

Matriz de indicadores de ciência e tecnologia relacionados às inovações no uso de biopolímeros pelo setor da construção civil

RESUMO

Arilmara Abade Bandeira
Instituto Federal de Ciência,
Educação e Tecnologia de Sergipe,
Aracaju, Sergipe, Brasil
arilmara2015@gmail.com

**Francisco Sandro Rodrigues
Holanda**
Universidade Federal de Sergipe,
São Cristóvão, Sergipe, Brasil
fholanda@academico.ufs.br

Luiz Diego Vidal Santos
Universidade Federal de Sergipe,
São Cristóvão, Sergipe, Brasil
vidal.center@academico.ufs.br

**Carlos Eduardo Celestino de
Andrade**
Universidade Federal de Sergipe,
São Cristóvão, Sergipe, Brasil
eng2carlos.eduardo@gmail.com

Uma das estratégias utilizadas pelo setor da construção civil é a implementação de inovações tecnológicas baseadas no emprego de biopolímeros. Este estudo tem como objetivo apresentar uma matriz de indicadores de *output* de ciência e tecnologia (C&T) relacionados às inovações tecnológicas que envolvem a utilização de biopolímeros pelo setor da construção civil. Após ter sido realizado um levantamento sobre indicadores de C&T na literatura científica e em documentos de patentes, foram selecionados alguns indicadores que compuseram uma matriz preliminar, que foi analisada e validada por um painel de quinze especialistas, com o auxílio do método *Fuzzy Delphi*. Foram aceitos todos os indicadores de Evolução, indicadores de Produção, indicadores de Cooperação, indicadores de Relevância e indicadores de Tendência de Aplicação propostos, que irão auxiliar no planejamento adequado de ações a serem implementadas no setor da construção civil, com foco no desenvolvimento sustentável.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade. Meio ambiente. Patentes. Propriedade intelectual.

INTRODUÇÃO

As organizações vêm sofrendo a crescente pressão das partes interessadas e reguladoras para que sejam ambientalmente sustentáveis e cumpram devidamente as diretrizes ambientais (Homroy, 2023). Com isso, a inovação tecnológica voltada para a sustentabilidade ambiental se tornou uma estratégia para que as empresas atendam aos requisitos de um mercado cada vez mais competitivo (Dangelico; Pujari; Pontrandolfo, 2017). Se exige, cada vez mais, que as organizações usem como tática de competitividade não só a inovação tecnológica, mas também a implementação de requisitos de sustentabilidade (Carro-Suárez *et al.*, 2021, Maier *et al.*, 2020).

Alcântara e Mendes (2018) abordam que o consumo de produtos derivados do petróleo, como é o caso dos polímeros, cuja degradação na natureza é bastante lenta, tem sido uma das preocupações de um crescimento econômico focado na sustentabilidade ambiental. Conforme Killip *et al.* (2018), entre os setores que se apresentam como grandes consumidores dos polímeros e que têm provocado muitos danos ambientais está o da indústria da construção civil. A utilização de biopolímeros na construção civil surge como uma inovação tecnológica que contribui para a diminuição dos impactos ambientais e manutenção da sustentabilidade (Brzyski; Suchorab; Łagód, 2021, Masek; Kosmalska, 2022, Silva; Rabelo, 2017).

Jibu e Osabe (2018) afirmam que as inovações tecnológicas têm contribuído com soluções para o enfrentamento de desafios sociais, climáticos e de segurança energética, entre outros. Conforme abordado pelos autores, existe uma grande quantidade de informações científicas e técnicas, em especial, em publicações científicas e em documentos de patentes, que tem possibilitado o aprimoramento de indicadores por universidades, organizações internacionais e agências de fomento. Portanto, é muito importante que sejam realizados estudos de prospecção tecnológica, em busca de orientar os esforços empreendidos nas inovações, visando incorporar informações ao processo de gestão tecnológica, ampliando a capacidade de antecipação e estimulando as organizações dos sistemas de inovação (Amparo; Ribeiro; Guarieiro, 2012, Santos; Kalid, 2019).

Os indicadores de ciência e tecnologia servirão como subsídio para a tomada de decisões, no planejamento, monitoramento e avaliação dos resultados, possibilitando a melhoria das estratégias de gestão da inovação (Gradwohl, 2015, Ribeiro, 2018). Os indicadores consistem em uma medida quantitativa, que torna possível a avaliação de fenômenos, sua natureza, estado e evolução (Silva; Silva-Mann, 2022), sendo essenciais para orientar e auxiliar tanto os pesquisadores como os tomadores de decisões, uma vez que as informações advindas destes podem colaborar para determinar a efetividade das ações a serem implementadas (Figueira, 2015, Frainer *et al.*, 2017, Crispim; Fernandes; Albuquerque, 2019).

Isto posto, este estudo teve como objetivo apresentar uma matriz de indicadores de *output* de ciência e tecnologia (C&T) relacionados às inovações tecnológicas que envolvem a utilização de biopolímeros pelo setor da construção civil.

METODOLOGIA

Para a definição dos indicadores de ciência e tecnologia relevantes, referentes às inovações tecnológicas sobre o emprego de biopolímeros pela indústria da construção civil, que compuseram a matriz, foi realizado, primeiramente, um levantamento da produção científica, nas bases de dados *Science Direct*, *Scopus*, *Web of Scienc* e *Google Scholar*, e da produção tecnológica, na base de documentos de patentes *Espacenet*.

Foi, então, construída uma matriz preliminar, composta pelos diversos indicadores de ciência e tecnologia selecionados e suas respectivas descrições, assim como, as classes de análise a que pertenciam e a sua finalidade. Todos esses dados foram transferidos para um questionário e submetidos à avaliação e validação por um grupo de especialistas, que contribuíram na definição de quais indicadores e dimensões devem ser investigados ao se monitorar o progresso científico e tecnológico relacionado às inovações que envolvem a utilização de biopolímeros pela indústria da construção civil, com o apoio do método *Fuzzy Delphi* (FDELPHI).

Neste estudo optou-se pela quantidade de quinze especialistas, profissionais e pesquisadores das áreas de Ciência da Propriedade Intelectual, Engenharia Civil e Ciência dos Materiais. Cada participante manifestou seu grau de concordância com relação a importância de cada indicador, sinalizando se concordava totalmente, se concordava, se estava neutro, se discordava ou se discordava totalmente que cada indicador fosse inserido na matriz de indicadores *output* de ciência e tecnologia, por meio da qual será possível realizar o monitoramento das inovações tecnológicas que envolvem a utilização de biopolímeros pelo setor da construção civil. Os indicadores foram avaliados conforme o grau de concordância dos respondentes, considerando-se os valores de 1 a 5:

Método Fuzzy Delphi (FDELPHI)

O método *Fuzzy Delphi* oferece uma expressão mais completa do conhecimento especializado, sendo que todas as opiniões dos especialistas são consideradas e integradas para se chegar a um consenso, permitindo que o parecer de cada um seja totalmente refletido na decisão, e fazendo com que o tempo e os custos de pesquisa sejam reduzidos, resultado de apenas uma rodada de apuração junto aos especialistas (Ghazali; Lim; Jamak, 2019; Lee; Wu; Tseng, 2018; Zhang, 2017). Para a aplicação do método *Fuzzy Delphi*, nesta pesquisa foram adotados 5 passos, adaptados dos estudos realizados por Chang e Cheng (2019), Chen *et al.* (2018), Chen e Wang (2010), Hsu, Lee e Kreng (2010), Lima e Santos (2020), Lin (2013), Ma *et al.* (2011), Ocampo *et al.* (2018), Silva (2023), Stefano, Casarotto Filho e Duarte (2014), Wang e Durugbo (2013), Wang e Wang (2018) e Zhang (2017):

Passo 1: Formação de um painel de avaliadores.

Passo 2: Administração de um questionário que permitiu que os especialistas, de forma anônima em relação a seus pares, expressassem suas opiniões. Neste questionário, os especialistas foram solicitados a realizar o julgamento sobre o grau de importância de cada indicador de ciência e tecnologia para a inovação tecnológica em estudo, em um intervalo de 1 a 5, em um

conjunto S de indicadores. O resultado desta avaliação é denominado R_{ik} , $i \in S$, para todo indicador i avaliado por todo especialista k .

Passo 3: Organização das opiniões dos especialistas com base nas respostas do questionário aplicado e determinação dos números *fuzzy* triangulares (NFT) para o índice O_i . Para cada indicador, três valores *fuzzy* (L_i , M_i , U_i) foram obtidos para considerar a imprecisão entre a opinião dos especialistas, onde:

- L_i indica o menor valor de avaliação de todos os especialistas: $L_i = \min (R_{ik})$

- M_i é a média geométrica das avaliações de todos os especialistas para o indicador i : $M_i = (R_{i1} \times R_{i2} \times R_{i3} \times \dots \times R_{ik})^{1/k}$

- U_i indica o maior valor da avaliação dos especialistas: $U_i = \max (R_{ik})$

Passo 4: Cálculo do valor de desempenho D_i , após todos os números *fuzzy* triangulares terem sido determinados para todos os indicadores:

$$D_i = \frac{(U_i - L_i) + (M_i - L_i) + L_i}{3}$$

Passo 5: Seleção dos indicadores, levando-se em consideração a definição de um limite de exclusão α . Se $D_i \geq \alpha$, o indicador i foi selecionado. Caso contrário, se $D_i < \alpha$, o indicador i foi eliminado.

DESENVOLVIMENTO (RESULTADOS E DISCUSSÕES)

Inicialmente foi construída uma matriz preliminar, composta por indicadores de *output* de C&T relacionados às inovações tecnológicas que abrangem a utilização de biopolímeros na construção civil.

Tomando como base os estudos realizados por Aguilar (2017), Bandeira (2021), Jesus (2021), Oliveira (2018), Santiago e Dias (2012), Silva (2022), Silva e Silva-Mann (2022), Silva, Valentim e González (2020), Speroni, Macedo e Gauthier (2017), os indicadores foram selecionados e categorizados de acordo com as seguintes classes de análise, que representam os constructos abordados neste estudo: (A) Indicadores de Evolução, (B) Indicadores de Produção, (C) Indicadores de Cooperação, (D) Indicadores de Relevância e (E) Indicadores de Tendência de Aplicação. Cada classe é composta por seis variáveis, que são os indicadores, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Elementos da matriz de indicadores de *output* de C&T

Classificação	Finalidade	Indicador	Descrição do indicador
Evolução	Analisar como tem sido a evolução das publicações científicas e das patentes concedidas	Produção científica anual	Quantidade anual de publicações em periódicos indexados nas bases de dados científicos
		Produção científica acumulada	Somatório das quantidades de publicações científicas acumuladas a cada ano
		Taxa de crescimento anual da produção científica	Número de publicações nas bases de dados científicas em determinado ano em relação ao número de publicações científicas do ano anterior
		Produção tecnológica anual	Número de patentes publicadas por ano
		Produção	Somatório das quantidades de

		tecnológica acumulada	patentes publicadas acumuladas a cada ano.
		Taxa de crescimento anual da produção tecnológica	Número de patentes publicadas em determinado ano em relação ao número de patentes publicadas no ano anterior
Produção	Identificar os principais responsáveis pela produção científica e tecnológica	Produção científica por autor	Número de publicações científicas por cada autor
		Produção científica por filiação dos pesquisadores	Número de publicações científicas por cada organização de origem dos pesquisadores
		Produção científica por país	Número de publicações científicas por cada país da organização de origem dos pesquisadores
		Produção científica por periódico	Número de artigos completos publicados em cada periódico especializado
		Produção tecnológica por requerente	Número de patentes publicadas por cada requerente
		Produção tecnológica por país	Número de patentes publicadas por cada país
Cooperação	Detectar os principais atores das redes de cooperação científica e tecnológica	Cooperação científica entre autores	Número de artigos produzidos com colaboração entre pesquisadores por autor
		Cooperação científica entre organizações	Número de artigos produzidos com colaboração entre organizações por organização
		Cooperação científica entre países	Número de artigos produzidos com colaboração entre países por país
		Cooperação tecnológica entre inventores	Número de patentes publicadas com colaboração entre inventores por inventor
		Cooperação tecnológica entre organizações	Número patentes publicadas com colaboração entre organizações por organização
		Cooperação tecnológica entre países	Número patentes publicadas com colaboração entre países por país
Relevância	Verificar a relevância dos envolvidos nas publicações científicas e	Influência dos autores	Número total de vezes que um autor foi citado por outros autores nas publicações científicas
		Relevância das publicações científicas	Número total de vezes que um documento científico foi citado em outras publicações científicas

	tecnológicas	Citações bibliográficas por país	Número total de vezes que as publicações científicas geradas por cada país envolvido na pesquisa foram citadas
		Citações bibliográficas por organização	Número total de vezes que as publicações científicas geradas por cada organização envolvida na pesquisa foram citadas
		Relevância das inovações tecnológicas por requerente	Número total de vezes que uma patente foi citada por outras patentes posteriores nos documentos de patentes por requerente
		Relevância das inovações tecnológicas por país	Número total de vezes que uma patente foi citada por outras patentes posteriores nos documentos de patentes por país
Tendência de Aplicação	Constatar em quais áreas da engenharia civil estão sendo desenvolvidas as inovações tecnológicas	Áreas de aplicação dos estudos realizados pelos pesquisadores	Número de vezes em que foram realizados estudos científicos para aplicação em uma determinada área da construção civil (Ex.: materiais de construção, geotecnia, saneamento, etc) por autor
		Áreas de aplicação dos estudos realizados pelas organizações	Número de vezes em que foram realizados estudos científicos para aplicação em uma determinada área da construção civil (Ex.: materiais de construção, geotecnia, saneamento, etc) por organização
		Áreas de aplicação dos estudos publicados nos periódicos	Número de vezes em que foram publicados estudos científicos para aplicação em determinada área da construção civil (Ex.: materiais de construção, geotecnia, saneamento, etc) por periódico
		Concessão de patentes por área da construção civil	Número de patentes concedidas por cada área da construção civil, ou seja, por cada classe, de acordo com a Classificação Internacional de Patentes, Seção E – Construções Fixas
		Coocorrência de classes	Número de vezes que cada área da construção civil, ou seja, por cada classe, de acordo com a Classificação Internacional de Patentes, Seção E – Construções Fixas foi citada nos documentos de patentes publicadas
		Concessão de patentes por área da construção civil por requerente	Número de patentes concedidas por cada área da construção civil, ou seja, por cada classe, de acordo com a Classificação Internacional de Patentes, Seção E – Construções Fixas, por requerente

Após todos os questionários terem sido respondidos, procedeu-se, então, à análise dos resultados, levando-se em consideração os números difusos triangulares definidos no método *Fuzzy Delphi*, $O_i = (Li, Mi, Ui)$. Neste estudo foi adotado o valor $\alpha=3,5$ como parâmetro de exclusão de cada indicador. O valor máximo alcançado na avaliação pelos especialistas (Ui), o valor mínimo que os especialistas informaram em cada indicador avaliado (Li), a média geométrica destes valores (Mi), o valor de desempenho (Di) e a observação sobre o aceite ou rejeição de cada indicador proposto são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Indicadores selecionados por meio do método Fuzzy Delphi

Classificação	Indicador	Li	Ui	Mi	Di	Status
Evolução	Produção científica anual	3	5	4,49	4,16	Aceito
	Produção científica acumulada	2	5	4,14	3,71	Aceito
	Taxa de crescimento anual da produção científica	2	5	3,95	3,65	Aceito
	Produção tecnológica anual	2	5	4,28	3,76	Aceito
	Produção tecnológica acumulada	2	5	3,94	3,65	Aceito
	Taxa de crescimento anual da produção tecnológica	2	5	3,84	3,61	Aceito
Produção	Produção científica por autor	2	5	4,30	3,77	Aceito
	Produção científica por filiação dos pesquisadores	3	5	4,21	4,07	Aceito
	Produção científica por país	3	5	4,25	4,08	Aceito
	Produção científica por periódico	2	5	4,08	3,69	Aceito
	Produção tecnológica por requerente	2	5	3,88	3,63	Aceito
	Produção tecnológica por país	2	5	4,35	3,78	Aceito
Cooperação	Cooperação científica entre autores	3	5	4,34	4,11	Aceito
	Cooperação científica entre organizações	3	5	4,55	4,18	Aceito
	Cooperação científica entre países	4	5	4,44	4,48	Aceito
	Cooperação tecnológica entre inventores	3	5	4,25	4,08	Aceito
	Cooperação tecnológica entre organizações	3	5	4,25	4,08	Aceito
	Cooperação tecnológica entre países	3	5	4,47	4,16	Aceito
Relevância	Influência dos autores	3	5	4,34	4,11	Aceito
	Relevância das publicações científicas	3	5	4,21	4,07	Aceito
	Citações bibliográficas por país	3	5	4,15	4,05	Aceito

T	Citações bibliográficas por organização	3	5	4,19	4,06	Aceito
	Relevância das inovações tecnológicas por requerente	2	5	3,94	3,65	Aceito
	Relevância das inovações tecnológicas por país	2	5	3,85	3,62	Aceito
Tendência de Aplicação	Áreas de aplicação dos estudos realizados pelos pesquisadores	4	5	4,64	4,55	Aceito
	Áreas de aplicação dos estudos realizados pelas organizações	4	5	4,51	4,50	Aceito
	Áreas de aplicação dos estudos realizados publicados nos periódicos	3	5	4,49	4,16	Aceito
	Concessão de patentes por área da construção civil	3	5	4,47	4,16	Aceito
	Coocorrência de classes	3	5	4,11	4,04	Aceito
	Concessão de patentes por área da construção civil por requerente	3	5	4,09	4,03	Aceito
F						

on

te: Elaborado pelos autores (2023).

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que os indicadores com maior valor de desempenho (Di) foram: áreas de aplicação dos estudos realizados pelos pesquisadores (4,55) e áreas de aplicação dos estudos realizados pelas organizações (4,50), referentes ao número de vezes em que foram realizados estudos científicos para aplicação em uma determinada área da construção civil (Ex.: materiais de construção, geotecnia, saneamento, etc) por autor ou por organização, respectivamente.

Estes indicadores são pertinentes à classe de análise Tendência de Aplicação, que tem como finalidade constatar em quais áreas da engenharia civil estão sendo desenvolvidas as inovações tecnológicas. A identificação de quais áreas da construção civil estão sendo realizados mais estudos relacionados à utilização de biopolímeros pela construção civil permite que pesquisadores, organizações e demais interessados vislumbrem quais são aquelas áreas em que está havendo um desenvolvimento tecnológico maior, assim como onde existem lacunas tecnológicas a serem preenchidas, indicando a possibilidade de abertura de novos mercados ou mesmo o aumento da participação no mercado com novos produtos (Amparo; Ribeiro; Guarieiro, 2012, Dechezleprêtre; Ménière. Mohnen, 2017). Irá também fornecer insumos para que sejam realizados estudos sobre as capacidades do setor da construção civil, proporcionando uma melhor gestão dos processos de ciência, tecnologia e inovação (Amador *et al.*, 2018, Fernandes *et al.*, 2022, Nunes *et al.*, 2022).

Também tiveram destaque os indicadores: cooperação científica entre países (4,48), relacionado ao número de artigos produzidos com a existência de colaboração entre países por país, e cooperação científica entre organizações (4,18), definido como sendo o número de artigos produzidos com colaboração entre organizações por organização, que compõem a classe de análise

Cooperação, que tem como objetivo detectar os principais atores das redes de cooperação científica e tecnológica.

As redes colaborativas provém de maneira adequada a produção e fluxo de inovações, tornando possível que pesquisadores e inventores compartilhem recursos, experiências e conhecimentos sobre diferentes áreas, aumentando, com isso, a eficiência da pesquisa e se tornando uma maneira eficaz de resolver problemas mais complexos, além de estimular a inovação (Lubango, 2020, Zhang *et al.*, 2021). A identificação dos principais atores de uma rede colaborativa irá permitir que sejam detectados aqueles que poderão se tornar futuros competidores e/ou potenciais parceiros (Antunes *et al.*, 2018).

Portanto, estes indicadores deverão ser as principais variáveis a serem analisadas no monitoramento da dinâmica da produção científica e tecnológica relacionadas à tecnologia em estudo. No entanto, todos os valores de desempenho referentes a cada indicador se apresentaram superiores ao valor limite de exclusão, $\alpha=3,5$, indicando que, de acordo com a análise realizada pelos especialistas, todos os indicadores previamente selecionados, e suas respectivas classes de análise, devem ser aceitos e continuar a compor a matriz proposta, sendo considerados como representativos dos interesses de diferentes partes, isto é, instituições de ensino e pesquisa, empresas, órgãos governamentais e demais tomadores de decisão.

Desta forma, a proposta de matriz de indicadores de *output* de ciência e tecnologia, por meio da qual será possível o monitoramento do avanço das pesquisas científicas e do desenvolvimento tecnológico relacionados às inovações que envolvem a utilização de biopolímeros pela indústria da construção civil foi validada e mantida integralmente, conforme foi apresentada anteriormente no Quadro 1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A leitura e análise de publicações científicas e tecnológicas permitiu que fossem obtidas informações que serviram de subsídio para a seleção dos indicadores que compuseram uma matriz preliminar. Esses indicadores foram categorizados de acordo com as seguintes classes de análise: Indicadores de Evolução, Indicadores de Produção, Indicadores de Cooperação, Indicadores de Relevância e Indicadores de Tendência de Aplicação.

O estudo explorou a aplicação do método *Fuzzy Delphi* para que os indicadores de ciência e tecnologia previamente selecionados fossem validados por um painel de 15 (quinze) especialistas, das áreas de Ciência da Propriedade Intelectual, Engenharia Civil e Ciência dos Materiais.

Foram identificados alguns indicadores considerados como as variáveis mais importantes a serem avaliadas no monitoramento da dinâmica da produção científica e tecnológica relacionadas à tecnologia emergente em estudo. Porém, de acordo com a análise realizada, foram aceitos todos os indicadores propostos e respectivas classificações, confirmando que todos devem ser considerados como representativos dos interesses das instituições de ensino e pesquisa, empresas, órgãos governamentais e demais tomadores de decisão. Desta forma, a versão final da matriz se manteve integralmente igual à matriz preliminar.

A matriz construída irá contribuir para viabilizar um planejamento adequado, subsidiando as tomadas de decisão por parte de pesquisadores, gestores e autoridades governamentais, com vista a um crescimento do setor da

construção civil de forma sustentável, satisfazendo, assim, uma demanda atual e latente.

Matrix of science and technology indicators related to innovations in the use of biopolymers by the civil construction sector

ABSTRACT

One of the strategies used by the construction sector is the implementation of technological innovations based on the use of biopolymers. This study aims to present a matrix of science and technology (S&T) output indicators related to technological innovations involving the use of biopolymers by the construction sector. After carrying out a survey of S&T indicators in scientific literature and patent documents, some indicators were selected to form a preliminary matrix, which was analyzed and validated by a panel of fifteen experts, with the help of the Fuzzy Delphi method. All proposed Evolution indicators, Production indicators, Cooperation indicators, Relevance indicators and Application Trend indicators were accepted, which will assist in the adequate planning of actions to be implemented in the construction sector, with a focus on sustainable development.

KEYWORDS: Sustainability. Environment. Patents. Intellectual property.

REFERÊNCIAS

ABDULKAREEM, K. H. *et al.* A new standardisation and selection framework for real-time image dehazing algorithms from multi-foggy scenes based on fuzzy Delphi and nhybrid multi-criteria decision analysis methods. **Neural Computing and Applications**, [s. l.], v. 4, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05020-4>.

AGUILAR, M. Indicadores de ciencia, tecnología e innovación en Venezuela y su impacto en el desarrollo de políticas públicas. **Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales**, v. 19, n. 1, p. 119–146, 2017.

ALCÂNTARA, E. M. D.; MENDES, J. U. DE L. Desenvolvimento de um biopolímero de fécula de mandioca para isolamento térmico. **Holos**, v. 7, p. 38–52, 2018. DOI: 10.15628/holos.2018.6217.

AMADOR, S. R. *et al.* Indicator system for managing science, technology and innovation in universities. **Scientometrics**, v. 115, n. 3, p. 1575–1587, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-018-2721-y>.

AMPARO, K. K. S.; RIBEIRO, M. C. O.; GUARIEIRO, L. L. N. Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, n. 4, p. 195-209, out./dez. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-99362012000400012>.

ANTUNES, A. M. S. *et al.* Métodos de prospecção tecnológica, inteligência competitiva e Foresight: principais conceitos e técnicas. **Série Prospecção Tecnológica**, v. 1, 2018. Disponível em: <http://www.profnit.org.br/pt/livros-profnit/%0Ahttp://www.profnit.org.br/wp-content/uploads/2018/08/PROFNIT-Serie-Prospeccao-Tecnologica-Volume-1-1.pdf>. Acesso em: 12.set.2021.

BANDEIRA, A. A. *et al.* Análise bibliométrica sobre o uso de biopolímeros pela indústria da construção civil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. 1-16, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14025>

BANDEIRA, A. A. *et al.* Relação entre as redes de cooperação e a produção científica e tecnológica sobre as inovações baseadas na utilização de biopolímeros na construção civil. *Revista Científica Multidisciplinar – RECIMA21*, v. 4, n., p. e4104080, 2023. DOI: <https://doi.org/10.47820/recima21.v4i10.4080>

BORDONS, M.; ZULUETA, M. A. Evaluación de la actividad científica a través de indicadores bibliométricos. **Revista Española de Cardiología**. v. 52, n. 10, p. 790-800, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0300-8932\(99\)75008-6](https://doi.org/10.1016/S0300-8932(99)75008-6).

BORSCHIVER, S.; SILVA, A. L. R. **Planejamento estratégico para alinhar mercado-produto-tecnologia**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Interciência, 2016.

BRZYSKI, P.; SUCHORAB, Z.; ŁAGÓD, G. The influence of casein protein admixture on pore size distribution and mechanical properties of lime-metakaolin paste. **Buildings**, v. 11, n. 11, 2021. DOI: [10.3390/buildings11110530](https://doi.org/10.3390/buildings11110530).

BUI, T. D. *et al.* Identifying sustainable solid waste management barriers in practice using the fuzzy Delphi method. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 154, p. 104625, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104625>.

CAFÉ, L.; BRÄSCHER, M. Organização da informação e bibliometria. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, (Esp), p. 54-75, 2008. DOI: <https://doi.org/10.5007/1518-2924.2008v13nesp1p54>.

CARRO-SUÁREZ, J. *et al.* The process of innovation as a determinant factor of sustainable development in companies. **International Journal of Innovation and Sustainable Development**, v. 15, n. 1, p. 100–125, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJISD.2021.111552>.

CHANG, A. Y.; CHENG, Y. T. Analysis model of the sustainability development of manufacturing small and medium- sized enterprises in Taiwan. **Journal of Cleaner Production** v. 207, p. 458-473, jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.025>.

CHEN, C. W. *et al.* Developing indicators for sustainable campuses in Taiwan using fuzzy Delphi method and analytic hierarchy process. **Journal of Cleaner Production**, v. 193, p. 661-671, ago. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.082>.

CHEN, M. K.; WANG, S. C. The use of a hybrid fuzzy-Delphi-AHP approach to develop global business intelligence for information service firms. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 11, p. 7394–7407, 2010. DOI: [doi:10.1016/j.eswa.2010.04.033](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.04.033).

CRISPIM, D. L.; FERNANDES, L. L.; ALBUQUERQUE, R. L. Aplicação de técnica estatística multivariada em indicadores de sustentabilidade nos municípios do Marajó-PA. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, v. 1, n. 46, p. 145, 2019.

DANGELICO, R. M.; PUJARI, D.; PONTRANDOLFO, P. Green product innovation in manufacturing firms: A sustainability-oriented dynamic capability perspective. **Business strategy and the Environment**, v. 26, n. 4, p. 490-506, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/bse.1932>.

DECHEZLEPRÊTRE, A.; MÉNIÈRE, Y.; MOHNEN, M. International patent families: from application strategies to statistical indicators. **Scientometrics**, v. 111, n. 2, p. 793–828, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2311-4>.

ESPACENET. [versão eletrônica]. Disponível em: <https://worldwide.espacenet.com/>. Acesso em: 12.jan.2023.

FERNANDES, A. M. *et al.* Technological prospecting: the case of cultured meat.

Future Foods, v. 6, n. June, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100156>.

FIGUEIRA, M. G. Proposta de uma matriz de indicadores para as ações de gestão de informação da SENASP. **Revista Brasileira de Segurança Pública**, v. 9, n. 2, p. 110–128, 2015.

FONSECA, B. P. F.; FERNANDES, E.; FONSECA, M. V. A. Collaboration in science and technology organizations of the public sector: A network perspective. **Science and Public Policy**, v. 44, n. 1, p. 37–49, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1093/scipol/scw013>.

FRAINER, D. M. *et al.* Uma aplicação do Índice de Desenvolvimento Sustentável aos municípios do Estado de Mato Grosso do Sul. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 18, n. 2, p. 145-156, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.20435/inter.v18i2.1524>.

GHAZALI, Z.; LIM, M. R. T.; JAMAK, A. B. S. Maintenance performance improvement analysis using Fuzzy Delphi method: A case of an international lube blending plant in Malaysia. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 25, n. 1, p. 162–180, 2019. DOI: 10.1108/JQME-11-2016-0058.

GRADVOHL, A. L. S. Comparação Brasil-França à luz de indicadores de ciência e tecnologia selecionados. **Passages de Paris**. v. 10, p. 312-322, 2015. DOI: [10.5281/zenodo.840392](https://doi.org/10.5281/zenodo.840392).

HOMROY, S. GHG emissions and firm performance: The role of CEO gender socialization. **Journal of Banking & Finance**, v. 148, p. 106721, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2022.106721>.

HSU, Y. L.; LEE, C. H.; KRENG, V. B. The application of Fuzzy Delphi Method and Fuzzy AHP in lubricant regenerative technology selection. **Expert Systems with Applications**, v. 37, n. 1, p. 419–425, 2010. DOI: 10.1016/j.eswa.2009.05.068.

JESUS, S. M. S. Indicadores de inovação para empresas de base tecnológica de pequeno porte (EBTPP) no Brasil. 2021. Tese (Doutorado em Ciência da Propriedade Intelectual) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2021.

JIBU, M.; OSABE, Y. (Eds.). **Scientometrics**. IntechOpen. 2018. Disponível em <https://www.intechopen.com/books/6760>. Acesso em: 14.out.2022. DOI: <https://doi.org/10.5772/intechopen.72488>.

KILLIP, G. *et al.* A co-evolutionary approach to understanding construction industry innovation in renovation practices for low-carbon outcomes. **International Journal of Entrepreneurship and Innovation**, v. 19, n. 1, p. 9–20, 2018. DOI: [10.1177/1465750317753933](https://doi.org/10.1177/1465750317753933).

LEE, C. H.; WU, K. J.; TSENG, M. L. Resource management practice through eco-innovation toward sustainable development using qualitative information and quantitative data. **Journal of Cleaner Production**, v. 202, p. 120-129, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.058>.

LIMA, F. V. R.; SANTOS, J. A. B. Modelo de Avaliação do Desempenho da Gestão da Propriedade Intelectual em PMES. **Revista FSA**, Teresina, v. 17, n. 7, art. 3, p. 41-60, jul. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.12819/2020.17.7.3>.

LIN, C. Application of fuzzy Delphi method (FDM) and fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) to criteria weights for fashion design scheme evaluation. **International Journal of Clothing Science and Technology**, v. 25, n. 3, p. 171–183, 2013. DOI: [10.1108/09556221311300192](https://doi.org/10.1108/09556221311300192).

LIU, G.; ZHANG, P.; ZHANG, F. University-industry knowledge collaboration in Chinese water pollution abatement technology innovation system. **Nature Environment and Pollution Technology**, v. 19, n. 3, p. 1179–1185, 2020. DOI: <https://doi.org/10.46488/NEPT.2020.v19i03.031>.

LIU, H. T.; WANG, W. K. An integrated fuzzy approach for provider evaluation and selection in third-party logistics. **Expert Systems with Applications**, v. 36, n. 3, p. 4387–4398, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.05.030>.

LUBANGO, L. M. Effects of international co-inventor networks on green inventions in Brazil, India and South Africa. **Journal of Cleaner Production**, v. 244, p. 118791, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118791>.

MACHADO JR., C. *et al.* The laws of bibliometrics in different scientific databases/As leis da bibliometria em diferentes bases de dados científicos. **Revista de Ciências da Administração**, p. 111, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-8077.2016v18n44p111>.

MAIER, D. *et al.* The relationship between innovation and sustainability: A bibliometric review of the literature. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 10, 2020. DOI: [10.3390/su12104083](https://doi.org/10.3390/su12104083).

MACIAS-CHAPULA, C. A. O papel da informetria e da cientometria e sua perspectiva nacional e internacional. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 134-140, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-19651998000200005>

MASEK, A.; KOSMALSKA, A. Technological limitations in obtaining and using cellulose biocomposites. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, p. 1-17, 2022. DOI: [10.3389/fbioe.2022.912052](https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.912052)

MA, Z. *et al.* Constructing road safety performance indicators using fuzzy delphi method and grey delphi method. **Expert Systems with Applications**, v. 38, n. 3, p. 1509–1514, 2011. DOI: [10.1016/j.eswa.2010.07.062](https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.062).

MESEGUER-SÁNCHEZ, V. *et al.* Examining the research evolution on the socio-economic and environmental dimensions on university social responsibility. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 13, p. 1–30, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph17134729>.

MIRANDA, D. M. V. D. *et al.* A bibliometric survey of Paraffin/Olefin separation using membranes. **Membranes**, v. 9, n. 12, p. 157, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/membranes9120157>.

MOEHRLE, M. G.; PASSING, F. Applying an anchor based patent mapping approach: Basic conception and the case of carbon fiber reinforcements. **World Patent Information**, v. 45, p. 1-9, 2016.

NUNES, V. O. *et al.* Biotransformation of phytosterols into androstenedione—A Technological Prospecting Study. **Molecules**, v. 27, n. 10, 2022. DOI: [10.3390/molecules27103164](https://doi.org/10.3390/molecules27103164).

OCAMPO, L. *et al.* Sustainable ecotourism indicators with fuzzy Delphi method – A Philippine perspective. **Ecological Indicators**, v. 93, n. May, p. 874–888, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.05.060>.

OLIVEIRA, G. M. Nova economia e Território: um estudo das tecnologias da informação. Sociedade & Natureza. Uberlândia, MG. v. 33. p. 1-12. 2021. DOI: [10.14393/SN-v32-2020-56230](https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-56230).

OLIVEIRA, L. B. **Indicadores da produtividade científica e tecnológica sobre o controle do carrapato *boophilus microplus*, por meio da abordagem de mineração de dados**. 2018. Tese (Doutorado em Ciência da Propriedade Intelectual) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

OVTT. **Guia:** Indicadores de ciência e tecnologia. Disponível em: <https://www.ovtt.org/pt/guias/guia-de-indicadores-de-ciencia-e-tecnologia/>. Acesso em: 29.set.2022.

PAVANELLI, M. A.; OLIVEIRA, E. F. T. Conhecimento tecnológico e inovação no Brasil: Um estudo patentométrico na universidade estadual paulista. **Ibersid**, v. 6, p. 119–125, 2012.

PERIANES-RODRIGUEZ, A.; WALTMAN, L.; VAN ECK, N. J. Constructing bibliometric networks: A comparison between full and fractional counting. **Journal of Informetrics**, v. 10, n. 4, p. 1178-1195, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2016.10.006>.

RAMPASSO, I. S. *et al.* The Bioeconomy in emerging economies: a study of the critical success factors based on Life Cycle Assessment and Delphi and Fuzzy-Delphi methods. **International Journal of Life Cycle Assessment**, p. 1254–1266, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01913-1>.

RIBEIRO, N. M. **Prospecção Tecnológica**. Vol. 1. Salvador: IFBA, FORTEC, 2018. (Coleção PROFNIT). Disponível em: <http://www.profnit.org.br/wp-content/uploads/2018/08/PROFNIT-Serie-Prospeccao-Tecnologica-Volume-1-1.pdf>. Acesso em: 23.out.2023.

SAATY, T. L.; ÖZDEMİR, M.S. How many judges should there be in a group? *Ann.Data Sci.* v. 1, n. 3–4, p. 359–368, 2014. DOI: 10.1007/s40745-014-0026-4.

SANTIAGO, L. S.; DIAS, S. M. F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 203–212, 2012.

SANTOS, F. C. G.; KALID, R. A. Prospecção tecnológica: um estudo das tecnologias aplicada ao beneficiamento e derivados do cacau. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 3, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2354>.

SILVA, E.; VALENTIM, M. L. P.; GONZÁLEZ, M. M. Avaliação de indicadores de ciência, tecnologia e inovação do Brasil e da Espanha: estudo comparativo. **Em Questão**, v. 26, n. 2, p. 83–105, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.19132/1808-5245262.83-105>.

SILVA, F. A.; RABELO, D. O uso sustentável de polímeros. **Revista Processos Químicos**, n. Jan/jun de 2017, p. 9–16, 2017. DOI: <https://doi.org/10.19142/rpq.v11i21.387>.

SILVA, F. C. **Sistema de gestão e avaliação da sustentabilidade ambiental para indicações geográficas**. 2023. Tese (Doutorado em Ciência da Propriedade Intelectual) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2023.

SILVA, M. G. D. **Dinâmica da propriedade intelectual aplicada aos ingredientes funcionais probióticos na área alimentícia**. 2022. Tese (Doutorado em Ciência da Propriedade Intelectual) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2022.

SILVA, W. V. R.; SILVA-MANN, R. Elaboração de indicadores de output de ciência e tecnologia na agricultura de precisão. *Conjecturas*, v. 22, n. 12, p. 295–311, 2022. DOI: 10.53660/CONJ-1489-2B54.

SPERONI, R. M., MACEDO, M., GAUTHIER, F. A. O. Modelo de referência para indicadores de inovação regional. **Revista Espacios**, v. 37, n. 10, 2016. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a16v37n10/16371009.html>. Acesso em: 20.abr.2023.

STEFANO, N. M.; CASAROTTO FILHO, N.; DUARTE, M. do C. F. Proposta de um instrumento de pesquisa para avaliar a gestão de periódicos científicos. **Iberoamerican Journal of Project Management**, v. 5, n. 2, p. 39–69, 2014. DOI: 10.6084/m9.figshare.1276131.

WANG, X.; DURUGBO, C. Analysing network uncertainty for industrial product-service delivery: A hybrid fuzzy approach. **Expert Systems with Applications**, v. 40, n. 11, p. 4621–4636, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2013.01.062>.

YU, X. *et al.* The drivers of collaborative innovation of the comprehensive utilization technologies of coal fly ash in China: a network analysis.

Environmental Science and Pollution Research, v. 29, p. 56291–56308, 2022.
<https://doi.org/10.1007/s11356-022-19816-5>.

ZHANG, M. *et al.* Examining the antecedents and consequences of green product innovation. **Industrial Marketing Management**, v. 93, 1 fev, p. 413–427, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2020.03.028>.

ZHANG, J. Evaluating regional low-carbon tourism strategies using the fuzzy Delphi- analytic network process approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 409–419, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.122>.

Arilmara Abade Bandeira, Francisco Sandro Rodrigues Holanda, Luiz Diego Vidal Santos, Carlos Eduardo Celestino de Andrade

Recebido: 28/05/2025

Aprovado: 15/04/2025

DOI: 10.3895/rts.v21n63.18634

Como citar:

BANDEIRA, Arilmara Abade; HOLANDA, Francisco Sandro Rodrigues, SANTOS, Luiz Diego Vidal et al. Matriz de indicadores de ciência e tecnologia relacionados às inovações no uso de biopolímeros pelo setor da construção civil.

Rev. Tecnol. Soc., Curitiba, v. 21, n. 63, p.99 - 116, jan./mar., 2025. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/18634>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

