquer falhas ou insatisfações dos clientes (PARASURAMAN et al., 1988 p. 12).

Ferramentas como pesquisas de satisfação, análise de reclamações e monitoramento de chamadas são frequentemente utilizadas para avaliar a qualidade do atendimento ao cliente. A análise dessas informações permite que a empresa ajuste suas práticas e treine seus funcionários de maneira mais eficaz, garantindo que o atendimento seja consistente e alinhado com as expectativas dos clientes.

Além disso, a gestão de anomalias no atendimento pode revelar oportunidades para inovação nos processos de atendimento e serviços, contribuindo para a lealdade do cliente e o fortalecimento da reputação da marca (Parasuraman et al., 1988).

2.3 Controle de Qualidade em Laticínios

O controle de qualidade em laticínios garante a segurança, a conformidade com os padrões regulamentares e a satisfação do consumidor. A indústria de laticínios lida com produtos perecíveis e sensíveis, que exigem rigorosos padrões de higiene e processamento para evitar contaminações e deterioração.

O controle de qualidade envolve a implementação de uma série de procedimentos que vão desde a recepção da matéria-prima até o produto, incluindo o monitoramento de parâmetros microbiológicos, físico-químicos e sensoriais (FRAZIER; WESTHOFF, 2013).

Um dos principais aspectos do controle de qualidade em laticínios é a verificação contínua da composição do leite, incluindo a análise de gordura, proteínas e lactose, além do monitoramento de possíveis adulterações e contaminações microbiológicas. As Ferramentas como a pasteurização e a ultra-pasteurização são empregadas para reduzir a carga microbiana.

Enquanto isso os métodos como a análise de pontos críticos de controle (APPCC) são utilizados para identificar e controlar possíveis fontes de contaminação ao longo do processo de produção (FRAZIER; WESTHOFF, 2013).

A análise sensorial no controle de qualidade em laticínios, garante que o sabor, a textura e o aroma dos produtos atendam às expectativas do consumidor. Painéis sensoriais treinados são frequentemente utilizados para avaliar a qualidade organoléptica dos produtos, enquanto testes de shelf-life ajudam a determinar a estabilidade dos produtos durante o armazenamento. A rastreabilidade é uma prática que demonstra qualquer problema identificado em lotes específicos de produtos, resultando na rápida rastreabilidade e correção (PARK; HAENLEIN, 2013).

Já o controle de qualidade em laticínios não só assegura a segurança do consumidor, mas também contribui para a melhoria contínua dos processos produtivos, e na redução de perdas e o aumento da eficiência operacional. A aplicação rigorosa de padrões de qualidade fortalece a confiança do consumidor e a competitividade da empresa no mercado (PARK; HAENLEIN, 2013).

3 ASPECTOS DA PSICOMETRIA – PERCEPÇÃO SENSORIAL

A teoria de Weber-Fechner é uma das primeiras tentativas de quantificar a percepção sensorial em relação aos estímulos físicos. Desenvolvida por Ernst Heinrich Weber e Gustav Theodor Fechner no século XIX, esta teoria propõe que a percepção sensorial SSS de um estímulo é proporcional ao logaritmo da intensidade física do estímulo III.

A teoria sugere que, para uma pessoa perceber uma diferença entre dois estímulos, a diferença relativa não absoluta entre eles é constante. Isso é conhecido como a "Lei de Weber". Gustav Fechner expandiu essa ideia para o que ficou conhecido como a "Lei de Weber-Fechner", propondo que a sensação percebida cresce de forma logarítmica à medida que a intensidade do estímulo aumenta.

A fórmula básica que representa essa relação é:

$$S = k \cdot \log(I/I_0(1))$$

Onde, S é a sensação percebida, I é a intensidade do estímulo, I₀ é o limiar absoluto, ou a menor intensidade de estímulo que pode ser percebida, k é uma constante de proporcionalidade que depende da modalidade sensorial específica (WEBER, 1834; FECHNER, 1860). Este modelo matemático implica que, para cada aumento multiplicativo na intensidade do estímulo, a percepção sensorial aumenta de maneira aditiva.

Em outras palavras, a percepção das mudanças em um estímulo diminui à medida que o estímulo se torna mais intenso, o que explica por que grandes mudanças em intensidades altas são percebidas de forma semelhante a pequenas mudanças em intensidades baixas (WEBER, 1834; FECHNER, 1860).

A teoria de Stevens, formalizada por Stanley Smith Stevens em 1957, propõe uma relação potência entre a intensidade do estímulo físico I e a sensação percebida S. Diferente da teoria de Weber-Fechner, que sugere uma relação logarítmica, a Lei da Potência de Stevens estabelece que a sensação percebida é proporcional a uma potência da intensidade do estímulo.

Esse modelo é mais flexível, pois permite descrever a percepção sensorial de diferentes modalidades, como audição, visão e toque, onde a relação entre estímulo e percepção pode variar significativamente (STEVENS, 1957).

O modelo matemático básico que representa a Lei da Potência de Stevens é expresso como:

$$S = kI^n \quad (2)$$

Onde, S é a sensação percebida, I é a intensidade do estímulo, k é uma constante de proporcionalidade, n é o expoente que varia de acordo com a modalidade sensorial específica (STEVENS, 1957).

O expoente n determina o tipo de relação entre o estímulo e a percepção: quando $n < 1$, a relação é compressiva, o que significa que a percepção aumenta mais lentamente que a intensidade do estímulo; quando $n = 1$, a relação é linear, indicando uma percepção diretamente proporcional ao estímulo; e quando $n > 1$, a relação é expansiva, o que significa que a percepção aumenta mais rapidamente do que a intensidade do estímulo (STEVENS, 1957).

A teoria de Beidler, proposta por Louis M. Beidler em 1954, descreve o processo de transdução sensorial, especialmente em relação à percepção do gosto e do olfato. A teoria sugere que a sensação percebida não depende apenas da intensidade do estímulo, mas também da interação entre a concentração da substância química e a afinidade dos receptores sensoriais.

Esse modelo é frequentemente utilizado para explicar como os receptores sensoriais saturam quando expostos a altas concentrações de uma substância, levando a uma resposta máxima que não pode ser excedida, independentemente do aumento adicional na concentração (BEIDLER, 1954). O modelo matemático proposto por Beidler pode ser expresso como:

$$= \frac{R_{max} C}{K_s + C} \quad (3)$$

Onde, R é a resposta sensorial percebida, R_{max} é a resposta máxima que pode ser atingida pelos receptores. Já o C é a concentração da substância, K_s é a constante de afinidade, que representa a sensibilidade dos receptores à substância específica (Beidler, 1954). Este modelo mostra que, à medida que a concentração C aumenta, a resposta sensorial R aproxima-se de R_{max} , mas nunca a excede.

A constante K_s determina o ponto em que metade da resposta máxima é atingida; valores baixos de K_s indicam alta afinidade dos receptores.

Assim resultando em uma rápida saturação da resposta sensorial, enquanto valores altos de K_s indicam menor afinidade, resultando em uma saturação mais gradual (Beidler, 1954).

4 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

A simulação numérica permite explorar essas relações de forma controlada e precisa, oferecendo uma maneira eficiente de testar hipóteses e prever respostas sensoriais em diferentes condições. As teorias de Weber-Fechner, Stevens e Beidler fornecem uma base teórica importante para entender como os estímulos externos são convertidos em sensações subjetivas no ser humano.

A teoria de Weber-Fechner sugere que a percepção de mudanças em um estímulo depende da intensidade relativa desse estímulo, enquanto a teoria de Stevens amplia essa ideia, propondo que diferentes tipos de estímulos e modalidades sensoriais seguem padrões variados. Já a teoria de Beidler foca no processo de transdução sensorial, destacando a importância da quantidade e saturação dos receptores sensoriais.

Essa abordagem economiza tempo e recursos, além de proporcionar uma precisão elevada na modelagem de fenômenos complexos. Os benefícios são amplos, incluindo a redução da necessidade de experimentos físicos, a possibilidade de ajustes finos nos parâmetros de estudo e a aplicação prática em várias áreas, como o design de interfaces, ergonomia, neurociência e desenvolvimento de tecnologias assistivas. O software utilizado neste trabalho é o GNU Octave é uma linguagem de alto nível e de código aberto, destinada principalmente a cálculos numéricos.

Ele fornece uma interface de linha de comando conveniente para resolver problemas lineares e não lineares numericamente, e para executar outros experimentos numéricos usando uma linguagem.

4.1 Fase I

Neste trabalho foram desenvolvidos dois algoritmos que representam a lei de Weber-Fechner, a lei de potência de Stevens e o modelo de Beidler. Assim, trataremos de fase I e fase II. A fase I representa a simulação numérica do estado de cada conceito, considerando as condições iniciais de cada autor. A fase II, é o algoritmo com as condições do teste feito com um tipo de requeijão, para um número de pessoas, cujo resultado é analisado lei de Weber-Fechner, a lei de potência de Stevens e o modelo de Beidler.

Na Fase I, o primeiro algoritmo, desenvolvido em Octave, implementa e visualiza três modelos clássicos de percepção sensorial: a Lei de Weber-Fechner, a Lei da Potência de Stevens e o Modelo de Beidler. Cada um desses modelos oferece uma perspectiva distinta sobre como a intensidade de um estímulo é percebida pelo sistema sensorial humano. Inicialmente, o código define as condições iniciais,

incluindo constantes e parâmetros fundamentais para os cálculos dos três modelos, os quais são baseados em teorias clássicas da psicofísica.

Entre essas condições está o limiar absoluto (I_0), definido como o menor nível de estímulo detectável pelo sistema sensorial. Esse conceito é fundamentado na teoria de Weber-Fechner, conforme descrito por Fechner (1860). As constantes proporcionais utilizadas na Lei de Weber-Fechner e na Lei da Potência de Stevens ajustam a escala das funções que representam a relação entre estímulo e percepção, conforme os estudos de Stevens (1957).

Além disso, o algoritmo utiliza diferentes expoentes para a Lei da Potência de Stevens, representando distintos tipos de resposta sensorial: compressiva ($n < 1$), linear ($n = 1$) e expansiva ($n > 1$). Essas classificações são baseadas nos trabalhos de Stevens, que descrevem o comportamento da percepção em função da intensidade do estímulo.

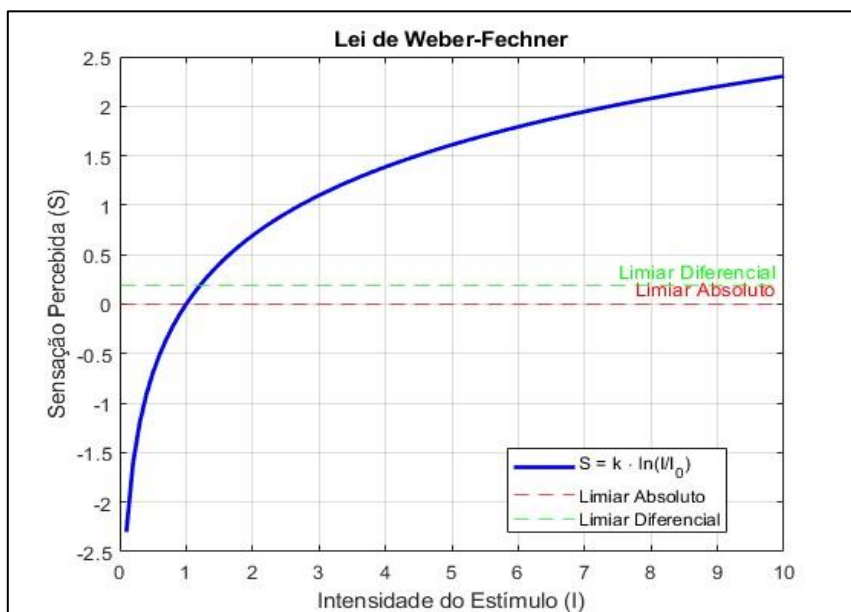
O Modelo de Beidler utiliza a resposta máxima (R_{mx}) e constantes de afinidade para descrever o fenômeno de saturação dos receptores sensoriais, conforme proposto por Beidler. Adicionalmente, é definido o limiar diferencial (ΔI), que representa a menor diferença de intensidade perceptível pelo sistema sensorial, conceito associado à Lei de Weber-Fechner e fundamentado nos estudos de Weber (1834).

Após a definição dessas condições, o algoritmo estabelece uma faixa de valores de intensidade do estímulo, variando de 0,1 a 10, utilizada como entrada para as funções que representam cada modelo de percepção. Na Lei de Weber-Fechner, a sensação percebida é calculada por meio de uma relação logarítmica, permitindo a determinação tanto do limiar absoluto quanto do limiar diferencial. Na Lei da Potência de Stevens, a sensação percebida é modelada por uma relação de potência, conforme previsto teoricamente. O algoritmo gera três curvas distintas, cada uma com um expoente diferente, para representar os diferentes tipos de resposta sensorial: uma curva côncava ($n < 1$), uma linear ($n = 1$) e uma curva convexa ($n > 1$). Para o Modelo de Beidler, o código modela a resposta sensorial em função da concentração de uma substância, utilizando uma função de saturação hiperbólica. Três curvas são geradas, cada uma correspondente a diferentes valores da constante de afinidade, o que determina a sensibilidade dos receptores sensoriais à substância.

A figura 1 mostra o gráfico da Lei de Weber-Fechner, que relaciona a intensidade de um estímulo físico (eixo X) com a sensação percebida (eixo Y).



Figura 1: Lei de Lei de Weber-Fechner



Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

Note que, na figura a curva azul representa a função logarítmica que descreve essa relação. Especificamente, a Lei de Weber-Fechner propõe que a sensação percebida S é proporcional ao logaritmo da intensidade do estímulo I , em relação a um limiar absoluto I_0 . A Lei de Weber-Fechner sugere que a percepção sensorial não aumenta de forma linear com o aumento da intensidade do estímulo.

Em vez disso, para perceber mudanças cada vez maiores na sensação, são necessárias mudanças exponencialmente maiores na intensidade do estímulo. As linhas de limiar absoluto e diferencial, indicam os pontos onde a sensação começa a ser percebida e onde uma mudança na sensação se torna detectável, respectivamente.

- Curva Azul (S):

Representa como a sensação percebida aumenta com a intensidade do estímulo. A curva mostra que, à medida que a intensidade do estímulo I aumenta, a sensação percebida S também aumenta, mas de forma logarítmica, ou seja, a taxa de aumento da sensação diminui conforme o estímulo se torna mais intenso.

- Limiar Absoluto (Linha Vermelha):

Representa o menor valor de intensidade do estímulo que pode ser percebido (neste caso, I_0).

No gráfico, está representado por uma linha horizontal vermelha, mostrando o ponto em que a sensação percebida começa a ser diferente de zero.

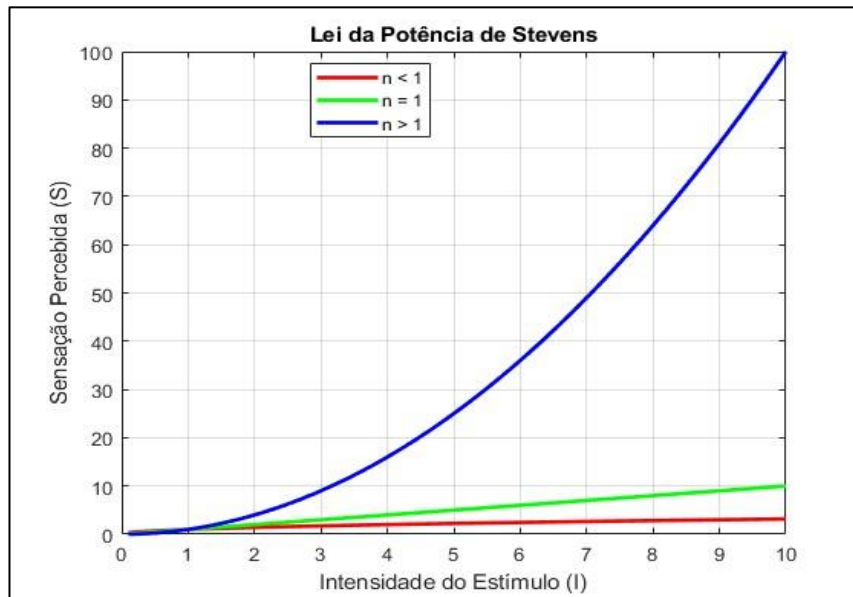
- Limiar Diferencial (Linha Verde):

Indica a menor diferença na intensidade do estímulo que pode ser detectada como uma mudança na sensação percebida.

Representada pela linha horizontal verde, esta linha marca o ponto em que a variação no estímulo é perceptível em comparação com o limiar absoluto.

A figura 2 demonstra a Lei da Potência de Stevens, uma teoria que descreve a relação entre a intensidade de um estímulo físico (eixo X) e a sensação percebida (eixo Y).

Figura 2: Lei de Potência de Stevens



Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

Note que, a Lei da Potência de Stevens sugere que a sensação percebida é uma função potência da intensidade do estímulo, o que significa que essa relação pode ser linear, compressiva ou expansiva, dependendo do valor do expoente n . Na figura é possível de se observa como diferentes tipos de estímulos sensoriais podem provocar diferentes tipos de percepções, dependendo do valor do expoente n , com isso, os estímulos poder ser mostrados variando os estímulos e sensações.

- Curva Vermelha (" $n < 1$ "):

Representa uma função onde o expoente n é menor que 1. Neste caso, a relação entre a intensidade do estímulo e a sensação percebida é compressiva, ou seja, a sensação aumenta, mas a um ritmo menor do que o aumento da intensidade do estímulo. Essa curva é côncava para baixo, indicando uma resposta de crescimento mais lenta.

- Curva Verde (" $n = 1$ "):

Representa uma função onde o expoente n é igual a 1. Aqui, a relação é linear, o que significa que a sensação percebida aumenta proporcionalmente à intensidade do estímulo. Esta curva é uma linha reta, refletindo uma resposta direta e proporcional.

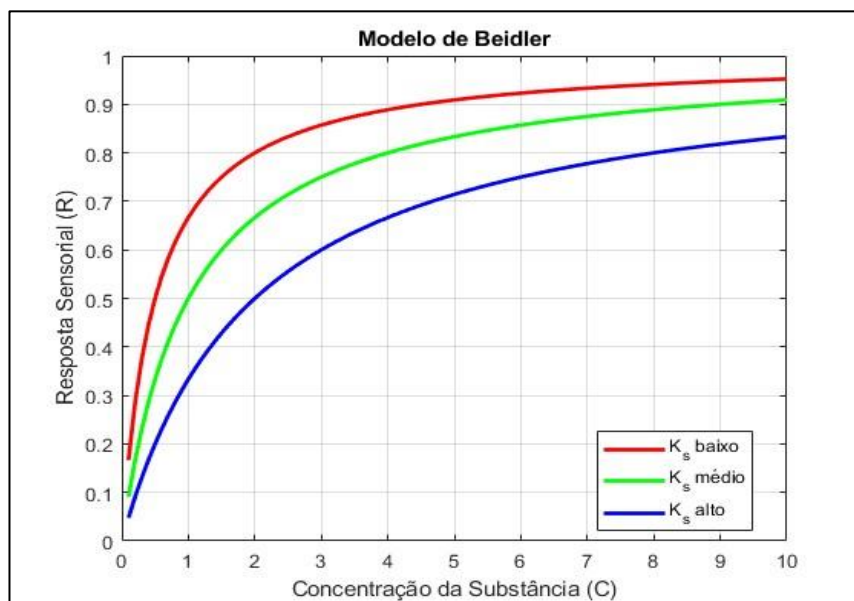
- Curva Azul (" $n > 1$ "):

Representa uma função onde o expoente n é maior que 1. Nesse caso, a relação é expansiva, significando que a sensação percebida aumenta a uma taxa maior que a intensidade do estímulo. A curva é convexa, indicando uma resposta que cresce rapidamente conforme a intensidade do estímulo aumenta.

A figura 3 é um gráfico do Modelo de Beidler, utilizado para descrever a resposta sensorial (eixo Y) em função da concentração de uma substância (eixo X). Este modelo é relevante em estudos de percepção gustativa e olfativa, cuja resposta sensorial de receptores é influenciada pela concentração de uma substância específica.



Figura 3: Modelo de Beidler



Note que, a figura mostra como a resposta sensorial varia com a concentração da substância, dependendo da constante de afinidade K_s , os altos valores de afinidade resultam em respostas rápidas e saturação precoce, enquanto, baixos valores de afinidade resultam em respostas mais graduais e saturação tardia. Este modelo é comumente aplicado em estudos de percepção sensorial, como gosto e cheiro, para entender como diferentes concentrações de uma substância afetam a intensidade da percepção.

- Eixo X (Concentração da Substância - C):

Representa a quantidade ou concentração da substância em questão.

À medida que a concentração aumenta, espera-se que a resposta sensorial também aumente, mas o ritmo desse aumento depende da afinidade dos receptores sensoriais, representada pela constante K_s .

- Eixo Y (Resposta Sensorial - R):

Representa a intensidade da resposta percebida, ou seja, o quão forte a sensação é registrada pelos sentidos em função da concentração da substância.

O valor de R varia de 0 a 1, onde 1 representa a resposta máxima que o sistema sensorial pode gerar.

- Curva Vermelha (" K_s baixo"):

Mostra a resposta sensorial para um valor baixo da constante de afinidade K_s .

Quando k_s é baixo, isso significa que os receptores têm alta afinidade pela substância, levando a uma rápida saturação da resposta sensorial mesmo em concentrações baixas.

- Curva Verde (" K_s médio"):

Representa a resposta sensorial para um valor intermediário de K_s .

Nesta condição, a afinidade dos receptores é moderada, resultando em uma curva que cresce rapidamente, mas de forma mais suave em comparação com a curva vermelha.

- Curva Azul (" K_s alto"):

Mostra a resposta sensorial para um valor alto de K_s , indicando baixa afinidade dos receptores pela substância.

Aqui, a resposta sensorial aumenta lentamente, e a saturação ocorre em concentrações mais altas da substância.

4.2 Fase II

A princípio foi feita uma pesquisa com dados de aparência e odor das amostras. Esses dados representam as avaliações quantitativas feitas por participantes, registrando a intensidade percebida dessas características em cada amostra, cuja aparência refere-se à avaliação visual das amostras, enquanto o odor reflete a percepção olfativa. 18 pessoas participaram da pesquisa.

O algoritmo desenvolvido analisa e visualiza dados sensoriais relacionados a "aparência" e "odor", com o objetivo de compreender como a intensidade desses estímulos é percebida pelos sentidos humanos. Para isso, são aplicadas três teorias psicofísicas clássicas: a Lei de Weber-Fechner, a Lei da Potência de Stevens e o Modelo de Beidler. O processo começa com a leitura dos dados de uma planilha, o qual se espera que as colunas sejam nomeadas como "aparência" e "odor". Os dados lidos são processados para garantir que não existam valores negativos, o que é feito por meio de um deslocamento constante.

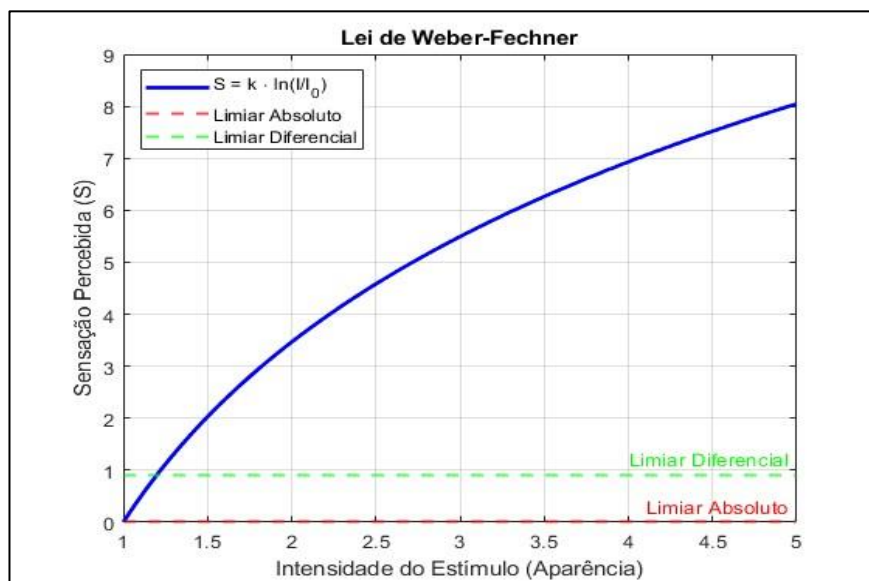
Esse deslocamento é calculado com base no valor mínimo encontrado nas colunas, garantindo que todos os valores sejam positivos, o que facilita a aplicação dos modelos psicofísicos. Em seguida, são definidos os parâmetros iniciais necessários para a aplicação dos modelos. Para a Lei de Weber-Fechner, o limiar absoluto e uma constante proporcional são ajustados, permitindo calcular a sensação percebida como uma função logarítmica da intensidade do estímulo.

Na Lei da Potência de Stevens, são definidos vários expoentes que representam diferentes tipos de respostas sensoriais: compressiva, linear e expansiva. Esses expoentes permitem modelar como a sensação percebida varia de acordo com a intensidade do estímulo. Já para o Modelo de Beidler, que analisa a resposta sensorial em função da concentração de uma substância relacionada ao odor, são ajustadas constantes de afinidade que determinam a rapidez com que a resposta sensorial atinge seu valor máximo.

Com esses parâmetros definidos, o algoritmo realiza uma interpolação dos dados de aparência e odor para suavizar as curvas resultantes, proporcionando uma visualização mais precisa. A partir daí, as três teorias psicofísicas são aplicadas para calcular as respectivas sensações percebidas e respostas sensoriais.

A figura 4 mostra a aplicação da Lei de Weber-Fechner para modelar a relação entre a intensidade do estímulo visual ("Aparência") e a sensação percebida.

Figura 4: Lei de Weber-Fechner aplicado aos Dados de Pesquisa



Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

Note que, a figura mostra que a percepção visual da aparência das amostras segue a Lei de Weber-Fechner, onde a sensação percebida aumenta com a intensidade do estímulo, mas a taxas decrescentes. O limiar absoluto baixo indica que os participantes são bastante sensíveis à "aparência", respondendo mesmo a estímulos de baixa intensidade.

O limiar diferencial, por sua vez, define o ponto a partir do qual as mudanças na intensidade do estímulo são detectáveis, o que é fundamental para entender a discriminação visual entre diferentes níveis de "aparência" nas amostras analisadas. Este resultado é relevante para a análise sensorial, pois demonstra como pequenas variações na aparência podem ser percebidas pelos sentidos e destaca a importância de considerar esses limiares na interpretação dos dados experimentais.

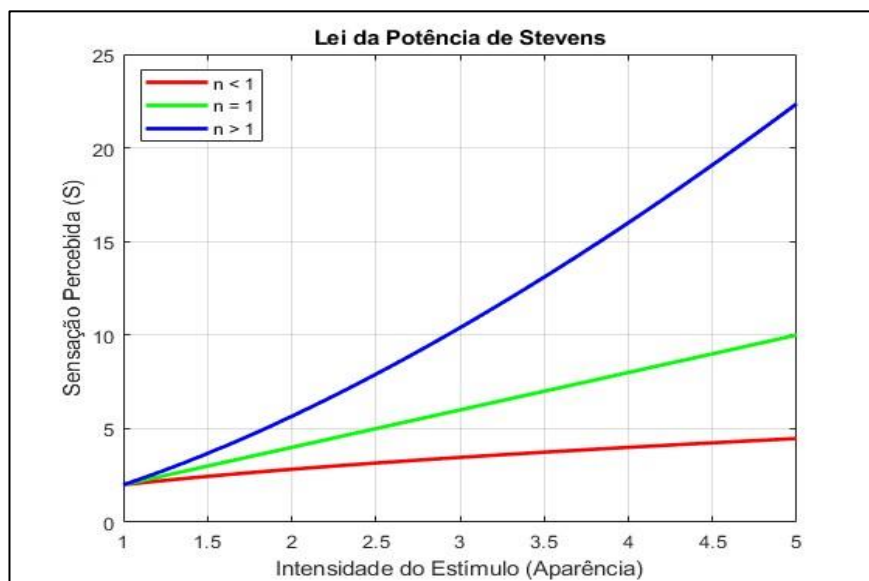
Curva Principal (Azul): A curva azul demonstra que, à medida que a intensidade do estímulo de aparência aumenta, a sensação percebida também cresce, mas de forma não linear. Especificamente, o aumento na sensação percebida torna-se menos acentuado à medida que a intensidade do estímulo se eleva, refletindo a natureza logarítmica da relação proposta pela Lei de Weber-Fechner. Isso sugere que, para intensidades mais altas de aparência, é necessária uma maior diferença na intensidade para que uma mudança significativa na percepção sensorial seja notada.

Limiar Absoluto (Linha Vermelha): A linha vermelha pontilhada representa o limiar absoluto, que é o menor nível de estímulo necessário para provocar uma sensação perceptível. No gráfico, este limiar é bastante baixo, indicando que até mesmo intensidades mínimas de aparência são percebidas pelos participantes ou pelos instrumentos de medição.

Limiar Diferencial (Linha Verde): A linha verde pontilhada representa o limiar diferencial, que é a menor diferença na intensidade do estímulo que pode ser percebida como uma mudança na sensação. Este limiar está situado ligeiramente acima do limiar absoluto, indicando que após o estímulo superar o limiar absoluto, pequenas mudanças na intensidade do estímulo começam a ser percebidas.

A figura 5 mostra a aplicação da Lei da Potência de Stevens para modelar a relação entre a intensidade do estímulo visual ("Aparência") e a sensação percebida.

Figura 5: Lei da Potência de Stevens aplicado aos Dados Experimentais



Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

Note que esta figura mostra como a percepção da aparência varia de acordo com a Lei da Potência de Stevens para diferentes tipos de respostas sensoriais.

Relação Compressiva ($n < 1$): Aqui, os participantes ou instrumentos têm uma percepção atenuada da aparência, com a sensação percebida aumentando de forma lenta, mesmo com o aumento da intensidade do estímulo.

Relação Linear ($n = 1$): Este cenário reflete uma percepção equilibrada, onde a sensação percebida aumenta diretamente com a intensidade do estímulo, sem compressão ou expansão.

Relação Expansiva ($n > 1$): Nesse caso, a percepção é muito sensível às mudanças na "Aparência", resultando em uma resposta perceptual que cresce rapidamente com o aumento da intensidade.

Análise das Curvas no Gráfico:

- Curva Vermelha ($n < 1$):

Esta curva representa a situação, o qual o expoente n é menor que 1, o que indica uma relação compressiva.

Isso significa que a sensação percebida cresce mais lentamente do que a intensidade do estímulo. Em termos práticos, mesmo que a aparência aumente significativamente, a percepção da mudança é menos acentuada.

Esse tipo de relação é comum em estímulos que têm uma resposta perceptual limitada, o qual grandes mudanças na intensidade são necessárias para que a percepção aumente de maneira significativa.

- Curva Verde ($n = 1$):

A curva verde representa a situação, o qual n é igual a 1, resultando em uma relação linear entre a intensidade do estímulo e a sensação percebida.

Aqui, a percepção aumenta de forma proporcional à intensidade do estímulo. Isso implica que se a intensidade da aparência for duplicada, a sensação percebida também será duplicada.

Esta relação é simples e direta, sendo comum em contextos o qual a percepção segue diretamente as mudanças no estímulo.

- Curva Azul ($n > 1$):

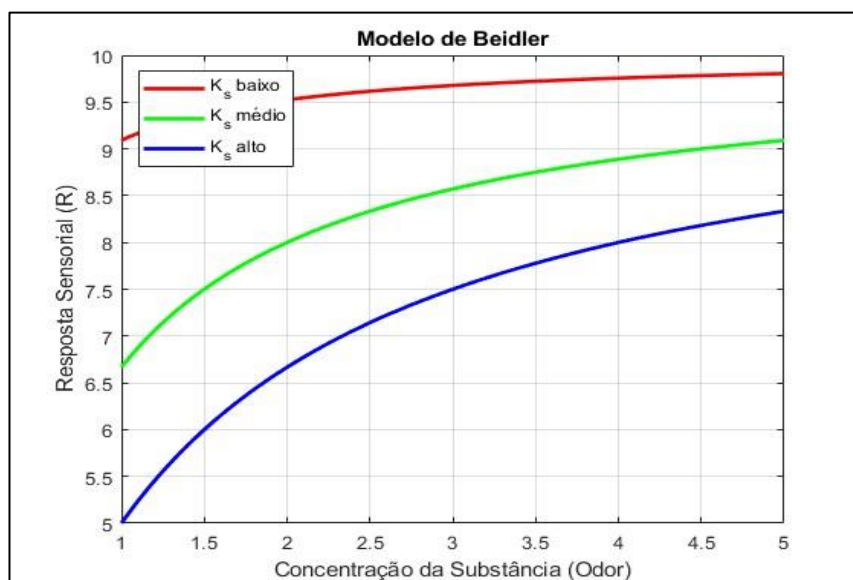
A curva azul mostra a situação, o qual o expoente n é maior que 1, indicando uma relação expansiva.

Neste caso, a sensação percebida cresce mais rapidamente do que a intensidade do estímulo. Pequenas mudanças na aparência resultam em grandes mudanças na percepção.

Este tipo de resposta é comum em situações, o qual o estímulo é muito sensível e pequenas variações resultam em grandes percepções, como em estímulos que podem ser intensamente perceptíveis, como luz muito brilhante ou som alto.

A figura 6 mostra o Modelo de Beidler descrevendo a relação entre a concentração de uma substância, neste caso associada ao "Odor", e a resposta sensorial percebida.

Figura 6: – Modelo de Beidler aplicado aos Dados Experimentais



Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

Note que, a figura mostra o Modelo de Beidler descrevendo como a resposta sensorial varia com a concentração de uma substância, levando em consideração a constante de afinidade K_s . A afinidade K_s é inversamente proporcional à rapidez com que os receptores sensoriais atingem a saturação.

Componentes da Figura:

- Eixo X (Concentração da Substância - Odor):

Representa a concentração da substância responsável pelo odor. À medida que a concentração aumenta, espera-se que a resposta sensorial também se intensifique, até que a saturação dos receptores ocorra.

- Eixo Y (Resposta Sensorial - R):

Representa a intensidade da resposta percebida, ou seja, o quão forte é a sensação do odor registrada pelos sentidos.

- Curva Vermelha (" K_s baixo"):

Indica uma alta afinidade dos receptores pela substância. Neste caso, a resposta sensorial atinge rapidamente um platô, mesmo em baixas concentrações da substância, indicando que os receptores são rapidamente saturados.

- Curva Verde (" K_s médio"):

Reflete uma afinidade moderada dos receptores pela substância. A resposta sensorial cresce de forma mais gradual em comparação à curva vermelha, mas ainda assim atinge a saturação em concentrações moderadas.

- Curva Azul (" K_s alto"):

Indica uma baixa afinidade dos receptores pela substância. A resposta sensorial cresce de forma mais lenta e a saturação é atingida apenas em concentrações mais elevadas da substância.

5 DISCUSSÃO GERAL

A simulação numérica realizada na Fase I forneceu uma base teórica sólida para avaliar o comportamento dos modelos psicofísicos aplicados neste estudo. A partir das curvas geradas para as teorias de Weber-Fechner, Stevens e Beidler, foi possível estabelecer expectativas claras sobre o comportamento perceptivo humano diante dos estímulos analisados. Na Fase II, os dados experimentais permitiram comparar essas previsões com respostas reais obtidas pelos participantes. A Tabela 1 apresenta a síntese dessa comparação entre teoria, simulação e resultados práticos.

Tabela 1 – Comparação entre modelos psicofísicos, simulação numérica e dados experimentais

Modelo Psicofísico	Evidência na Simulação Numérica (Fase I)	Evidência Experimental (Fase II)	Relação Observada
Lei de Weber-Fechner	Curva logarítmica crescente com limiar absoluto baixo e limiar diferencial bem definido.	Gráfico 4 confirma crescimento logarítmico da percepção de "Aparência", sensível a pequenas variações de intensidade.	As curvas coincidem em formato e comportamento, validando a relação logarítmica entre estímulo e sensação. O comportamento logarítmico previsto foi confirmado nos dados experimentais, com mesma tendência de compressão sensorial em intensidades altas.
Lei da Potência de Stevens	Três curvas geradas ($n < 1$, $n = 1$, $n > 1$) representando respostas compressiva, linear e expansiva.	Gráfico 5 reproduz o mesmo padrão de resposta para "Aparência", validando os expoentes empregados.	Confirma correspondência entre os tipos de resposta sensorial e os parâmetros da simulação. O tipo de resposta variou de acordo com o expoente, demonstrando equivalência entre as previsões teóricas e a percepção real.
Modelo de Beidler	Curvas de saturação hiperbólica com diferentes constantes de afinidade (K_s).	Gráfico 6 apresenta saturação rápida para alta afinidade e gradual para baixa afinidade.	Relação direta entre os parâmetros simulados e o comportamento experimental do "Odor", confirmando o modelo. As curvas experimentais reproduziram a saturação prevista numericamente, validando o modelo para estímulos olfativos.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

A tabela mostra que todos os modelos psicofísicos apresentaram alta compatibilidade entre os resultados simulados e os dados medidos. No caso da Lei de Weber-Fechner, tanto a simulação quanto os resultados experimentais evidenciaram um comportamento logarítmico, no qual pequenas diferenças iniciais no estímulo visual provocaram variações perceptivas significativas, enquanto intensidades mais altas exigiram incrementos maiores para produzir a mesma mudança sensorial. Isso confirma que o modelo logarítmico descreve adequadamente o comportamento perceptivo observado para o atributo aparência.

A Lei da Potência de Stevens também apresentou forte correspondência entre simulação e experimento. A presença de respostas compressivas, lineares e

expansivas nos dados reais demonstra que diferentes faixas de intensidade de aparência ativam diferentes regimes perceptivos, exatamente como previsto pelo modelo matemático. O alinhamento entre as curvas simuladas e as respostas empíricas reforça a adequação da Lei de Stevens para explicar a sensibilidade visual em diferentes intensidades de estímulo.

O Modelo de Beidler, aplicado ao atributo odor, exibiu comportamento sigmoidal característico, com saturação perceptiva em níveis mais altos de estímulo. Os dados experimentais mostraram que alguns participantes apresentaram respostas rápidas com saturação precoce, enquanto outros demonstraram crescimento mais gradual comportamento compatível com diferentes valores de afinidade previstos no modelo. A correspondência entre simulação e avaliação olfativa evidencia a capacidade do modelo de prever respostas sensoriais relacionadas a concentrações químicas.

A análise global demonstra que os três modelos psicofísicos reproduziram com precisão o comportamento perceptivo dos participantes. Ao combinar simulação numérica e dados reais, este estudo verificou que os modelos teóricos são capazes de representar fenômenos perceptivos complexos, permitindo prever limiares, saturações e relações matemáticas entre estímulo e sensação. Essa integração reduz custos experimentais, aumenta a precisão analítica e amplia o entendimento sobre o processamento sensorial humano, destacando a relevância da modelagem numérica como ferramenta complementar na área de análise sensorial.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo aplicar e validar modelos numéricos para compreender como diferentes intensidades de estímulos sensoriais, especificamente aparência e odor, são percebidas pelo sistema sensorial humano. A análise integrada entre simulação numérica e dados experimentais demonstrou que as teorias psicofísicas de Weber-Fechner, Stevens e Beidler representam de forma consistente a relação entre estímulo físico e sensação percebida, confirmando sua aplicabilidade na interpretação de respostas sensoriais.

As simulações realizadas na Fase I permitiram visualizar os comportamentos previstos por cada modelo, evidenciando o crescimento logarítmico da percepção na teoria de Weber-Fechner, as relações compressivas, lineares e expansivas descritas pela Lei da Potência de Stevens e o fenômeno de saturação característico do modelo de Beidler. Na Fase II, os resultados obtidos experimentalmente para os atributos de aparência e odor apresentaram forte compatibilidade com os padrões gerados nas simulações, consolidando a eficácia das funções matemáticas utilizadas e confirmando que elas representam de maneira fiel a percepção humana observada no experimento.

A boa correspondência entre teoria, simulação e dados reais reforça o potencial da modelagem numérica como ferramenta complementar na análise sensorial. Esse tipo de abordagem permite prever comportamentos perceptivos, reduzir a necessidade de ensaios presenciais extensos e otimizar processos de desenvolvimento e controle de qualidade, especialmente em produtos cuja aceitação depende diretamente de atributos sensoriais. O estudo também evidencia a natureza interdisciplinar da psicofísica e a importância de integrar técnicas computacionais ao estudo de fenômenos sensoriais.

Apesar dos resultados positivos, este trabalho apresenta limitações relacionadas ao escopo adotado. A análise foi restrita aos atributos de aparência e

odor, o que representa apenas parte da experiência sensorial completa. Além disso, foi utilizado um único tipo de produto como base experimental, o que limita a abrangência dos resultados para outras categorias alimentícias. A variabilidade individual dos participantes, inerente a estudos sensoriais, também representa um fator que pode influenciar as percepções registradas, mesmo sob condições controladas.

Essas limitações apontam caminhos relevantes para trabalhos futuros. Uma possibilidade importante é a inclusão do atributo sabor, que envolve mecanismos gustativos e retronasais capazes de enriquecer a compreensão do comportamento perceptivo e ampliar a aplicação do modelo de Beidler em seu contexto mais clássico. Estudos posteriores também podem incorporar diferentes tipos de produtos, ampliar a amostra de participantes ou comparar categorias distintas para avaliar a consistência dos modelos psicofísicos em diferentes contextos sensoriais. Outro avanço possível envolve o refinamento dos parâmetros matemáticos e a integração dos modelos clássicos com métodos computacionais modernos, como algoritmos preditivos ou técnicas de machine learning, ampliando a capacidade de previsão e interpretação de padrões perceptivos complexos.

De modo geral, o estudo confirma que modelos numéricos são ferramentas eficazes para representar o processo de percepção humana, oferecendo uma estrutura consistente e acessível para analisar estímulos sensoriais e compreender como o cérebro interpreta sinais externos. A integração entre simulação e experimentação demonstrou-se capaz de gerar resultados robustos e contribuir para o avanço das práticas de análise sensorial, pesquisa científica e desenvolvimento de produtos, fortalecendo a relação entre psicofísica e qualidade.

7 REFERÊNCIAS

BEIDLER, Louis M. **A theory of taste stimulation**. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, v. 44, n. 3, p. 283–296, 1954. DOI: 10.1002/jcp.1030440302.

FECHNER, Gustav Theodor. **Elemente der Psychophysik**. Leipzig: Breitkopf und Härtel, 1860.
FRAZIER, William C.; WESTHOFF, Dennis C. **Food microbiology**. 4. ed. New York: McGraw-Hill, 2013.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9001:2015**: Quality management systems – Requirements. Geneva: ISO, 2015.

JURAN, Joseph M. **Juran's quality handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999.

KAGERMANN, Henning et al. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0**: Securing the future of German manufacturing industry. Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Berlin: National Academy of Science and Engineering, 2013.

LAWLESS, Harry T.; HEYMANN, Hildegard. **Sensory evaluation of food**: Principles and practices. 2. ed. New York: Springer, 2010.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introduction to statistical quality control**. 7. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2012.

PARASURAMAN, A.; ZEITHAML, Valarie A.; BERRY, Leonard L. **SERVQUAL**: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, v. 64, n. 1, p. 12–40, 1988.

PARK, Young W.; HAENLEIN, George F. W. **Milk and dairy products in human nutrition**: Production, composition and health. Oxford: Wiley-Blackwell, 2013.

STEVENS, Stanley Smith. **On psychophysical law**. *Psychological Review*, v. 64, n. 3, p. 153–181, 1957. DOI: 10.1037/h0046162.

STEVENS, Stanley Smith. **Psychophysics**: Introduction to its perceptual, neural, and social prospects. New York: Wiley, 1975.

STONE, Herbert; SIDEL, Joel L. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004.

WEBER, Ernst Heinrich. **De pulsu, resorptione, auditu et tactu**: Annotationes anatomicae et physiologicae. Leipzig: Koehler, 1834.

