



# **O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA PARA A CONCEPÇÃO DE PRODUTOS FRUGAIS**

**GABRIELA DIAS BERNARDO DE OLIVEIRA** – gdb.oliveira@unesp.br  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP – ITAPEVA – ICE

**OCTAVIANO ROJAS LUIZ** – octaviano.rojas@unesp.br  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP – ITAPEVA – ICE

**ANTONIO FRANCISCO SAVI** – antonio.savi@unesp.br  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP – ITAPEVA – ICE

**FELIPE OLIVEIRA LIMA** – felipe.oliveira@unesp.br  
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP – ITAPEVA – ICE

**ÁREA:** 5. ENGENHARIA DO PRODUTO

**SUBÁREA:** 5.2 - PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

**RESUMO:** INOVAÇÕES FRUGAIS GERAM PRODUTOS PROVENIENTES DE OUTROS JÁ EXISTENTES, PORÉM DESENVOLVIDOS PARA SEREM MAIS ACESSÍVEIS E FUNCIONAIS. A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) TEM O POTENCIAL DE APOIAR O DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS. POR ISSO, O PRESENTE TRABALHO VISA ANALISAR O USO DA IA GENERATIVA NA FASE DE CONCEPÇÃO DE PRODUTOS FRUGAIS, SIMULANDO O PROCESSO ATRAVÉS DE VARIAÇÕES DE PROMPTS EM DIFERENTES MODELOS DE LINGUAGEM DE LARGA ESCALA. EXPERIMENTOS FORAM CONDUZIDOS COM FOCO EM GERAR IDEIAS PARA SMARTPHONES MAIS FRUGAIS POR MEIO DAS IAS CHATGPT E GEMINI. TESTES FORAM REALIZADOS UTILIZANDO COMO BASE UM PRODUTO RECONHECIDAMENTE NÃO FRUGAL. AINDA, FOI REALIZADA UMA COMPARAÇÃO ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS EM CADA OUTPUT COM UM MODELO FRUGAL DE REFERÊNCIA. OS RESULTADOS DA PESQUISA EXPERIMENTAL COMPROVAM QUE IAS GENERATIVAS PODEM SER EFICAZES NA FASE DE CONCEPÇÃO/IDEAÇÃO DE PRODUTOS FRUGAIS, PRINCIPALMENTE POR TEREM CONHECIMENTO DESTE TIPO DE INOVAÇÃO E SEREM EFICAZES NA MANIPULAÇÃO DAS FUNCIONALIDADES A FIM DE OBTER-SE UM PRODUTO MAIS ACESSÍVEL, PORÉM FUNCIONAL.

**PALAVRAS-CHAVES:** INOVAÇÃO FRUGAL; INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA; PRODUTOS FRUGAIS; CONCEPÇÃO DE PRODUTOS.

## 1. INTRODUÇÃO

Recentemente, o conceito de inovação frugal (IF) tem ganhado relevância acadêmica e prática devido as suas potenciais contribuições sociais (LUIZ e MARIANO, 2019). O termo consiste, basicamente, na criação de um produto proveniente de outro pré-existente, porém com uma redução expressiva de custos, concentração nas funcionalidades essenciais e nível de desempenho otimizado (WEYRAUCH e HERSTATT, 2016). De forma geral, as IFs representam uma alternativa mais econômica, acessível e simples, permitindo o acesso a mercados compostos pela base da pirâmide (*bottom of pyramid* - BoP) (WINTERHALTER et al., 2017).

Em paralelo, a inteligência artificial (IA), termo cunhado por John McCarthy em 1955 (HAENLEIN e KAPLAN, 2019), passa a desempenhar um papel cada vez maior no dia a dia das pessoas; atuando desde o apoio a pesquisas em mecanismos de busca, até a criação de imagens, sons e textos. Com o avanço diário em algoritmos de machine learning e redes neurais artificiais, a IA vem se tornando eficiente em tarefas de aprendizado de padrões, tomadas de decisões autônomas e geração de novos dados com base em outros já existentes (FACELI et al., 2021). Essa tecnologia vem revolucionando a forma como empresas desenvolvem e comercializam mercadorias através da geração de ideias de novos produtos, análise de dados de diversas fontes e criação de imagens para gerar novos designs (COOPER, 2024).

Unir a tecnologia de uma IA generativa à fase de desenvolvimento de produtos pode contribuir para serem alcançados alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU); os quais são um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, além de garantir que as pessoas, em todos os lugares, possam desfrutar de paz e prosperidade. São eles:

- ODS 9 - Indústria, inovação e infraestrutura: “Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação”. O uso de IA otimizaria o processo de desenvolvimento de produtos, reduzindo o tempo e recursos que seriam destinados para criar protótipos e modelos, além de acelerar a inovação e aprimorar a eficiência dos processos industriais;
- ODS 10 - Redução das desigualdades: “Reduzir as desigualdades no interior dos países e entre países”. Promoveria a democratização do acesso à informação e inovação ao permitir que pessoas e empresas de diferentes classes sociais possuem acesso a ferramentas avançadas de desenvolvimento de produto, como o uso demonstrado neste trabalho;

- ODS 12 - Consumo e produção responsáveis: “Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis”. Utilizar a IA generativa para criar produtos frugais, pode impactar em novos mais sustentáveis (ALBERT, 2019) devido à busca em reduzir uso de energia e material na produção.

Dessa forma, ao entendermos melhor a intersecção entre IA e IF, podemos não apenas atender às demandas dos consumidores, mas também promover um modelo de negócios mais inclusivo, acessível e ambientalmente responsável pela conexão da IF com sustentabilidade (ALBERT, 2019).

A existência de produtos complexos e o conhecimento deles por parte dos Modelos de Linguagem de Grande Escala (*Large Language Models* – LLM), servem como base de dados para a atuação de forma eficiente na concepção de produtos frugais. O desenvolvimento de uma IF se dá com base em algo já existente, através da modificação de algumas características, mas sempre mantendo a essência desse produto inicial. Utilizar LLMs, pode encurtar o prazo para obtenção do produto frugal; devido à ampla base de dados utilizada por essas IAs generativas e sua capacidade de processar e gerar linguagem natural, disponível para complementar as habilidades humanas na geração de ideias.

De forma geral, tem-se como objetivo principal deste trabalho investigar o uso de inteligências artificiais generativas, baseada em modelos de linguagem de grande escala (*large language models*), para a geração de ideias de novos produtos frugais. Como um dos objetivos específicos, pode-se citar a comparação de dois LLMs diferentes; o ChatGPT da OpenAI e o Gemini da Google, a fim de analisar e comparar a eficiência deles no processo de desenvolvimento de produtos, especialmente no que tange ao projeto conceitual. Ainda, foi experimentado utilizar a IA para gerar ideias de mudanças em um produto frugal a fim de reforçar sua frugalidade. Outro objetivo específico, foi comparar as ideias geradas pelas IAs com produtos frugais reais.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

### 2.1 Inovação frugal

A Inovação Frugal (IF) pode ser entendida como um tipo de inovação com origem no contexto de países emergentes, com foco na base da pirâmide financeira e no consumo comedido e minimalista (BREM, 2017).

De forma geral, os autores Weyrauch e Herstatt (2016), resumem as características de IF em três critérios. Primeiro, precisa ocorrer uma redução substancial dos custos; o que impacta

diretamente na composição dele: desde a matéria prima utilizada na fabricação das partes do todo, os materiais e gastos de fabricação até a mão-de-obra e tecnologia utilizada para ela.

Optar por materiais mais baratos pode resultar numa redução da qualidade final do produto, em problemas de conformidade com os padrões regulatórios, em riscos de fornecimento devido à troca de material e fornecedor, além de possivelmente gerar uma resistência de mercado (WEYRAUCH; HERSTATT, 2016). Para isso, é de extrema importância que seja feita uma análise completa do novo cenário possível ao realizar essa troca; colaborando para que, através dela, seja possível uma maior eficiência operacional caso os novos materiais sejam de maior facilidade de trabalho, e para um aumento da competitividade, devido à redução dos custos não só do material, mas também de sua produção.

Como segunda característica de um produto frugal tem-se a “concentração em funcionalidades essenciais” que basicamente é manter as funções principais do produto originário, eliminando outras não muito utilizadas; resultando numa simplificação final do novo produto como um todo. Esse conceito não está somente atrelado à redução de custos, mas também à facilidade do uso do novo produto ou serviço (ANDEL, 2013); à economia de recursos (BARCLAY, 2014; RAO, 2014; TIWARI e HERSTATT, 2012) e à um menor impacto no meio ambiente (BASU; BANERJEE; SWEENEY, 2013; JÄNICKE, 2014; SHARMA e IYER, 2012).

A terceira e última característica, de acordo com Weyrauch e Herstatt (2016), é o nível de performance otimizado. O nível de desempenho ou performance deve se adequar de forma ideal à finalidade pretendida e aos requisitos específicos do ambiente no qual a inovação frugal será aplicada; especialmente para mercados emergentes e em desenvolvimento, mas também para os mercados desenvolvidos. Um exemplo citado por Herstatt et al. (2008), explica que buzinas dos carros são usadas em excesso na Índia; portanto, desenvolver um carro frugal para este país precisa conter uma buzina com maior desempenho que as utilizadas em carros de outros países; comprovando que nem sempre o nível de desempenho da inovação frugal é menor. Portanto, entender o contexto e a realidade do ambiente é essencial para encontrar o exato nível de performance necessário, a fim de evitar custos desnecessários com o desempenho do produto.

## **2.2 Processo de desenvolvimento de produto**

O processo de desenvolvimento de produtos é composto por 3 macrofases: pré, desenvolvimento e pós (ROZENFELD et al., 2006). Esta pesquisa foca na fase de

desenvolvimento do produto, a qual conta com 5 subfases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto detalhado, preparação produção e lançamento do produto, todos suportados pelo processo de melhoria do processo de desenvolvimento de produtos. Assim, enfocou-se especificamente a etapa de concepção de produtos; logo, estuda-se a fase do Projeto Conceitual juntamente ao processo de apoio, melhoria do processo de desenvolvimento de produtos (PDP), pois o objetivo desta pesquisa envolve explorar o potencial da IA em tornar o PDP mais efetivo.

A melhoria do PDP pode ocorrer em qualquer fase do PDP. Por se tratar de um processo de apoio, ocorre em ciclos contínuos durante todo o processo, desenvolvendo um papel fundamental para manter um bom desempenho em todas as fases. Já na etapa de concepção de produtos, ocorre a busca pela solução e função global do produto; que pode ser feita através da análise dos concorrentes, artigos ou benchmarking, mas sempre voltada a solucionar as necessidades e requisitos de cada um (ROZENFELD et al., 2006).

## 2.3 Inteligência artificial

Inteligência artificial é uma ciência que permite que computadores realizem tarefas que normalmente exigiriam inteligência humana (FACELI et al., 2021). Ela funciona utilizando lógica, sistemas baseados em regras e técnicas de aprendizado de máquina (*machine learning*), aplicadas a uma extensa base de dados (BREM et al., 2022). Machine learning é uma série de algoritmos que permitem que o computador aprenda padrões a partir de dados, sem a necessidade de serem programados explicitamente. Dentro dela, existe o *deep learning*: um conjunto de técnicas de aprendizado que empregam redes neurais artificiais, as quais aprendem com o processamento de dados e imitam as redes neurais biológicas do cérebro humano (LECUN; BENGIO; HINTON, 2015).

IA generativa é um tipo de inteligência artificial capaz de criar conteúdo; textos, imagens, vídeos, músicas ou qualquer outro tipo de dado a partir de modelos matemáticos (FEUERRIEGEL et al, 2024). Neste trabalho, estudaremos especificamente as IAs generativas que são os LLMs, treinados para entender e gerar textos em linguagem natural, construídos utilizando técnicas de *deep learning* (FEUERRIEGEL et al, 2024). Como entrada dos dados que servirão como base para a criação de novos textos, temos os prompts; que são instruções ou comandos inseridos na IA com a finalidade de obter-se um novo conteúdo (CARVALHO e MOURA, 2023).

Em 2017, foi introduzida a arquitetura de redes neurais chamada *transformers*: uma abordagem avançada para o processamento de linguagem natural (PLN) utilizado também para

outras tarefas de machine learning. O uso dessa arquitetura permite uma maior eficiência e escalabilidade através do treinamento em grandes conjuntos de dados; proporcionando também uma versatilidade ao ser adaptável a uma ampla gama de tarefas (KOCÓN et al., 2023). Os *transformers* geralmente usam o processo de “tokenização”; que permite dividir o texto em partes menores, *tokens*, como palavras, subpalavras e caracteres (ZHANG et al, 2023). Os LLMs usam esse processo para compreensão e geração de textos; convertendo em tokens e processando-os através da rede neural (ZHANG et al, 2023).

### 3. METODOLOGIA

A fim de estudar e analisar o conhecimento da inteligência artificial generativa para a concepção de produtos frugais, realizou-se uma pesquisa experimental e exploratória utilizando o smartphone como produto a ser testado. O smartphone foi escolhido por apresentarem versões mais frugais a serem usadas como referência, apresentarem dados de descrição de funções e especificações de fácil acesso e por ser um produto de amplo alcance na população (LARICCHIA, 2024).

Para a escolha dos modelos de smartphones, utilizou-se de informações presentes no site TudoCelular.com (TUDOCELULAR TECNOLOGIA LTDA, 2024) que posteriormente foram conferidas com o manual de cada aparelho. O objetivo era selecionar um smartphone “não frugal” para gerar conceitos a partir de suas características e um smartphone com características frugais para servir de referência para validação dos resultados.

O smartphone selecionado como “não frugal” foi o iPhone 15 Plus da marca Apple; escolhido devido à sua complexidade, alto nível tecnológico e qualidade mundialmente conhecida, além de ter sido ranqueado pelos especialistas do site como “o com melhor hardware à disposição” no momento da pesquisa (março de 2024). Para o smartphone reconhecidamente frugal, foi selecionado o modelo Moto G14 da marca Motorola; escolhido pois mantém o nível de desempenho de um bom produto, oferece uma boa relação custo-benefício, como indicado pelo ranking do site, além de possuir funcionalidades essenciais; características básicas que definem uma inovação frugal.

As inteligências artificiais selecionadas para estudo neste trabalho foram o ChatGPT da OpenAI e o Gemini da Google por serem modelos avançados de IA conhecidos por sua capacidade de processar e gerar respostas de texto semelhantes às humanas, tendo sido usados em pesquisas anteriores (CARLA et al., 2024; FROSOLINI et al., 2024; MASALKHI et al., 2024). O ChatGPT, desenvolvido pela OpenAI, é conhecido por seus recursos de compreensão e geração de linguagem, enquanto o Google Gemini é um novo modelo de IA com foco em



habilidades de raciocínio multimodal e dicas baseadas em texto (CARLA et al., 2024).

Inicialmente, formulou-se um prompt utilizando como produto base o iPhone 15 Plus, descrevendo detalhadamente todas suas características de acordo com o site “TudoCelular” e pedindo para que a IA sugerisse um produto frugal a partir dele; o mesmo input foi utilizado no ChatGPT e no Gemini. Em seguida, utilizando o mesmo produto de referência, formulou-se prompts iguais ao anterior, porém substituindo a palavra frugal pela descrição das características definidoras de um produto frugal, descrevendo os critérios desejados para o resultado. Esses outputs foram comparados com o produto frugal de referência (Moto G14) a fim de verificar a precisão das sugestões das ferramentas.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fim de entender melhor o funcionamento da inteligência artificial generativa e seu conhecimento sobre Inovação Frugal foram feitas algumas perguntas ao ChatGPT e ao Gemini. Primeiramente, fez-se perguntas através de prompts baseados em um produto originariamente não frugal e de duas maneiras diferentes: citando explicitamente o termo “frugal” e não citando o termo, apenas informando o conceito de um produto frugal, de acordo com a definição já defendida neste trabalho.

Como exemplo, o prompt proposto usando explicitamente o termo “frugal” foi: “Gostaria de gerar conceitos para um produto novo com base em um produto existente, você pode me ajudar? A ideia é gerar conceito para uma versão mais frugal. O produto apresenta as seguintes características: É um smartphone com as seguintes dimensões, 160.9 x 77.8 x 7.8 mm. Possui dual sim 5G, processador 2x 3.46 GHz Avalanche + 4x 2.02 Blizzard, 6GB de memória RAM, memória interna de 512GB não expansível. A tela possui as seguintes características: Super Retina XDR OLED, 6.7 polegadas, 1290 x 2796 pixel de resolução, 460 ppi de densidade, 60 Hz e com proteção Ceramic Shield. A câmera do dispositivo é de 48 Mp + 12 Mp, resolução de 8000 x 6000 pixels, abertura de F 1.6 + F 2.4, estabilização óptica, zoom óptico de 2X, câmera frontal de 12 Mp F 1.9., como detecção facial e HDR. Com relação ao vídeo, o smartphone grava vídeos em 4K (2160p) (também na câmera frontal), com 60 fps, slow motion de 240 fps e vídeo HDR. Em termos de conectividade, o smartphone possui wi-fi 802.11 a/b/g/n/ac/6, bluetooth 5.3 com A2DP/LE, Type-C 2.0. Quanto aos sensores, o produto não possui impressão digital ou sensor de gestos, mas possui bússola, além de sensores de proximidade, acelerômetro, giroscópio, barômetro e microfone com redução de ruído. Quanto às funcionalidades, não possui wi-fi direct, rádio e TV, mas possui vibração, viva-voz e wi-fi

hotspot. A bateria é de lítio com 4383 mAh”.

A fim de verificar possível mudanças caso não fosse mencionado diretamente o termo “frugal”, foi redigido um prompt com o seguinte início e mesmas especificações: “Gostaria de gerar conceitos para um novo produto baseado em um produto original. A ideia é que o novo produto tenha foco nas funcionalidades principais, com redução substancial de custo da perspectiva do consumidor (preço de compra ou custo total da propriedade) e nível de desempenho otimizado, você poderia me ajudar?”.

A seguir os resultados obtidos serão discutidos para os dois casos para cada IA. Ressalta-se que as saídas geradas pela IA não serão apresentadas na íntegra pelas restrições de espaço do artigo. Caso haja interesse, é possível solicitá-los aos autores.

#### **4.1 Citando explicitamente o termo "frugal"**

##### **4.1.1 Resultados do ChatGPT**

Analisando os resultados, percebeu-se que o ChatGPT oferece 4 diferentes ideias de smartphones mais frugais, modificando algumas características técnicas de acordo com o objetivo usual do produto. Inicialmente ele propõe um smartphone compacto e econômico, de tamanho menor que o comum, diminuindo o custo com material e tornando-o mais discreto no transporte e uso. Sugere também um processador mais básico, com redução de memória RAM e interna, mantendo armazenamento suficiente para uso essencial e, por fim, reduz a resolução da tela a fim de minimizar custos.

O segundo modelo fornecido pela IA consiste em um “smartphone 5G acessível”: foco em manter a funcionalidade 5G para obter uma conectividade rápida e flexível, características que são essenciais para um uso mais ágil; processador mais econômico; redução ainda mais da memória RAM e interna, se comparada com a opção anterior, visando diminuir o custo final do produto e uma redução na qualidade da tela, mas mantendo-a “decente”. Essa opção demonstra a capacidade da IA na manutenção de funcionalidades centrais, característica distintiva de uma inovação frugal.

A terceira opção fornecida pelo GPT é um celular focado em fotografia econômica. Dessa vez foram fornecidas ideias de otimizações focadas no uso final destinado a fotografia: houve uma redução no sensor principal da câmera traseira e a adição de uma lente auxiliar de 5 MP; na câmera frontal reduziu-se para 8 MP e manteve-se as funcionalidades de detecção facial e HDR, por fim, modificou-se a capacidade de gravar vídeos para 1080p a 30 fps. O último exemplo de smartphone sugerido é o “básico e durável”: um processador básico para



desempenho em tarefas diárias; memória RAM e interna reduzidas, otimizadas para funções “básicas”; uma boa redução na resolução da tela (720p) para diminuir custos e uma bateria de 4000 mAh para garantir uma boa autonomia, “priorizando a duração da bateria em vez de recursos de alto desempenho”.

De maneira geral, observa-se que houve uma linha de desenvolvimento de acordo com a característica desejada para o smartphone: “compacto e econômico”, “5G acessível”, “fotografia econômica” e “básico e durável”. Características técnicas foram alteradas de acordo com cada finalidade desejada; memória, processador, resolução da tela, dimensões, qualidade da câmera e bateria; de forma que, em todos os casos, foi possível observar uma redução substancial no custo com foco nas funcionalidades essenciais, além de um nível de desempenho otimizado.

#### 4.1.2 Resultados do Gemini

Diferentemente do ChatGPT, o Gemini não dividiu seu resultado baseado em tipos de usos do smartphone, ele gera de forma mais detalhada modificações em várias características do produto. Um diferencial interessante é que ele utiliza adjetivos como “essencial”, “otimizadas” e “funcional” para descrever as mudanças propostas. O output começa tratando sobre o design do celular, sugerindo a utilização de material reciclado na construção do corpo do produto; sugere também que este seja minimalista, eliminando elementos desnecessários e focando na funcionalidade; além de utilizar cores neutras para o acabamento para não gerar um custo extra com pintura. Vale ressaltar que já nesse primeiro ponto é notável uma diferença com relação ao ChatGPT, a sustentabilidade, que é algo crucial quando se fala sobre frugalidade (Albert, 2022). Na sequência, a eficiência é abordada ao selecionar um processador “eficiente”, “menos potente e otimizado para uso frugal”, memória RAM reduzida e, para o armazenamento interno, a opção de expandi-lo via cartão SD, caso desejado. A abordagem de características de eficiência e otimização parece ser menos comum nas análises desta pesquisa, e, neste sentido, o Gemini parece se destacar, dando mais ênfase neste critério se comparado ao ChatGPT.

Para a tela, a ideia é ser funcional, com resolução decente e tamanho adequado, seguindo a mesma linha de sugestão do GPT. A fim de manter fotos de boa qualidade, um sensor principal de 48 MP de resolução; uma lente secundária versátil e a remoção de recursos avançados de câmera que geram custos não tão necessários. Conectividade e sensores essenciais, mantendo as características básicas e removendo as não essenciais, como NFC e bússola; além de uma bateria de longa duração. No final, ela ainda abre um tópico sobre “preço acessível”, com

iniciativas como utilização de materiais mais baratos e otimizar a produção, oferecer diferentes opções de armazenamento (algo que já acontece no mercado); e reduzir custos mirando estratégias de venda online e offline.

De forma geral, nota-se que a Gemini focou em manter funcionalidades essenciais e remover aquilo que geralmente acaba não sendo utilizado no dia a dia. Como considerações adicionais, foi recomendada a seleção do público-alvo para esse smartphone frugal e, assim, focar nas funcionalidades para ele; garantir a durabilidade dele, além de oferecer suporte técnico e garantia. Um resultado marcante desse output ocorreu no final, onde a IA apresentou exemplos de marcas e modelos já existentes no mercado que são considerados frugais, os quais inclusive já apresentam algumas das otimizações sugeridas. O primeiro exemplo citado foi um smartphone da Motorola, ela marca selecionada antecipadamente neste trabalho como exemplo de smartphone frugal.

## **4.2 Sem citar explicitamente o termo "frugal"**

### **4.2.1 Resultados do Chat GPT**

Utilizando como prompt o Apple iPhone 15 Plus, smartphone não frugal, e pedindo para que a IA fornecesse um novo produto com base nesse primeiro, com foco na funcionalidade e nível de desempenho otimizado, mas com redução substancial de custos, foi observado o mesmo padrão de resposta que no primeiro prompt apresentado neste trabalho (4.1.1). Novamente o chat sugeriu modificações no smartphone visando diferentes finalidades de uso para ele. Para um “smartphone essencial” foi sugerido redução nas dimensões e resolução da tela; tecnologia 5G Single SIM; redução da memória RAM e interna; otimizações na câmera, conectividade e sensores; além da manutenção das funcionalidades essenciais e bateria para um dia inteiro de uso.

O segundo exemplo de produto fornecido é chamado de econômico. Para este, basicamente as mesmas modificações são sugeridas, porém reduzindo “mais um nível” de cada uma das especificações. Uma conectividade que no exemplo anterior era 5G agora virou 4G; memória RAM passou de 4GB para 3GB; armazenamento interno de 256GB para 128GB; tela de 6.5 polegadas, 1080 x 2400 pixels, 400 ppi, 60 Hz para 6.3 polegadas, 720 x 1600 pixels, 270 ppi, 60 Hz; câmera traseira dupla de 32 MP + 8 MP para câmera traseira única de 16 MP; câmera frontal de 8 MP para 5 MP; gravação de vídeo em 1080p a 30 fps para 720p a 30 fps; bateria de 4000 mAh para 3500 mAh; para os sensores, foi retirada a bússola e para as funcionalidades essenciais, retirado o hotspot Wi-Fi.

A terceira e última opção fornecida pelo ChatGPT foi um “smartphone Eco-Consciente”. Muito parecido com o primeiro resultado fornecido em termos de especificações, modificando apenas a tecnologia, que passou a ser 4G Single SIM para reduzir custos e impacto ambiental; a tela que era Super AMOLED passou a ser IPS LCD e a bateria de 4000 mAh passou a ser 4200 mAh para promover um uso prolongado.

Em suma, percebe-se que a inteligência artificial manipulou a qualidade das especificações, mas não foi tão a fundo se comparado com o prompt onde a palavra frugal foi utilizada. Isso nos leva a concluir que, para uma maior eficiência, deve-se usar o termo frugal, comprovando que a IA possui em sua base de dados um bom conhecimento sobre o tema.

#### 4.2.2 Resultados do Gemini

Diferentemente do ChatGPT, o Gemini fornece apenas um exemplo de smartphone e o nomeia como “essencial”. Ele inicia seu output definindo o público-alvo para o produto fornecido, o que é muito interessante e um diferencial se comparada a outra IA. A descrição do produto se inicia baseada nas funcionalidades principais. O suporte dual SIM 5G é mantido, bem como as características de conectividade, a fim de se obter uma navegação rápida, uma das funcionalidades principais. As principais configurações da câmera são mantidas, assim como o tipo da bateria. Há uma mudança no processador, mas a mesma quantidade de memória RAM é mantida, assim como o armazenamento interno de 512GB; e a tela, por fim, também não sofre muitas alterações, se comparada aos prompts anteriores.

Analisando apenas essas mudanças sugeridas é difícil enxergar uma grande redução de custos, que foi um dos requisitos do prompt. Para tal, a IA sugere eliminar funcionalidades não essenciais, uso de materiais mais econômicos na fabricação do aparelho, otimização do software; além de priorizar funcionalidades mais comumente utilizadas pelos consumidores como chamadas, internet, mensagens, câmera e bateria. Para finalizar, o Gemini ainda fornece sugestões para a parte de comercialização desse novo produto; falando sobre posicionamento de preço, estratégias de marketing e até exemplos de slogans a serem utilizados.

O Quadro 1 resume os resultados das simulações feitas.

QUADRO 1 - Resumo das experiências realizadas.

| Cenário                                            | Principais resultados                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Citando explicitamente o termo “frugal” – ChatGPT  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Geração de múltiplas ideias temáticas;</li><li>• Mudanças nas características técnicas;</li><li>• Evidente compreensão da IA sobre IF.</li></ul>                                                           |
| Citando explicitamente o termo “frugal” – Gemini   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Não dividiu soluções pelo tipo de uso;</li><li>• Uso de adjetivos na descrição da proposta;</li><li>• Sugestões vão além das características do produto;</li><li>• Citou marcas e modelos reais.</li></ul> |
| Definido os critérios de Inovação Frugal – ChatGPT | <ul style="list-style-type: none"><li>• Geração de múltiplas ideias temáticas;</li><li>• Sugestões menos aprofundadas.</li></ul>                                                                                                                   |
| Definido os critérios de Inovação Frugal – Gemini  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Apenas uma sugestão (chamada “essencial”);</li><li>• Também faz sugestões que vão além do projeto conceitual (comercialização).</li></ul>                                                                  |

Fonte: Autoria própria

### 4.3. Comparação dos outputs com um produto reconhecidamente frugal

A fim de validar a acurácia das duas inteligências artificiais generativas, fez-se uma comparação dos outputs fornecidos com o smartphone previamente selecionado como produto reconhecidamente frugal, o Moto G14. Ele conta com 4GB de memória RAM, a mesma memória sugerida em dois dos outputs; memória interna de 128GB expansível, sugerida em apenas um resultado; tela IPS LCD, 6.5 polegadas com 1080 x 2400 pixel de resolução, aproximadamente o mesmo tamanho sugerido em polegadas pelas duas IAs variando de 6 a 6.5 polegadas; bateria de LiPo com 5000 mAh, não encontrada em nenhum outro output. De maneira geral, os sensores sugeridos são parecidos, bem como as funcionalidades mantidas.

A capacidade dos modelos de linguagem de larga escala em gerar produtos frugais através da sugestão de alterações em algumas funcionalidades, faz com que seu uso no processo de ideação seja recomendado. Ao fornecer ideias de novos produtos com base em um prompt de um outro existente, a IA gera bons resultados que podem ser utilizados para a concepção de produtos.

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho, buscou-se investigar o uso da inteligência artificial generativa aplicada na fase de desenvolvimento e concepção de produtos frugais. De forma geral, observou-se que

há vantagens na aderência do uso de IA se comparado com os métodos tradicionais utilizados nessa fase, como TRIZ e *brainstorming*. Os LLMs demonstraram-se eficientes na geração de ideias e modificações a serem feitas nos produtos originais com o objetivo de obter um produto frugal. Ao comparar os outputs com modelos frugais já existentes, notou-se uma proximidade nas características, validando seu uso. Desta forma, um modelo de estrutura de prompt a ser usado com este intento foi sugerido.

Ao adotar dois modelos de linguagem de larga escala diferentes, esta pesquisa pôde identificar diferenças significativas entre seus outputs, o que sugere que o uso complementar de IAs concorrentes a fim de gerar uma variedade maior de conceitos de produtos a serem explorados nas fases seguintes do PDP.

Apesar das limitações encontradas, a IA em momento algum não conseguiu gerar um novo output decorrido do prompt inserido; corroborando para afirmar sua confiabilidade para a tarefa. Entretanto, nota-se que os resultados gerados estavam sempre focados nas mesmas características, sugerindo modificações sempre nos mesmos tipos de funcionalidades, repetindo textos e sugestões; o que evidencia limitações no uso da IA generativa para a concepção de produtos frugais. Ainda assim, concluindo que o melhor prompt é o que utiliza a palavra “frugal”, tem-se como resultado uma contribuição no processo de melhoria do PDP.

Dessa forma, considerando os experimentos aqui discutidos, recomenda-se a seguinte estrutura de prompt como formato a ser usado em IAs generativas para obter melhores resultados quando desejada uma versão frugal de um produto:

- Solicitação de novos conceitos para um produto novo: “Gostaria de gerar conceitos para um produto novo com base em um produto existente, você pode me ajudar?”;
- Explicitar que este produto novo deve ser uma versão mais frugal do produto inicial;
- Especificar com o maior nível de detalhe possível as principais características do produto selecionado original.

Como sugestão de continuidade no trabalho, tem-se a validação dos resultados obtidos em cada um dos prompts inseridos nos LLMs por parte de especialistas e pessoas que trabalham com desenvolvimento de produtos. Ademais, é possível testar outras inteligências artificiais generativas e outros modelos de linguagem de larga escala a fim de verificar se o resultado obtido seguirá o mesmo padrão testado e relatado nesta pesquisa.

Estudos futuros ainda poderiam testar os prompts usados nesta pesquisa em um produto que não apresente um modelo frugal ainda, levando mais acesso a pessoas da base da pirâmide (*bottom of the pyramid*). Outra possível pesquisa subsequente seria realizar a comparação

prática do uso de IA generativa na fase de concepção de produtos com o uso de técnicas tradicionais (como TRIZ e brainstorming, por exemplo), buscando pontos de integração entre métodos.

## REFERÊNCIAS

- ALBERT, M. Sustainable frugal innovation - The connection between frugal innovation and sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, p. 117747, 2019.
- ALBERT, M. Assessing the sustainability impacts of frugal innovation – A literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 365, p. 132754, 2022.
- ANDEL, T. Frugal price: virtue or vice? **Material Handling & Logistics**, v. 68, n. 11, p. 4, 2013.
- BARCLAY, C. Using frugal innovations to support cybercrime legislations in small developing states: introducing the cyber-legislation development and implementation process model (CyberLeg-DPM). **Information Technology for Development**, v. 20, n. 2, p. 165–195, 2014.
- BASU, R. R., BANERJEE, P. M., SWEENEY, E. G. Frugal innovation: core competencies to address global sustainability. **Journal of Management for Global Sustainability**, v. 1, n. 2, p. 63–82, 2013.
- BREM, A. Frugal innovation-past, present, and future. **IEEE Engineering Management Review**, v. 45, n. 3, p. 37–41, 2017.
- BREM, A., GIONES, F., WERLE, M. The AI digital revolution in innovation: A conceptual framework of artificial intelligence technologies for the management of innovation. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 70, n. 2, p. 770-776, 2022.
- BOURGEOIS-BOUGRINE et al. Engineering students’ use of creativity and development tools in conceptual product design: What, when and how? **Thinking Skills and Creativity**, v. 24, p. 104–117, 2017.
- BUCHELE, G. T. et al. Métodos, técnicas e ferramentas para a inovação: o uso do brainstorming no processo de design contribuindo para a inovação. **Pensamento & Realidade**, v. 32, n. 1, 2017.
- CARLA, M. M. et al. Large language models as assistance for glaucoma surgical cases: a ChatGPT vs. Google Gemini comparison. **Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol**, 2024.
- CARVALHO, A. A., MOURA, A. Literacia de prompts para potenciar o uso da inteligência artificial na educação. **Revista de Educação a distância e elearning**, v. 6, n. 2, 2023.
- COOPER, Robert. The Artificial Intelligence Revolution in New Product Development. **IEEE Engineering Management**, v. 52, n. 1, p. 195-211, 2024.



- DAVIES, M. Concept mapping, mind mapping and argument mapping: what are the differences and do they matter?. **High Educ**, v. 62, p. 279–301, 2010.
- FACELI, K. et al. **Inteligência Artificial** - Uma Abordagem de Aprendizado de Máquina. Editora LTC, 2021.
- FEUERRIEGEL, S.; HARTMANN, J.; JANIESCH, C.; ZSCHECH, P. Generative AI. **Business & Information Systems Engineering**, v. 66, n. 1, p. 111–126, 2024.
- FROSOLINI, A. et al. The Role of Large Language Models (LLMs) in Providing Triage for Maxillofacial Trauma Cases: A Preliminary Study. **Diagnostics**, v. 14, p. 839, 2024.
- HAENLEIN, M., KAPLAN, A. A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. **California Management Review**, v. 61, n. 4, p. 5-14, 2019.
- HERSTAT, C. et al. India's national innovation system: key elements and corporate perspectives. **East-west center working papers**, v. 51, 2008.
- JÄNICKE, M. 2014. Frugale Technik. **Ökologisches Wirtschaften-Fachzeitschrift**, v. 29, n. 1, p. 30–36, 2014.
- KOCON, J. et al. ChatGPT: Jack of all trades, master of none. Information Fusion, **Elsevier BV**, v. 99, p. 101861, 2023.
- LARICCHIA, F. Smartphones - statistics & facts. **Statista**, 2024. Disponível em: <[www.statista.com/topics/840/smartphones/#topicOverview](http://www.statista.com/topics/840/smartphones/#topicOverview)>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- LECUN, Y., BENGIO, Y. & HINTON, G. Deep learning. **Nature**, v. 521, p. 436–444, 2015.
- LOPEZ, J., ALMEIDA, R. L. ARAUJO-MOREIRA, F. M. TRIZ: criatividade como uma ciência exata? **Revista Brasileira De Ensino De Física**, v. 27, n. 2, p. 205–209, 2005.
- LUIZ, O.R., MARIANO, E.B. Implicações da Inovação Frugal para o Desenvolvimento Humano sob a Perspectiva da Abordagem das Capacidades. In: ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 39., Santos, 2019. **Anais eletrônicos [...]** Santos: ABEPRO, 2019.
- LUIZ, O.R., MARIANO, E.B., SILVA, H.M.R.d. Pro-Poor Innovations to Promote Instrumental Freedoms: A Systematic Literature Review. **Sustainability**, v. 13, 13587, 2021.
- MASALKHI, M. et al. Google DeepMind's gemini AI versus ChatGPT: a comparative analysis in ophthalmology. **Eye**, 2024.
- RAO, B. C. Alleviating poverty in the twenty-first century through frugal innovations. **Challenge**, v. 57, n. 3, p. 40–59, 2014.
- ROZENFELD, H. et al. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos** - Uma Referência Para a Melhoria do Processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SHARMA, A., IYER, G. R. Resource-constrained product development: implications for green marketing and green supply chains. **Industrial Marketing Management**, v. 41, n. 4, p. 599–608, 2012.

TIWARI, R., HERSTAT, C. Assessing India's lead market potential for cost-effective innovations. **Journal of Indian Business Research**, v. 4, n. 2, p. 97–115, 2012.

TUDOCELULAR TECNOLOGIA LTDA. **Tudo Celular**. Disponível em: <<https://www.tudocelular.com/>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

UNITED NATIONS. The Partnership Platform | **Department of Economic and Social Affairs**. Disponível em: <<https://sdgs.un.org/partnerships>>. Acesso em: 10 maio 2024.

WEYRAUCH, T., HERSTAT, C. What is frugal innovation? Three defining criteria. **Journal of Frugal Innovation**, v. 2, n. 1, p. 27, 2016.

WINTERHALTER, S. et al. Business Models for Frugal Innovation in Emerging Markets: The Case of the Medical Device and Laboratory Equipment Industry. **Technovation**, v. 66–67, p. 3–13, 2017.

ZHANG, E. Y.; CHEOK, A. D.; PAN, Z.; CAI, J.; YAN, Y. From Turing to Transformers: A Comprehensive Review and Tutorial on the Evolution and Applications of Generative Transformer Models. **Sci**, v. 5, n. 4, p. 46, 2023.