

SERENDIPIDADE, BRICOLAGEM E INOVAÇÃO FRUGAL NO DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO MÉDICO PARA TRATAMENTO PÓS-COVID-19

ISADORA FRITSCHÉ

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ (UNIVALI)

ANDRÉ MORAES DOS SANTOS

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ (UNIVALI)

ROSANA VAZ BARBOSA DANGUI

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ (UNIVALI)

Agradecimento à orgão de fomento:

"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Uniedu SC e Univali"

SERENDIPIDADE, BRICOLAGEM E INOVAÇÃO FRUGAL NO DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO MÉDICO PARA TRATAMENTO PÓS-COVID-19

Palavras-chave: oscilador de alta frequência; inovação frugal; serendipidade

1. Introdução

O desenvolvimento de inovações tecnológicas adaptadas para populações de baixa renda em ambientes com restrições de recursos tem despertado o interesse de acadêmicos, empresas, governo e sociedade civil (BHATTI et al., 2017; DANGELO e MAGNUSSON, 2020). Vários termos têm sido empregados para definir estes tipos de inovação, como, Inovação Frugal, *Jugaad*, inovação para a base da pirâmide e inovação baseada em restrições (RADJOU; PRABHU, 2015). Neste artigo adotaremos como conceito central de inovação frugal todas as inovações em produtos, processos ou serviços, que sejam sustentáveis, apresentem uma redução de custo substancial, foco na funcionalidades básicas e nível de desempenho aceitável, e capazes de alcançar classes consumidoras não atendidas, quando comparados às soluções já conhecidas (WINTERHALTER et al., 2017). Também é importante destacar que o termo “inovação” será utilizado para destacar algo novo para o contexto em que foi desenvolvido e aplicado.

A saúde é uma das áreas potenciais onde a inovação frugal pode ser desenvolvida para oferecer soluções eficazes e acessíveis à toda a população (HOSSAIN, 2018). No contexto de economias emergentes ou não desenvolvidas, os vazios institucionais, escassez de recursos em diferentes níveis e mercados de baixo poder aquisitivo impactam diretamente no acesso à saúde e na qualidade de vida da população (AGARWAL et al., 2018). O desenvolvimento de inovações frugais nestes ambientes de restrição tem apresentado resultados positivos no âmbito da saúde, com soluções de prevenção, tratamento e reabilitação sendo ofertadas de forma acessível à população de baixa renda, (ARSHAD et al., 2018; BIANCHI et al., 2017)

Embora a inovação frugal tenha recebido crescente atenção, os antecedentes e processos de desenvolvimento frugais ainda precisam ser mais bem estudados. Questões sobre como as inovações frugais surgem, quais bases de conhecimento são utilizadas e como os recursos disponíveis são explorados pelos inventores, ainda são processos que merecem maior detalhamento (HOSSAIN, 2020).

Face à necessidade de contribuir com a pesquisa e o desenvolvimento de inovações frugais, este artigo tem como objetivo descrever um caso prático de desenvolvimento de uma inovação frugal na área da saúde onde foram aplicados princípios de bricolagem e processo inovativo frugal. O caso em questão foi o desenvolvimento de um exercitador de alta frequência para purificação de vias aéreas em pacientes acometidos pelo COVID-19. Esta invenção contribuiu para diminuir um dos sintomas conhecido como “rouquidão”, devido a presença de muco nas vias respiratórias. A descrição e análise da inovação irá apontar como ela foi idealizada, desenvolvida e avaliada, a partir de experiência prévia dos inventores, conhecimentos públicos disponíveis em repositórios, base de patentes, websites e outras fontes on-line.

Para apresentar o caso, inicialmente será abordado o problema de pesquisa e objetivos, em seguida a base teórica sobre inovação frugal e seus processos, bem como a bricolagem e exploração do uso de bases de conhecimento públicas como fonte para a solução de problemas. Após, será apresentado o método empregado para a coleta e análise de dados. Por fim, e com maior ênfase, serão descritos e analisados os resultados e processos que constituíram a trajetória desde a ideia inicial até o produto final. É importante salientar que a inovação em questão foi desenvolvida por um dos

pesquisadores. Por este motivo será utilizada a forma em primeira pessoa nas situações em que o relato seja específico da situação experimentada pela pessoa.

1.2 Problema de Pesquisa e Objetivos

A infecção do COVID-19 tem feito sequelas na saúde vocal, segundo o Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Além do mais, a classe média caiu 47% em 2021. (ALVARENGA et al., 2021). Em vista disso, considerando o contexto de sequelas na voz em pacientes pós- COVID e as restrições de renda e escassez de recursos e busca de soluções inovadoras para saúde e qualidade de vida, a questão de pesquisa que orientou a busca de uma solução tecnológica foi: como criar um oscilador de alta frequência frugal para a população de baixa renda, acometidos por sequelas do covid-19.

Em função da questão de pesquisa, os seguintes objetivos foram elaborados:

- a) Delimitar e descrever o problema e as condições para sua solução
- b) Identificar possíveis soluções ou conhecimentos existentes
- c) Desenvolver a solução
- d) Avaliar a solução

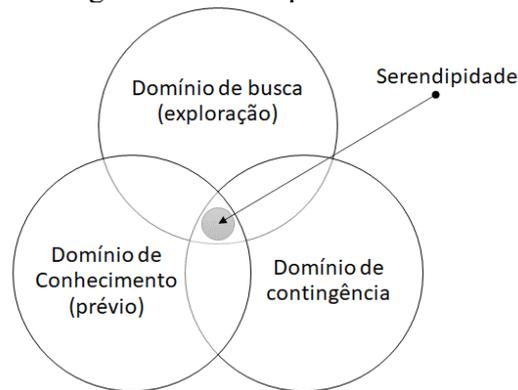
2. Fundamentação teórica

2.1 Serendipidade

Serendipidade significa uma descoberta afortunada, feita de forma não intencional, mas que depende de conhecimento, capacidade de reconhecimento de oportunidades e esforços específicos para que seja concretizada (COPELAND, 2019). No campo do empreendedorismo, a descoberta por serendipidade decorre de três domínios específicos (Figura 1): conhecimento prévio; busca sistemática de soluções (o que inclui conhecimento) e contingência. (DEW, 2009). No domínio de conhecimento reúnem-se os conhecimentos e experiências prévias do indivíduo, bem como seus modelos mentais de pensamento. No domínio de busca encontra-se os esforços e ações desenvolvidas para a busca de novos conhecimentos e oportunidades. No domínio da contingência reside o acaso, o não previsto, porém contextualizado ao ambiente do indivíduo. O acaso ocorre no espaço de possibilidades dado pelo domínio contingencial. Porém, as descobertas por serendipidade não podem ser atribuídas ao mero acaso. Pelo contrário, são resultado de um processo cognitivo de percepção e reconhecimento de um encaixe entre uma solução e um problema, que ocorre na mente do indivíduo (STOCK-HOMBURG et al., 2021).

Na serendipidade, o encaixe entre solução e problema ocorre de forma simultânea (HIPPEL; KROGH, 2016). Diferente da visão tradicional de solução de problemas, que implica na formulação inicial de um problema, cujas regras e condições de solução guiarão a busca de soluções, na serendipidade são as diferentes aplicações de uma solução que podem dar vazão a identificação de uma oportunidade a ser resolvida. (STOCK-HOMBURG et al., 2021).

Figura 1- Serendipidade



Fonte: Adaptado de Dew (2009)

2.2 Inovação Frugal

A inovação frugal pode ser considerada como uma inovação em produtos, processos ou serviços, que seja sustentáveis e apresente uma redução de custo substancial, foco na funcionalidades básicas e nível de desempenho aceitável, quando comparada às soluções conhecidas (WINTERHALTER et al., 2017). Popularmente, a frugalidade inventiva é conhecida como a capacidade de “fazer mais com menos”. Geralmente, as inovações frugais utilizam poucos recursos, apresentam custo baixo, as quais são desenvolvidas normalmente nos mercados emergentes (KOERICH; CANCELLIER, 2019; HOSSAIN, 2020).

A inovação frugal resulta do “pensamento frugal”, motivado pela escassez de recursos (ou otimização deles) em seu ambiente, pela falta de apoio institucional e também pela tolerância a funcionalidades supérfluas. A inovação frugal surge como uma resposta criativa a necessidades contextuais, cuja solução ocorre mediante a combinação inteligente dos recursos disponíveis, restritos, para conformar a invenção (AGARWAL et al., 2021). Em muitos casos, a inovação frugal surge de indivíduos que vivenciam a situação de restrição e buscam o espaço de soluções dentro deste ambiente de possibilidades restritas. Desprovidos de recursos capazes de escalar a solução e levá-la ao mercado, geralmente constroem invenções para uso próprio ou aplicado ao ambiente de convívio social. Estes ambientes propícios à inovação frugal podem ser encontrados principalmente na Índia, mas também em diversos outros países como China e Brasil (WIMSCHEIDER; AGARWAL; BREM, 2020).

Além da redução substancial de custo e funcionalidades aceitáveis, o princípio frugal também incorpora a ideia de alcançar as pessoas de classes excluídas, que de outra forma não teriam acesso às soluções disponíveis no mercado (MAZIERI, QUONIAM; SANTOS, 2016). Bhatti (2012) ressalta que o propósito da inovação frugal vai além dos custos, com um olhar mais holístico para criar valor para os mercados desassistidos, promovendo a inclusão no mercado do usuário sem recursos ao mesmo tempo que inova sob a forma de escala e de sustentabilidade. Assim, para o propósito desta pesquisa, é possível destacar quatro aspectos fundamentais para a caracterização da inovação frugal: redução substancial de custo, funcionalidade efetiva, sustentável e inclusão de pessoas de classes não atendidas.

A motivação para a busca de inovações frugais também tem origem em áreas que estão fora da zona de exclusão onde o problema ocorre, mas que são atraídas pelo apelo e preocupação social. É o caso de esforços acadêmicos e de organizações governamentais, fundacionais ou não comerciais. Nelas, a motivação para inovar advém do interesse e preocupação com a condição social (HOSSAIN, 2020). Com baixo apelo comercial,

principalmente pela baixa margem de lucro e necessidade de grande volume industrial, as inovações frugais carecem de uma abordagem diferenciada para difusão e aplicação (BREM et al., 2020). Em recente estudo brasileiro, Torres e Santos (2020) evidenciam a baixa ocorrência de projetos frugais em plataformas nacionais de *crowdfunding*, isto corrobora com a literatura que indica a necessidade de caminhos específicos para a promoção e difusão de inovações frugais.

2.3 Bases públicas de conhecimento

Descobrir possíveis soluções tecnológicas já existentes para resolver um problema exige uma abordagem multidisciplinar de busca de conhecimento. A captura, compartilhamento e geração de conhecimentos envolve processos sócio-técnicos em diferentes áreas (SANTOS et al. 2018). Os indivíduos, apoiados pela tecnologia, criam e compartilham duas formas principais de conhecimentos: tácito e explícito. O conhecimento tácito é pessoal, e contextual, difícil de ser formulado e comunicado senão por meio da experiência e interação humana. Já o conhecimento explícito, é passível de ser codificado e encontra-se na forma do conhecimento transmissível em linguagem formal e sistemática, geralmente armazenado com o emprego de tecnologias da informação (NONAKA, 1994).

O emprego da tecnologia da informação digital tem possibilitado a democratização do acesso e difusão do conhecimento, principalmente sob a forma de redes e bases de dados. A abertura no compartilhamento de conhecimentos tem produzido impactos positivos na criatividade, inovação e desenvolvimento científico (GAMBARDELLA; von HIPPEL, 2019). Sob a forma de inovação aberta (open innovation) e ciência aberta (open Science), a publicação de dados e conhecimentos de forma transparente e aberta tem permitido escalar o potencial de uso e aplicação destes recursos. O potencial criativo também é facilitado pela possibilidade de explorar maior quantidade de dados e conhecimentos (FRANKENHUIS; NETTLE; 2019).

Dentre as diferentes bases públicas de conhecimento, é possível destacar as bases científicas de publicações, a própria Web (referindo-se a forma World Wide Web), e as bases de patentes (SANTOS et al. 2018). As bases científicas reúnem publicações acadêmicas e são imprescindíveis para obter conhecimento sobre o estado da arte de um determinado tema, identificar artigos e autores relevantes ou explorar seus conteúdos de forma específica por meio dos mecanismos de recuperação busca e recuperação (MARTIN-MARTIN et al. 2018). Embora as bases científicas indexadas sejam altamente qualificadas, o maior o maior volume de dados disponível, conhecido como literatura cinzenta, está disponível na Web. As informações disponíveis em páginas da Web são geralmente recuperadas por meio dos mecanismos de busca, como Google(google.com) e Bing (bing.com), por exemplo. A maior dificuldade no uso destes mecanismos de busca é lidar com o enorme volume de informação recuperada. Neste sentido, mecanismos de agrupamento de resultados (do inglês, *Search results clustering*), como Carrot2, auxiliam na identificação de tópicos e grupos de conhecimentos relacionados ao tema de busca (PETERSEN, 2021).

As bases de patentes também são importantes fontes públicas de conhecimento. sob o ponto de vista da informação, a patente é um bem comum de conhecimento, sob a forma de documento que descreve uma invenção, detalhando os conhecimentos necessários para a solução de um problema real (RIBEIRO; SAPHIRA, 2020). Estas características as distinguem de artigos científicos, os quais são mais voltados para os aspectos teóricos do que técnicos, práticos e aplicados (ZWICKY, 2019). Assim, as patentes podem ser fontes únicas de informação e conhecimentos tecnológicos. Em um estudo, Asche (2017) demonstrou que aproximadamente 70% dos conhecimentos tecnológicos descritos em patentes não estão disponíveis em nenhuma outra fonte pública.

As bases de patentes são, em sua maioria, gratuitas e de acesso público, e podem contribuir para o uso inteligente destas informações por indústrias de países emergentes. Bases nacionais, como a do INPI, e internacionais, como, por exemplo, WIPO e EPO e Google Patents, possibilitam o acesso à mais de 120 milhões de documentos. Estima-se que anualmente sejam depositadas 3,2 milhões de novos pedidos de patentes (WIPO, 2019). Isto representa uma importante base de conhecimento que podem auxiliar no desenvolvimento tecnológico e inovação (SHEN et al., 2020). As informações sobre patentes contêm resultados de pesquisas, detalhamento técnico e informações de inteligência que podem ser úteis no processo de inovação e mapeamento tecnológico (JEONG, YOON; 2015).

Ferramentas gratuitas e de código aberto também estão disponíveis na internet e podem ser utilizadas para extrair e analisar os dados desta grande quantidade de patentes, possibilitando obter *insights* e oportunidades em diversos contextos de aplicação (MAZIERI, QUONIAM, SANTOS, 2016). Por serem públicas, as patentes contribuem para busca e exploração comercial das invenções e podem ainda ser utilizadas como uma completa e importante fonte de informação para a inovação (ASCHE, 2017).

Apesar dos potenciais benefícios das patentes como fonte de informações, pesquisas demonstram que elas ainda são subutilizadas como fonte de conhecimento, pesquisa e desenvolvimento, principalmente em universidades e pequenas e médias empresas. Recentemente ZWICKY (2019) apontou que as patentes continuam a ser negligenciadas como fonte de informação tecnológica e histórica, principalmente por causa dos atores que consideram as patentes apenas com relação à sua função de proteção intelectual. Assim, é importante que seu uso seja estimulado por empresas, universidades e demais atores sociais.

2.4 Bricolagem

Bricolagem em seu contexto inicial significava uma montagem caseira por uma pessoa não especializada (SANTOS, 2018). Nesse sentido, um dos seus processos está relacionado ao movimento DIY (*Do It Yourself*) que significa “faça você mesmo”, conceito criado em 1950, nos Estados Unidos. Entretanto, o conceito tem recebido diversas apropriações e conceitualizações específicas, principalmente no campo organizacional. No contexto empresarial, a bricolagem, é uma abordagem frequentemente usada para descrever o conjunto de recursos acionados por improvisação, sob uma ótica diferente de utilização e combinações que não haviam sido anteriormente consideradas aplicáveis ou relevantes (BAKER, MINER & EESLEY, 2003). Sob o ponto de vista empreendedor, a bricolagem é um comportamento que pode contribuir para o desenvolvimento de soluções inovadoras adaptadas para as condições restritas de micro e pequenas empresas ou organizações (BAKER & NELSON, 2005).

É possível observar o processo de bricolagem quando organizações quando improvisam para solucionar um problema não aceitando suas limitações de recursos (BAKER & NELSON, 2005). Este processo de geração do par solução-problema ocorre dentro de um espaço espontâneo de criação e adaptação que considera a ressignificação de recursos pelos atores envolvidos (DUYMEDJIAN; RÜLING, 2010).

A solução de um problema a partir de recursos disponíveis implica em buscar novos usos para recursos físicos, acessar conhecimentos envolvendo outros atores externos, encorajar o desenvolvimento de novas habilidades e utilizar a experimentação prática para testar formas de solução (FISHER, 2012). Pesquisas recentes têm evidenciado que organizações podem assumir configurações de bricolagem sob a forma de rotinas escaláveis e replicáveis, permitindo a sobrevivência em contextos de escassez de recursos (BUSH; BARKEMA, 2020).

O processo de bricolagem também pode ser interpretado como um modo de

geração de novos conhecimentos. A limitação de recursos força a experimentação e improvisação com a recombinação de recursos existentes e descoberta de novas possibilidades de aplicação destes recursos. Isto gera um conhecimento específico e contextual, que pode ser aplicado no desenvolvimento de novas soluções (AN et al., 2018).

Desse modo, foi usado de propositalmente, o uso de bricolagem na construção do *shaker*, pois foi produzido por uma pesquisadora não especializada na produção do oscilador de alta frequência por meio de IF.

3. Metodologia

O método empregado neste estudo foi qualitativo, tendo como base o relato de caso e a Design Science Research. O relato do caso de serendipidade foi descrito e contextualizado utilizando dados secundários e relato de experiência, visto que o ator envolvido no processo inventivo também é participante da pesquisa, seguindo protocolos sugeridos por Yin (2015). Para os esforços de pesquisa voltados ao desenvolvimento e validação da solução, foi adotado o método de *Design Science Research* (DSR), considerado como um método científico adequado para o desenvolvimento de soluções aplicadas (BAIYERE et al., 2015; VAN AKEN, 2005).

3.1 Design Science

O termo Design Science surgiu na década de sessenta e os primeiros autores a utilizá-lo foram Fuller (1965) e Gregory (1966). Ambos concordavam a respeito da necessidade de buscar uma forma mais sistemática para projetar artefatos ou melhoramentos e assim surgiu a DSR (Design Science Research ou pesquisa baseada em Design Science). (Rodrigues, 2018). Consoante a Simon (1996), DSR significa uma pesquisa pragmática que busca a criação de artefatos inovadores para solucionar problemas do mundo real.

Figura 2 – Ciclos em Design Science Research



Fonte: Adaptado de PIMENTEL, FILIPPO, SANTORO (2020)

Como pesquisa aplicada, é possível compreender a operacionalização de uma pesquisa DSR em quatro etapas principais (Figura 3)(DRESCH et al., 2015): (1) definição e contexto do problema; (2) desenvolvimento da solução (artefato); (3) avaliação da solução (artefato); (4) comunicação dos resultados.

Figura 3. Etapas lógicas da pesquisa em DSR



Fonte: DRESCH et al., 2015.

4.1 Contexto e Participantes

O processo de desenvolvimento e validação da invenção frugal envolveu a própria autora da invenção, bem como profissionais e especialistas que atuaram em diversas fases da pesquisa, conforme explicitado no Quadro 1.

Quadro 1- Contexto e Participantes

CÓDIGO - ATOR	DESCRIÇÃO DO ATOR
INV1 - Inventora	Acadêmica do curso de fonoaudiologia, bolsista de iniciação científica e participante de projeto de pesquisa sobre inovação frugal.
FONO1 - Especialista fonoaudiologia	Professora e profissional na área de voz
PAT1 - Especialista em Inovação Frugal e patentes	Professor e pesquisador na área de inovação e uso de patentes
ENG - Engenheiro Mecânico	Especialista na área de construção e elaboração de máquinas e auxiliou na elaboração do desenho do <i>shaker</i> frugal

Fonte: autoria própria

5. Resultados

5.1 Serendipidade

O processo de serendipidade ocorreu durante uma pesquisa para identificação de inovações frugais para saúde da população idosa, a partir de trabalhos científicos exigidos para completar a formação acadêmica em cursos de graduação e pós-graduação da área da saúde. A pesquisadora era acadêmica do curso de fonoaudiologia e participava do projeto de pesquisa como bolsista. Sua experiência com a área já lhe permitia ter conhecimento sobre alguns tratamentos e processos terapêuticos, bem como o caso no caso de osciladores de alta frequência.

O conceito de inovação frugal era novo para a pesquisadora, sendo aprendido como parte do processo de desenvolvimento teórico do projeto. Ao avançar no conhecimento sobre inovação frugal, a pesquisadora foi confrontada com diversos casos, nas mais variadas áreas, como saúde, energia e conservação de alimentos, por exemplo.

Ao trazer para seu conhecimento a possibilidade de invenções simples, utilizando recursos já disponíveis, a pesquisadora experimentou o momento de “conexão” solução-problema, típico da serendipidade. Ao verificar a possibilidade de desenvolver soluções baratas, combinou seu conhecimento de dispositivos terapêuticos e vislumbrou a possibilidade de desenvolvê-los para auxiliar no tratamento de pessoas com covid.

Analisando o relato com o modelo de serendipidade de Drew, é possível identificar os três principais elementos:

- Conhecimento prévio – sobre dispositivos e terapêuticos;

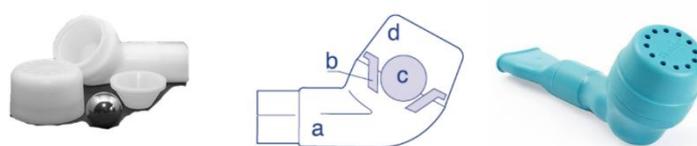
- Busca ativa – processo de busca de conhecimento sobre tratamentos frugais;
- Contingência – momento contextual, determinado pela atividade e formação em curso e contexto mundial da pandemia, onde o reconhecimento espontâneo de um par solução-problema ocorreu.

5.1.1 Conhecimento prévio

Antes de vislumbrar a possibilidade de desenvolver um oscilador de alta frequência frugal, é importante descrever os conhecimentos que levaram a compreender a possível aplicação, que são: vias aéreas, muco, higiene brônquica, pressão positiva, vibrações endobrônquicas e expiração e inspiração. Estes conhecimentos, eram de domínio da pesquisadora e inventora e foram importantes para a serendipidade.

O uso de dispositivos capazes de estimular os movimentos oscilatórios do trato respiratório era de conhecimento da inventora, pois haviam sido introduzidos como parte de procedimentos práticos e clínicos realizados no âmbito de sua formação em curso. Dentre estes dispositivos, havia o conhecimento do “shaker”, Figura 4, como um dispositivo médico capaz de aumentar a drenagem de muco para higiene brônquica.

Figura 4- Oscilador de alta frequência



Fonte: Google Imagens

5.1.2 Contexto

O corona vírus Sars- CoV-2, popularmente conhecido como Covid -19, atingiu o mundo causando uma pandemia, oficialmente decretada no dia 11 de março de 2020, pela Organização Mundial de Saúde (TOZZI et al.,2020). Segundo dados da Organização Mundial de Saúde, em julho de 2021 eram contabilizados quase 200 milhões de casos e mais de 4 milhões de mortes no mundo (OMS, 2021).

Nesse contexto, quando tem-se COVID-19, é possível que tenha-se um muco mais espesso, indicando inflamação nas vias aéreas superiores. A tosse é um mecanismo de defesa e ajuda no processo de limpeza. Se não tossimos, o muco entra no peito e é por isso que acontece a pneumonia, por exemplo. Porém, a tosse crônica pode ser um indicativo de algum problema no sistema respiratório, como o coronavírus. Por isso, é válido relacionar o uso do oscilador de alta frequência em pacientes pós- COVID.

Nesse sentido, é utilizado usado o *shaker*, permitindo que aumente a drenagem das pregas vocais, em dois pacientes pós- COVID, que tiveram sequelas de rouquidão e muco expresso nas vias aéreas. Entretanto, este equipamento é de uso individual do paciente e precisa ser utilizado em intervalos regulares para que produza efeitos. Isto pode ser um problema para a população de baixa renda, uma vez que tal dispositivo possui um preço médio de US\$ 20,00, no mercado nacional (SILVA et al., 2019). Assim, neste contexto, surgiu a ideia de desenvolver uma alternativa frugal ao dispositivo *shaker*.

5.2 Processo de invenção

A partir da ideia de desenvolver um *shaker* frugal, a pesquisadora seguiu as etapas da *design science* para o aprimoramento da solução.

5.2.1 Definição do problema

A busca por uma solução frugal ocorreu com base na especificação do problema e suas restrições. No caso, a solução deveria ter funcionalidade semelhante ao produto comercial, possui um custo inferior a 10% da solução de mercado e ser fácil de produzir, mesmo que artesanalmente, permitindo o acesso das classes não atendidas.

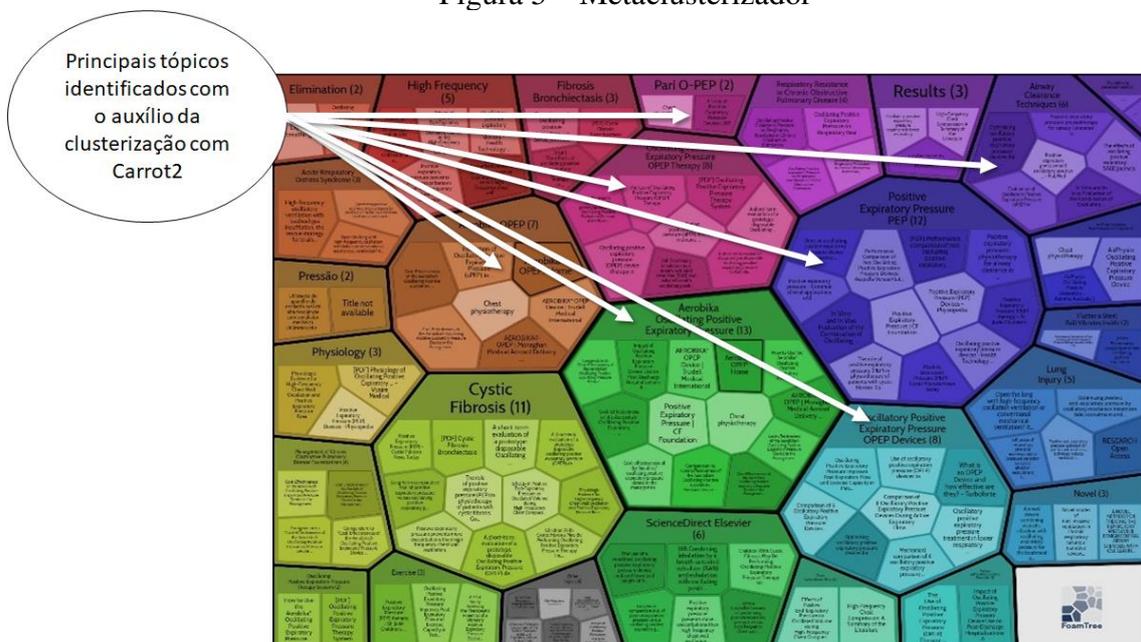
5.2.2 Busca de soluções

No processo de busca de soluções, foram utilizadas bases públicas de conhecimento. Como parte do processo de desenvolvimento, a inventora realizou buscas sobre outros tipos de dispositivos. Para tanto, utilizou os mecanismos de busca da internet, como Google, para procurar soluções ou conhecimentos relacionados ao problema. Sendo assim, tendo conhecimento dos conceitos citados, pode dizer que, a ventilação de alta frequência, também conhecido como *shaker*, na área de fisioterapia respiratória, é um aparelho portátil que tem como objetivo de estabilizar as vias aéreas com a combinação da higiene brônquica, gerando uma pressão positiva que provoca vibrações endobrônquicas durante a expiração por meio do aparelho, mobilizando o muco. (HELRLIGLE; PEREIRA; LEMOS, 2014).

A primeira fase do processo de desenvolvimento foi aprofundar o conhecimento sobre as soluções de mercado. O “Shaker”, Figura 2 é o equipamento mais conhecido pelos profissionais de saúde no Brasil. Porém, seu nome técnico é desconhecido pela maioria, conforme explicou o profissional FONO1. Assim, foi utilizada a técnica de busca na web, pelo nome, funcionalidades e outras características a fim de identificar soluções semelhantes.

Para a busca foi empregada a técnica de bola de neve, *snowball*, a qual consiste em aproveitar a ligação por hiperlinks ou sugestões de mecanismos de busca para identificar produtos similares, bem como descobrir outras nomenclaturas. Também foi utilizado o site Carrot2 (search.carrot2.org), um metamotor e clusterizador de buscas, para descobrir novas nomenclaturas e informações.

Figura 5 – Metaclusterizador

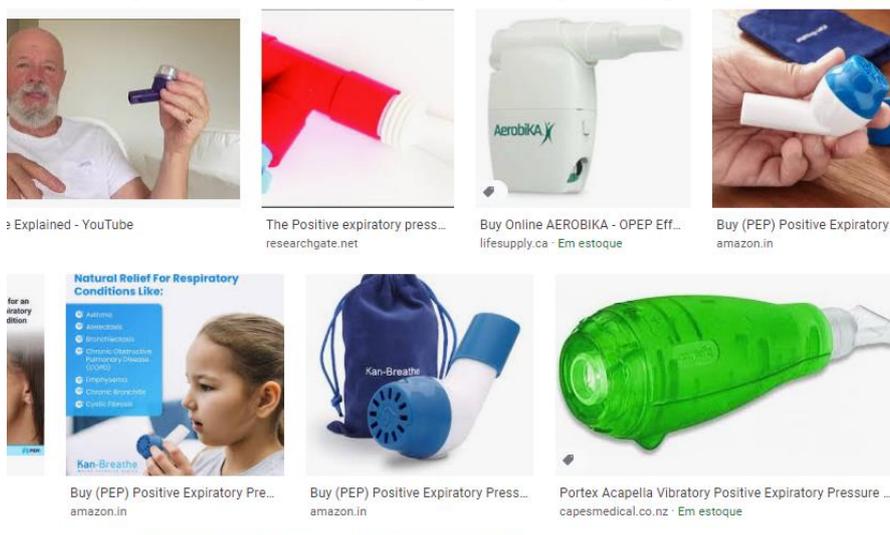


Fonte: Carrot2.com

O acesso a sites de comércio eletrônico também foi outra técnica empregada para obter *insights* a partir de fontes públicas. Ao buscar a solução em sites comerciais, é possível encontrar indicações de produtos similares ou relacionados. A busca foi empregada em sites nacionais e internacionais, como, por exemplo, amazon.com.br e suas correspondentes internacionais.

A busca por imagens, utilizando o site Google, também demonstrou ser útil para ampliar o leque de soluções disponíveis. Ao efetuar a busca por imagens, pode-se rapidamente identificar dispositivos diferentes e acessar seus sites de origem, para explorar possíveis soluções. Na Figura 6, por exemplo, utilizou-se a busca por “positive expiratory pressure exerciser”, obtendo-se rapidamente vários modelos, visualmente distintos.

Figura 6 – Modelos de “positive expiratory pressure exerciser”



Fonte: autoria própria

Adicionalmente aos sites comerciais, o uso de bases de científicas também demonstrou ser útil, pois foram encontrados diversos artigos científicos que avaliavam o desempenho de diferentes dispositivos, como, por exemplo, O processo de busca é interativo, e recursivo, ou seja, a cada busca novos termos podem surgir, permitindo refazer a pesquisa e obter novos resultados. Porém, existe um ponto onde novas buscas não revelam novas informações além das que já foram coletadas. Neste ponto, chamado de ponto de saturação, é recomendado encerrar a busca. Ao final obteve-se uma lista de termos relacionados às soluções procuradas, tais como, por exemplo: Shaker; Flutter; Acapella; Osciladores orais de alta frequência (OOAF); Incentivador de Higiene Bronquia; Flutter VRP1; Shaker Medic Plus; Pari O-PEP; Gelomuc; Aerobika; Acapella Choice; *Positive Expiratory Pressure Exerciser*; *Positive expiratory pressure devices*.

O exercitador respiratório, Figura 4, surgiu na Suíça, conhecido por “Flutter® modelo VRP1”, que tem a mesma função do *shaker*, de origem brasileira, na qual tem o propósito de purificar as vias aéreas. É um aparelho portátil de forma de cachimbo. Esta por sua vez, na sua ponta no cachimbo tem se uma bola de metal, um cone de plástico que sustenta essa bola inoxidável e um tampa com vários furos. Coloca-se a cavidade oral e expele-se o ar, agitando a bola de metal sob o cone de plástico. (HELTRIGLE; PEREIRA; LEMOS, 2014).

5.2.3 Busca por patentes

A busca por soluções semelhantes ao *shaker* também foi realizada nas bases de patentes. Foram utilizados os mecanismos de busca Google Patents (patents.google.com)

e ESPACENET(worldwide.espacenet.com). A estratégia de busca utilizou combinações de termos identificados a partir das pesquisas iniciais, conforme relatado anteriormente. Ao invés de nomes comerciais, a busca em bases de patentes é mais efetiva utilizando-se termos que descrevam a solução ou função desejada da invenção. Assim expressões como “Positive Expiratory Pressure”, e mucus foram utilizadas para função e aplicação procuradas. Também foi identificada a classificação de patentes A63B23/18 (Aparelhos de ginástica especialmente adaptados para determinadas partes do corpo / para melhorar a função respiratória) como sendo a mais provável para encontrar soluções desejadas.

Combinando os termos “Positive Expiratory Pressure”, e mucus, com o filtro para a classe de patentes A63B23/18, foram encontrados 216 resultados. Uma busca manual, auxiliada pela leitura dos resumos e visualização dos desenhos contidos nas patentes, permitiu identificar invenções que validavam as soluções comercialmente disponíveis. Como exemplo, a patente US6581598B1, descrevia a invenção comercialmente conhecida como Acapella. Analisando as vigências, não foi encontrada nenhuma restrição com relação à solução pretendida tipo *shaker*. Adicionalmente, as informações de patentes contribuíram para guiar o desenvolvimento do artefato.

5.2.4 Escolha pela solução do tipo flutter / shaker.

Após ampliar o espaço de soluções comerciais, confirmou-se que a ideia inicial, surgida por serendipidade, era a mais adequada, visto que os outros desenhos e projetos eram demasiadamente complexos para serem construídos de maneira frugal. Como bricolagem, a escolha foi baseada no julgamento da pesquisadora, face ao conhecimento e habilidades já obtidos. O avanço rápido para o desenvolvimento e experimentação é desejável em detrimento da possível estagnação de análise técnica de alternativas. A principal razão, destacada pela inventora foi o fato do modelo tipo *shaker* ser o que apresentava menos peças móveis e com menor número de detalhes, o que o tornava mais simples de ser desenvolvido com os recursos disponíveis. Outro fator que influenciou a escolha foi o fato do modelo tipo *shaker* apresentar o menor custo dentre as soluções comerciais disponíveis.

5.2.5 Desenvolvimento

Na montagem do *shaker* frugal, foram feitas duas versões. A primeira, infelizmente, não obteve os resultados esperados, mas na sua segunda versão, com alguns ajustes, obteve-se um *shaker* frugal e funcional. A primeira versão do *shaker* frugal não obteve sucesso pois a volta, comumente chamada de joelho de PVC, era de 90° e por isso, segundo leis da física, o ar voltava quando expirava e assim não oscilava a esfera. Por outro lado, na segunda versão, após a sugestão de um engenheiro, em trocar o joelho de 90°, por um de 45°, o ar subia então e fazia com que a esfera oscilasse.

Figura 6- versões do shaker frugal



Fonte: autoria própria

5.2.6 Validação

O oscilador de alta frequência frugal, na sua segunda versão, tem-se há de fazer alguns ajustes: diminuir o cano para assim, fazer similar ao original e fazer com que a esfera não

saia do eixo quando entra em movimento, mas, em sua validação funcional, aparentemente produziu os mesmos efeitos do seu similar comercial. Nesta fase, em nova busca na internet, descobriu-se outra iniciativa brasileira de desenvolvimento de um *shaker* frugal, incluindo testes específicos em laboratório. Isto ajudou a validar a ideia. Por outro lado, na validação clínica, em fase exploratória, não foi possível submeter a invenção a testes mais rigorosos, tanto pela necessidade de maior infraestrutura quanto de equipe capacitada para tal. Entretanto, com auxílio de profissional da saúde, foi proposto um protocolo/plano terapêutico de uso do *shaker* com paciente pós-covid.

5.2.7 Aspectos da Solução Frugal desenvolvida

O aparelho frugal do tipo *shaker* é constituído por canos e conexões de PVC, comumente utilizadas na construção civil e uma bola de metal, facilmente encontrada no comércio ou obtida a partir do reaproveitamento de peças mecânicas. Considerando a aquisição de materiais novos, o custo médio não ultrapassa R\$9,00 reais, em valores de junho de 2021. Comparado com a versão comercial, com preço médio de R\$ 100,00, a solução frugal representa uma redução drástica no custo, na ordem de 90%. As vantagens dessa solução frugal, além do custo, é a facilidade de obtenção dos materiais e facilidade de montagem, acessível a uma pessoa leiga.

6. Considerações finais

O caso descrito e analisado neste artigo, demonstrou a importância dos recursos de informação pública, como bases de patentes e repositórios on-line, como fontes de conhecimento potencialmente úteis para a inovação frugal. Também evidenciou o espaço da serendipidade e bricolagem em condições de restrições como fatores contributivos à inovação frugal. Como limitações, é importante destacar que o termo inovação, refere-se ao contexto frugal, ao espaço de invenções do próprio pesquisador e seu ambiente. Assim, a existência de dispositivos semelhantes não afasta a inventividade e inovatividade no contexto. Outro fator que merece investigações futuras é a forma de difusão destas inovações frugais, bem como o desenvolvimento de processos mais rigorosos de validação. Ainda que inovações de baixo custo sejam demonstradas, sua difusão e efetiva produção não foram estudadas. Cabe também ressaltar as possibilidades de novos estudos analisando a contribuição da academia no apoio ao desenvolvimento de inovações frugais. Por fim, espera-se que a invenção frugal descrita possa auxiliar para o tratamento de pacientes afetados pelo COVID-19.

7. Referências bibliográficas

- AGARWAL, N.; OEHLER, J.; BREM, A. **Constraint-Based Thinking: A Structured Approach for Developing Frugal Innovations**. *IEEE Transactions on Engineering Management*, p. 1–13, 2021
- AGARWAL, Nivedita et al. **Market driving at Bottom of the Pyramid (BoP): An analysis of social enterprises from the healthcare sector**. *Journal of Business Research*, v. 86, n. June 2017, p. 234–244, 2018.
- AN, W. et al. **How Bricolage Drives Corporate Entrepreneurship: The Roles of Opportunity Identification and Learning Orientation**. *Journal of Product Innovation Management*, v. 35, n. 1, p. 49–65, 2018.
- ARSHAD, Hareem e RADIĆ, Marija e RADIĆ, Dubravko. **Patterns of Frugal Innovation in Healthcare**. *Technology Innovation Management Review*, v. 8, n. 4, p. 28–37, 2018.
- ASCHE, G. **“80% of technical information found only in patents” – Is there proof of**

this? *World Patent Information*, v. 48, n. Supplement C, p. 16–28, 1 mar. 2017.

BAIYERE, Abayomi et al. **Artifact and/or theory? Publishing design science research in IS.** 2015 *International Conference on Information Systems*, ICIS 2015, n. August 2020, 2015.

BAKER, T., MINER, A. S., & EESLEY, D. T. (2003). **Improvising firms: bricolage, account giving and improvisational competencies un the founding process.** *Research Policy*, 32, 255 276

BAKER, T e NELSON, R. **Creating Something from Nothing: Resource Construction through Entrepreneurial Bricolage.** *Administrative Science Quarterly*, v. 50, p. 329–366, 2005.

BHATTI, Yasser et al. Global lessons in frugal innovation to improve health care delivery in the United States. *Health Affairs*, v. 36, n. 11, p. 1912–1919, 2017.

BIANCHI, Carlos et al. **Healthcare frugal innovation: A solving problem rationale under scarcity conditions.** *Technology in Society*, v. 51, p. 74–80, 2017.

BREM, Alexander et al. How to design and construct an innovative frugal product? An empirical examination of a frugal new product development. *Journal of Cleaner Production*, v. 275, 2020.

BREM, Alexander e WOLFRAM, Pierre. **Research and development from the bottom up.** *Journal of Innovation and Entrepreneurship*. p. 1–22, 2014.

BUSCH, C.; BARKEMA, H. **From necessity to opportunity: Scaling bricolage across resource-constrained environments.** *Strategic Management Journal*, v. 42, n. 4, p. 741–773, 2021.

COPELAND, Samantha. **On serendipity in science: discovery at the intersection of chance and wisdom.** *Synthese*, v. 196, n. 6, p. 2385–2406, 2019.

CLASSE média 'encolhe' na pandemia e já tem mesmo 'tamanho' da classe baixa. [S. l.], 17 abr. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/04/17/classe-media-encolhe-na-pandemia-e-ja-tem-mesmo-tamanho-da-classe-baixa.ghtml>. Acesso em: 25 jul. 2021.

DANGELO, Viviana e MAGNUSSON, Mats. **A Bibliometric Map of Intellectual Communities in Frugal Innovation Literature.** *IEEE Transactions on Engineering Management*, p. 1–14, 2020.

DEW, Nicholas. **Serendipity in entrepreneurship.** *Organization Studies*, v. 30, n. 7, p. 735–753, 2009.

DRESCH, Aline e LACERDA, Daniel Pacheco e MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. **Uma análise distintiva entre o estudo de caso, a pesquisa-ação e a design science research.** *Revista Brasileira de Gestao de Negocios*, v. 17, n. 56, p. 1116–1133, 2015.

FIQUEI rouco e com dificuldade para deglutir após o tratamento da COVID-19,o que devo fazer?. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://itl.med.br/blog/fiquei-rouco-e-com-dificuldade-para-deglutir-apos-o-tratamento-da-covid-19o-que-devo-fazer/>. Acesso em: 25 jul. 2021.

FISHER, G. **Effectuation, Causation, and Bricolage: A Behavioral Comparison of Emerging Theories in Entrepreneurship Research.** *Entrepreneurship Theory and Practice*, v. 36, n. 5, p. 1019–1051, 1 set. 2012.

FRANKENHUIS, W. E.; NETTLE, D. **Open Science Is Liberating and Can Foster Creativity. Perspectives on Psychological Science**, v. 13, n. 4, p. 439–447, 1 jul. 2018.

GAMBARDELLA, A.; VON HIPPEL, E. **Open Sourcing as a Profit-Maximizing Strategy for Downstream Firms.** *Strategy Science*, v. 4, n. 1, p. 41–57, 1 mar. 2019.

FULLER, R; MCHALE, J. **World design science decade, 1965-1975.** World Resources Inventory. Illinois: Southern Illinois University, 1965.

GREGORY, S.A. **The design method.** Nova Iorque: Springer Science + Business Media,

1966. HELRIGLE, Carla e PEREIRA, Kleber Fernando e LEMOS, Vanessa Silva. **O Uso Do Oscilador Oral De Alta Frequência Flutter®Vrp1 Na Terapia Respiratória.** Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR, v. 18, n. 1, p. 59–64, 2015.

HIPPEL, Eric Von e KROGH, Georg Von. **Problem solving without problem formulation.** *Organization Science*, v. 27, n. 1, p. 207–221, 2016.

HOSSAIN, Mokter e SIMULA, Henri e HALME, Minna. **Can frugal go global? Diffusion patterns of frugal innovations.** *Technology in Society*, v. 46, p. 132–139, 2016.

HOSSAIN, Mokter. **Frugal innovation: A review and research agenda.** *Journal of Cleaner Production*, v. 182, p. 926–936, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.091>>.

HOSSAIN, Mokter. **Frugal innovation: Conception, development, diffusion, and outcome.** *Journal of Cleaner Production*, v. 262, p. 121456, 2020.

HEVNER, Alan. A Three Cycle View of Design Science Research. *Scandinavian Journal of Information Systems*, v. 19, n. 2, p.4, 2007. _____; CHATTERJEE, Samir. **Design Research in Information Systems: Theory and Practice** [Integrated Series in Information Systems]. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 2010.

JEONG, Y.; YOON, B. Development of patent roadmap based on technology roadmap by analyzing patterns of patent development. *Technovation*, v. 39–40, p. 37–52, maio 2015.

KOERICH, G. V.; CANCELLIER, É. L. P. D. L. **Inovação Frugal: origens, evolução e perspectivas futuras.** *Cadernos EBAPE.BR*, v. 17, n. 4, p. 1079–1093, out. 2019.

MARTÍN-MARTÍN, A. et al. **Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories.** *Journal of Informetrics*, v. 12, n. 4, p. 1160–1177, nov. 2018.

MAZIERI, M. R.; QUONIAM, L.; SANTOS, A. M. **Inovação a partir das informações de patentes: proposição de modelo Open Source de Extração de Informações de Patentes (Crawler).** *Revista Gestão & Tecnologia*, v. 16, n. 1, p. 76–112, 28 abr. 2016.

NONAKA, I. **A dynamic theory of organizational knowledge creation.** *Organization science*, v. 5, n. 1, p. 14–37, 1994. PETERSEN, D. Gray Literature Searching Options: Million Short and Carrot2 Search Engines. *Journal of Electronic Resources in Medical Libraries*, v. 18, n. 1, p. 50–54, 2 jan. 2021.

PIMENTEL, Mariano; FILIPPO, Denise; SANTORO, Flávia Maria. **Design Science Research: fazendo pesquisas científicas rigorosas atreladas ao desenvolvimento de artefatos computacionais projetados para a educação.** In: JAQUES, Patrícia Augustin; PIMENTEL, Mariano; SIQUEIRA, Sean; BITTENCOURT, Ig. (Org.) *Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Concepção de Pesquisa*. Porto Alegre: SBC, 2020. (Série Metodologia de Pesquisa em Informática na Educação, v. 1) Disponível em: <<https://metodologia.ceie-br.org/livro-1/>>.

RIBEIRO, B.; SHAPIRA, P. **Private and public values of innovation: A patent analysis of synthetic biology.** *Research Policy*, v. 49, n. 1, p. 103875, fev. 2020.

RODRIGUES, Diogo Duarte. **Design Science Research como caminho metodológico para disciplinas e projetos de Design da Informação.** *Revista Brasileira de Design da Informação*, [S. l.], p. 111 – 124, 2018. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/564-Texto%20do%20Artigo-1801-1-10-20180827%20(1).pdf. Acesso em: 25 jul. 2021.

SANTOS, A. M. et al. Ferramentas e Bases de Dados **Open Science para Pesquisa em Inovação.** *Revista de Negócios*, v. 22, n. 1, p. 61, 18 abr. 2018.

SHEN, Y.-C.; WANG, M.-Y.; YANG, Y.-C. **Discovering the potential opportunities of scientific advancement and technological innovation: A case study of smart health**

monitoring technology. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 160, p. 120225, nov. 2020.

SENYARD, J., BAKER, T., STEFFENS, P., & DAVIDSSON, P. (2014). **Bricolage as a path to innovativeness for resource- constrained new firms.** *Journal of Product Innovation Management*, 31(2), 211-230. Doi: 10.1111/jpim.12091

SILVA, C. C. B. M. DA et al. **Development and evaluation of physical properties of a low-cost handheld device for airway clearance therapy.** *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 26, p. 427–432, 2 dez. 2019.

STOCK-HOMBURG, Ruth M. et al. **Need-solution pair recognition by household sector individuals: Evidence, and a cognitive mechanism explanation.** *Research Policy*, v. 50, n. 8, p. 104068, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.respol.2020.104068>>.

TORRE, R. E. S. L. ; SANTOS, A. M. . **Inovação Frugal: evidências em Plataformas Brasileiras De Crowdfunding.** In: 31º ENANGRAD, 2020, São Paulo. Anais. , 2020. V. 31.

TOZZI, M, Lourenço, I, TOLEDO, V, NASCIMENTO, MA, ALDERETE,JRA, CARVALHO, R, NARDELLI, M. . **Você sabe como surgiu o coronavírus sars-cov-2?.** CORONAVIRUS, 2020. Disponível em: <https://coronavirus.saude.mg.gov.br/blog/27-como-surgiu-o-coronavirus>. Acesso em: 15/julho/2021.

VAN AKEN, J. E. **Management research as a design science: Articulating the research products of mode 2 knowledge production in management.** *British Journal of Management*, v. 16, n. 1, 2005.

VON JANDA, Sergej et al. **What frugal products are and why they matter: A cross-national multi-method study.** *Journal of Cleaner Production*, v. 246, n. xxxx, p. 118977, pré-print, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118977>>.

WIPO. **World Intellectual Property Indicators: Filings for Patents, Trademarks, Industrial Designs Reach Record Heights in 2018.** Online, 2019. Disponível em: <https://www.wipo.int/pressroom/en/articles/2019/article_0012.html>. Acesso em: 20 jul. 2021.

WIMSCHEIDER, Christine e AGARWAL, Nivedita e BREM, Alexander. **Frugal innovation for the BoP in Brazil - An analysis and comparison with Asian lead markets.** *International Journal of Technology Management*, v. 83, n. 1–3, p. 134–159, 2020.

WINTERHALTER, Stephan et al. **Business Models for Frugal Innovation in Emerging Markets: The Case of the Medical Device and Laboratory Equipment Industry.** *Technovation*, v. 66–67, n. April 2015, p. 3–13, 2017.

YIN, R. K. *Estudo de Caso - 5.Ed.: Planejamento e Métodos.* Porto Alegre. Bookman Editora. 2015.

ZWICKY, D. **Thoughts on Patents and Information Literacy.** *Journal of the Patent & Trademark Resource Center Association*, 2019.