

INOVAÇÃO FRUGAL E SUSTENTABILIDADE: EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

Área Temática: Empreendedorismo, startups e inovação (EMPSI)

INOVAÇÃO FRUGAL E SUSTENTABILIDADE: EVOLUÇÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

RESUMO

Estudos indicam que as inovações frugais podem contribuir para a sustentabilidade, minimizando o uso de recursos e que estão preparadas para assumir um papel maior no futuro, oferecendo uma medida contra a complexidade tecnológica desnecessária, reduzindo a utilização de recursos preciosos. Em outras palavras, significa que existe um componente de sustentabilidade incorporado em inovações frugais, que as transforma em “inovações responsáveis”. Como consequência, os estudiosos da inovação frugal começaram a investigar a conexão entre inovações frugais e sustentabilidade. Desse modo, este ensaio teórico tem por objetivos: apresentar o constructo da inovação frugal, sua relação com a sustentabilidade, os principais achados de estudos versando sobre esses dois temas e apresentar perspectivas futuras de estudo desses temas. Por fim, sugere-se que estudos futuros invistam em pesquisas que explorem características/habilidades dos empreendedores frugais a partir de uma perspectiva de empreendedorismo social, de forma a enriquecer e ampliar a compreensão do campo geral do empreendedorismo; sugere-se estudos comparativos entre diferentes tipos de inovação frugal em diversos segmentos/regiões geográficas e o desenvolvimento de instrumentos para mensuração da Inovação Frugal.

Palavras-chave: inovação frugal; sustentabilidade; mercados emergentes;

ABSTRACT

Studies indicate that frugal innovations can contribute to sustainability, minimizing the use of resources and that they are prepared to assume a greater role in the future, offering a measure against unnecessary technological complexity, reducing the use of precious resources. In other words, it means that there is a sustainability component built into frugal innovations, which turns them into “responsible innovations”. As a consequence, scholars of frugal innovation began to investigate the connection between frugal innovation and sustainability. Thus, this theoretical essay aims to: present the frugal innovation construct, its relationship with sustainability, the main findings of studies dealing with these two themes and present future perspectives for the study of these themes. Finally, it is suggested that future studies invest in research that explores characteristics/skills of frugal entrepreneurs from a social entrepreneurship perspective, in order to enrich and broaden the understanding of the general field of entrepreneurship; comparative studies between different types of frugal innovation in different segments/geographical regions and the development of instruments to measure Frugal Innovation are suggested.

Palavras-chave: frugal innovation; sustainability; emerging markets;

Introdução

A inovação frugal, despontou como uma nova maneira de atender consumidores de baixa renda em países em desenvolvimento (HOSSAIN, 2018). Conhecida pela sua capacidade de gerar soluções e produtos que atendam às necessidades da população que se encaixa na base da pirâmide econômica (BoP), sob o contexto de minimização de recursos, tem sido foco de interesse significativo de pesquisadores (HOSSAIN, 2020; ERNST et al., 2015).

Embora a literatura tenha se concentrado principalmente em como as multinacionais implementam e se beneficiam da adoção de abordagens econômicas de inovação em mercados emergentes e em desenvolvimento (RAY; RAY, 2010), essas se concentram em segmentos premium em mercados emergentes e geralmente não conseguem alavancar oportunidades adicionais de crescimento nos chamados segmentos suficientemente bons ou de baixa renda em mercados emergentes (ERNST et al., 2015). Os clientes desses mercados de baixa renda têm requisitos substancialmente diferentes e são muito sensíveis aos preços.

De acordo com Ernst et al. (2015), as preferências dos clientes em segmentos de baixa renda em mercados emergentes são, muitas vezes, drasticamente diferentes daquelas em segmentos de alto padrão, dominados geralmente por empresas multinacionais. Além disso, os produtos caracterizados por atributos de simplicidade, baixo custo, confiabilidade, dirigidos à segmentos de baixa renda são potencialmente lucrativos em mercados emergentes devido ao tamanho e às taxas de crescimento desses segmentos. Ainda é necessário considerar que, esses segmentos são geralmente dominados por empresas locais. Desse modo, o êxito na inserção em mercados emergentes de baixa renda exige, portanto, o desenvolvimento de novos produtos que atendam às expectativas de baixo preço e valor aos clientes (Dubiel e Ernst, 2013; Lee et al., 2011).

A inovação frugal tem sido caracterizada de várias maneiras e se sobrepõe a outros conceitos, como inovação com restrições de recursos e inovação disruptiva (AGARWAL et al.2017). Também pode ser definida como uma solução de recursos escassos, desenvolvida sob recursos e outras limitações, para produzir bens acessíveis e aceitáveis para atender clientes que não podem pagar o equivalente convencional (HOSSAIN, 2016; ZESCHKY; WIDENMAYER; GASSMANN, 2011). Segundo Albert (2019), as inovações frugais são processos disruptivos que conseguem ser aplicados em qualquer tipo de empresa, desde startups até mesmo estudiosos, em multinacionais do mundo todo. A literatura nos mostra através do estudo de Dima et. al. (2022) que uma economia mais sustentável oferece aos consumidores a oportunidade de suprirem suas necessidades sem comprometerem o futuro das próximas gerações, assim como ocorre na inovação frugal.

Constata-se a existência de vários estudos analisando aspectos da inovação frugal (WEYRAUCH; HERSTATT, 2017; PISONI, MICHELINI, MARTIGNONI, 2018; DANDELO; MAGNUSSON, 2021), no entanto, comparativamente menos estudos se concentram nas vantagens sustentáveis da inovação frugal. Poucos estudos abordam a inovação frugal e a sustentabilidade, todavia, verifica-se que, apesar de ser um tema de estudo recente, esses fenômenos mostram características e resultados similares, uma vez que tanto a sustentabilidade como a inovação frugal podem restringir a quantidade de recursos utilizados e ainda promover não somente impactos econômicos e ambientais, como também sociais ao resgatar pessoas da pobreza (ASAKAWA, et al. 2019), caracterizando-se como um tema com direcionamento social e educacional (DABIC, et al. 2022).

De acordo com Hossain (2021), a inovação frugal promove a sustentabilidade mais do que os produtos convencionais e, além disso, modelos de negócios sustentáveis têm vantagens competitivas por capturar e criar propostas de valor onde se maximizam as soluções. Nesse sentido, entende-se que a inovação frugal e a sustentabilidade podem contribuir com a preservação de bens tirando o melhor aproveitamento possível dos insumos, sejam eles naturais ou não.

Dessa forma, objetiva-se neste ensaio teórico apresentar o constructo da inovação frugal, sua relação com a sustentabilidade, os principais achados de estudos versando sobre esses dois temas e apresentar perspectivas futuras de estudo desses temas. Com relação às contribuições deste estudo, acredita-se que fornece uma compreensão sobre a importância da abordagem de inovação frugal e da sustentabilidade, por constituir-se como uma análise qualitativa da evolução do conceito e das principais conclusões de estudos dessa temática (CAI et al., 2019; HOSSAIN, 2020, 2021; JANDA et al., 2020; ALBERT, 2022). Além disso, entende-se que o estudo permite apontar algumas áreas de futuras pesquisas, bem como de aplicação dessa abordagem na literatura.

Inovação Frugal

Criada nos mercados emergentes, especialmente na Índia e na China, a mentalidade frugal surgiu em decorrência, principalmente, das adversidades e necessidades extremas nas condições do mercado (BHATTI; VENTRESCA, 2013; RADJOU et al, 2012). Embora a frugalidade tenha estado presente no discurso acadêmico por muito tempo, o termo "inovação frugal" é bastante novo e, suas primeiras aparências no discurso de gestão acadêmica podem ser rastreadas até os últimos anos da década anterior. A revista de negócios *The Economist* pode ser vista como uma das pioneiras que combinou a frugalidade com a inovação, quando publicou um artigo intitulado Saúde na Índia: lições de um inovador frugal (Economist, 2009; TIWARI et al., 2016). Nesse contexto, a definição de frugal relaciona-se à economia na utilização de recursos, sendo caracterizada pela simplicidade e clareza (MERRIAM WEBSTER, 2015).

Deste modo, caracteriza-se a inovação frugal como um novo paradigma, o qual desafia a inovação tradicional, haja vista seu foco na funcionalidade central e em uma estrutura drasticamente reduzida (RADJOU; PRABHU, 2013; ZESCHKY et al., 2011; TIWARI; HERSTATT, 2014). A inovação frugal usa o conceito de simplificação e busca menos em vez de mais usando tecnologia inteligente. Todas as soluções frugais são caracterizadas pela acessibilidade, robustez, convivialidade, escalabilidade e uma proposta de valor atraente (TIWARI; HERSTATT, 2012). As inovações frugais são consideradas potencialmente perturbadoras e transformacionais, não apenas para mercados emergentes, mas também para mercados desenvolvidos (IMMELT; GOVINDARAJAN; TRIMBLE, 2009). É recomendável que a inovação frugal se desenvolva no conceito da sustentabilidade por meio da adoção de frameworks sustentáveis, resultando, desse modo, na maior exploração do pilar social do que os econômicos e ecológicos (KHAN, 2016).

Verifica-se que o aumento do consumismo, a crescente preocupação com a sustentabilidade e as altas taxas de crescimento dos mercados emergentes com consumidores de baixa renda, incitou mudanças na visão tradicional de inovação, concedendo espaço para a implementação de inovação frugal, caracterizada pelo baixo custo e diminuição da matéria prima utilizada (RAO, 2013; PRABHU; GUPTA, 2014).

Rao (2013) afirma que a importância do baixo preço e da sustentabilidade é corroborada pelas tendências atuais, haja vista que, de um lado, ameaças naturais estão capacitando os governos de todo o mundo a promulgar regulamentos rigorosos sobre emissões e eficiência energética.

Conexão entre Inovação e Sustentabilidade

De acordo com Prahalad e Mashelkar (2010), a acessibilidade e a sustentabilidade substituem a abundância e o preço *premium* como motor de inovação nos países em desenvolvimento. O desenvolvimento de inovações frugais para o mercado de base da pirâmide requer engenhosidade e visão. Seja através de corporações multinacionais ou empresa social, organizações não governamentais ou pequenas e médias empresas (PMEs), qualquer tipo de atividade empresarial na base da pirâmide pode ajudar a erradicar a pobreza economicamente de forma viável, se o ambiente for propício para satisfazer certos critérios de sucesso (KANDACHAR; HALME, 2007; PATON; HALME, 2007; PERVEZ; MARITZ; WAAL, 2013).

Portanto, as estratégias e os processos que são entregues a este mercado têm de lidar com as restrições de recursos e, ao mesmo tempo, manter ou melhorar a sustentabilidade social, ecológica e econômica (BHATTI; VENTRESCA, 2012). As empresas que abordam a inovação estratégica nos mercados da base da pirâmide e abordam as questões de acessibilidade, aceitabilidade, disponibilidade e conscientização do produto podem criar um enorme valor de mercado (ANDERSON; MARKIDES, 2007). Ao longo dos anos, verifica-se que o conceito base da pirâmide forneceu uma nova direção para o pensamento do mundo corporativo (AGNIHOTRI, 2012).

As soluções frugais são capazes de elevar o padrão de vida das comunidades individuais para o próximo melhor nível (TIWARI; HERSTATT, 2012). De acordo com Basu, Banerjee e Sweeny (2013), “A inovação frugal é um processo de inovação de design em que as necessidades e o contexto dos cidadãos nos países em desenvolvimento são colocados em primeiro lugar para desenvolver serviços e produtos adequados, adaptáveis e acessíveis para os mercados emergentes”. As inovações frugais podem contribuir para o desenvolvimento sustentável, proporcionando às comunidades em desenvolvimento a maior capacidade de comprar produtos que atendam às suas necessidades, reduzindo o uso de recursos naturais e criando crescimento econômico inclusivo através do envolvimento das comunidades locais na cadeia de valor (BAUD, 2016; KNORRINGA et al, 2016).

Estudos afirmam que as inovações frugais podem contribuir para a sustentabilidade, minimizando o uso de recursos (SHARMA; IYER 2012). Não obstante, o trabalho de Tiwari e Kalogerakis (2016) indica que um crescente corpo de literatura revela que as inovações frugais estão preparadas para assumir um papel maior no futuro, oferecendo uma medida contra a complexidade tecnológica desnecessária e reduzem a utilização de recursos preciosos. Em outras palavras, significa que existe um componente de sustentabilidade incorporado em inovações frugais, que os transforma em “inovações responsáveis” (TIWARI; KALOGERAKIS, 2016). Apesar de compreender que nem sempre ser sustentável é o foco da Inovação Frugal. O conjunto de caracterizações que compreenderia este atributo seria o mesmo definido no estudo de Weyrauch e Herstatt (2016): amigo da natureza, ecológico, pouca intervenção ambiental, baixa pegada de carbono, atende objetivos de marketing verde, ecossistema de serviços, sustentabilidade.

O estudo de Albert (2019), o qual buscou analisar a relação entre inovação frugal e sustentabilidade, constatou que nem todos os pesquisadores definem sustentabilidade explicitamente e que, em muitos casos, utilizam-se de conceituações implícitas, obscuras e subentendidas. O autor afirma que a definição de sustentabilidade que é usualmente empregada relaciona-se à três referências principais. A primeira, caracteriza-se como a definição da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987): “Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades”. A segunda referência constitui-se como o *Triple Bottom Line*, o qual compreende três dimensões que são os pilares da sustentabilidade: social, ambiental/ecológica e econômica. E por fim, a terceira referência, representada pelos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (2015). Por fim, o autor destaca que, há ainda outras referências, as quais são relacionadas à tópicos como equidade, justiça, responsabilidade, regeneração, resiliência, manutenção de longo prazo de sistemas e resposta aos desafios globais. Em síntese, o pesquisador destaca que não existe uma tendência clara nos textos analisados quanto ao uso de definições de sustentabilidade, haja vista que depende da direção do artigo (ALBERT, 2019).

Sobre a inovação sustentável, ela está relacionada ao controle de recursos naturais, como água e energia, além da reutilização e reciclagem de matéria-prima ou produtos e materiais do comércio. Negócios sociais sustentáveis promovem relações mais saudáveis entre os stakeholders, pois esta estratégia mantém o foco em utilizar os insumos de forma racional, considerando todos os riscos na tomada de decisão (LOPES et al., 2020).

Rosca, Arnold e Bendul (2017), afirmam que a inovação de tipo sustentável é caracterizada por “elevar os pilares econômico, social e ecológico”. Tendo como resultado de sua pesquisa o insight de que inovações sustentáveis também atendem às necessidades da população de baixa-renda (BoP), os autores conectam a sustentabilidade à uma característica da inovação frugal.

Asakawa et al. (2019), ressalta que a sustentabilidade na inovação frugal se mostra promissora ao decorrer dos anos para todo o planeta, por meio da troca de bens intelectuais e materiais entre os países. Verifica-se que a sustentabilidade é considerada uma das características da inovação frugal, além de ter sido combinada com outras características, mostrando que os dois assuntos trazem “direcionamento sustentável e de consumo consciente em economias avançadas” (VON JANDA et al., 2020).

O estudo de Govindan (2022) revela a Inteligência Artificial como um aliado para a inovação frugal sustentável que deve ser explorado em estudos futuros, pois verifica uma relação positiva com o empreendedorismo. Albert (2019) sinaliza que indicadores são necessários para obter mais conhecimento sobre o desempenho sustentável e ecológico sobre a inovação frugal e criar projetos em cima dessa temática. Em linha com essa constatação, a partir de estudos empíricos pode-se desenvolver insights e propostas de valor que expliquem o impacto existente entre a inovação frugal e a sustentabilidade (ALBERT, 2019).

No Quadro 1, destacamos os principais resultados dos estudos analisados, os quais versam sobre IF e sustentabilidade.

Quadro 1 - Resumo dos estudos analisados

Autor (es)	Foco do Estudo	Metodologia	Resultados
Dima et al (2022)	Estudo desenvolve investigações no campo da inovação frugal (IF) e como esse processo pode contribuir para a sustentabilidade empresarial.	Análise Bibliométrica	A maioria dos trabalhos analisados neste estudo encontra uma conexão positiva entre os conceitos de inovação frugal e sustentabilidade. Verificou-se que as pesquisas sobre inovação frugal ligadas à sustentabilidade empresarial têm mostrado uma tendência positiva ao longo dos anos, com um aumento considerável a partir de 2000 e outro a partir de 2015. Ao longo dos últimos seis anos (2016–2021), o interesse que os pesquisadores têm a relação entre IF e sustentabilidade empresarial foi muito alta, e o número de citações triplicou em relação ao período anterior, 2011–2015. Isso pode ser justificado pelo crescente número de produtos incluídos na categoria de inovações frugais que foram lançados no mercado na última década, resultado baseado em pesquisas e estudos anteriores. Além disso, esse aumento está relacionado à crise econômica em 2007-2008, que resultou em países encontrando soluções para desenvolver inovações frugais em um ritmo mais rápido. Ambos os indicadores relacionados: produção científica anual e análise de citações, revelam um crescimento significativo no interesse internacional e na produção científica, indicando que é uma linha crescente de investigação no início do século XXI para inovação frugal e sustentabilidade empresarial. O tema da inovação frugal tem sido pesquisado em vários campos de atividade, mas principalmente na ciência e tecnologia, o que é consistente com a principal definição do conceito, ou seja, o desenvolvimento e implementação de formas de reduzir a complexidade e custo do produto e sua fabricação.
Dabić et al (2022)	Revisão para compreender a imagem holística da literatura acadêmica atual.	Revisão sistemática de literatura.	O estudo verifica que a inovação frugal produz ofertas satisfatórias sob recursos restritos, visando diretamente os requisitos do usuário com base em três princípios: simplicidade, acessibilidade e sustentabilidade ambiental. Nesse contexto, constatou-se que a teoria da inovação, teoria institucional, RBV e KBV, teoria de rede e TCE foram amplamente utilizados em estudos anteriores.
Govindan (2022)	O artigo enfoca uma lacuna para aprofundar a compreensão da inovação frugal sustentável em um ambiente de negócios recente sob várias perspectivas teóricas (<i>triple bottom line</i> , difusão de inovação e teorias do fator crítico de sucesso).	Qualitativo	O artigo propôs uma implementação efetiva da inovação frugal sustentável por meio da tecnologia, Inteligência Artificial (IA). Para adotar a IA para a inovação frugal sustentável, é necessário entender os Fatores Críticos de Sucesso (CSFs) para adoção da IA. Este artigo propôs uma estrutura de pesquisa para a identificação e análise dos Fatores Críticos de Sucesso, a categorização dos fatores considerados comuns foi concluída por meio de diferentes teorias, incluindo a teoria TBL, a teoria DOI e a teoria do FCS. Com a ajuda de um contexto de estudo de caso dinamarquês, a estrutura proposta foi validada, onde os Fatores Críticos de Sucesso foram analisados através da abordagem cinza Dematel. Os resultados mostram que entre os 24 Fatores Críticos de Sucesso coletados em 6 dimensões, “entender o conceito de IA” foi encontrado como o fator mais influente para a adoção da IA na inovação frugal sustentável. Além disso, dentre as cinco dimensões consideradas, mostrou-se que a dimensão “inovação frugal tecnológica” possui um grande número de Fatores Críticos de Sucesso influentes, o que mostra claramente que essa dimensão tem a maior influência em outras dimensões na

Autor (es)	Foco do Estudo	Metodologia	Resultados
			<p>adoção de IA. A implicação chave deste artigo é uma nova introdução de conhecimento sobre a adoção de IA na inovação frugal sustentável. Este artigo destaca claramente os fatores de sucesso influentes juntamente com dimensões que podem ajudar gerentes a otimizarem o uso de recursos e habilidades para os fatores e dimensões influentes. Ainda se destaca que “entender o conceito de IA” e “nível de investimento em IA” são os fatores de sucesso mais influentes. Desse modo, específicas práticas precisam ser projetadas para motivar com sucesso esses fatores para adotar efetivamente a IA para a inovação frugal sustentável. As principais abordagens incluem treinamento de funcionários e gestão através da participação em workshops e seminários ou por leitura de artigos técnicos. Este tipo de treinamento pode melhorar a compreensão da IA no campo da inovação frugal sustentável, que pode auxiliar ainda mais os gerentes em suas tomadas de decisão e pode reduzir correspondentemente o investimento em IA. Além disso, o programa de treinamento permite que os líderes integrem a tecnologia de IA em práticas de inovação frugal sustentável seletivamente otimizadas.</p>
Schneider (2020)	<p>Apresenta a conexão entre sustentabilidade, inovações frugais e eletrodomésticos na forma de máquinas de lavar em países industrializados.</p>	Revisão de Literatura	<p>Este trabalho mostra uma primeira comparação das três e que um objeto do cotidiano pode influenciar positivamente várias áreas da sustentabilidade. A máquina de lavar, como inovação frugal, poderia não apenas se tornar um objeto monetário e de economia de recursos, mas também melhorar a saúde das pessoas por meio do desempenho da limpeza. Devido às diferentes situações de partida, as nações industrializadas não podem se unir aos países emergentes no desenvolvimento de tais máquinas de lavar. Basicamente, os requisitos para uma máquina de lavar serão muito semelhantes, mas a máquina desenvolvida provavelmente terá características muito diferentes. Isso se deve aos pré-requisitos, como a disponibilidade de recursos de água e energia elétrica. Pode-se dizer que uma máquina de lavar é um eletrodoméstico sensato e difundido que, em conjunto com o desenvolvimento de máquinas de lavar frugal, pode contribuir positivamente para a sustentabilidade. O artigo mostra uma conexão entre as três áreas que devem ser consideradas no futuro desenvolvimento de produtos para nações industrializadas e mercados emergentes. Para proteger o meio ambiente, questões de sustentabilidade e produtos sustentáveis ganharão mais atenção. Além do puro interesse em produtos sustentáveis de alta qualidade, a aceitação do consumidor terá um papel importante no desenvolvimento (Tiwari et al., 2017) e estabelecimento de mercado de produtos frugais.</p>
Albert (2022)	<p>Identifica abordagens e indicadores para avaliar os impactos de sustentabilidade da inovação frugal e a análise de resultados</p>	Revisão Sistemática.	<p>Das análises deste estudo emergiram duas abordagens principais de avaliação. Primeiro, a avaliação baseada no <i>triple bottom line</i> ou nas dimensões da sustentabilidade (ecológica, social e econômica). Segundo, avaliação em relação aos Objetivos de Desenvolvimento da Sustentabilidade. Nos textos analisados, as dimensões de sustentabilidade são preferidas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para avaliar os impactos de sustentabilidade da inovação frugal. Dos 15 textos identificados, 13 utilizam indicadores qualitativos e dois indicadores quantitativos (conceituais). Para responder à questão de pesquisa do artigo, propõe-se um conjunto de 47 indicadores qualitativos relativos às</p>

Autor (es)	Foco do Estudo	Metodologia	Resultados
	empíricos relativos a avaliações anteriores.		dimensões integradas da sustentabilidade para a avaliação dos impactos de sustentabilidade da inovação frugal. Além disso, o artigo apresenta novos insights relacionados à evidência empírica dos impactos de sustentabilidade da inovação frugal. Aproximadamente 60% das 334 descobertas empíricas de 70 casos diferentes relacionados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável contribuem para os cinco ODS (social e economicamente focados) 8, 3, 10, 12 e 9. Após uma transformação para o <i>Triple Bottom Line</i> , essas descobertas contribuem predominantemente para as dimensões econômica e social (em cada caso 45%), e apenas ligeiramente para a dimensão ecológica (os restantes 10%). Por sua vez, 164 resultados empíricos de 77 casos diferentes relacionados ao <i>Triple Bottom Line</i> mostram uma contribuição quase semelhante para todas as três dimensões da sustentabilidade com uma pequena vantagem da dimensão econômica. No entanto, na opinião do autor, esses achados confirmam outros estudos, que de uma perspectiva empírica, a inovação frugal pode ser descrita como inerentemente social e economicamente sustentável e a sustentabilidade ecológica não é o foco principal.
Hossain (2021)	Visa explorar como as inovações frugais (IFs) surgem no nível de base dos países em desenvolvimento e empregar novos modelos de negócios para contribuir para o desenvolvimento sustentável.	Qualitativa	Este estudo demonstra como as inovações frugais com novos modelos de negócios podem atender clientes carentes em países em desenvolvimento e desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento sustentável. Examinou como as empresas de base desenvolvem um modelo de negócios sustentável. Analisaram-se três inovações frugais principalmente através da lente dos três elementos-chave de um modelo de negócios: proposta de valor, criação de valor e captura de valor. Assim, estendeu a literatura atual sobre modelos de negócios e complementou-se estudos anteriores sobre desenvolvimento inclusivo, sustentabilidade e o processo de FI. As principais propostas de valor incluem produtos acessíveis, produtos naturais, operação sem eletricidade, foco em nichos de mercado, empoderamento feminino e fácil acesso a produtos baratos e sustentáveis. Seus produtos acessíveis e sustentáveis, portanto, alcançam nichos de mercado para melhorar a qualidade de vida de clientes carentes, ao mesmo tempo em que criam empregos em nível local. As empresas também oferecem treinamento aos clientes. A inovação frugal cria novos nichos, incluindo novos clientes, novos segmentos de mercado e novos meios para o desenvolvimento sustentável. As inovações para os países em desenvolvimento precisam de novos modelos de negócios adaptados para oferecer produtos acessíveis, de modo que o conhecimento em nível de base é essencial para atender às necessidades locais. FI carece de apoio governamental adequado, no entanto.
Nhokovedzo e Chinakidzwa (2021)	Procura avaliar o impacto de inovações frugais sustentáveis no crescimento do setor agrícola.	Quantitativo	Foram realizados testes de correlação da sustentabilidade econômica, ambiental e social com a produtividade. A relação entre inovações frugais sustentáveis e produtividade agrícola foi testada por meio de análise de regressão. Os resultados revelaram uma relação positiva entre a inovação frugal sustentável e o crescimento da agricultura. Portanto, inovações frugais sustentáveis têm um enorme potencial para alterar a trajetória de crescimento da agricultura dos países em desenvolvimento. Em um mundo onde a sustentabilidade na agricultura é agora um tópico, inovações frugais sustentáveis são uma opção possível para alcançá-la. A corrida para a agricultura sustentável está alinhada com a meta de Desenvolvimento Sustentável número 2 das Nações Unidas. A criação, adoção e utilização de inovações frugais sustentáveis são importantes para alcançar o ODS 2. Por último, os encargos dos

Autor (es)	Foco do Estudo	Metodologia	Resultados
			agricultores pobres que usam agricultura tradicional intensiva e ineficaz métodos poderiam ser reduzidos através da aplicação dessas inovações acessíveis.
Janda et al. (2020)	Desenvolver uma abrangente conceituação e operacionalização da frugalidade do produto.	Estudo multi-método	Neste estudo multimétodo, é desenvolvida uma conceituação e operacionalização da frugalidade do produto, usando uma análise sistemática da literatura, entrevistas com especialistas, entrevistas com consumidores e pesquisas com consumidores. Aplicando procedimentos estabelecidos de construção de índices a um grande e diversificado conjunto de dados de consumidores dos EUA, Reino Unido, Alemanha, Índia e África do Sul, uma construção formativa da frugalidade do produto ao longo das quatro dimensões de custo de consumo, sustentabilidade, simplicidade e qualidade básica é proposta.
Hossain (2020)	Explora o processo de como os indivíduos no nível de base conceituam, desenvolvem e difundem com sucesso suas IFs para alcançar o sucesso comercial.	Estudo Qualitativo (Abordagem de casos múltiplos)	Os resultados do estudo revelam um padrão para o processo de FI, e este estudo traz três contribuições principais: Fornece um exame empírico robusto e documentado dos antecedentes do empreendedorismo frugal. Também revela novos padrões de difusão para inovação (Hossain et al., 2016) que vão contra as formas convencionais de difusão (Rogers, 2010). Além disso, aponta os resultados da IF, ou seja, produtos mais acessíveis e ecologicamente corretos que criam novos mercados usando novas inovações para atender às necessidades sociais (Hossain, 2018b).
Cai et al. (2019)	Explora teoricamente e examina empiricamente os impulsionadores e as consequências da inovação frugal.	Quantitativa/ Survey	Os resultados de uma pesquisa em nível de empresa mostram que dois tipos de inovação frugal (inovação de custo e inovação de valor acessível) afetam positivamente o desempenho de empresas de mercados emergentes. Também se abordam as questões de como as empresas de mercados emergentes lidam com restrições institucionais, tecnológicas e de mercado em mercados emergentes e mostramos como essas restrições impulsionam a inovação frugal. Descobriu-se que empresas de mercados emergentes com níveis mais altos de capacidade de alavancagem institucional e bricolagem, e empresas que enfrentam concorrência disfuncional percebida, tendem a gerar novos produtos mais acessíveis e de valor agregado. No geral, essas descobertas têm implicações importantes para empresas de mercados emergentes que buscam conduzir inovação frugal em mercados emergentes com recursos limitados.
Asakawa, Cuervo-Cazurra e Un (2019)	Analisa a vantagem baseada na frugalidade e explicamos seus tipos e implicações.	Ensaio Teórico	Identificou-se e analisou-se a vantagem baseada na frugalidade que algumas empresas desenvolvem para lidar com restrições externas e competir em economias emergentes. Explicou-se no estudo que essa vantagem surge do foco em criar inovações frugais que contornem a baixa renda dos consumidores pobres, solucionem as restrições na disponibilidade de insumos e forneçam uma solução para as limitações da infraestrutura de um país. Esses três tipos de vantagens baseadas na frugalidade, renda, insumos e infraestrutura, diferem não apenas nas restrições que resolvem, mas também em sua transferibilidade entre países e em sua sustentabilidade ao longo do tempo com o desenvolvimento do país. O conceito integra diferentes ideias que foram discutidas na literatura de forma coerente e inovadora para explicar como algumas empresas competem apesar dos desafios externos que enfrentam.

Autor (es)	Foco do Estudo	Metodologia	Resultados
Albert (2019)	Analisa a relação entre inovação frugal e sustentabilidade.	Qualitativa	Todos os textos examinados por este estudo descrevem uma conexão positiva entre inovação frugal e sustentabilidade e/ou potenciais de inovação frugal para sustentabilidade em geral ou mais detalhada sobre as três dimensões da sustentabilidade. Para as negações da conexão entre inovação frugal e sustentabilidade, quase exclusivamente se referem à sustentabilidade ecológica. Os autores não necessariamente questionam um possível impacto da inovação frugal sobre sustentabilidade ecológica, mas afirmam que ela não é inerente, não o foco principal ou um impulso inicial, e sim caracteriza-se mais como um efeito de transbordamento ou efeito colateral.
Hossain (2018)	Revisa a literatura sobre inovação frugal a fim de compreender as principais fontes, teorias e conceitos sobrepostos, bem como a entrada, os fatores de sucesso, os fatores impeditivos e a saída das inovações frugais (IFs).	Revisão Sistemática	Embora a literatura sobre inovação frugal esteja em estágio embrionário, há mais de uma dúzia de definições dela. O estudo analisou várias definições de inovação frugal. O conceito de IF se sobrepõe a um grande número de outros conceitos, dificultando o ritmo da pesquisa de IF. Combinar muitos conceitos sobrepostos em um - inovação frugal - ajudaria a desenvolver a inovação frugal como uma disciplina bem estabelecida. O desenvolvimento teórico da disciplina de inovação frugal ainda está em estágio inicial. Por isso, estudos teóricos são necessários. As IFs estão surgindo de inúmeras fontes, como tal, explorá-las em vários níveis e unidades de análise são importantes. A IF requer uma mudança significativa na abordagem de inovação de uma empresa, haja vista que desempenha um papel importante na sustentabilidade. Com base na análise da literatura existente sobre inovação frugal, este estudo aponta uma agenda de pesquisa.
Rosca, Arnold e Bendul (2017)	Visa responder à questão de pesquisa: Como a inovação frugal e reversa pode fortalecer o desenvolvimento sustentável e como os modelos de negócios nesse contexto podem ser sistematizado e descrito?	Qualitativa	Em relação aos modelos de negócios de inovação frugal e reversa o estudo destacou as seguintes descobertas: Os clientes-alvo variam de BOP a consumidores de classe média. A proposta de valor foca principalmente na satisfação das necessidades básicas, oferecendo assim funcionalidades básicas. O principal modelo de receita é baseado em custos baixos e margens de negócio. A cadeia de valor é caracterizada pela cooperação, parcerias e envolvimento de ONGs, que parecem fomentar o modelo de negócios de sucesso. Os modelos de negócios sustentáveis operados com sucesso. O BoP se baseia em recursos e capacidades locais. Assim, o desenvolvimento de competências locais é um fator de sucesso. Os modelos de negócios analisados mostram que limitar produtos e serviços a funcionalidades e itens básicos permite a oferta de melhor valor por menor custo e menor preço. Assim, um maior número de clientes BOP pode ser alcançado. Os altos custos de distribuição devem ser considerados pelas multinacionais que procuram alcançar áreas remotas, porque aumentarão os custos totais e os preços ao consumidor subsequentes. Além disso, o marketing e a conscientização são agravados devido à falta de acessibilidade à informação.
Khan (2016)	Apresenta as conexões entre os dois conceitos de sustentabilidade social	Revisão Sistemática	A literatura sobre sustentabilidade social e inovação frugal foi revisada e descobriu-se que os dois campos de estudo estão conectados. Os temas essenciais da sustentabilidade social foram estudados e sua relação com a inovação frugal foi explorada. Os resultados deste estudo são particularmente novos, pois a inovação frugal não estava ligada apenas à sustentabilidade social

Autor (es)	Foco do Estudo	Metodologia	Resultados
	e inovação frugal, revisando a literatura existente sobre ambos os campos.		antes desta pesquisa. A sustentabilidade social é um dos pilares mais importantes do desenvolvimento sustentável e, através deste trabalho, foi possível concretizar os objetivos de sustentabilidade social através da aplicação da inovação frugal. O papel da inovação frugal para a promoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis relativos à sustentabilidade social é enfatizado. Sociedades socialmente sustentáveis oferecem acesso e oportunidades iguais a todos os membros, tanto para a sobrevivência quanto para a realização de seu potencial de desenvolvimento. No contexto empresarial, as multinacionais não conseguiram dar acesso igual aos seus produtos e serviços. Eles inovaram para os clientes do topo da pirâmide, que podem pagar por suas inovações. No entanto, até agora, eles ignoraram os clientes da BOP, tratando-os como segmentos não lucrativos da população. Em contraste, os inovadores frugais procuram intencionalmente oportunidades com esses clientes mal atendidos. Inovadores frugais puxam os clientes pobres para o <i>mainstream</i> , inovam para eles e fornecem soluções viáveis e acessíveis para suas necessidades. Portanto, as empresas que inovam contribuem frugalmente para os objetivos sociais ao lado dos econômicos. O estudo enfatiza que a sustentabilidade social pode ser expandida para incorporar uma ênfase mais forte em formas práticas de cumprir objetivos socialmente sustentáveis.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

De acordo com Khan (2016), é interessante que seja explorada essa conexão entre a inovação frugal e a sustentabilidade social, reafirmando a ideia de que ambientes saudáveis são extremamente necessários para a vida humana. Além disso, se as organizações se focarem em fazer mais com menos para todas ou algumas das lacunas de necessidades sugeridas por Govindarajan e Trimble (2012), ou seja, lacunas de desempenho, lacunas de infraestrutura, lacunas de sustentabilidade, lacunas regulatórias e diferenças de preferências e, realizarem isso para muitos beneficiários, seja em emergentes ou mercados desenvolvidos, então caracterizar-se-á como uma inovação frugal (BHATTI; VENTRESCA, 2013), melhorando a rentabilidade em um mundo consciente do custo e sustentabilidade, priorizando o bem-estar humano e lidando com a pobreza.

Por fim, no Quadro 2 sintetizamos as principais sugestões de pesquisas futuras mapeadas nos estudos analisados versando sobre a temática de IF e sustentabilidade.

Quadro 2 - Síntese de Sugestões de Pesquisas Futuras mapeadas

<p>Relação de IF e outros conceitos devem ser estudados</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Relação entre frugalidade e outros conceitos, como responsabilidade social corporativa (RSE), ética nos negócios e liderança sustentável, a fim de identificar direções de pesquisa novas e inovadoras (DIMA et al., 2022). ✓ Requisitos do usuário com base em três princípios (simplicidade, acessibilidade e sustentabilidade ambiental) e se basear em negócios internacionais, teorias, sociologia e literatura de estratégia para entender melhor a inovação (DÁBIC et al., 2022). ✓ Compreender modelos de negócios sustentáveis, IF e economias de países em desenvolvimento em diferentes contextos (HOSSAIN, 2021). ✓ As etapas de tomada de decisão de empreendedores frugais também diferem daquelas de outros empreendedores, por isso seria valioso investigar os aspectos psicológicos de empreendedores frugais (HOSSAIN, 2021). ✓ O desenvolvimento de canais de distribuição de produtos também é um desafio para as IFs, portanto, explorar questões relacionadas a isso pode ser muito perspicaz (HOSSAIN, 2021). ✓ Os mecanismos financeiros também não estão bem estabelecidos para as IFs, portanto, entender os possíveis mecanismos financeiros para apoiá-las é essencial. ✓ Empreendedores eficazes começam pequenos e aumentam seus esforços expandindo suas redes de relacionamentos ao longo de ciclos iterativos. Desse modo, são necessários estudos para explorar como os IFs podem ser protegidas de cópias de empresas “sem escrúpulos” (HOSSAIN, 2021). ✓ A maioria dos empreendedores tem habilidades em vários domínios por causa de sua experiência de trabalho em diferentes organizações e indústrias. Seria interessante identificar o papel de tais habilidades no desenvolvimento das IFs (HOSSAIN, 2020). ✓ Muitos dos casos que estudou-se no estudo de Hossain (2020) são empreendimentos sociais, portanto, explorar empreendedores baseados em IF a partir de uma perspectiva de empreendedorismo social pode enriquecer e ampliar a compreensão do campo geral do empreendedorismo. ✓ Como os estudos sobre prototipagem são principalmente focados em contextos ricos em recursos, sugere-se explorar a IF em um contexto de recursos escassos (HOSSAIN, 2020).
<p>Estudos comparativos entre diferentes tipos de IF</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Revisões comparativas entre diferentes tipos de inovação frugal em todos os setores de negócios melhorarão a compreensão da

<p>em diversos segmentos/regiões geográficas</p>	<p>frugalidade para um ponto de vista mais amplo (DIMA et al. 2022).</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender IF em outras regiões geográficas poderia agregar valor significativo à literatura IF. Inovação Frugal no nível de base para o desenvolvimento sustentável é uma adição recente à literatura acadêmica. ✓ Comparar casos de sucesso com malsucedidos com o objetivo de entender por que alguns empreendedores falham com produtos frugais enquanto outros florescem (HOSSAIN, 2020). ✓ Como a maioria dos estudos anteriores de IF, o estudo de Hossain (2020) considerou a IF no contexto de países em desenvolvimento para investigar o processo de como os indivíduos no nível de base conceituam, desenvolvem e difundem com sucesso suas IFs para alcançar o sucesso comercial. Estudar o potencial da IF no contexto de países desenvolvidos pode fornecer novos insights sobre esse fenômeno (HOSSAIN, 2020).
<p>Pesquisas identificando semelhanças e diferenças de IF</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesquisas futuras indicando semelhanças e diferenças de FI (forças e fraquezas) e integrar os resultados em uma nova perspectiva de estrutura (DIMA et al., 2022)
<p>Estudos Longitudinais sobre efeitos das transições econômicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realizar estudos longitudinais para examinar várias questões intrigantes sobre os efeitos evolutivos das transições econômicas, uma vez que, as capacidades e atividades de inovação das empresas podem mudar durante os períodos de transição econômica (CAI et al., 2019)
<p>Desenvolvimento de instrumentos para mensuração da Inovação Frugal</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesquisadores devem ser encorajados a desenvolver instrumentos (DÁBIC et al., 2022).
<p>Aperfeiçoamento da IF através da adoção de Inteligência Artificial</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Explorar como melhorar a inovação frugal sustentável por meio de adoção efetiva de Inteligência Artificial (GOVINDAN, 2022).
<p>Evolução de uma IF (processo completo)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Seria interessante e valioso explorar como os IFs evoluem desde o início até um estágio maduro (HOSSAIN, 2021).
<p>Estudos sobre a operacionalização da frugalidade do produto</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesquisas futuras podem utilizar o índice do estudo de Janda et al. (2020) para avaliar os antecedentes da frugalidade do produto em diferentes países. Embora vários estudos existentes explorem os fatores individuais do desenvolvimento bem-sucedido de produtos frugais de uma perspectiva orientada para o processo, esse fluxo emergente de pesquisa pode se beneficiar da conceituação e operacionalização da frugalidade do produto apresentada. Por exemplo, pesquisadores orientados a processos poderiam investigar a relevância das capacidades identificadas para a criação de produtos frugais. Em segundo lugar, o índice pode ser usado em pesquisas sobre, por exemplo, consumo ético e consumo sustentável. A pesquisa nesses campos poderia investigar as oportunidades e os desafios da frugalidade do produto para o consumo sustentável e explorar se os produtos frugais atendem às necessidades de consumidores com metas de consumo sustentável (Albert, 2019; Janda et al. (2020).
<p>Antecedentes do empreendedorismo frugal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudo quantitativo para verificar os antecedentes do empreendedorismo frugal, conforme o exame empírico e documentado do estudo de Hossain (2020)..

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Considerações Finais

Este ensaio teórico teve por objetivo apresentar o constructo da inovação frugal, sua relação com a sustentabilidade, os principais achados de estudos versando sobre esses dois temas e apresentar perspectivas futuras de estudo desses temas. Acredita-se que o estudo fornece uma compreensão sobre a importância da abordagem de inovação frugal e da sustentabilidade, por constituir-se como uma análise qualitativa da evolução do conceito e das principais conclusões de estudos dessa temática com a sustentabilidade, caracterização atual na literatura, e, por fim, apresentar sua importância e aplicação, bem como sugestões de pesquisas futuras.

Para tanto, com base em uma revisão bibliográfica, buscou-se analisar as produções teóricas acerca do fenômeno, com o intuito de estabelecer relações, evidenciar ideias, métodos e subtemas que têm recebido maior ou menor ênfase na literatura selecionada (VOSGERAU; ROMANOWSKI, 2014). Para Rother (2007), o objetivo principal deste tipo de revisão fundamenta-se na aquisição e atualização de conhecimento acerca de um determinado tema, sem estabelecer uma metodologia que possibilite sua reprodução e aquisição dos dados apresentados. De acordo com Bernardo, Nobre e Jatene (2004), esse tipo de revisão é gerada segundo a opinião do autor, que decide quais as informações são mais relevantes, sem explicitar a forma como elas são obtidas, havendo nesse sentido uma interferência da sua percepção subjetiva.

Com o presente ensaio teórico, verificou-se que as inovações frugais têm ganhado maior importância uma vez que se constata que afetam positivamente o desempenho de empresas de mercados emergentes, como as empresas de mercados emergentes lidam com restrições institucionais, tecnológicas e de mercado, impulsionando a IF (CAI et al., 2019). Em outras palavras, a inovação frugal não se trata simplesmente de reduzir custos, mas também envolve o aumento do poder de acessibilidade do comprador através da geração de renda, economia, ou esquemas de pagamento alternativos. A inovação frugal também pode significar que o resultado envolve a construção de empreendedorismo local, capacitação e autossuficiência ou sustentabilidade (Bhatti, 2012).

Futuras pesquisas podem aprofundar/examinar as sugestões destacadas no Quadro 2. É importante destacar que a inovação frugal é um subconjunto da inovação de produto e tais inovações são boas não apenas para o desempenho das empresas, mas também para a geração de empregos, o que é um aspecto social crucial em países emergentes que precisa ser mais explorado (CAI et al., 2019).

Referências

- ALBERT, Martin. Sustainable frugal innovation-The connection between frugal innovation and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 237: 117747.
- AGARWAL, N. et al. A systematic literature review of constraint-based innovations: state of the art and future perspectives, **IEEE Trans.Eng. Manag.** 64 (1) (2016) 3–15, 2017.
- ASAKAWA, K.; CUERVO-CAZURRA, A.; UN, C. Frugality-based advantage. **Long Range Planning**, 2019, 52.4: 101879, 2019.
- DABIĆ, M. et al. Frugal innovations: A multidisciplinary review & agenda for future research. **Journal of Business Research**, 142: 914-929, 2022.

DANGELO, V.; MAGNUSSON, M. A. B. Map of intellectual communities in frugal innovation literature. **IEEE Trans. Eng. Management.**, vol. 68, no. 3, pp. 653–666, Jun. 2021.

DIAS LOPES, L. F. et al. Modeling Entrepreneurial Intent as a predictor of Frugal Innovation in University Students. **Brazilian Journal of Management/Revista de Administração da UFSM**, v. 13, n. 3, 2020.

DIMA, A. et al. Exploring the Research Regarding Frugal Innovation and Business Sustainability through Bibliometric Analysis. **Sustainability**, v. 14, n. 3, p. 1326, 2022.

Dubiel, A.; Ernst, H. Success factors of new product development for emerging markets. In *The PDMA handbook of new product development (3rd ed.)*, ed. K. Kahn, S. E. Kay, G. Gibson, and S. Urban, 100–14. New York: John Wiley & Sons, 2013.

Ernst, H. et al. The antecedents and consequences of affordable value innovations for emerging markets. **Journal of Product Innovation Management**, 32 (1) (2015), pp. 65-79, 2015.

GOVINDAN, K. How artificial intelligence drives sustainable frugal innovation: A multitheoretical perspective. **IEEE Transactions on Engineering Management**, 2022.

HOSSAIN, M. Frugal innovation and sustainable business models. **Technology in Society**, 64, 101508, 2021.

HOSSAIN, M. Frugal innovation: a review and research agenda, **Journal of Cleaner Production**, 182, 926–936, 2018.

Hossain, M.; Simula, H.; Halme, M. Can frugal go global? Diffusion patterns of frugal innovations, *Technol. Soc.* 46, 132–139, 2016.

KHAN, Rakhshanda. How frugal innovation promotes social sustainability. **Sustainability**, v. 8, n. 10, p. 1034, 2016.

LEE, Y., B.-W. LIN, Y.-Y. WONG, AND R. J. CALANTONE. 2011. Understanding and managing international product launch: A comparison between developed and emerging markets. **Journal of Product Innovation Management**, 28 (1): 104–20

NOBRE, M. R. C.; BERNARDO, W. M., JATENE, F. B. A prática clínica baseada em evidências: parte III Avaliação crítica das informações de pesquisas clínicas. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 50, n. 2, p. 221-228, 2004.

PISONI, A.; MICHELINI, L.; MARTIGNONI, G. Frugal approach to innovation: state of the art and future perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 171, p. 107-126, 2018.

ROSCA, E.; ARNOLD, M.; BENDUL, J. C. Business models for sustainable innovation—an empirical analysis of frugal products and services. **Journal of Cleaner Production**, 2017, 162: S133-S145.

ROTHER, E. T. Revisão sistemática x revisão narrativa. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 20, n. 2, p. 2007.

SCHNEIDER, Sandra, et al. Combining the characteristics of sustainability, frugal innovations and washing machines in the industrial nations—A literature-based analysis of the common features for future sustainable developments. **Journal of Economic Development, Environment and People**, 2020, 9.2: 50-59.

VON JANDA, Sergej, et al. What frugal products are and why they matter: A cross-national multi-method study. **Journal of Cleaner Production**, 2020, 246: 118977.

VOSGERAU, D. S. R.; ROMANOWSKI, J. P. Estudos de revisão: implicações conceituais e metodológicas. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 165-189, jan./abr. 2014.

Weyrauch, T.; Herstatt, C. What is frugal innovation? Three defining criteria. **Journal Frugal Innovation.**, vol. 2, Jan, Art. no. 1, 2017.

Zeschky, M.; Widenmayer, B.; Gassmann, O. Frugal innovation in emerging markets, **Res. Technol. Manag.** 54 (4) (2011) 38–45.